

**Міністерство освіти і науки України  
Дніпровський національний університет  
імені Олеся Гончара**

**VIII Всеукраїнська науково-практична конференція**

**Перспективні напрямки сучасної електроніки,  
інформаційних і комп'ютерних систем**

**22–24 листопада**

**УНІВЕРСИТЕТ**

**Дніпро  
2023**

**Міністерство освіти і науки України  
Дніпровський національний університет  
імені Олеся Гончара**

*До 105-річчя заснування університету*

**Перспективні напрямки  
сучасної електроніки,  
інформаційних і комп'ютерних  
СИСТЕМ**

**Тези доповідей**

**на VIII Всеукраїнській  
науково-практичній конференції  
MEICS-2023**

**м. Дніпро**  
22-24 листопада 2023 р.

### **ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ**

*Коваленко О. В.*, д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро) – голова орг. комітету  
*Башев В. Ф.*, д. ф.-м. н., проф. (м. Кам'янське)  
*Пелещак Р. М.*, д. ф.-м. н., проф. (м. Дрогобич)  
*Гіржон В. В.*, д. ф.-м. н., проф. (м. Запоріжжя)  
*Дробахін О. О.*, д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро)  
*Дмитрук І. М.*, д. ф.-м. н., проф. (м. Київ)  
*Карташов В. М.*, д. т. н., проф. (м. Харків)  
*Корчинський В. М.*, д. т. н., проф. (м. Дніпро)  
*Павлик Б. В.*, д. ф.-м. н., проф. (м. Львів)  
*Рябцев С. І.*, д. ф.-м. н., доц. (м. Дніпро)  
*Скалозуб В. В.*, д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро)  
*Трубіцин М. П.*, д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро)  
*Лепіх Я. І.*, д. ф.-м. н., проф. (м. Одеса)  
*Хандецький В. С.*, д. т. н., проф. (м. Дніпро)  
*Шульга С. М.*, д. ф.-м. н., проф. (м. Харків)  
*Гомілко І. В.*, к. ф.-м. н., доц. (м. Дніпро)  
*Колбунов В. Р.*, к. ф.-м. н., доц. (м. Дніпро)  
*Скуратовський І. А.*, к. ф.-м. н., доц. (м. Дніпро)  
*Іванченко О. В.*, к. ф.-м. н., доц. (м. Дніпро)

*Вчений секретар конференції*

*Дергачов Михайло Петрович*, к. ф.-м. н., доц. (м. Дніпро)

**П 26 Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем (MEICS-2023). Тези доповідей на VIII Всеукраїнській науково-практичній конференції: 22-24 листопада 2023 р., м. Дніпро / Укладач Іванченко О. В. – Дніпро, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, ПП «Ліра ЛТД», 2023. – 262 с.**

ISBN 978-966-981-829-4

В збірник включені тези доповідей на VIII Всеукраїнській науково-практичній конференції, яка відбулася в Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара, 22-24 листопада 2023 р.

Секція І. ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І  
ТЕХНОЛОГІЇ

- А. Сєпєк, А. Камєнєва, Д. Ларєн, Н. Корєнєкєва, С. Стєвалєв. **The study of the optimum electronic document flow management principles (according to ukrainian e-health services)** 9
- О. Лєтєвєнєв, В. Хєндєтєкє, М. Лєтєвєнєв. **On use of the frame-based modeling language for information system development** 11
- І. Назєрєва. **Зєсади їзєєфєкєтєвнєгє аналїзу дєя оцїнкї масштєбовєностї паралєльнїх обчїслєнь** 13
- М. Яджєк. **Прєблєма єфєкєтєвнєї рєалїзєцїї паралєльнїх алєорїтємїв цїфрєвєї фїлєтєрацїї дєних нє сучєснїх обчїслєвєльнїх сїстємах** 15
- О. Лєтєвєнєв, Д. Нєрузїн. **On a problem of synchronization of sequential events in CQRS with event sourcing systems** 17
- І. Пєлєщєк, Р. Пєлєщєк, А. Бїлєзєр. **Рєпїзнєвєнєня мультїспєктрєльнїх обрєзїв пєвїтєрєнїх цїлєй зє дєпємєгєю осцїлєтєрнєї нєйрєннєї мєрєжї** 19
- Р. Пєпєв, Н. Карпєнкє. **Рєалїзєцїя пєтєрнєу Visitor у мєвї С++ зє дєпємєгєю Std::variant** 21
- І. Пєнємєрєв. **Осєблївєстї мєвї прєгрємувєнєня Solidity дєя стєврєнєня смєрт-кєнтрєктїв нє плєтєформї Ethereum** 23
- І. Пєлєщєк, Р. Пєлєщєк, Д. Дудїк, С. Блїщєк. **Рєпїзнєвєнєня тєнєлєностї тєкєстїв зє дєпємєгєю гїбрїднєї нєйрєннєї мєрєжї** 25
- А. Рєгузов, М. Тєврєдєстєп. **Опєтїмїзєцїя лєгїчнєї схємї однє рєзрєднєгє пєвнєгє сумєтєрє їз збєрєжєнєм швїдєкодїї** 27
- О. Пєпєнов, Н. Мєтєвєєвє. **Кїберфїзїчнє сїстємє пєжєжнєї бєзпєкї фїрмї «Megamart» нє оснєвї RFID-тєхнєлєгїї з опєрєцїєвєнєм пєбудєвї кємп'єтєрнєї мєрєжї** 29
- Б. Цєрєн, С. Вєвєк. **Пєкєрєщєнєня єкєстї рєзмїтїх зєбрєжєнь тєкєстє нє оснєвї тєхнєлєгїї Machine learning** 31
- К. Тєрєсєнкє, М. Адрєєєв. **Зєстєсєвєнєня рєкурєнтнєї нєйрєннєї мєрєжї LSTM дєя збїльшєнєня прєдєкєтєвнєстї тє трєвєлєстї службї єкєумєлєтєрїєв** 33
- М. Сєдїх, М. Адрєєєв. **Кємп'єтєрнє єгєнт-орїєнтєвнє мєдєлєвєнєня склєднїх єдєпєтївнїх сїстєм нє прїкєлєдї аналєзу пєшїрєнєня COVID-19** 35
- О. Гнїлєнкє. **Прєєкєтєвєнєня LIF-мєдєлї нєйрєнє дєя їмпульснєї мєрєжї нєйрємєрфнєгє прєцєсєрє** 37
- Д. Сєбєлєєвєскїє, О. Спїрїнєєвє. **Дєслїдєжєнєня євєтємєтїєвєнєгє тєстєвєнєня вєб-дєдєтєкє нє бєзї Selenium Webdriver** 39
- А. Алєкєєєнкє, Т. Прєкєф'єв. **Сїстємє цїлєєвєгє вїкєрїстєнєня бєз дєних рїзнїх тїпїєв дєя опєтїмїзєцїї фєнкєцїєнєлєу** 41
- І. Скрїт. **Рєзрєбєкє тє дєслїдєжєнєня рєкємєндєцїєнєї сїстємї нє оснєвї клєстєрїзєцїї кєрїстєвєчїєв** 42
- Д. Шєвчєнкє, І. Сєкурєтєєвєскїє. **Рєзрєбєкє бїблїєтєкє дєя впрєвєдєжєнєня Multi-Tenant Architecture в Java Spring зєстєсєкєнєх** 44
- В. Кєчєрєнкє, О. Вєлкєєвєскїє. **Інформєцїєнє сїстємє дєя рєзвїтєкє мєєлєнєєєєєєвїх нєвїчєкє у дїтєй з рєзлєдємє євєтїстїчнєгє спєктрє** 46
- О. Дудїк, Т. Прєкєф'єв. **Сїстємє єсїнхрєннєгє кєнтрєлєю нєвчєлєєнєгє прєцєсєу з вїкєрїстєнєнєм хмєрнїх сєрєвїсїєв, крєсплєтєформнїх їнформєцїєнїх тєхнєлєгїєв тє мєвї С#** 48
- А. Кєсєлєп, М. Крєлє. **Кємп'єтєрнє мєдєлєєвєнєня рєзєкєлєдє нєвчєнєня в єнїєрєсїтєтї** 49
- О. Тїщєнкє, Т. Прєкєф'єв. **Сїстємє бєзпєчнєгє зєвєнтєжєнєня фєйлїєв в macOS з їнєтєгрєєвєнєм єнєтїєвїруснїм API** 50
- С. Вєвєк. **Мєдєлї прєцєсєу обрєбєкї дєних, спєтєєрєнїх шумєм ї єнємєлєєнїмє знєчєнєнємє** 51

В. Онуфрієнко, О. Онуфрієнко. Математична модель гістерезисних електро-магнітострикційних фрактальних елементів	53	ностей на суму додатних гауссівських функцій	76
А. Шолудько, Н. Карпенко. Особливості виділення пам'яті для масивів на мові С++	55	Н. Бідник, В. Олевський. Порівняння традиційного та основаного на штучному інтелекті інструментів автоматизації тестування веб додатків	78
С. Вайчекаускас, В. Герасимов. Проблеми єдиної системи управління роботою закладів вищої освіти	57	В. Яцик, С. Вовк. Комп'ютерне моделювання сцен на основі генеративної моделі штучного інтелекту Stable Diffusion	79
Д. Єфремов. Оптимізація продуктивності веб-серверів	59	Р. Leshko, V. Holskyi, S. Sozanska. The application of machine learning to the analysis and prediction of energy spectrum dependencies of quantum dots on size and material parameters	81
С. Пінчук, О. Шовкопляс. Інтерактивне середовище для адаптивної підготовки абітурієнтів до вступних іспитів	60	В. Река, Н. Матвеева. Створення веб-додатку для спілкування у соціальних мережах	82
С. Антощук, О. Іванова, К. Защолкін. Стеганографічне вбудовування додаткових даних в програмний код мікросхем FPGA	62	С. Нестеренко, В. Олевський. Оптимізація торгівлі шляхом залучення технології ідентифікації покупця на базі фреймворків OpenCV та Face Recognition	84
А. Chepok, B. Panchenko, S. Stukalov. Computer simulation of biomimetic robot's searcher activity based on forage behaviour of ants	63	А. Сердюк. Розробка бібліотеки для створення навчальних ігор для програм дошкільної та шкільної освіти в ігровому рушії Unity	86
О. Куземський, Т. Прокоф'єв. Тренувальна система для здобуття навичок ефективної роботи в інтерактивних середовищах	64	О. Цідило, В. Герасимов. Принципи роботи мікросервісної архітектури. Переваги та недоліки підходу	87
Ю. Мисло, М. Пагір'я. Побудова ланцюгового дробу Тіле-Ерміта в точці	65	Н. Смоліков, О. Спирінцева. Розробка та дослідження роботи освітнього сайту на базі технології ASP.NET Core	89
Д. Кравцов, Н. Полетаєв. Методи аналізу впливу ознак на результати моделі регресії	67	Д. Остромецький, І. Скуратовський. Використання систем об'єктно-реляційної проєкції JPA та Hibernate в Java Spring	90
П. Портянка, С. Вовк. Система інтелектуального аналізу дорожніх умов	69	Р. Зеркаль, В. Олевський. Виявлення мультикоптерів з відеозображень із застосуванням бібліотеки Ultralytics YOLO	92
О. Сінькевич, І. Оленич, О. Футей. Підхід до оцінки ефективних теплофізичних параметрів будівель	71	К. Різун, В. Герасимов. Розробка програмного забезпечення для мобільних пристроїв на базі технології React Native	94
Д. Комишний, І. Пономар'єв. Платформи та архітектура хмарних обчислень	72	М. Баганець. Розробка Telegram боту на мові Python для оптимізації робочого графіку	95
В. Dubrovin, L. Deineha, M. Zhmutskyi. Deepfake technologies and their legal status	74		
С. Пляка, С. Вовк. Моделювання процесу розкладання експериментальних залеж-			

Секція II. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ І КОМПОНЕНТИ	
<p>В. Ребров, В. Лукін. Аналіз ефективності фільтрації після стиснення з втратами зображень з шумом 98</p> <p>А. Лозовський, О. Тонкошкур, О. Ляшков, І. Гомілко. Застосування комп'ютерної обробки даних в дослідженнях за допомогою газових сенсорів 100</p> <p>О. Івон, С. Півень. Програмне забезпечення для вимірювання параметрів пікселів растрових зображень 102</p> <p>Л. Ахметшина, С. Мітрофанов. Створення системи сегментації зображень з використанням мови Python 104</p> <p>М. Гребенюк, П. Ситнікова. Компактна гібридна модель користувача для покращення рекомендаційних систем 106</p> <p>А. Черненко. Аналіз багатофункціональних контролерів для сільського господарства 108</p> <p>Д. Тітов, М. Андрєєв. Автоматизація системи керування дроном на основі алгоритмів комп'ютерного зору 110</p> <p>Д. Єрмоєнко, Д. Чернетченко. Дослідження методів адаптивної фільтрації ЕКГ-сигналів для виявлення аномалій серцево-судинної системи за допомогою телемедичного комплексу 111</p> <p>Ю. Руденко. Сучасні засоби створення друкованих плат для комп'ютерних систем 113</p> <p>І. Ломовцев. Система технічного захисту приміщення 115</p> <p>Т. Ситніков, О. Шкодін, О. Діленко, С. Жеребкін, В. Ситніков. Автономна мобільна платформа з обмеженими обчислювальними можливостями 117</p> <p>М. Притула, І. Оленич. Виявлення агресії у текстових повідомленнях засобами машинного навчання 119</p> <p>К. Зінкевич, І. Скуратовський. Проблеми та обмеження технології розпізнавання жестових команд в реальному часі 121</p>	<p>І. Голенко, М. Андрєєв. Інтеграція нейронних мереж для розпізнавання зображень у веб-програми із застосуванням мови програмування Java 123</p> <p>Л. Ахметшина, А. Нестеренко. Засоби мови Python для розробки моделей штучного інтелекту 125</p> <p>В. Смирнов. Створення корпоративної VoIP-мережі із застосуванням софтівів 127</p> <p>В. Овчарук, Л. Ахметшина. Створення веб-сайту на базі макету Figma з використанням засобу Visual Studio Code 129</p> <p>Є. Шевченко, М. Твердоступ. Дослідження технології Nuxt.js для створення веб додатків 130</p> <p>В. Децик, В. Герасимов. Мобільний додаток YourAirTest 131</p> <p>Л. Ахметшина, А. Фомін. Відновлення зображення з використанням методу супер-роздільної здатності 133</p> <p>О. Коваленко, С. Мазурик. Використання штучного інтелекту для прогнозування властивостей багатокомпонентних сумішей оксидів металів 135</p> <p>А. Мазур, В. Хандецький. Дослідження технології Software-defined networking (SDN) 136</p> <p>A. Chepok, D. Larin, L. Martynovych, V. Panchenko, I. Sharipova. On fundamentals of creating an expert system for digitized texts' style identification 138</p> <p>П. Швайко, В. Герасимов. Особливості розробки мікросервісів для обробки платежів на мові Rust 140</p> <p>С. Баб'як, І. Оленич. Розробка програмно-апаратного комплексу для дослідження якості повітря 142</p> <p>В. Дубровін, Л. Дейнега, К. Власенко. Вплив якості даних на результати Data mining алгоритмів 143</p> <p>О. Морозов. Спрощення розрахунків щодо амплітуд і ширин двох найбільших складових спектру фотолюмінесценції ZnS:Mn 145</p>

Д. Бондаренко, В. Герасимов. **Порівняння фреймворків Laravel та Symfony для розробки веб-додатків** 147

О. Волковський, М. Турчак. **Веб-орієнтована CRM-система** 149

### Секція III. РАДІОТЕХНІЧНІ ПРИСТРОЇ Й ЗАСОБИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

Ю. Лаврич, С. Плаксін, І. Тимченко, Ю. Шкіль. **Відновлення працездатності РЕА шляхом реінжинірингу** 151

Л. Філінський, О. Дробахін. **Дослідження характеристик відбиття пінних структур в міліметровому діапазоні** 153

М. Потапов, О. Дробахін. **Шарова діелектрична узгоджувально-відбивна структура для системи передавання енергії мікрохвильовими пристроями** 155

Є. Трахтман, Д. Салтиков. **Використання рупорів для покращення характеристик фазованої антенної решітки** 157

І. Прокопенко, Д. Чернетченко. **Система для автоматизованого вимірювання параметрів антен на базі мікроконтролерного пристрою** 159

С. Бухаров, В. Усатенко. **Логоперіодична антена на базі широкосмугового вібратора** 161

В. Корчинський. **Управління швидкістю передачі даних по телекомунікаційних каналах з адитивним шумом** 162

М. Резнік, В. Корчинський. **Часова динаміка характеристик передачі транзактів у багатосерверних телекомунікаційних системах** 164

А. Кононенко, С. Фелінський, М. Резніков, Г. Фелінський. **Спектрально-просторовий розподіл ВКР підсилення сигналів у телекомунікаційних волокнах на основі кварцового скла** 166

Н. Бокачова, Д. Чернетченко. **Пристрій для безпроводового контролю доступу на базі мікроконтролерної системи та технології RFID** 168

### Секція IV. ФУНКЦІОНАЛЬНА ЕЛЕКТРОНІКА. МІКРО- І НАНОТЕХНОЛОГІЇ

Л. Демчина, А. Міняйло, Д. Пекур, М. Вуйчик, П. Генцарь, О. Стронський, М. Заяць, О. Власенко. **Оптичні властивості тонких плівок GaN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, легованих кремнієм** 170

Р. Іщенко, С. Рябцев, О. Кушнерьов, В. Башев, С. Томін, В. Фокін. **Іоно-плазмове напилення багатокомпонентних плівок типу «Finemet» і «Metglas»** 172

О. Sushko, M. Derhachov, V. Kidalov, S. Ryabtsev, Yu. Potapovych. **Fabrication of Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> films on porous-Si/Si and SiC/Si substrates** 174

В. Воровський, О. Дробахін, О. Коваленко, Д. Салтиков. **Дослідження властивостей нанокристалічного ZnO:Mn в діапазоні НВЧ за допомогою біконічного резонатора** 175

О. Іванченко, О. Тонкошкур. **Аналіз кінетики обмеження напруги у варисторно-позисторних структурах** 177

А. Горват, О. Молнар, В. Мінкович. **Діелектричні властивості та старіння стекел на основі селену** 179

А. Lyashkov, A. Kovalenko, V. Vorovsky, V. Horyslavets. **Production technology and study of gas sensitive properties of sensors based on ZnO for monitoring air quality** 181

О. Іванченко, В. Ліціюк. **Система розумного освітлення з функцією автономного живлення** 183

А. Гісь, І. Гомілко, С. Лягушин, С. Мазурик. **Мікроконтролерна система збору даних електричних випробувань сонячних елементів** 185

М. Кукурудзяк, В. Ліпка. **Вплив кристалографічної орієнтації кремнію на параметри елементів фотоелектроніки** 186

О. Яценко, І. Гомілко, О. Гапонов. **Розробка апаратно-програмного комплексу**

- моніторингу якості атмосферного повітря 188  
 М. Сльотов, О. Сльотов, В. Чернівчан, О. Кінзерська, С. Борта, А. Скрипничук. **Фотоприймачі на основі напівпровідників з ізовалентною домішкою Mg** 189
- М. Кукурудзяк. **Метод оцінки часу життя неосновних носіїв заряду кремнієвих  $p-i-n$  фотодіодів** 191
- D. Dmytriiev, S. Achenbach, G. Wells, Y. Houmad. **Substrate with SU-8 and PMMA layers as materials for X-ray zone plates fabrication** 193
- М. Дубінін, В. Маслов, К. Мунтян, О. Свистунов. **Поширення терагерцових вихрових пучків в вільному просторі** 195
- В. Колбунов, О. Тонкошкур, С. Мазурик, О. Ляшков, Л. Накашидзе, Ю. Гладка. **Застосування терморезисторів на основі діоксиду ванадію для електротеплового захисту елементів сонячних батарей** 197
- С. Чупира, С. Білічук, О. Грушка. **Модернізація термопарного вакуумметра ВТ-3 з використанням мікропроцесорної обробки сигналу АЦП** 199
- Секція V. ФІЗИЧНІ ЯВИЩА В МАТЕРІАЛАХ ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ЇХ ОТРИМАННЯ
- Ya. Lepikh, I. Doycho, I. Brytavskii, A. Balaban. **Moisture dependence isotherms of resistance for porous glass with nanoparticles** 201
- V. Moiseienko, M. Derhachov, B. Abu Sal. **Composites based on synthetic opals and nanocrystalline phases of active dielectrics** 202
- С. Кахерський, А. Опанасюк, М. Єрмаков, Р. Пшеничний, О. Климов. **Вплив відпалів на структурні характеристики гетеропереходів ZnO/NiO, отриманих методом розпилення наночорнил** 204
- П. Генцарь, М. Міняйло, Д. Пекур, Л. Демчина, М. Вуйчик, М. Киселюк, М. Заяць, О. Стронський, О. Власенко. **Оптичні властивості тонких плівок GaSe та InSe в області фундаментального електронного переходу  $E_0$**  206
- М. Скіпальський, О. Замуруєва, Р. Яворський, І. Вакалюк. **Тонкоплівкові сонячні елементи на основі CdTe** 208
- О. Коваленко, В. Воровський, В. Славний, А. Веклич. **Вплив умов синтезу на процес легування нанокристалів ZnO:Mn** 210
- Г. Гайдар. **Тензоефекти в  $p$ -германії** 212
- Л. Демчина, А. Міняйло, Д. Пекур, М. Вуйчик, П. Генцарь, О. Стронський, О. Власенко. **Електронні властивості приповерхневого шару монокристалів  $n$ -GaAs (100)** 214
- В. Євдокименко, Р. Пшеничний, А. Опанасюк, В. Юрченко, О. Климов. **Вплив температури відпалу на структурні та оптичні характеристики гетероструктур ZnO/CuO** 216
- О. Кушнерьов, С. Рябцев, П. Галаган, В. Башев. **Структура та фізичні властивості багатокомпонентного сплаву  $CoCr_{0.8}Cu_{0.64}FeNi$ , отриманого гартуванням з рідкого стану** 218
- М. Єрмаков, Р. Пшеничний, А. Опанасюк, В. Старіков. **Вплив температури відпалу на ширину забороненої зони плівок оксиду цинку легованого індієм** 220
- П. Генцарь, М. Міняйло, Д. Пекур, Л. Демчина, М. Вуйчик, О. Стронський, О. Власенко. **Контроль структурної досконалості напівпровідників методом модуляційної спектроскопії електровідбивання** 222
- В. Башев, О. Лисенко, Т. Калініна, С. Рябцев, К. Микита, О. Попиль, К. Шевельова. **Позитивний вплив гартування з рідкого стану на формування пересичених твердих розчинів у сплавах залізо-металоїди** 224
- О. Писаний, А. Опанасюк. **Оптимізація характеристик плівок  $Cd_{1-x}Mn_xTe$ , нанесених вакуумним випаровуванням** 226



- V. Skalozub. **Stabilization of magnetized plasma in high temperature SU(2) gluodynamics** 228
- І. Козярський, Е. Майструк, Д. Козярський, Г. Андрущак, В. Дроздик, А. Сірій. **Механізми проходження струму в гетероструктурі  $p$ -CuNiO $_2/n$ -Si** 230
- В. Наход, П. Сахнюк, О. Замуруєва. **Моделювання складних процесів в гетероструктурах** 232
- Є. Сетов. **Розрахунок коливальної структури спектра поглинання 2,5-біс(2-бензоксазоліл)гідроксінону** 233
- М. Буланій, Т. Булана, І. Гомілко, О. Коваленко, В. Славний. **Люмінесценція центрів рекомбінації у кристалах ZnS:Mn** 234
- І. Орлецький, М. Ілащук, І. Козярський, Е. Майструк, Е. Касс, Н. Саранчук. **Механізми протікання струмів у гетеропереходах CoFe $_2$ O $_4/n$ -CdTe** 235
- С. Лягушин, О. Соколовський. **Акустичне надвипромінювання та фазові переходи** 237
- Ю. Ніцук, С. Гусейнова, Є. Мамоєнко, Ю. Ваксман. **Дослідження фотолюмінесценції наночастинок оксиду цинку** 239
- V. Skalozub, I. Namolskiy. **Induced color charges in QGP at Polyakov's loop and chromomagnetic fields** 240
- М. Dmytriiev, V. Skalozub. **One-loop correction contributions in the decoupling limit of generalized Yukawa model** 241
- В. Короновський, Ю. Вакула. **Оптичні дослідження змін мікромагнітної структури плівок феритових гранатів у електричному полі** 243
- A. Diachenko, Ye. Skrypnik, M. Trubitsyn, M. Volnianskii, O. Baskevich. **X-ray phase analysis of LiNaGe $_4$ O $_9$  multiphase compound** 245
- О. Соколовський, С. Лягушин. **Динаміка моделі Дікке з урахуванням малих кореляцій** 246
- Т. Бочкова, М. Волнянський, А.Кривченко, М. Трубіцин. **Вплив поліморфізму PbO на електричні властивості кристалів PbMoO $_4$**  248
- R. Safenkov, M. Trubitsyn. **Conductivity of Li $_2$ Ge $_7$ O $_{15}$ :Me $^{3+}$  single crystals** 250
- В. Онуфрієнко, І. Килимник, Т. Слюсарова. **Моделювання потенціалів затворів з фрактально конфігурованими домішками у графеновому транзисторі** 251
- Д. Корбутяк, О. Косінов, Б. Кульчицький. **Синтез та практичне використання ультрамалих квантових точок** 253
- С. Бухаров, Б. Шестаков. **Побудова калібрувальної залежності резонаторного сенсору діелектричної проникності чисельними методами** 255
- A. Turinov, M. Chyzhuk. **Semiclassical approach to logarithmic perturbation theory** 257
- R. Leshko, O. Leshko. **Interband and intraband electromagnetic waves absorption of non-concentric spherical core-shell quantum dots** 258
- V. Skalozub, A. Veres. **Propagation of electron gaussian pulses in magnetic field** 259
- P. Minaiev. **Generation of parameters for 2HDM with fixed mass of higgs boson** 260
- E. Reznikov. **Nonequilibrium heat propagation in heavy-ion plasma at high temperature** 261

# THE STUDY OF THE OPTIMUM ELECTRONIC DOCUMENT FLOW MANAGEMENT PRINCIPLES (ACCORDING TO UKRAINIAN E-HEALTH SERVICES)

**A. Chepok, A. Kamienieva, D. Larin, H. Korenkova, S. Stukalov**

*Odesa I.I.Mechnikov National University*

*andrew.chepok@gmail.com*

The authors researched some modern trends in electronic services supplying in the field of Health care, as well as some problems of implementing e-document circulation at all levels of the public Health care system. The paper analyzes the principles of building an optimal electronic document flow for the “grassroots” links of the Ukrainian Ministry of Health.

The purpose of the work: At present, the idea of “electronic document circulation” itself is not at all new one, but this branch of daily activity of modern humans (if it is taken in particular) and the functioning of modern civilization (if it is in general) has an extraordinary practical value. Therefore, plenty positive achievements in this area were and are very important and desirable, and literally for each of us. The experience of various countries, which are considered economically and socially developed and successful, convincingly shows that in addition to modern management of the industry and the introduction of HiTech Medical equipment, the development and implementation of the principles of e-document circulation at all levels of one’s country’s Health Care System are extremely necessary [1, 2].

On the relevance of this work: The problems of creating and then functioning of electronic document set are related to almost all stages of the life cycle of such e-documents – from their actual generation up to their archival storage ensuring. It should also be remembered that in the mentioned area, issues of confidentiality and rules for using information contained in such documents are so-called critical topics [1].

Since the main issues related to the health care system functioning in general, i.e. at all links of this chain, may affect many “sensitive” and “ultra-sensitive” spheres of both private life and public one: here are the costs of both personal and public funds, some industrial achievements and labor productivity as well, plus a whole series of moral and ethical issues, scientific and technological achievements, the skill of being a manager in this field, a certain level of qualification of representatives of many professions, mainly science-intensive, then the named above fields of human activity require the implementation of a number of well-thought-out, and carefully balanced organizational solutions aimed at further development of many areas of health care in Ukraine.

The COVID-19 Pandemic has radically “digitized” patients’ affairs and dramatically increased the number of remote medical services. This wicked event convincingly proved the need to apply “high technologies” in our everyday practice in the shortest possible time for almost a third of the Planet’s human population.

Electronic document circulation in Ukraine is now regulated by the following Laws: “On electronic documents and electronic document circulation” and “On electronic Trust Services”. According to these State acts, e-documents have the same legal force as paper ones: that is, documentation in digital form is completely legalized. This is possible only if current electronic documentation contains all the required details.

Today, the electronic document management should act as the main tool for optimizing the functioning (i.e., for current works) of almost any enterprise in many economic and social sectors [1, 2].

Analysis of existent document management systems within the framework of the Ministry of Health of Ukraine and some known trends in their development, according to the authors' viewpoints, in the development of optimal e-document management, it is advisable to use the powerful capabilities of MS Excel and MS Word software products, at least at the levels of the basic or "grassroots" links of the existing health care system.

In the authors' opinion, after taking into account the above notions, the principles of building an optimal e-document flow in the basic links of Ukrainian Ministry of Health system should be as follows:

- 1) Automation of the most of routine tasks concerning to medical staff works, and so significant reduction of time spent on "redundant actions" and unproductive functions of medical personnel;
- 2) Evident reduction of the influence of so-called human factor on errors in datum regarding the patient himself and/or regarding the most basic unit of the Ministry of Health at various stages of the "life cycle" of various specific documents;
- 3) Significant minimization (to the level of impossibility of existence) of the most significant "diseases" of this area – from the forgery of certain documents up to their improper storage (well known "loss of documents" events).
- 4) Acceleration (as caused by automation) of appropriate information conveying to those employees of certain departments/institutions of the Ministry of Health, who need it accordingly to their Service Instructions (that is, accordingly to the principle "*to whom it may concern*");
- 5) Active protection of important information due to adequate setting of appropriate administrative, as well as technical and technological rules for processing of such information.
- 6) Transparency of e-document circulation with the possibility of "end-to-end" tracking of each necessary document registered in the e-document circulation system (surely, with proper recording of all "steps" of each document in the System – from the very fact of the document's birth to all stages of its storage, taking into account the history of its editing).
- 7) Compliance with International Information Security Standards, such as ISO 9000.

Conclusions. When performing this work, the authors have solved the following tasks:

1. Determination of the basic principles of building an optimal electronic document flow in the "lower" links of the system of the Ministry of Health of Ukraine;
2. Development of some specific algorithms for generation, protection, addressing, storage and archiving routines of certain internal documents of the Ministry of Health of Ukraine according to the approved instructions of the Ministry of Health;
3. Development of a modular structure of relevant programs for the generation and addressing of certain internal documents of the Ministry of Health of Ukraine, as well as ensuring interaction between program modules;
4. Development of a clear-and-understandable user interface (UserForm).

[1] Casey J.A., Schwartz B.S., Stewart W.F., Adler N.E. Using Electronic Health Records for Population Health Research: A Review of Methods and Applications, Annual Review of Public Health Vol. 37. (2016). P.61–81.

[2] Chepok A.O. The electronic medical record documentation automating accordingly to the e-Health system. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. Вип. 4. (2018). С. 239-246.

## ON USE OF THE FRAME-BASED MODELING LANGUAGE FOR INFORMATION SYSTEM DEVELOPMENT

**O. Lytvynov, V. Khandetsky, M. Lytvynov**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*lishu.dnepr.ua@gmail.com, v.khandetsky@gmail.com, litvinovma0@gmail.com*

Today's business requires more flexible and agile, maintainable, and testable, robust and scalable IT infrastructure able to meet the challenges of the business. Multi-layered and service-oriented software architectures, domain-driven design approach with its modifications, test-driven development and behavior-driven development approaches can be seen as a response to those challenges. But the implementing of such approaches results in dozens of huge projects with hundreds and even thousands of classes and sophisticated testing infrastructure necessary to support continuous refactoring of the system. It complicates the process of development and maintenance, increases the level of mental load on personal.

One of the effective solutions of the above problem is to provide a modeling language able to represent all the necessary information about the domain and provide a mechanism of the transformation of the models described in that language into a set of software components and other artifacts such as tests, configuration files, database scripts etc.

The results of previous research were published in [1]. The provided minimal description is based on domain description using high-level language and then can be transformed into a set of artifacts. For this purpose, we propose to use an extended frame-based language described in detail in [2]. This language can describe domain in a full, platform independent manner, considering all necessary information that could be effectively used by the transformation mechanism for system construction and maintenance. The expressiveness of the language is based on the descriptive power of facets used by both frame and slot structures.

The presented work is devoted to the specific of transformation engine construction, the problems of its flexibility and adaptation to new architectures and technologies. The proposed solution is as follows. To transform the description written in the XCore language into metalanguage objects Antlr library is used. After acquiring, the model can be mapped into several platform independent models (domain-specific models - DSL models). Then DSL models can be transformed into the code using a set of resolvers which are responsible for DSL model interpretation. Since the components of the application are different from each other, separate Resolvers are used. For example, to generate C# and MySQL code there would be used CSharpResolver and MySqlResolver respectively. The transformation of the model into code is based on templates.

In order to estimate the effectiveness of the provided approach, the following experiment was set up. After the realization of typical functions of the typical project [2] and refactoring aimed to achieve the desired level of standardization, we started to train the generator to acquire the results we get earlier but without manual coding. At this point it should be evaluated which templates and resolvers should be created or modified. After the generator's training we tried to build new system components to realize new use-cases like those that have been already implemented. We estimated the time spent on generated code modification as well as the time spent on generator tuning. After the implementation of all functions, we tried to evaluate the effectiveness of the provided approach in comparison to the potential time and efforts expenses which would be required for solving the problem in the conventional way.

In the case of implementation of the testing project with a new architecture (layers, and typical patterns and components used within these layers) and a new technology stack, the acquired results can be described as follows.

1. To achieve the maximum effectiveness of the approach the project should be thoroughly analyzed in order to discover the subset of the typical functions which would be considered as the foundation of the whole set of functions to be implemented.
2. During the implementation of the functions, it is necessary to train the generator following the principle of the synergy of the architecture and generator. That means that the generator relies on the prepared infrastructure consisting of basic and auxiliary classes that significantly simplify the construction of new code and, accordingly, its generation, because the generation relies on standardization of typical tasks' solutions. Tuning of the generator was carried out mainly due to the addition of new transformation templates, and the construction and improvement of model transformers in the code.
3. During new functions implementation with the use of the generator, the generator's tuning is mostly connected with the modification of the existing templates and transformers.
4. During the modification of already existing components, the use of the generator also proved to be effective. Updating the system is always associated with a greater effort on the part of the developer than with development, because it is necessary to focus more attention on the exclusion of damage to ready-made functions, which can be partially implemented thanks to the creation of tests. Exclusion of syntactic and semantic errors, which usually occur during such modifications, with the help of a generator significantly reduces not only the time, but also the effort (mental stress) spent on solving problems.

The realization of the project including generator tuning took 6 weeks instead of 8 weeks planned for project realization without using the generator. Generator tuning took approximately 17 hours. Firstly, 5 typical functions were selected and realized manually. The realization of those functions took approximately 5 weeks including refactoring, the goal of which was to obtain the basic patterns and prepare the common infrastructure for further development. Although the generator teaching, defining templates and resolvers, had been started in parallel with manual functions realization, the main part of the tuning was made after the refactoring had been finished. Tuning the generator to be able to generate the code for already realized functions took approximately 5-7 hours. Then the realization of new functions ran smoothly without significant generator updates, i.e., the creation of new templates and resolvers, and was primarily focused on their modifications and improvement.

The estimation of the hypothetical time required to realize the project without the generator was based on the minimum time required to develop functions manually without considering the time and effort usually spent on switching the focus of the developer's attention from one context to another, errors which appear in result of creating new code by copying existing one, time required for debugging, formatting, commenting classes and functions, etc. We considered only the time required to create the necessary components, i.e., creating new files and writing the code.

Thus, the use of the frame-based approach and the generator had a significant effect in the process of developing the information system, but the best results obtained if the generator is configured for a specific architecture and the architecture can help or hinder the use of the generator. Due to the fact that the system was built using a flexible architecture, the use of the generator was expedient.

- [1] Litvinov A.A. On a frame-based language used for software modelling. System technologies. No1 (108). (2017). P. 55-63.
- [2] Litvinov A. A., Gerasimov V. V., Kovalchuk D. S., Krokhin V. V. On basic principles of minimum valuable information system development and preparation of professional software developers. System technologies. No1 (120). (2019). P. 107-114.

# ЗАСАДИ ІЗОЕФЕКТИВНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ОЦІНКИ МАСШТАБОВАНOSTІ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

**І. Назарова**

*Донецький національний технічний університет  
iryna.nazarova@donntu.edu.ua*

Масштабованість є важливим атрибутом паралельних систем, який часто використовують, але таким, що не має загальноприйнятого формального визначення. З цієї причини, теоретичні дослідження та практичне застосування методів оцінки масштабованості алгоритмічно-програмних додатків у сукупності з паралельною архітектурою є сучасною науковою проблемою. У докладі пропонується підхід для дослідження масштабованості розроблених паралельних додатків розв'язання систем звичайних диференціальних рівнянь на основі засад ізоефективного аналізу [1] для наступної множини однокрокових методів: експоненційні для розв'язання лінійних задач Коші, багатостадійні повністю неявні, діагональні неявні та однократно-діагональні неявні по типу Рунге-Кути, багатоточкові або блокові для жорстких і задач з особливостями, екстраполяційні тощо [2-3].

Ізоефективний аналіз є корисним інструментом при теоретичному дослідженні паралельних алгоритмів [1]. Такий підхід дозволяє користувачам і розробникам порівнювати різні альтернативи комбінацій паралельний алгоритм-архітектура та вибирати такий варіант, у якому розмір входу зростає повільніше порівняно з кількістю паралельних пристроїв. На практиці, однак, накладні витрати на конкуренцію ресурсів можуть перевищити інші типи накладних витрат і зробити масштабований алгоритм непридатним або неефективним до виконання. Застосована методологія вирішує цю проблему шляхом моделювання емпіричних функцій ізоефективності як самої програми, так і безконфліктного відтворення програми.

Двопараметрична функція ізоефективності визначається на основі наступного аналітичного виразу:  $m = f_E(p)$ , де  $m$  – розмірність вхідної проблеми/розмір входу,  $p$  – кількість паралельних пристроїв в обчислювальній системі, умовно процесорів,  $E$  – коефіцієнт ефективності паралельного алгоритму, що обчислюється наступним чином:

$$E(m, p) = \frac{S(m, p)}{p} = \frac{T_1(m)}{pT_p(m, p)},$$

$S(m, p)$  – прискорення паралельного алгоритму,  $T_1, T_p$  – час виконання алгоритму на однопроцесорній та  $p$ -процесорній обчислювальних системах відповідно. Ізоефективність, яка об'єднує кількість процесорів і вхідний розмір для конкретної постійної ефективності, є контурною лінією на поверхні  $E(m, p)$ . Для отримання виразу функції ізоефективності вводиться характеристика – загальні накладні витрати на паралелізм або загальний час накладних витрат:  $T_0(m, p) = pT_p(p, m) - T_1(m)$ . Це загальна кількість часу, яку всі процесори витрачають, але не на вирішення вхідної проблеми, а на конфлікт за ресурси, час простою та накладні витрати на планування.

Основне співвідношення ізоефективного аналізу має вигляд:

$$T_1(m) = K \cdot T_0(m, p),$$

де  $K$  – коефіцієнт масштабування, що розраховується, як:  $K = E/(1 - E)$ .

З цього співвідношення і отримується аналітичний вираз функції ізоефективності.

Для оцінки масштабованості практичного завдання досліджуються та порівнюються три різні функції ізоефективності. По-перше, фактична функція ізоефективності програми, змодельована за емпіричними результатами тестів виконання. Ця функція відображає реалістичну продуктивність програми, включаючи вміст ресурсів і витрати на планування. По-друге, функція ізоефективності «без конфліктів», змодельована за результатами повторного відтворення порожніх остовів завдань відповідно до графу впливу задачі. Оскільки під час повторного відтворення не виникає конкуренції за ресурси, ця функція ефективності відображає ідеальну ситуацію, коли програма не зазнає конкуренції, спричиненої одночасним доступом до ресурсу. Третій варіант, це оцінка верхньої межі ефективності додатку:  $E = \min(1, Dop/p)$ , тут  $Dop$  – максимальний ступінь паралелізму. Ця функція описує ідеальну ситуацію, яка навряд чи досяжна на практиці.

Суттєва розбіжність між фактичною та безконфліктною ефективністю характеризує, наскільки серйозними є накладні витрати на конкуренцію ресурсів, тобто, по суті, значною перешкодою для масштабованості програми. Велика розбіжність свідчить про те, що зусилля з оптимізації повинні бути зосереджені на зменшенні конкуренції за ресурси на рівні програми або основної системи. Структурна невідповідність між верхньою межею та безконфліктною ізоефективністю характеризує потенціал оптимізації програми на рівні графу впливу: зменшення залежностей у завданні, налаштування деталізації завдань або використання більш ефективного планувальника. З іншого боку, невелика розбіжність означає, що, незважаючи на суперечки, реалізація алгоритму близька до максимальної ефективності, яку він може досягти. Однак можуть існувати інші, можливо, кращі алгоритми, які створюватимуть різні функції ізоефективності і, можливо, кращу максимальну ефективність.

- [1] Grama A., Gupta A., Karypis G., Vipin K. Introduction to Parallel Computing. Addison Wesley. (2003). 856 p.
- [2] Назарова І.А., Дмитрієва О.А. Паралельні обчислення: навчальний посібник / І.А. Назарова, О.А. Дмитрієва. Покровськ: ДВНЗ ДонНТУ, 2020. 246с.
- [3] Паралельні однокрокові методи чисельного розв'язання задачі Коші: монографія / Л.П. Фельдман, І.А. Назарова. Донецьк: ДВНЗ ДонНТУ. (2011). 185 с.

## **PRINCIPLES OF ISOEFFECTIVE ANALYSIS FOR ESTIMATES THE SCALING OF PARALLEL CALCULATIONS**

**I. Nazarova**

*Donetsk National Technical University  
iryna.nazarova@donntu.edu.ua*

The development of parallel applications can have as its goal both the reduction of execution time and the provision of the possibility of solving larger tasks. The ability of a parallel algorithm to efficiently use processors with increasing computational complexity is an important characteristic of parallel computing and is called scalability. A parallel algorithm is scalable if, as the number of processors increases, it provides increased acceleration while maintaining a constant level of processor efficiency. The study of the scalability of parallel calculations was carried out on the example of solving the Cauchy problem on the basis of one-step numerical schemes: fully implicit Runge-Kuta type methods, diagonally implicit, single-diagonal implicit, extrapolation, block methods.

# ПРОБЛЕМА ЕФЕКТИВНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ПАРАЛЕЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ ЦИФРОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ДАНИХ НА СУЧАСНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

**М. Яджак**

*Інститут прикладних проблем механіки і математики  
ім. Я. С. Підстригача НАН України  
Львівський національний університет імені Івана Франка  
yadzhak\_ms@ukr.net*

У більшості випадків задачі цифрової фільтрації (ЗЦФ) різної розмірності необхідно розв'язувати в режимі реального часу. З цією метою потрібно розробляти та досліджувати паралельні алгоритми для реалізації на сучасних обчислювальних засобах. Загалом розглядувана нами ЗЦФ полягає у виконанні деякої кількості ( $C$ ) переобчислень згладжування масиву значень  $N$  змінних через рухоме вікно заданого розміру  $M$ . Зазвичай на практиці, під час здійснення цифрової фільтрації, виконуються нерівності:  $N \gg C, N \gg M$ .

Для розв'язання задач фільтрації різної розмірності нами запропоновано цілу низку паралельних алгоритмів [1–3], зорієнтованих на різні типи архітектур обчислювальних систем.

**Паралельно-конвеєрні алгоритми (ПКА) фільтрації.** На основі запропонованого квазісистоличного методу [1] організації обчислень побудовано оптимальні за швидкістю та використанням пам'яті ПКА розв'язання ЗЦФ. Оптимальність доведено у вказаних класах алгоритмів, які є еквівалентними за інформаційним графом з точністю до виконання співвідношень асоціативності та комутативності для операції додавання. Одержано оцінки прискорення для побудованих ПКА фільтрації, які зорієнтовані на реалізацію на відповідних квазісистоличних обчислювальних структурах (КСОС). Останні відрізняються від чисто систолических структур тим, що дозволяють передавання даних від однієї «інстанції» одразу в декілька «точок прийому», дещо порушуючи локальність міжелементних зв'язків. Однак, на практиці це легко можна усунути шляхом використання оптоелектронних елементів у системах комутації та зв'язку. Зазначимо, що структура КСОС повністю копіює потактову схему відповідного ПКА фільтрації. Проте, можливі різні підходи до її оптимізації, як за кількістю функціональних елементів, так і за часом їх спрацювання. Необхідно зазначити, що у першому випадку потрібно передбачити відповідні засоби синхронізації для передавання результатів між переобчисленнями згладжування. У другому випадку, для реалізації функцій елементів можна залучати, наприклад, засоби однорідних обчислювальних середовищ, клітинних автоматів, схем потоків даних тощо. Зауважимо, що КСОС слід розглядати і як окремі високопродуктивні обчислювальні вузли кластерних систем або гібридних архітектур для виконання спеціалізованих обчислень.

Запропоновані ПКА фільтрації та побудовані на їх основі алгоритми з обмеженим паралелізмом можуть бути також ефективно реалізовані на системах зі структурно-процедурною організацією обчислень. Останні є обчислювальними засобами з паралельною пам'яттю [2], в яких час доступу кожного процесора до будь-якого модуля пам'яті є однаковим. Однак, тут виникає проблема безконфліктного розташування даних у модулях пам'яті, яку потрібно вирішувати у кожному конкретному випадку.

**Паралельні алгоритми з автономними гілками.** На основі використання синхронної схеми організації обчислень та ідей методу пірамід для розпаралелювання циклів нами були запропоновані паралельні алгоритми [3] з автономними гілками для роз-



в'язання ЗЦФ різної розмірності. Ці алгоритми загалом зорієнтовані для виконання на широкодоступних для користувачів обчислювальних засобах – кластерних системах та комп'ютерах із багатоядерними процесорами. Зауважимо, що у згаданих паралельних алгоритмах передбачена можливість врахування обсягу використовуваних обчислювальних ресурсів (кількості процесорів (ядер), обчислювальних вузлів, продуктивності комунікаційного середовища тощо). Крім цього, для алгоритмів з автономними гілками передбачено певні процедури для покращення процесу згладжування масиву значень змінних. Також одержано оцінки прискорення, які підтверджують, що воно є доволі суттєвим для цих алгоритмів, що забезпечується виконанням наведених вище нерівностей. Необхідно зауважити, що при переході до обмеженого паралелізму у даному випадку суттєво зменшується кількість дублювань обчислень в ітераціях циклу, що є важливим, оскільки такі дублювання – це певний недолік використовуваного під час розпаралелювання методу пірамід.

**Висновок.** Із викладеного вище випливає, що залежно від вимог до часу виконання фільтрації та наявних технічних можливостей для ефективною реалізації запропонованих паралельних алгоритмів можна використовувати як спеціалізовані (КСОС), так і універсальні (кластери, комп'ютери з багатоядерними процесорами, системи зі структурно-процедурною організацією обчислень) обчислювальні засоби. Одержані в цій роботі наукові результати можуть бути використані для попереднього опрацювання в режимі реального часу великих масивів вхідних даних у різних предметних галузях під час дослідження стану та процесу функціонування об'єктів складних ієрархічно-мережевих систем, а також аналізу та оптимізації міжсистемних взаємодій різних типів з метою захисту систем або їх окремих складових від негативних цілеспрямованих чи випадкових зовнішніх і внутрішніх впливів.

- [1] Yadzhak M. S., Tyutyunnyk M. I. An optimal algorithm to solve digital filtering problem with the use of adaptive smoothing. *Cybernetics and Systems Analysis*. Vol. 49. (2013). P. 449–456.
- [2] Яджак М. С. Вирішення проблеми реалізації деяких паралельних алгоритмів цифрової фільтрації даних. Відбір і обробка інформації. Вип. 35 (111). С. 116–121.
- [3] Яджак М. С. Паралельні алгоритми цифрової фільтрації даних. *Кібернетика та системний аналіз*. 59, № 1. (2023). С. 46–56.

## THE PROBLEM OF EFFECTIVE IMPLEMENTATION OF PARALLEL ALGORITHMS FOR DATA DIGITAL FILTERING ON MODERN COMPUTER SYSTEMS

**M. Yadzhak**

*Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics NAS of Ukraine  
Ivan Franko National University of L'viv  
yadzhak\_ms@ukr.net*

The paper describes parallel methods and algorithms proposed by the author for solving digital filtering problems of different dimensions. Modern computing means for their effective implementation are considered (quasi-systolic computing structures, systems with structural-procedural organization of calculations, clusters). Depending on the requirements for the execution time of digital filtering, it is possible to choose one or another parallel algorithm and the appropriate computer system for its effective implementation. The obtained results can be used for preliminary processing in real time of large arrays of input data in various subject areas.

# ON A PROBLEM OF SYNCHRONIZATION OF SEQUENTIAL EVENTS IN CQRS WITH EVENT SOURCING SYSTEMS

**O. Lytvynov, D. Hruzin**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*lytvynov@ffeks.dnu.edu.ua, hruzin\_dl@ffeks.dnu.edu.ua*

Software is developed for businesses the core feature of which is agility: changing business rules, adding new activities, modifications of procedures and processes is not something special for modern business. To handle this challenge different approaches and architectural solutions are proposed. One of the effective solutions is to build the system using event-driven architecture [1]. This architecture involves breaking down a complex system into modules that react to events and, in turn, generate other events. It allows to reach a high level of scalability and rapid adaptation to constantly changing business process requirements. To increase the performance of the system developers often use a variant of event-driven architecture which is based on the combination of Command Query Responsibility Segregation (CQRS) architectural design pattern with Event Sourcing.

CQRS is a design pattern that separates the command (write) side of an application from the query (read) side. CQRS is used in conjunction with Event Sourcing to provide a clear separation between the handling of commands that change the application state and the retrieval of data for querying. During a write operation, events are recorded in the event store, and the client is informed that the source of truth of the system has been updated, and eventually, the other parts of the system (e.g., projections, services) will be updated. Read operations are reduced to selecting pre-prepared data causing significant speed-up of user query processing.

There are a number of well-known problems connected to this approach, such as events replay performance, issues with event versioning, issues with asynchronous events dispatching, etc. One of the important problems which does not have a strong and well-documented solution is the problem of synchronization of sequential events. The source of the problem is the fact that the event delivery subsystem does not guarantee that published events will be delivered in order they were published. Thus, there could be a situation when the logic for which the order of the events is critical, fails because of the improper order of the incoming delivered events.

Let us see an example. In a financial system, the broker is the owner of the group of users. Each broker must be connected with the group, but the group can be temporarily without an owner (this exceptional case can happen when the broker leaves the system for some reasons etc.). As a rule, the creation of the group is the part of the broker creation process, but it could be the situation when the broker is assigned to the existing group which was owned by another broker. Thus, when we add the broker the system can generate at least two variants of event sequences: `<GroupCreated, BrokerCreated>`, `<BrokerCreated>`.

The application which uses the API reacts to the `BrokerCreated` event by checking the existence of the group and if the group does not exist it causes the error. But in the case of an event delivery system which does not guarantee the order, the events which were published in order `<GroupCreated, BrokerCreated>` can be delivered in order `<BrokerCreated, GroupCreated>` causing the error.

The first variant of the solution is to create a new event `BrokerCreatedWithGroup` as a composition of `BrokerCreated` and `GroupCreated`. However, firstly, it is a simple example that in reality could have more than two events. For instance, let us assume that we have an additional `BrokerPersonallInfoCreated` event which should come to the client only after the

BrokerCreated event and that we can have the case when BrokerPersonalInfoCreated could be omitted when the broker is created (e.g., it can be added in the future). For that case we will have BrokerWithGroupAndPersonalInfoCreated, BrokerWithPersonalInfoCreated, BrokerWithGroupCreated, BrokerCreated and BrokerPersonalInfoCreated events. It is easy to see that the number of event combinations in the real system could be rather high. Secondly, there may be event handlers subscribed to the part of the nested events. For example, we can have projections subscribed to BrokerCreated and GroupCreated events accordingly. But if we try to implement the above solution we need to subscribe those handlers to all the variants of events that include BrokerCreated or GroupCreated. Thus, the provided solution can lead to an increase in code complexity and often results in code duplication.

The second known way to solve the problem is based on using synchronous event queues instead of classical event bus variant [3]. It solves the issue by ordering the handling of events but causes performance issues.

The third variant bets on client side complication in order to resolve such situations. For example, after receiving BrokerCreated notification and defining that the group which the broker belongs to does not exist, Client waits for a GroupCreated event for a defined period of time and if that event does not come, it causes the error. But this solution is not perfect, because it significantly complicates the Client construction which can be regarded as a weak point of system API.

Thus, each of these solutions impacts performance and notably complicates the implementation.

To resolve the problem, we propose to introduce a container of events which can be used for delivering the group of ordered events. It can be called a complex event or a group event. The event publisher unit considering this modification works as follows. For the handler subscribed to the type of events it delivers all the events of that type including the events from containers. Or in other words, it analyzes the content of the container and if some handler is subscribed to one or more events from the group, delivers the group event to that handler.

For the above example it works as follows. For the broker creation task the command handler puts the sequence of generated events into a container with the name "BrokerCreation"(<GroupCreated, BrokerCreated>). Then it passes the container to the Event Store which unpacks the container, saves events and publishes the container. Then the event handlers subscribed to the GroupCreated or BrokerCreated events receive the container. In our case UpdateGroupProjection handler is subscribed to GroupCreated event, UpdateBrokerProjection - to BrokerCreated event and ClientNotifier handler - to both of them. So all these handlers will receive the container, unpack that container and process the events in proper order which is <GroupCreated, BrokerCreated>.

The cost of the solution is cheaper in comparison to the methods mentioned above because of lower developer effort and increasing the flexibility of the system. This solution allows to solve an issue with relatively small development effort and no code duplication.

- [1] Brenda M. Michelson, Elemental Links. Event-Driven Architecture Overview (2011). URL: [http://elementallinks.com/el-reports/EventDrivenArchitectureOverview\\_ElementalLinks\\_Feb2011.pdf](http://elementallinks.com/el-reports/EventDrivenArchitectureOverview_ElementalLinks_Feb2011.pdf)
- [2] Greg Young. CQRS Documents by Greg Young (2010). [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://cqrs.files.wordpress.com/2010/11/cqrs\\_documents.pdf](https://cqrs.files.wordpress.com/2010/11/cqrs_documents.pdf).
- [3] How Event-Driven Architectures Benefit from Stream Processing (2023). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://pandio.com/event-streams-queues/>

# РОЗПІЗНАВАННЯ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНИХ ОБРАЗІВ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ОСЦИЛЯТОРНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

І. Пелешак<sup>1</sup>, Р. Пелешак<sup>1,2</sup>, А. Білозор<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний університет "Львівська Політехніка"

<sup>2</sup>Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І. Франка  
peleshchakivan@gmail.com

Перспективним напрямком інформаційних технологій є розробка нейромережових методів розпізнавання радіолокаційних цілей на основі просторово рознесеного багатодіапазонного радіолокаційного комплексу (БДРК). Такий комплекс складається із рознесених у просторі радіолокаційних станцій, які ведуть спільне радіолокаційне виявлення цілей. Основна ідея БДРК полягає в тому, що радіолокаційні системи працюють на різних частотах з різними поляризаціями і розміщені у різних місцях. Це дає змогу виявляти одночасно десятки радіолокаційних цілей і розпізнавати їх у режимі реального часу за допомогою нейромережі з паралельними блоками осциляторних синаптичних зв'язків (Рис. 1) за рахунок виникнення інформаційного резонансу. Вхідними ознаками для розпізнавання є діаграми розсіяння цілей, що є інтегральними характеристиками ефективних площ розсіяння цілей.

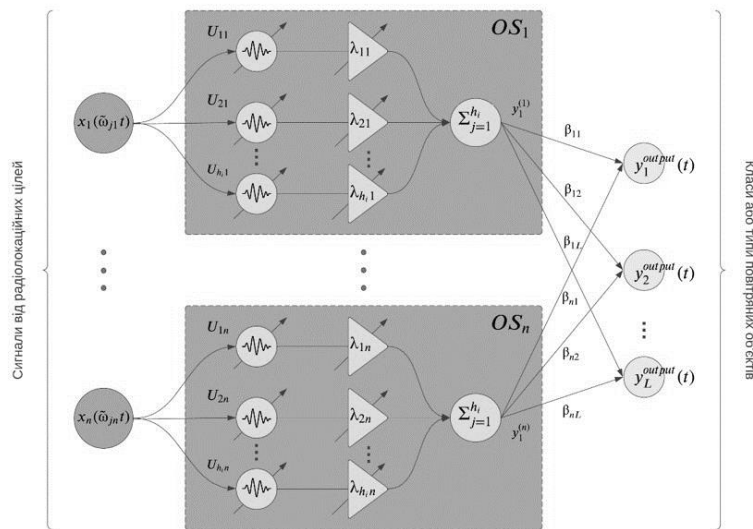


Рис. 1. Нейромережовий детектор з паралельними блоками осциляторних синаптичних зв'язків

Функціонування нейроної мережі з паралельними блоками осциляторних синаптичних зв'язків описується наступною системою рівнянь:

- вхідного шару нейроної мережі

$$\bar{x}(\tilde{\omega}_{ji}t) = (x_1(\tilde{\omega}_{ji}t), x_2(\tilde{\omega}_{ji}t), \dots, x_i(\tilde{\omega}_{ji}t), \dots, x_n(\tilde{\omega}_{ji}t)) \quad (1)$$

- прихованого шару з паралельними блоками осциляторних синаптичних зв'язків

$$y_i^{(1)} = \sum_{j=1}^{h_i} \lambda_{ji}(t) U_{ji} \left( x_i(\tilde{\omega}_{ji} t) \right) + b_i^{(1)} \quad (2)$$

- вихідного шару нейронної мережі

$$y_l^{output}(t) = f \left( \sum_{i=1}^n \beta_{il} y_i^{(1)} + b_l^{output} \right) = \frac{e^{\left( \sum_{i=1}^n \beta_{il} y_i^{(1)} + b_l^{output} \right)}}{\sum_{l=1}^n e^{\left( \sum_{i=1}^n \beta_{il} y_i^{(1)} + b_l^{output} \right)}} \quad (3)$$

Враховуючи умову виникнення інформаційного резонансу  $\tilde{\omega}_{ji} = \omega_{ji}^{res} = \sqrt{\omega_{0ji}^2(t) - \delta^2 - (\delta - \beta)^2}$ , резонансне значення амплітуди сигналу на виході  $j$ -го осциляторного нейрона приймає вигляд [1]

$$A_{ji}^{res} = \frac{\bar{\sigma}_i^{targ} \omega_{0ji}^2(t)}{2\sqrt{(\beta - \delta)^2 (\omega_{0ji}^2(t) - \delta^2)}} \quad (4)$$

Як показує аналіз залежностей амплітуди вихідного сигналу від частоти та часової залежності вихідного сигналу при рівності частоти зовнішнього сигналу з резонансною частотою виникає резонансна амплітуда сигналу, якій приписується булева одиниця. Таке резонансне збільшення сигналу на виході осциляторного нейрона має практичне застосування при розпізнаванні образів з низьким відношенням сигнал/шум.

При використанні ознаки ефективних площ розсіяння електромагнітних сигналів цілями найвищої імовірності їх привального розпізнавання мають повітряні об'єкти з більшим середнім значенням ефективної площі цілі. Це пояснюється тим, що гібридна нейронна мережа правильно навчена і ці типи повітряних цілей правильно розділені за відбитими електромагнітними портретами.

[1] Peleshchak, R. M., Lytvyn, V. V., & Peleshchak, I. R. (2018). The dynamics of nonlinear oscillator neuron by the action of external non-stationary signal. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, (4), 97–105. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2017-4-11>

## RECOGNITION OF MULTISPECTRAL IMAGES OF AIR TARGETS USING AN OSCILLATORY NEURAL NETWORK

**I. Peleshchak<sup>1</sup>, R. Peleshkak<sup>1,2</sup>, A. Bilozor<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Lviv Polytechnic National University*

<sup>2</sup>*Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University*  
*peleshchakivan@gmail.com*

The main idea of a multi-band radar complex is that radar systems operate at different frequencies with different polarizations and are located in different places. This makes it possible to simultaneously detect dozens of radar targets and recognize them in real time using a neural network with parallel blocks of oscillatory synaptic connections due to the occurrence of information resonance.

## РЕАЛІЗАЦІЯ ПАТТЕРНУ VISITOR У МОВІ C++ ЗА ДОПОМОГОЮ STD::VARIANT

**Р. Попов, Н. Карпенко**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
popov\_ro@ffeks.dnu.edu.ua*

Під час розробки компіляторів та інтерпретаторів виникає проблема організації та моделювання вузлів дерева абстрактного синтаксису (ДАС). Ці програми можуть виконувати різноманітні дії над ДАС. Наприклад, компілятор може проводити оптимізацію програми (результатом такої дії буде нове дерево), інтерпретатор може виконати програму, наприклад, функція може повернути значення, але може й викликати побічні ефекти, наприклад, зміну стану об'єкту, виведення інформації в консоль або лог-файл тощо. Отже, постає проблема кодування дерева таким чином, щоб можна було легко додавати функції для обробки цього дерева. Ця проблема у зарубіжній літературі має назву “expression problem” [1].

Зазвичай у мовах об'єктно-орієнтованого програмування, таких як C++ чи Java, ДАС має вигляд ієрархії класів. Методи роботи над цим деревом перенесені на спеціальні класи, які реалізують інтерфейс Visitor. Visitor — це патерн, за допомогою якого можна додавати нові функції до класів не змінюючи їх. Виходить, що дані ДАС та код, що працює над ним, розділені на два класи: вузол ДАС та відвідувач [2].

Для реалізації патерну Visitor у мові C++ спочатку створюють абстрактний клас Visitor, в якому описують віртуальні методи роботи над кожним вузлом ДАС (visitInteger, visitBinOp тощо). Після цього певний функціонал обертається у клас, який реалізує цей інтерфейс. У кожного вузла ДАС має бути віртуальний метод асерт для прийому посилання на екземпляр класу Visitor та виклику в ньому методу visit, який відповідає цьому вузлу ДАС. Таким чином увесь функціонал роботи над ДАС розподілений на конкретні класи, отже не виникає потреби змінювати визначення вузлів і можна легко додавати нові методи.

Недоліком такого підходу є те, що з додаванням нового вузла ДАС потрібно кожен раз виконати цілий комплекс дій в наступному порядку:

- 1) створити віртуальний метод visit, який відповідає новому вузлу;
- 2) у вузлі реалізувати метод асерт;
- 3) перевірити коректність використання типів перед їх реалізацією;
- 4) додати новий функціонал.

Виникає питання: чи можна відтворити цей патерн легше? Відповідь на це дає стандарт мови C++, який описує сучасну типово-безпечну реалізацію об'єднання (Std::variant). При цьому доступ до змінних компонентів здійснюється через виклик функції std::visit, яка приймає Callable об'єкт, в якому мають бути функції для роботи з відповідним типом даних, який збережений в std::variant [3].

Запропонований спосіб реалізації патерну Visitor у мові C++ полягає в тому, щоб представити абстрактні вузли ДАС (такі як Declaration, Statement, Expression) за допомогою std::variant. Певний функціонал над вузлами ДАС реалізується як окремий клас, що містить функції, які приймають аргументи усіх вузлів ДАС.

Перевагами цього способу є використання вбудованих можливостей мови C++, при цьому немає потреби в створенні окремого інтерфейсу Visitor, не треба змінювати вузли ДАС і створювати метод асерт. Створення нового вузла полягає в створенні

окремого класу та додаванні його в `std::variant`. Оскільки виклик необхідних функцій для роботи зі збереженими даними реалізований автоматично за допомогою системи типів, то програміст убережений від орфографічних помилок, які можуть виникнути при реалізації методів `visit`.

Але найбільшою перевагою запропонованого підходу є те, що методи, які працюють над ДАС, можуть повертати будь-який тип даних. За класичною реалізацією патерна `Visitor`, усі функції `visit` є віртуальними, а отже над ними не може бути створений шаблон. Оптимізатор не може повернути нове дерево, інтерпретатор не може повернути результат обчислень, тому вони вимушені зберігати усі результати у полі свого класу.

У цього методу є декілька недоліків, на які слід звернути увагу перед використанням:

- ✓ `std::variant` доступний лише зі стандарту C++17;
- ✓ `std::variant` реалізований за допомогою шаблонного метапрограмування, тому компілятор, у разі яких-небудь помилок у коді, може видавати дивні та складні повідомлення про помилки;
- ✓ типи `Statement` або `Expression` перестають бути абстрактними поліморфними класами, натомість вони стають об'єднаннями, тому програма може використовувати більше пам'яті ніж потрібно (але насправді компілятор Rust та CPython реалізують ДАС саме таким чином);
- ✓ треба бути акуратним при створенні вузлів ДАС, їх не можна використовувати всередині вузла `std::variant`, до якого він належить, оскільки виникне класична проблема використання структури усередині самої себе.

Таким чином, у даній публікації був розглянутий класичний спосіб відтворення ДАС у мові C++ за допомогою патерна `Visitor` та запропоновано новий спосіб кодування цього патерну, який є швидшим у написанні та надає більше можливостей.

[1] Expression problem [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://wiki.c2.com/?ExpressionProblem>.

[2] Visitor in C++ / Design Patterns [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://refactoring.guru/design-patterns/visitor/cpp/example>.

[3] `std::variant` - cppreference.com [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://en.cppreference.com/w/cpp/utility/variant>.

## IMPLEMENTATION OF VISITOR PATTERN IN C++ BY USING `STD::VARIANT`

**R. Popov, N. Karpenko**

*Oles Honchar Dnipro National University  
popov\_ro@ffeks.dnu.edu.ua*

In this paper we presented a new way to implement the Visitor pattern in C++ by using the standard container `std::variant`.

We have shown how this method solves the expression problem and simplifies the creation of compilers and interpreters.

We compared the classical approach with ours and highlighted all the pros and cons of the new solution.

# ОСОБЛИВОСТІ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ SOLIDITY ДЛЯ СТВОРЕННЯ СМАРТ-КОНТРАКТІВ НА ПЛАТФОРМІ ETHEREUM

**І. Пономарьов**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
ponomarov@ffeks.dnu.edu.ua*

Мережа Ethereum – це пірингова мережа, вузли якої обслуговують блокчейн та беруть участь у досягненні консенсусу. У Ethereum існує два види облікових записів:

- із зовнішнім власником;
- контрактні.

Контрактні облікові записи можуть активуватись та виконати код у відповідь на транзакції або повідомлення з інших контрактів. Через використання тьюрінг-повної мови програмування в блокчейні Ethereum код контрактних облікових записів може мати будь-який рівень складності. Він виконується у віртуальній машині Ethereum (Ethereum Virtual Machine або EVM) кожного вузла мережі Ethereum, який займається майнінгом.

Для виконання будь-якої інструкції смарт-контракту потрібен певний обсяг валюти блокчейну Ethereum – ефір (Ether) або його частина – газ. Це виключає можливість використання нескінченних циклів, які можуть призвести до DDoS атак.

Для створення смарт-контрактів у блокчейні Ethereum найчастіше використовують мову високого рівня Solidity. Вона дозволяє розробникам створювати децентралізовані програми та виконувати бізнес-логіку на блокчейні. Синтаксис цієї мови нагадує JavaScript та C. Це статично типізована мова – тобто типи змінних перевіряються на етапі компіляції. Кожна змінна, глобальна або локальна повинна мати явно зазначений тип. Завдяки цьому всі перевірки виконуються компілятором, що дозволяє виявляти такі помилки як інтерпретація типів даних на ранніх стадіях розробки. Робити це на етапі виконання було б досить невигідно, враховуючи парадигму блокчейну та смарт-контрактів.

Мова Solidity також є контрактно-орієнтованою. Контракти грають таку ж роль, як і концепція класів в об'єктно-орієнтованих мовах. Контракт – це сукупність коду (його функцій) та даних (його стану), яка знаходиться за певною адресою у блокчейні Ethereum. Смарт-контракт, написаний мовою Solidity, компілюється в байт-код, сумісний з віртуальною машиною Ethereum.

Специфічні особливості мови програмування Solidity включають розташування даних, модифікатори функцій, спеціальний тип даних, глобальні змінні та багато іншого.

У Solidity можна вказати місце, де зберігатимуться данні: постійне сховище (storage) чи пам'ять.

Змінні стану - це змінні, значення яких постійно зберігаються у сховищі контрактів.

Копіювання даних між сховищем і пам'яттю може бути досить накладним, тому явне завдання розташування іноді допомагає контролювати витрати газу. Внутрішні функції за промовчаням зберігають свої аргументи у пам'яті, проте їх локальні змінні перебувають у постійному сховищі [1].

Функції Solidity є модулі коду, пов'язані з контрактом. При їх оголошенні вказуються ім'я, параметри (опціонально), специфікатор доступу, модифікатор функції та, у разі потреби, тип значення, що повертається.



Існує два види функцій: внутрішні та зовнішні. Внутрішні функції можна використовувати у контексті поточного контракту. Зовнішні функції можуть викликатися ззовні. Як модифікатори функцій виступають:

- `pure`. Забороняє читання/зміну стану;
- `view`. Забороняє будь-яку зміну стану;
- `payable`. Дозволяє передавати разом із викликом плату у вигляді Ether;
- `constant`. Забороняє зміну стану.

Функціям поміченим як `pure`, `view` або `constant` заборонено вносити будь-які зміни до контракту. При виклику такі функції лише повертають значення і не витрачають газ [1].

```
// SPDX-License-Identifier: GPL-3.0
pragma solidity >=0.4.16 <0.9.0;
contract SimpleStorage {
    uint storedData;          // storage
    function set(uint x) public {
        storedData = x;
    }
    function get() public view returns (uint) {
        return storedData;
    }
}
```

Особливості мови програмування Solidity, які визначаються блокчейном Ethereum, враховувалися при створенні децентралізованого додатку голосування [2,3].

- [1] Solidity is an object-oriented, high-level language for implementing smart contracts [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://docs.soliditylang.org/en/latest/>.
- [2] I.V. Ponomarev Development of a decentralized voting application using blockchain technology - Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Випуск 1(126). – Дніпро, 2020, - с. 104-110.
- [3] I.V. Ponomarev Features of creating a voting system using the Ethereum blockchain platform - Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Випуск 1(132). – Дніпро, 2021, - с. 124-129.

## FEATURES OF PROGRAMMING LANGUAGE SOLIDITY TO CREATE SMART CONTRACTS ON THE ETHEREUM PLATFORM

**I. Ponomarev**

*Oles Honchar Dnipro National University  
ponomarov@ffeks.dnu.edu.ua*

The Solidity programming language allows you to create smart contracts for the Ethereum blockchain. When writing contracts, it is necessary to take into account such features of the Solidity language as payment for executing program commands, data location, function modifiers, special data types, and others.

# РОЗПІЗНАВАННЯ ТОНАЛЬНОСТІ ТЕКСТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ГІБРИДНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

І. Пелешак<sup>1</sup>, Р. Пелешак<sup>1,2</sup>, Д. Дудик<sup>1</sup>, С. Блищак<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет "Львівська Політехніка"

<sup>2</sup>Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І. Франка  
peleshchakivan@gmail.com

Аналіз тональності текстів є актуальною проблемою в області обробки природної мови, яка часто вирішується за допомогою згорткових нейронних мереж. Пропонується гібридна згорткова нейронна мережа з паралельно-послідовними зв'язками між шарами та з шару максимального пулінгу, отриманого з матриці оригінального тексту. Запропонована гібридна згорткова нейронна мережа видобуває ознаки тексту за допомогою паралельно-зв'язаного згорткового блоку. Після чого нейронна мережа здійснює класифікацію ознак і об'єднує ці ознаки з оригінальними текстовими ознаками. Модель запропонованої нейронної мережі здатна вивчати як локальні, так і глобальні особливості коротких текстів (Рис. 1).

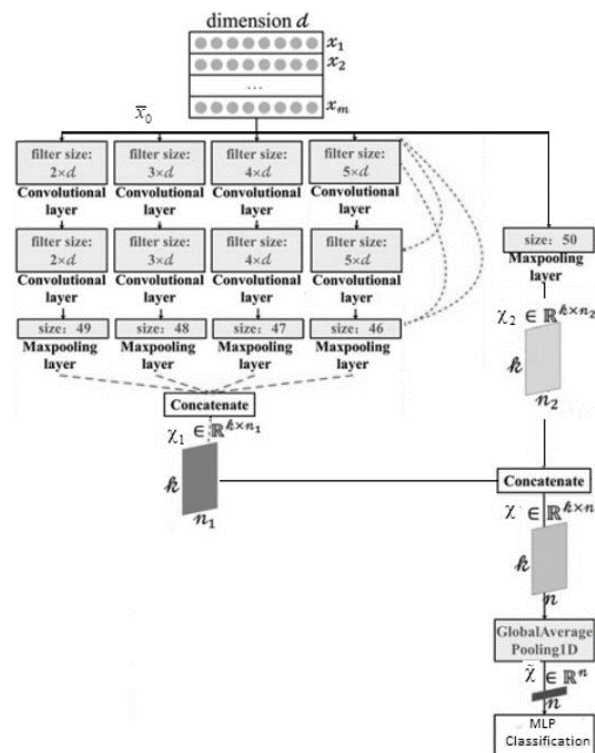


Рис. 1. Структура гібридної згорткової нейронної мережі з паралельно-послідовними зв'язками між шарами

На вхід розгалуженої згорткової нейронної мережі вводиться текст  $\bar{x}_0 = (x_1, x_2, \dots, x_m)_{m \times d}$ ,  $x_i \in R^d$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$  довжиною  $m$  [1]. Ця нейронна мережа складається двох частин: з блоку згорткової нейронної мережі з паралельно-послідовними зв'язками між шарами та з шару максимального пулінгу. Блок згорткової нейронної мережі складається із шарів з різним розміром вікна, які пов'язані паралельно по стовбцях і послідовно по рядках структури. Вхід кожного згорткового шару у стовбці складається із суми виходів усіх попередніх шарів. На вхід згорткових шарів з розмірами  $5 \times d, 4 \times d, 3 \times d, 2 \times d$ , які пов'язані паралельно вводиться текстова матриця  $\bar{x}_0$ . Для

класифікації тональності текстів будемо використовувати середню загальну характеристику, яку можна отримати за рахунок об'єднання двох характеристик (ознаки, що отримані з блоку згорткової мережі  $\hat{\chi}_1$  та з шару максимального пулінгу  $\hat{\chi}_2$ ) через глобальне середнє значення. Кожна згорткова підмережа використовується для видобування ознак з використанням різних комбінацій слів, в залежності від розміру ядра. Зокрема, для ядра  $5 \times d$  використовують комбінацію з 5 слів для видобування ознак. Аналогічно вхідна текстова матриця подається на підмережі з ядрами  $2 \times d, 3 \times d, 4 \times d$ .

У нашому дослідженні речення було перетворено у матрицю розміром 150x300 за допомогою word2vector. Було встановлено деякі параметри, такі як використання оптимізатора Адама та встановлення швидкості навчання на 0,001, коефіцієнта відсіву на 0,2 та L2 втрати ваги на  $10^{-8}$ . Розмір партії моделі становив 50, а кількість епох становила 5. Якщо втрати не зменшувалися протягом 10 послідовних періодів, навчання припинялося. У моделі вбудовування слів перед навчанням було використано вбудовування слів 300D word2vector.

Табл. 1

Model	GameMultiTweet	SemEval	SS-Tweet	AG News	R8	Yahoo! Answers
CNN	73,5	60,5	50,2	85,6	92,3	47,3
TextCNN	77,5	62,7	51,1	88,9	94,4	49,5
FastText	78,3	63,8	51,4	88,5	96,1	39,8
DPCNN	75,6	47,5	43,2	87,1	88,5	47,5
Our Model	78,5	66,0	52,4	89,7	98,1	51,6

З результатів, що наведені у табл. 1, видно, що наша модель досягла вищої точності, ніж її аналоги.

- [1] Peleshchak, R., Lytvyn, V., Mediakov, O., Peleshchak, I. (2023). Morphology of Convolutional Neural Network with Diagonalized Pooling. MDIS, vol 1761. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-27034-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-031-27034-5_11)

## RECOGNITION OF TONE OF TEXT USING A HYBRID NEURAL NETWORK

**I. Peleshchak<sup>1</sup>, R. Peleshchak<sup>1,2</sup>, D. Dudyk<sup>1</sup>, S. Blyshchak**

<sup>1</sup>Lviv Polytechnic National University

<sup>2</sup>Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University  
peleshchakivan@gmail.com

Analysis of the tonality of texts is an actual problem in the field of natural language processing, which is often solved with the help of convolutional neural networks. A hybrid convolutional neural network with parallel-serial connections between layers and from the maximum pooling layer obtained from the matrix of the original text is proposed. The proposed hybrid convolutional neural network extracts text features using a parallel-connected convolutional block. After that, the neural network classifies the features and combines these features with the original text features.

# ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОДНО РОЗРЯДНОГО ПОВНОГО СУМАТОРА ІЗ ЗБЕРЕЖЕННЯМ ШВИДКОДІЇ

**А. Рягузов, М. Твердоступ**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
tven72@ukr.net*

В підручниках з дисципліни «Комп'ютерна електроніка» [1] та відповідній технічній літературі аналізується логічна схема одно розрядного повного суматора, яка призначена для додавання двох одно бітових чисел. Функціонування такого суматора для цифр в довільному  $i$ -му розряді описується логічними рівняннями, відповідно для бітів суми  $S_i$  та перенесення  $P_i$

$$S_i = A_i\bar{P}_i + B_i\bar{P}_i + P_{i-1}\bar{P}_i + A_iB_iP_{i-1}, \quad (1)$$

$$P_i = A_iB_i + B_iP_{i-1} + A_iP_{i-1}, \quad (2)$$

де  $A_i, B_i$  – цифри в  $i$ -му розряді деяких чисел  $A$  і  $B$ ;

$S_i$  – функція виходу одно розрядного суматора;

$P_i$  – функція перенесення;

$P_{i-1}$  – функція перенесення із попереднього розряду.

Логічна схема такого суматора в булевому базисі на основі рівнянь (1) і (2) містить 10 логічних елементів і має швидкодію  $5t_{зр}$  (тут  $t_{зр}$  – час затримки розповсюдження сигналу окремого логічного елемента суматора) [1].

Метою роботи є створення логічної схеми одно розрядного суматора з меншою кількістю логічних елементів, що передбачає підвищення надійності функціонування, при збереженні швидкодії.

Для вирішення цієї задачі напишемо рівняння (1) з урахуванням рекомендацій до перетворень логічних виразів, наведених у підручнику [2, стор. 96]. З урахуванням рекомендацій система рівнянь тепер має вигляд

$$S_i = \bar{P}_i(A_i + B_i + P_{i-1}) + A_iB_iP_{i-1}, \quad (3)$$

$$P_i = A_iB_i + B_iP_{i-1} + A_iP_{i-1}. \quad (4)$$

На основі аналізу логічних операцій в рівняннях (3) і (4) визначаємо, що рівняння суми  $S_i$  містить наступні операції:

а) диз'юнкція змінних  $A_i, B_i$  і  $P_{i-1}$ ;

б) кон'юнкція  $A_i, B_i$  і  $P_{i-1}$ ;

в) кон'юнкція  $\bar{P}_i$  з диз'юнкцією змінних  $A_i, B_i$  і  $P_{i-1}$ ;

г) заперечення  $\bar{P}_i$ .

Рівняння перенесення  $P_i$  (4) складається із трьох кон'юнкцій  $A_iB_i, B_iP_{i-1}$  та  $A_iP_{i-1}$  з наступною диз'юнкцією цих кон'юнкцій. Отже, при побудові одно розрядного суматора для реалізації логічного рівняння (3) необхідні один диз'юнктор на три входи, один кон'юнктор на три входи, двох входовий кон'юнктор, двох входовий диз'юнктор і один інвертор; для реалізації рівняння (4) потрібні три двох входові кон'юнктори і один три входовий диз'юнктор. Сукупність цих логічних елементів надала можливість побудувати логічну схему оптимізованого одно розрядного повного суматора, яка впливає із логічних рівнянь (3) і (4) і наведена на рис. 1. В цій схемі на логічних елементах D1, D2, D3, D4, D8 реалізована функція виходу  $S_i$  (3) а на елементах D5, D6, D7, D9 – функція перенесення  $P_i$  (4).

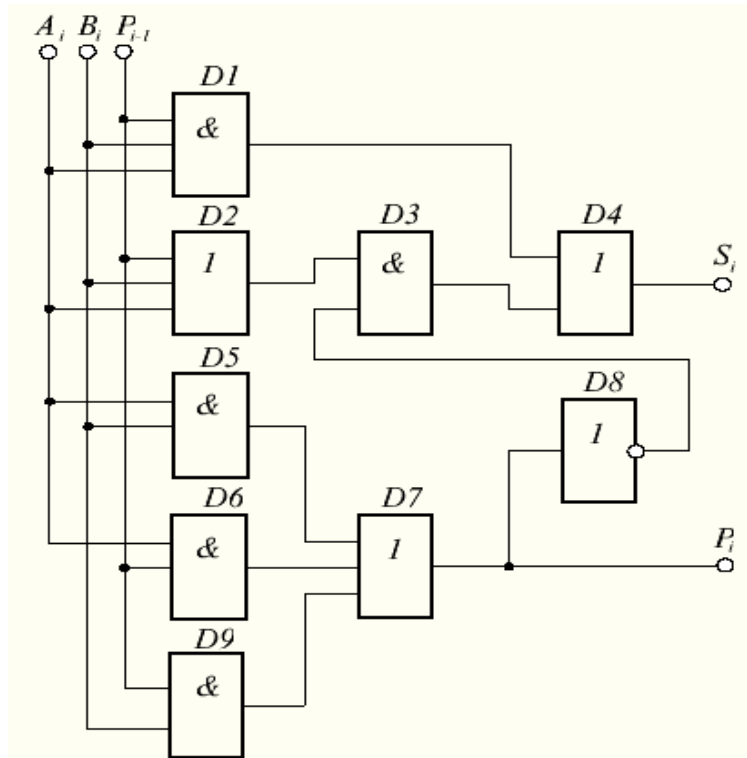


Рис. 1. - Оптимізована логічна схема одно розрядного повного суматора.

На відміну від початкової логічної схеми повного суматора [1] оптимізована схема містить тільки дев'ять логічних елементів. Швидкодія цієї схеми обмежується мінімально необхідною кількістю логічних елементів на найдовшому шляху розповсюдження сигналу формування функції виходу  $S_i$ , а саме: елементи D5 (або D6 чи D9), потім D7, D8, D3 і D4. Видно, що швидкодія оптимізованої схеми зберігається і складає  $5t_{зр}$ , що співпадає з показником початкової схеми суматора.

Висновок: Оптимізація логічної схеми одно розрядного повного суматора дала можливість зменшити кількість логічних елементів при збереженні швидкодії.

[1] Черненко І.М., Івон О.І. Основи комп'ютерної електроніки. Електронні елементи та вузли комп'ютерів. Дніпропетровськ: Літограф. (2009). 478 с.

[2] Кочубей О.О., Сопільник О.В. Прикладна теорія цифрових автоматів. Логічні основи. Дніпропетровськ: РВВ ДНУ. (2009). 264 с.

## OPTIMIZATION OF THE LOGIC CIRCUIT OF A SINGLE-BIT FULL ADDER WHILE MAINTAINING PERFORMANCE

**A. Riahuzov, M. Tverdostup**

*Oles Gonchar Dnipro National University  
tven72@ukr.net*

The logic scheme of a single-bit full adder with a smaller number of logic elements is developed, which provides for an increase in the reliability of functioning while maintaining speed.

# КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ФІРМИ «MEGAMART» НА ОСНОВІ RFID-ТЕХНОЛОГІЇ З ОПРАЦЮВАННЯМ ПОБУДОВИ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

**О. Папанов, Н. Матвеева**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
oleksandrpaпанov0@gmail.com*

Сфера інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) активно розвивається в останні десятиліття і її концептуальний апарат постійно розвивається. Інтернет-об'єкти є необхідною ланкою для створення та модернізації концепції «розумного міста».

Проект «розумне місто» є наслідком структурування цих еволюційних тенденцій. З огляду на процеси глобалізації та інтеграції в світі, «розумні міста» вже давно почали набирати популярність серед основних країн ЄС у всіх сферах, як в побуті, так і в сферах, пов'язаних з промисловістю, громадською безпекою, державним управлінням, медициною, екологією, транспортом та іншими важливими сферами життя на національному рівні.

Автоматизовані системи спостереження відіграють важливу роль у житті людей. Вони використовуються для ідентифікації об'єктів і спостереження за ними всередині або в певній області. Для визначення місця розташування RFID-тегів використовується отримана потужність сигналу (RSS-вимірювання).

Легкі трекери на основі RFID, які можуть виявити місцезнаходження членів команди з будь-якої компанії в будь-який час, і які інтегровані в будь-який костюм, значок, прохід, брелок та інші речі для постійного зв'язку з підключеною мережею. Радіочастотна ідентифікація - це загальний термін, який використовується для позначення систем, які бездротовим способом зчитують ідентифікаційний номер (у вигляді одного ряду) будь-якого об'єкта або людини за допомогою радіохвиль. RFID відноситься до широкого спектру технологій автоматичної ідентифікації (AutoID), які включають штрих-коди, оптичні зчитувачі та близько 39 біометричних технологій, таких як сканування сітківки.

В цілому технології автоматичної ідентифікації використовуються для економії часу і праці, витраченої вручну на введення даних і підвищення точності інформації. Шкала в реальному часі.

Технологія RFID приносить користь в самих різних сферах людської діяльності, включаючи промисловість, торгівлю, освіту, медицину тощо. Люба RFID-система складається з зчитувача та невеликих ідентифікаційних пристроїв (RFID-тегів), які містять зазвичай резонансну схему LC, контролер та пристрій EEPROM (Електрично стирається програмована пам'ять лише для читання), який постійно перепрограмується та зберігається.

Привабливість такої системи полягає в тому, що вона забезпечує безконтактну взаємодію між зчитувачем і RFID-тегами (таким чином уникаючи обмежень на позиціонування об'єкта з тегом), а теги не вимагають джерела живлення, але коли в полі зчитувача є два теги, вони обидва реагують на сигнал, що випромінюється читачем. При цьому демодуляційний сигнал зчитувача являє собою комбінацію двох компонентів двох етикеток і не може бути розшифрований. Така система не здатна ідентифікувати два об'єкти одночасно.

Існує декілька способів вирішення цієї проблеми. Деякі з них полягають в тому, що зчитувач і етикетки взаємодіють відповідно до заздалегідь визначеного протоколу, так що 40 сигналів від кожної мітки успішно відокремлюються. Інший підхід полягає у використанні етикеток на різних робочих частотах.

Діапазон зчитувача RFID-системи можна розділити на такі види: ідентифікація поблизу (зчитування здійснюється на відстані до 20 см), ідентифікація середньої дальності (від 20 см до 5 м), дальня ідентифікація (від 5 м до 100 м).

Використання RFID-систем особливо актуально для компаній, що займаються виробництвом, постачанням і реалізацією різних товарів [1].

Перш за все, за допомогою RFID-систем спрощується інвентаризація товарів на складі. Прийом і доставка їх також значно спрощується. Крім того, завдяки наявності RFID-тегів і RFID-зчитувачів і спеціальної комп'ютерної техніки з'явилася можливість створення об'ємних баз даних для обліку і переміщення товарів.

Основні компоненти RFID-системи:

1. RFID тег - транспондер. Основний компонент RFID-системи.
2. Антени. Підключається до зчитувача, підсилює і посиляє сигнали.
3. Програмне забезпечення мікроконтролера читача. Отримує і обробляє тисячі сигналів від читача і перетворює їх в інформацію, з якої зручно працювати користувачеві або програмному забезпеченню користувача.

Виконана розробка компонента кіберфізичної система для пожежної безпеки фірми «Megamart» у м. Дніпро, яка основана на використанні стандартних компонентів сучасної RFID-технології з опрацюванням побудови комп'ютерної кіберфізичної системи на основі мережевого обладнання фірми Cisco<sup>TM</sup> для основних мережевих вузлів.

Виконано розрахунок налаштувань для заданої топології мережі, обрано стандартні інтерфейси для каналів зв'язку та протоколи обміну для них, розрахована топологічна схема комп'ютерної системи, розраховані налаштування маршрутизації комп'ютерної мережі, а також виконане моделювання і перевірка роботи кіберфізичної система пожежної безпеки для фірми «Megamart» на основі RFID-технології.

[1] Проектування Інтернет речей (IoT) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.slideshare.net/ssuserf405bc/iot-79608563>

## **CYBERPHYSICAL FIRE SAFETY SYSTEM FROM MEGAMART, BASED ON RFID TECHNOLOGY WITH COMPUTER-BASED PROCESSING**

**O. Papanov, N. Matveeva**

*Oles Honchar Dnipro National University  
oleksandrpapanov0@gmail.com*

RFID (Radio Frequency Identification) - radio frequency identification. Allows automatic accounting of goods/cargo within the warehouse without direct human participation. The operation of the RFID system is based on the use of special RFID tags and devices that read the information stored in the RFID tag.

The reading range of the RFID system can be divided into the following types: near-range identification (reading is valid at a distance of up to 20 cm), mid-range identification (from 20 cm to 5 m), long-range Identification (from 5 m to 100 m).

# ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ РОЗМИТИХ ЗОБРАЖЕНЬ ТЕКСТУ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ MACHINE LEARNING

**Б. Царан, С. Вовк**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
bogdantsaran@gmail.com*

Для вирішення проблеми покращення якості розмитих зображень тексту, які зустрічаються, зокрема, в обігу друкованих документів або призначені для розпізнавання тексту на фотографіях тощо, використовуються різні методи та підходи. Серед них все більшу популярність набувають методи та підходи на основі технології Machine Learning [1]-[2]. Перш за все, це включає в себе використання глибокого навчання та нейронних мереж для виявлення та корекції розмитості тексту. Моделі, які базуються на нейронних мережах, дозволяють вдосконалювати якість розмитих зображень шляхом автоматичної фільтрації та відновлення тексту. Під час розробки таких моделей важливо враховувати різні аспекти, такі як розмір нейронної мережі, функції активації, архітектура мережі та методи навчання. Крім того, аугментація даних (тобто збільшення вибірки для навчання моделі шляхом модифікації наявних даних), використання великих наборів даних та генеративні адверсаріальні (змагальні) мережі (GAN) можуть значно покращити результати.

Для алгоритмічного вирішення задачі уведемо такі позначення. Нехай  $X \in R^{N1 \times N2}$  позначає зображення тексту високої якості, а  $Y \in R^{M1 \times M2}$  позначає неякісне зображення, яке можна описати наступним співвідношенням:  $Y = (K \otimes X) \downarrow r + N$ , де  $\otimes$  - оператор згортки,  $\downarrow$  - оператор децимації з частотою  $r$ ,  $K$  - функція розсіювання точки, яка описує розмиття зображень системою формування зображень,  $N$  - шум. Для алгоритмічного вирішення проблеми пропонується поділити процес на два модулі, а саме - згорткову нейронну мережу для прогнозування інформації, пов'язаної з високими частотами, та згорткову нейронну мережу для відновлення зображення. Тоді, враховуючи розмите зображення, нейронна мережа зможе генерувати послідовність чітких зображень.

Для програмного вирішення задачі запропоновано використовувати бібліотеки TensorFlow та PyTorch. Обидві бібліотеки використовуються для створення, навчання та застосування нейронних мереж, але вони мають деякі відмінності в дизайні та функціональності. Бібліотека TensorFlow розроблена командою Google Brain і випущена Google. Вона є однією з перших бібліотек для глибокого навчання та штучних нейронних мереж. Ця бібліотека використовує графову модель обчислень, що означає, що спочатку потрібно визначити структуру графу, а вже потім обчислюються значення. Це дозволяє оптимізувати виконання графу на різних пристроях (CPU, GPU, TPU). Бібліотека TensorFlow має розширену функціональність для розробки моделей глибокого навчання, включаючи високорівневе API для побудови та навчання моделей TensorFlow Keras, бібліотеку TensorFlow Lite для розгортання моделей на мобільних пристроях, бібліотеку TensorFlow Serving для обслуговування моделей машинного навчання, розроблених за допомогою TensorFlow та інші. Бібліотека PyTorch розроблена командою Facebook's AI Research (FAIR). Ця бібліотека отримала популярність завдяки своєму зручному і динамічному підходу до визначення графів обчислень. PyTorch має вбудовану підтримку



динамічного обчислення, що робить його особливо придатним для роботи з послідовними моделями, які можуть динамічно змінювати свою структуру під час роботи. Щодо використання цих бібліотек варто зауважити, що TensorFlow часто використовується для розгортання на виробничих серверах та масштабних системах, тоді як PyTorch є зручним для досліджень та розробки нових моделей завдяки своєму інтуїтивному інтерфейсу. Надалі для розробки програмного забезпечення використовувалась бібліотека PyTorch.

На рис. 1 наведено вхідне розмите зображення тексту, на рис. 2 зображено результат покращення якості цього зображення на основі розробленого програмного забезпечення з використанням моделі усунення розмиття DeblurGAN.

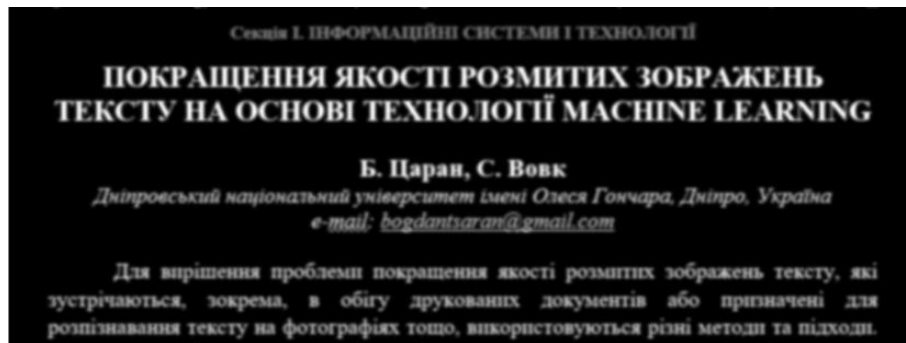


Рисунок 1 – Вхідне зображення розмитого тексту.



Рисунок 2 – Результат обробки зображення, поданого на рис. 1

- [1] Moser B., Raue F., Frolov S., Palacio S., Hees J., Dengel A. Hitchhiker's Guide to Super-Resolution: Introduction and Recent Advances. IEEE Tr. Pattern Analysis & Machine Intelligence. Vol. 45, no. 08 (2023). P. 9862–9882. DOI: 10.1109/TPAMI.2023.3243794.  
 [2] Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach / P. Norvig, S. Russell. – 1136 p. – (2020). – (4).

## IMPROVEMENT OF BLURRED TEXT IMAGES BASED ON MACHINE LEARNING TECHNOLOGY

**B. Tsaran, S. Vovk**

*Oles Honchar Dnipro National University  
 bogdantsaran@gmail.com*

The problem of creating software that allows for the improvement of blurred text using Machine Learning technology is considered.

# ЗАСТОСУВАННЯ РЕКУРЕНТНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ LSTM ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ТРИВАЛОСТІ СЛУЖБИ АКУМУЛЯТОРІВ

**К. Тарасенко, М. Андрєєв**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
korv0ne0@gmail.com*

Акумулятори є невід'ємною частиною сучасного світу та використовуються у багатьох галузях. Одними з найпоширеніших є літій-іонні акумулятори, які завдяки своїй відносно малій вазі мають суттєву енергетичну ємність і тому знаходять широке застосування в чималій кількості пристроїв, таких як смартфони, ноутбуки, електричні портативні інструменти, електромобілі тощо. Але, як і інші типи акумуляторів, вони страдають від поступової втрати ємності та початкових властивостей під час постійного використання. Надмірне зарядження, глибокий розряд, довготривалий час без експлуатації, робота при зависокій або занижкій температурі – усе це може призвести до короткотривалої або довготривалої втрати акумулятором його якісних властивостей, таких як втрата загальної ємності акумулятора, падіння напруги тощо. Від всього цього можна убезпечитися, якщо вказані часові процеси контролювати за допомогою штучних нейронних мереж.

Розглядалась можливість застосування штучної нейронної мережі для аналізу та прогнозування часової динаміки таких основних параметрів акумулятора, як номінальна ємність акумулятора, вихідна напруга, цикли зарядження-розрядження, температура акумулятора. Для отримання та опрацювання інформації про акумулятор, що контролюється, було обрано наступний підхід: тестовий акумулятор підключався до системи тестування, після перевірки напруги починалась зарядка з постійним значенням струму, зарядження продовжувалось до тих пір, поки напруга не досягне максимального допустимого значення, після досягнення максимального значення починався процес розрядження акумулятору до мінімального значення напруги. Під час виконання всіх цих операцій комп'ютеризована система моніторингу забезпечувала постійну фіксацію всіх властивостей акумулятора. По закінченню розглянутої процедури отримувалась послідовність даних у вигляді дискретизованої залежності вказаних параметрів від часу, а також визначалась кількість енергії, яку було віддано/отримано акумулятором, ці дані використовувались при подальшому аналізі та для навчання нейронної мережі.

Для аналізу отриманої інформації про акумулятори було обрано рекурентні нейронні мережі (RNN), які є дуже ефективними при аналізі послідовності даних та часових рядів. Головною перевагою рекурентних нейронних мереж над іншими видами нейронних мереж є здатність мережі враховувати попередні дані при аналізі нових, що дає можливість враховувати контекст та залежності між даними у часі і ефективно прогнозувати можливі зміни у стані об'єкта, що контролюється. Розглядалось використання як простих рекурентних мереж типу SimpleRNN, так і більш складних мереж LSTM (Long Short-Term Memory) та GRU (Gated Recurrent Unit). Рекурентні мережі типу LSTM та GRU мають додаткові механізми (внутрішні вентиля), які дозволяють їм краще враховувати довгострокові залежності в послідовних даних, а також можливість забувати непотрібну інформацію, що є дуже корисним при роботі з великою послідовністю даних [1]. Мережі GRU є більш простими, така структура може бути корисною в умовах обмеженої потужності обчислень, але як наслідок якість моделі буде гіршою. Тому для реалізації нейронної мережі, призначеної для контролювання та прогнозування динаміки часових процесів в акумуляторі, було обрано модель LSTM.

Програмна реалізація була виконана на мові Python. Для реалізації RNN типу LSTM розглядався вибір між двома фреймворками машинного навчання на мові Python – PyTorch [2] та TensorFlow [3]. Обидва фреймворки є дуже потужними інструментами для роботи з нейронними мережами: PyTorch має простіший та більш доступний програмний інтерфейс, тоді як TensorFlow є складнішим за своїм програмним інтерфейсом, але натомість має ефективну підтримку використання відеокарт та тензорних процесорів, що значно прискорює процес навчання нейронної мережі. Враховуючи це, для реалізації нейронної мережі LSTM було обрано TensorFlow разом із використанням інтерфейсу Keras API для зручного моделювання та навчання нейронної мережі.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що використання нейронної мережі LSTM дозволило передбачати тривалість циклів зарядки-розрядки акумулятора з належною точністю та забезпечити зменшення мінімального та максимального значення напруги акумулятора для розрядження та зарядження, яке може привести до повільнішої втрати акумулятором своєї ємності. Було визначено, що в такий спосіб фактична доступна ємність акумулятору буде меншою, але натомість буде продовжений термін роботи акумулятору, а також зменшена ймовірність небажаних подій, таких як перегрівання акумулятору.

- [1] Greff, K., Srivastava, R. K., Koutník, J., Steunebrink, B. R., & Schmidhuber, J. LSTM: A Search Space Odyssey. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 28(10), 2017, pp. 2222–2232.
- [2] Paszke, A., Gross, S., Massa, F., Lerer, A., Bradbury, J., Chanan, G., Chintala, S. PyTorch: An Imperative Style, High-Performance Deep Learning Library. In Wallach, H., Larochelle, H., Beygelzimer, A., d'Alché-Buc, F., Fox, E., & Garnett, R. (Eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems 32 (NeurIPS 2019)*, 2019, pp. 8026-8037.
- [3] Abadi, M., Barham, P., Chen, J., Chen, Z., Davis, A., Dean, J., Zheng, X. (). TensorFlow: A System for Large-Scale Machine Learning. In *Proceedings of the 12th USENIX Conference on Operating Systems Design and Implementation*, 2016, pp. 265-283.

## **IMPROVING BATTERY PERFORMANCE AND LONGEVITY WITH NEURAL NETWORKS LSTM**

**K. Tarasenko, M. Andreev**

*Oles Honchar Dnipro National University  
korvOne0@gmail.com*

This work investigates the properties of lithium-ion batteries and explores a methodology for data collection and testing of batteries. Different types of recurrent neural networks (RNNs), including simple RNNs, LSTM (Long Short-Term Memory), and GRU (Gated Recurrent Unit), were considered for battery analysis. The LSTM model was chosen for its ability to handle long-term dependencies in the data.

For implementing the mentioned methodology, a choice was made between two popular machine learning frameworks in Python - PyTorch and TensorFlow. Both frameworks are powerful tools, but TensorFlow was selected to ensure broader hardware support. The findings of this research have the potential to extend the lifespan and improve the efficiency of lithium-ion batteries in various devices and systems.

# КОМП'ЮТЕРНЕ АГЕНТ-ОРІЄНТОВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ АНАЛІЗУ ПОШИРЕННЯ COVID-19

**М. Сєдих, М. Андрєєв**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
siedykh\_ms@ffeks.dnu.edu.ua*

Моделювання складних систем за допомогою агент-орієнтовного підходу стає надзвичайно важливим у зв'язку зі зростанням складності взаємодій в сучасних соціальних та біологічних системах. Цей підхід дозволяє не лише аналізувати взаємодії між окремими складовими системи, але і враховувати поведінку окремих агентів в цих системах, що є вкрай важливим для вирішення різноманітних проблем сучасності. Зростання складності взаємодій в соціальних системах, таких як мережі соціальних медіа, економічні структури або заклади охорони здоров'я, вимагає нових підходів до аналізу та передбачення подій. Крім того, в системах, де еволюційні процеси та групові взаємодії відіграють важливу роль, агент-орієнтовне моделювання допомагає краще розуміти та передбачати зміни в цих системах, наприклад поширення хвороб, екосистемні зміни та адаптація видів до змін у середовищі [1]. У цьому контексті, агент-орієнтовний підхід стає потужним інструментом для наукових досліджень та розробки стратегій управління в сучасному світі.

Метою даного дослідження була розробка та тестування агент-орієнтовних моделей для аналізу динаміки поширення епідемій та оптимізації стратегії управління громадським здоров'ям. В якості прикладу було використано епідемічний процес поширення COVID-19, для прогнозування використовувалося програмне середовище агент-орієнтовного моделювання NetLogo [2].

Проведення числових симуляцій у середовищі NetLogo надало можливість аналізувати вплив різних параметрів та сценаріїв на процес епідемічного поширення COVID-19. Наприклад, для початкової вибірки з 50 здорових та 1 зараженого COVID-19 симуляція показала, що вже на 20 день буде 4 інфіковані людини, на 40 день їх стане 8, а повністю всіх людей було інфіковано вже на 150 день. Якщо провести симуляцію і додати до неї людей, які були захищені вакциною то результати будуть трохи інші. Так, для випадку 5 заражених COVID-19, 50 здорових та 45 захищених вакцинацією на 5 день симуляції кількість інфікованих людей зростає до 8, на 20 день вона вже становила 13, на 100 день вона становила 17, при чому ця цифра далі вже не змінювалася. З цього можна зробити висновок, що відсоток людей, які захищені від COVID-19 не обов'язково має становити 100%, захист навіть половини людей запобігає розповсюдженню захворювання. Для підтвердження цього було проведено ще декілька раундів прогнозування, і результати виявились схожими – кількість інфікованих зростало до 20-35, і після 100 днів їх кількість вже не збільшувалась, що доводить повну ізоляцію хвороби. Результат цього моделювання у вигляді часової динаміки кількості інфікованих зображено на рис. 1, просторовий розподіл агентів досліджуваної моделі наприкінці моделювання зображено на рис. 2.

Проведені дослідження показали, що застосування програмного забезпечення агент-орієнтовного моделювання дозволило створити реалістичні симуляції та отримати важливі інсайти щодо оптимальних стратегій управління кризовими ситуаціями в галузі громадського здоров'я. Використання програмного середовища NetLogo дозволило розробити імплементовані агентні моделі для дослідження поширення епідемій та оптимізації стратегій управління процесами вакцинації. Це підтверджує ефективність

агент-орієнтовного моделювання у сфері громадського здоров'я та відкриває перспективи для подальших досліджень в цьому напрямку. Отримані результати досліджень можуть бути використанні для визначення оптимальних стратегій управління громадським здоров'ям та для прогнозування розвитку епідемічних процесів. Використання NetLogo сприяло реалістичному моделюванню та надало можливість виявити ключові фактори, що впливають на динаміку епідемічного процесу.

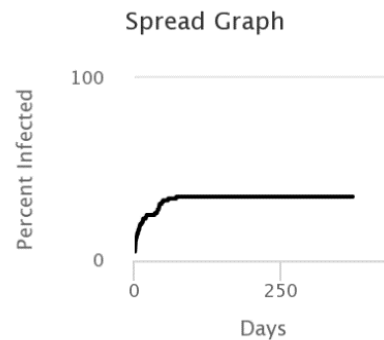


Рисунок 1 – Результати моделювання часової динаміки кількості інфікованих



Рисунок 2 – Просторовий розподіл агентів досліджуваної моделі

- [1] Collins A. *Complex Adaptive Systems* / A. Collins, M. Hadžikadić, T. Carmichael. – 2019: Springer International Publishing. – 250 с.
- [2] NetLogo User Community Models. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/community/>

## COMPUTER AGENT-BASED MODELING OF COMPLEX ADAPTIVE SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF ANALYSIS OF THE SPREAD OF COVID-19

**M. Siedykh, M. Andreev**

*Oles Honchar Dnipro National University  
siedykh\_ms@ffeks.dnu.edu.ua*

Modeling complex systems using an agent-oriented approach is key in modern social and biological systems. An agent-oriented approach allows to take into account the behavior of individual agents in the system and analyze complex interactions. In social systems, such as social media networks, and in biological systems where evolutionary processes are important, this approach is important for problem solving. The study has been used an agent-based approach to analyze the spread of epidemics, particularly COVID-19, and found that vaccination can significantly reduce the spread of the disease.

# ПРОЄКТУВАННЯ LIF-МОДЕЛІ НЕЙРОНА ДЛЯ ІМПУЛЬСНОЇ МЕРЕЖІ НЕЙРОМОРФНОГО ПРОЦЕСОРА

О. Гниленко

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
gnilenko@ua.fm

Стрімкий сплеск інтересу до систем штучного інтелекту, який ми спостерігаємо, зумовив інтенсифікацію пошуків більш адекватної архітектури обчислювальних засобів для реалізації таких систем. Сучасні системи штучного інтелекту на основі масивів графічних процесорів вочевидь є проміжним рішенням, яке не розв'язує проблеми енергоекономічності, автономності, масштабованості тощо.

В останні роки все більш популярним стає перехід до імпульсних нейронних мереж та їх апаратна реалізація на основі нейроморфної архітектури, яка намагається як можна точніше відтворити поведінку мережі біологічних нейронів використовуючи елементну базу мікроелектроніки [1]. Імпульсні нейронні мережі, які відносять до третього покоління нейронних мереж, складаються з нейронів, що здійснюють обчислення тільки при наявності вхідних сигналів у вигляді коротких імпульсів і не витрачають енергію в разі їх відсутності. Завдяки цьому нейроморфні процесори, побудовані на основі імпульсних нейронних мереж споживають на кілька порядків менше енергії ніж процесори традиційної архітектури фон Неймана.

Основою імпульсної нейронної мережі є імпульсний нейрон, функції якого намагаються зробити максимально наближеними до його біологічного оригіналу [2]. Апаратна реалізація імпульсного нейрона може бути виконана у вигляді або аналогової, або цифрової схеми. Аналогова реалізація має свої переваги, оскільки самі фізичні закони, що діють в електричних колах, допомагають відтворити основні функції нейрона, наприклад підсумовування зважених вхідних сигналів відбувається безпосередньо за законом Кірхгофа.

Існують різні підходи до апаратної реалізації аналогового імпульсного нейрона серед яких найбільш популярною є Leaky Integrate-and-Fire (LIF) модель нейрона, тобто модель накопичувально-активаторного нейрона з витоком. LIF-модель нейрона дозволяє впродовж певного часу накопичувати (інтегрувати) інформацію, що поступає ззовні на його синаптичні входи, у вигляді мембранного потенціалу, який характеризує стан нейрона, генерувати вихідний імпульс (активувати нейрон), якщо цей потенціал перевищує деяке порогове значення, та поступово втрачати рівень мембранного потенціалу (забувати інформацію) за рахунок витоку, як це продемонстровано на рис.1. Конструктивно модель нейрона може складатися з кількох блоків показаних на рис.2, кожен з яких відтворює певну функцію біологічного нейрона.

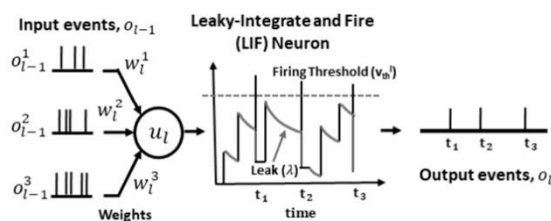


Рис. 1 – Поведінкова схема LIF-моделі нейрона

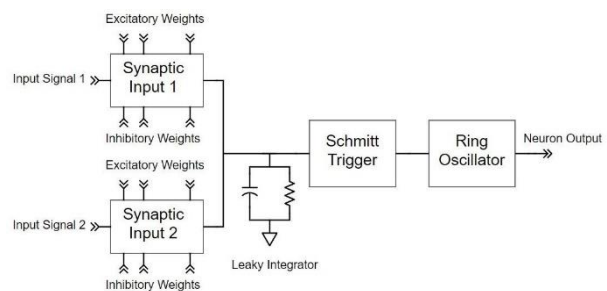


Рис. 2 – Блокова схема імпульсного аналогового нейрона з двома синаптичними входами

В цій роботі, на основі використання LIF-моделі нейрона [3], проведено проектування імпульсного аналогового нейрона з двома синаптичними входами, які мають цифрове керування ваговими коефіцієнтами. Маршрут проектування апаратної реалізації нейрона включає логічний, транзисторний та топологічний рівні. Результат проектування у вигляді топологічного креслення апаратної реалізації нейрона показаний на рис. 3.

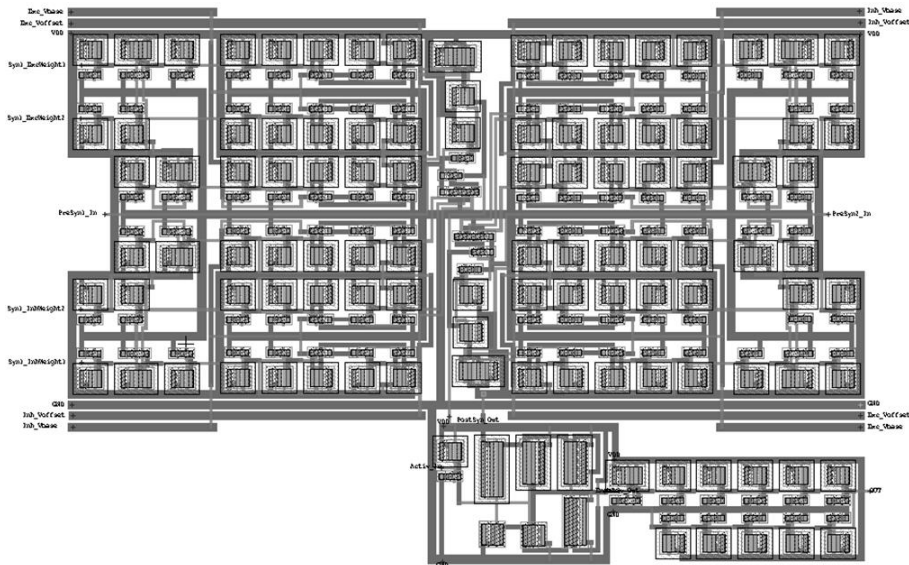


Рис. 3 – Топологічна схема імпульсного нейрона з цифровим керуванням ваговими коефіцієнтами

Верифікацію топології проведено за правилами Electrical Rules Check (ERC), Design Rules Check (DRC) та Layout versus Schematics (LVS). Працездатність схеми перевірено на прикладі реалізації логічних функцій як одним нейроном, так і двошаровою нейронною мережею.

- [1] Yang J.-Q., Wang R., Ren Yi, Mao J.-Yu, Wang Z.-P. Zhou Ye, Han S.-T. Neuromorphic engineering: from biological to spike-based hardware nervous systems. *Advanced Materials*. (2020). P. 2003610 (1-32).
- [2] Indiveri G., Linares-Barranco B., Hamilton T.J. Neuromorphic silicon neuron circuits. *Frontiers in neuroscience*. Vol. 5, Art. 73. (2011). P. 1-23.
- [3] Gnilenko A.B. Hardware implementation design of a spiking neuron. *System Technology*. Vol. 132, No. 1. (2021). P. 116-123.

## DESIGN OF A LIF NEURON MODEL FOR THE SPIKING NETWORK OF A NEUROMORPHIC PROCESSOR

**A. Gnilenko**

*Oles Honchar Dnipro National University  
gnilenko@ua.fm*

The design of an analog spiking neuron with digitally controlled synaptic weight coefficients is presented based on Leaky Integrate-and-Fire model. A compact-sized layout is obtained and verified for neuron hardware implementation in spiking neural networks.

## ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕСТУВАННЯ ВЕБ-ДОДАТКУ НА БАЗІ SELENIUM WEBDRIVER

**Д. Соболевський, О. Спирінцева**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
sobolevskiy\_dd@ffeks.dnu.edu.ua*

В роботі пояснена необхідність використання етапу тестування програмного забезпечення під час його розробки. Наведені ключові поняття та принципи тестування програмного забезпечення. Значна увага приділена переліку переваг автоматизації тестування. Проведений короткий огляд сучасної платформи автоматизованого тестування Selenium WebDriver. Сформульоване завдання на подальші дослідження.

Тестування є невід'ємним процесом життєвого циклу програмного забезпечення (ПЗ), під час якого доводиться відповідність ПЗ заданим вимогам і потребам замовника, тим самим забезпечується якість розробленого ПЗ [1]. Основна теорія тестування включає такі ключові поняття та принципи:

1. Припущення про наявність дефектів. Основним припущенням в теорії тестування є те, що будь-яка програма містить дефекти або помилки.
2. Повнота тестування неможлива. Тестування не може покрити всі можливі комбінації вхідних даних та станів програми. Тому важливо визначити стратегію тестування, яка максимально ефективно виявляє дефекти.
3. Принцип раннього початку тестування. Тестування має бути інтегровано в процес розробки від самого початку.
4. Принцип поділу обов'язків та незалежності тестування. Важливо, щоб тести розроблялися окремими розробниками. Це допомагає уникнути конфліктів і забезпечити об'єктивність.
5. Системність і методичність. Тестування має бути системним і методичним процесом, який охоплює всі аспекти програми і включає у себе різні види тестування, такі як функціональне, нефункціональне, інтеграційне, модульне і т.д.
6. Контроль і звітність. Важливо вести облік всіх проведених тестів, результатів і виявлених дефектів.
7. Принцип постійного вдосконалення.
8. Тестування за допомогою тестових кейсів і сценаріїв, які визначають вхідні дані, очікуваний результат і процедуру тестування. Це допомагає систематизувати і автоматизувати процес тестування.
9. Регресійне тестування. Після внесення змін в програму важливо повторно виконати тестування для перевірки, чи нові зміни не вплинули на існуючий функціонал.
10. Автоматизація тестування допомагає збільшити продуктивність та покриття тестування, особливо в проектах з великою кількістю тестів.

Перехід на автоматизацію дозволяє скоротити час тестування і значно прискорити цей процес [2]. Автоматизоване тестування має численні переваги, які роблять його важливим інструментом у процесі розробки ПЗ:

1. Повторюваність і регресійне тестування. Автоматизовані тести можуть бути виконані безліч разів з однаковою точністю, що особливо корисно при регресійному тестуванні, коли необхідно перевірити, чи нові зміни не вплинули на існуючий функціонал.
2. Ефективність досягається за рахунок швидшого виконання у порівнянні з ручними тестами.
3. Покриття тестування. Автоматизація дозволяє легко створювати та підтримувати великі обсяги тестів, що покривають різні аспекти програми.



4. Масштабованість. Автоматизовані тести можна легко масштабувати для виконання на великій кількості пристроїв, операційних систем, браузерів тощо.
5. Точність і об'єктивність. Автоматизовані тести виконуються без участі людини, що зменшує ризик людських помилок та забезпечує більшу об'єктивність результатів тестування.
6. Спрощення відлагодження. Автоматизація дозволяє швидко визначити місце та причину дефектів завдяки докладним звітам про помилки.
7. Ефективність ресурсів. Інвестиція в автоматизацію тестування зменшує необхідну кількість ручного тестування, що дозволяє ефективно використовувати ресурси.
8. Підтримка CI/CD (Continuous Integration/Continuous Deployment), де тести при кожній зміні коду автоматично запускаються та виявляють можливі дефекти завчасно.
9. Документація тестування. Автоматизовані тести можуть служити документацією до програмного продукту, описуючи очікувану поведінку системи.

Зазначені переваги демонструють, що автоматизоване тестування допомагає підвищити якість продукту, зменшити ризик помилок та зекономити час і ресурси в процесі розробки програмного забезпечення.

Selenium WebDriver - інструмент для автоматизації реального браузера, як локально, так і віддалено, що найбільш близько імітує дії користувача. Це останнє поповнення в пакеті інструментів Selenium, яке є основним вектором розвитку проекту. На відміну від Selenium RC WebDriver він безпосередньо викликає команди браузера, використовуючи рідну для кожного конкретного браузера API. У той же час Selenium RC впроваджував JavaScript в браузер при запуску і використовував його для управління веб-додатком.

Таким чином, актуальним завданням сучасної ІТ галузі є розробка та дослідження підходів до автоматизованого тестування ПЗ. Подальші дослідження варто проводити у напрямку аналізу можливостей автоматизованого тестування веб-додатків за допомогою інструменту Selenium WebDriver та оцінки отриманих результатів тестування.

- [1] Киричек Г., Тягунова М., Курач А. Автоматизоване тестування веб-платформ з використанням Java та Selenium. *Information technology and society*. Вип. 1. (2022). С. 31–37.
- [2] Засорнова І., Говорущенко Т., Войчур О. Аналіз інструментів тестування програмного забезпечення відповідно до рівнів тестування. *Computer systems and information technologies*. Вип. 1. (2023). С. 38–46.

## STUDY OF AUTOMATED WEB APPLICATION TESTING BASED ON SELENIUM WEBDRIVER

**D. Sobolevskyi, O. Spiritseva**  
*Oles Honchar Dnipro National University*  
*sobolevskyi\_dd@ffeks.dnu.edu.ua*

The work explains the necessity of using the software testing stage during its development. The key concepts and principles of software testing are presented. Considerable attention is paid to the list of advantages of test automation. A brief overview of the modern automated testing platform Selenium WebDriver was conducted. The task for further research is formulated.

# СИСТЕМА ЦІЛЬОВОГО ВИКОРИСТАННЯ БАЗ ДАНИХ РІЗНИХ ТИПІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНАЛУ

**А. Алексєєнко, Т. Прокоф'єв**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
aliekxieienko\_am@ffeks.dnu.edu.ua, prokofjjev@ffeks.dnu.edu.ua*

Вибір способу зберігання даних при проектуванні будь-якої системи вимагає досить детального та глибокого аналізу цих даних. Такий аспект визначатиме ефективність роботи розроблюваного функціоналу та досягнення поставлених цілей щодо продуктивності роботи самої системи. Окрім цього, даний вибір впливатиме на вартість обслуговування, доступність даних та можливість масштабування.

По-перше, необхідно враховувати природу даних, які будуть оброблюватися та зберігатись. Адже це можуть бути як структуровані дані, що вимагають чіткої схеми, так і ті, що навпаки не мають чіткої структури і потребують більшої гнучкості та горизонтального масштабування. Враховуючи цей фактор, для першого варіанту може бути більш доцільним вибір реляційної бази даних для детального і строгого контролю над структурою. В той час як для другого варіанту буде кращим рішенням використання NoSQL, що дає максимальну гнучкість і дозволяє змінювати схему в будь-який час, оскільки NoSQL бази даних не нав'язують визначену структуру. [1, 2]

По-друге, слід зосередити свою увагу на тому, яким саме буде зберігання даних. Цілями при роботі з даними можуть бути довготривале зберігання інформації, виконання складних запитів, можливість постійного ефективного запису, реалізація кешування зі швидким доступом до даних та інші.

Враховуючи вище наведене, було створено систему, яка дозволяє використовувати бази даних різних типів. Для цього було досліджено та здійснено порівняння таких SQL та NoSQL засобів, як Microsoft SQL Server, Redis, Azure Cosmos DB, Azure Blob Storage.

Розроблена система може бути використана у різних областях та сферах діяльності, де важливо мати потужну інформаційну систему з можливістю ефективного управління ресурсами та аналізу даних. Вона може знайти застосування у проєктах, де поєднуються різні дані та різні способи їхнього використання.

[1] Mark J.Price. Apps and Services with .NET 7. Birmingham: Packt Publishing Ltd. (2022).

[2] Scaling up vs. scaling out [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://azure.microsoft.com/en-us/resources/cloud-computing-dictionary/scaling-out-vs-scaling-up/>.

## SYSTEM OF TARGETED USE OF VARIOUS DATABASE TYPES FOR FUNCTIONAL OPTIMIZATION

**A. Aliksieienko, T. Prokofiev**

*Oles Honchar Dnipro National University*

This article explores the pressing issue of data storage methods for system design. It is considered a hybrid approach involving multiple database types to optimize software development. It also highlights the importance of defining data nature and storage goals.

The project involves an analysis and comparison of database options to meet specific project requirements.

# РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ

## І. Скрыт

*Харківський національний університет радіоелектроніки  
iryna.skryt@nure.ua*

Людина щодня отримує досить велику кількість інформації. Не завжди отримана інформація є релевантною, що зумовлює необхідність пошуку джерел, які будуть цікавими та яким можна довіряти. Досить часто особа тоне в тій величезній кількості матеріалів, коли шукає, саме те що їй потрібно. В описаних випадках виникає необхідність спитати в когось поради, і звісно не завжди в нас є така можливість. В таких випадках на допомогу, приходять саме рекомендаційні системи. Більшість рекомендаційних систем видають пропозиції на основі раніше переглянутих або на основі схожих матеріалів. Також у випадку, якщо людина хотіла б дізнатися, що цікаво її однодумцям, то рекомендація на основі раніше переглянутих матеріалів може їй просто не підійти.

Рекомендаційні системи – це окремий клас веб-додатків для прогнозування вибору користувача. Завдання рекомендаційної системи – проінформувати користувача про товар або контент, який йому може бути найбільш цікавий у даний момент часу. При цьому користувач отримує потрібні відомості, а сервіс заробляє на наданні якісних послуг [1].

Рекомендації формуються окремо для кожної людини, спираючись на його попередні дії на конкретному веб-ресурсі чи на основі минулої активності. Крім того, значення має і поведінка попередніх учасників процесу.

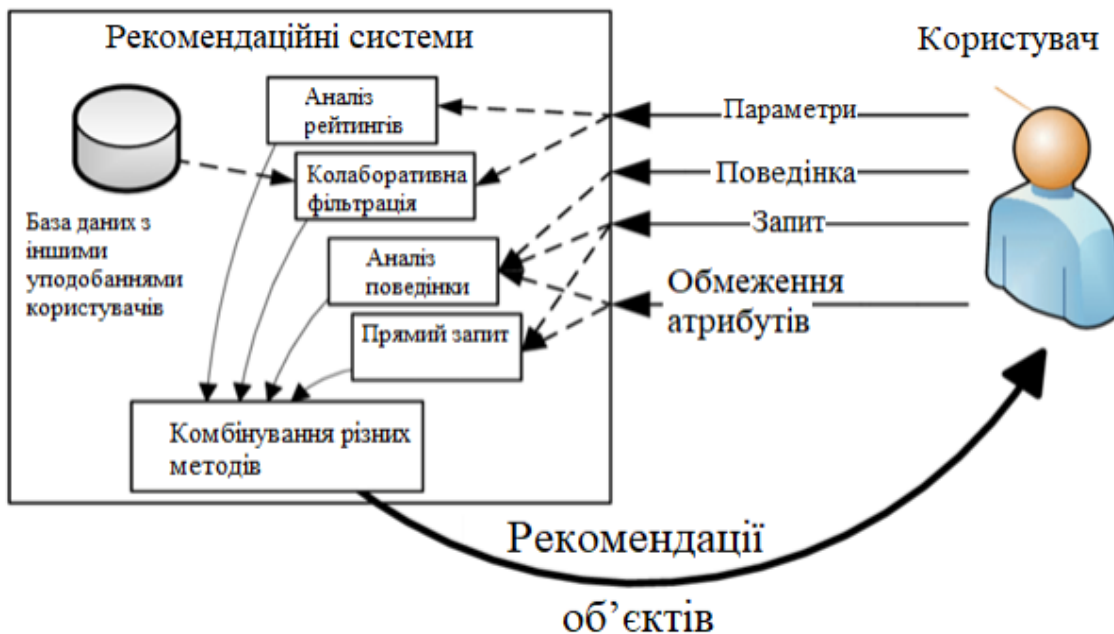


Рис. 1. – Структура рекомендаційної системи

Кластеризація - це метод пошуку закономірностей, призначений для розбиття сукупності об'єктів на однорідні групи (кластери) або пошуку існуючих структур даних. K-Means алгоритм передбачає, що наявні дані про клієнтів, такі як історія покупок та демографічні дані, і є потреба згрупувати клієнтів на основі їх схожості [2].

В даній роботі досліджується розробка та впровадження рекомендаційної системи магазину косметичних товарів, що заснована на методах кластеризації користувачів. Аналізуючи поведінку користувачів і модель купівлі, користувачі об'єднуються у окремі сегменти зі схожими вподобаннями. Використовуючи цю сегментацію, розроблено систему рекомендацій, яка пропонує позиції із заданого магазину відповідно до вподобань кожного кластера. Проведені тестування показують значне покращення залученості користувачів і коефіцієнт конверсії, підкреслюючи ефективність кластеризації користувачів на основі даних отриманих у межах інформаційної системи магазину косметики [3].

Заданий вхідний набір векторів користувачів, вектори враховують діяльність користувача в межах системи, що розробляється. Заданий набір товарів певного типу – продукти магазину косметики. На основі поведінки особи в межах сервісу готуються цільові пропозиції, які будуть задовільними для неї. Основна ціль даного сервісу зі сторони бізнесу: збільшити аудиторію, також збільшити час перебування користувачів на сайті, покращити надання рекламних пропозицій, дані зміни покликані в свою чергу збільшити прибуток бізнесу. Досягнуто також ціль зі сторони користувача: знизити час на пошук необхідного товару, покращити досвід користування сайтом.

Система розроблена у форматі веб-додатку задля забезпечення максимальної зручності користування усім користувачам. Правильний підхід до побудови архітектури забезпечує інтеграцію зі сторонніми системами. В результаті розроблена рекомендаційна система дозволяє забезпечити більш персоналізований і актуальний досвід покупок, що призведе до підвищення задоволеності клієнтів, вищих показників конверсії продажів, підвищення залучення користувачів і більш сильної конкурентної переваги на роздрібному ринку, що постійно розвивається.

- [1] Голенко М. Ю. Область застосування та види рекомендаційних систем [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/41-2.pdf>.
- [2] Кластеризація користувачів системи електронної комерції [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://habr.com/ru/companies/datawiz/articles/248863/>.
- [3] Anderberg M.R., Cluster Analysis for Applications. New York: Academic Press. (1973). 359 p.

## **DEVELOPMENT AND RESEARCH OF RECOMMENDATION SYSTEMS BASED ON USER CLUSTERING**

**I. Skryt**

*Kharkiv National University of Radio Electronics  
iryna.skryt@nure.ua*

Analyzing user behavior and purchasing patterns, we group users into separate segments with similar preferences. Using this segmentation, we develop a recommendation system that offers items from a given store according to the preferences of each cluster.

The store's recommendation system will allow for more personalized and relevant shopping experiences, leading to increased customer satisfaction, higher sales conversion rates, improved user engagement, and a stronger competitive edge in the ever-evolving retail market.

# РОЗРОБКА БІБЛІОТЕКИ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ MULTI-TENANT ARCHITECTURE В JAVA SPRING ЗАСТОСУНКАХ

**Д. Шевченко, І. Скуратовський**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
denys.shevchnk@gmail.com*

У сучасному світі, де швидкість розвитку інформаційних технологій неухильно зростає, компанії та організації все частіше звертаються до використання різних баз даних для зберігання, організації та обробки своєї інформації. Однак, для компаній, що надають послуги оренди, виникає складність у підключенні їх клієнтів до окремих баз даних, забезпеченні їх безпекою та ізоляцією даних.

У зв'язку з цим, актуальним стає розробка бібліотеки, яка дозволить ефективно та безпечно підключати орендарів до різних баз даних, використовуючи архітектуру Multi-Tenant Architecture в Java Spring застосунках. Multi-Tenant Architecture є підходом, що дозволяє розділити різних орендарів на одній фізичній інфраструктурі, забезпечуючи ізоляцію даних та зниження витрат на утримання.

Бібліотека поділена на 3 ключові пакети. Пакет Multitenant використовується для перехоплення запиту і підключення користувача до його бази даних. Пакет Datasource потрібен для підключення усіх баз даних при запуску додатку а також він відповідає за те яку базу під'єднати. І пакет Cleaner для очищення бази даних після виконання запиту.

Пакет Multitenant. Клас MultiTenancyFilter є фільтром, який виконується перед обробкою кожного HTTP-запиту. В методі doFilterInternal, який перевизначено у цьому класі, відбувається визначення активного орендаря. Орендар визначається через об'єкт, який реалізує інтерфейс HttpRequestProcessor, де виконується логіка отримання імені користувача бази даних з HTTP-запиту.

Пакет Datasource. Клас DataSourceProperties отримує дані з config файлу баз даних орендарів з YAML-файлу. Ці налаштування зазвичай містять URL, логін, пароль тощо.

Клас DataSourceConfig налаштовує та створює об'єкт DataSource на основі отриманих налаштувань з DataSourceProperties. Цей об'єкт DataSource містить підключення до баз даних для різних орендарів.

Клас TenantAwareRoutingDataSource є важливим компонентом для маршрутизації запитів до відповідних баз даних орендарів. Цей клас визначає, який орендар використовується в поточному запиті, і забезпечує вибір відповідної бази даних для обробки запиту.

Пакет Cleaner. Клас TenantInterceptor є перехоплювачем, який використовується для обробки різних етапів обробки запиту в веб-додатку. Він допомагає забезпечити очищення активного орендаря з TenantThreadLocalStorage після завершення обробки запиту, щоб уникнути конфліктів між запитами різних орендарів.

Клас InterceptorsConfig використовується для налаштування та додавання TenantInterceptor до конфігурації веб-додатку, забезпечуючи його реєстрацію, щоб він міг обробляти запити під час обробки HTTP-запитів у веб-додатку.

Враховуючи ці компоненти, ваша бібліотека забезпечує мультитенантну підтримку, де кожен орендар може мати свою власну базу даних та йому надається можливість безпечного доступу до неї під час обробки HTTP-запитів у веб-додатку.

[1] Multi-Tenant Application. Software Architecture | Update on... | by Sudheer Sandu | Medium [Електронний ресурс]. – Режим доступу:  
<https://medium.com/@sudheer.sandu/multi-tenant-application-68c11cc68929>

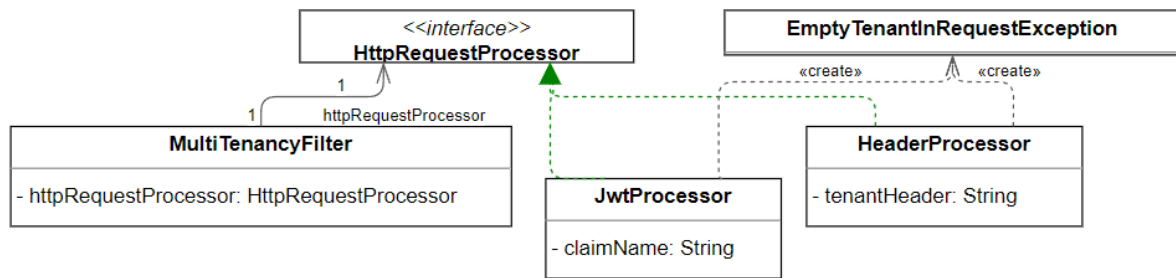


Рисунок 1 – Зв'язок класів в пакеті Multitenant

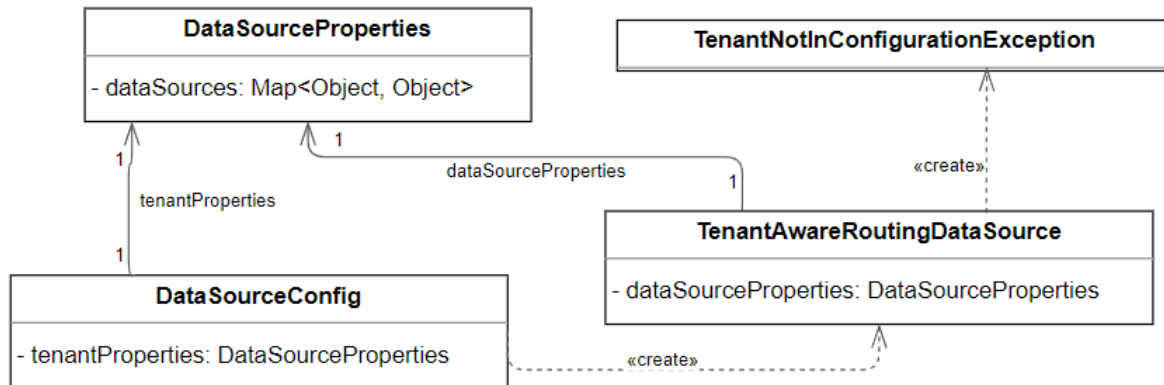


Рисунок 2 – Зв'язок класів в пакеті DataSource

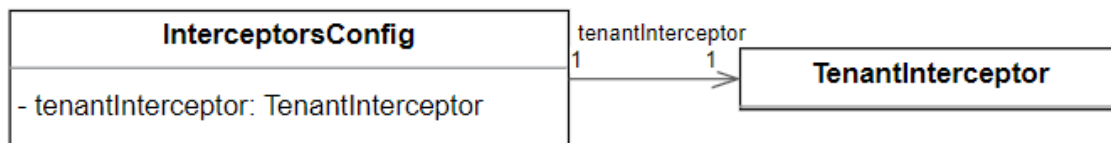


Рисунок 3 – Зв'язок класів в пакеті Cleaner

## DEVELOPING A LIBRARY FOR IMPLEMENTATION MULTI-TENANT ARCHITECTURE IN JAVA SPRING APPLICATIONS

**D. Shevchenko, I. Skuratovskyi**

*Oles Honchar Dnipro National University  
denys.shevchnk@gmail.com*

In today's world, where the speed of information technology development is steadily increasing, companies and organizations are increasingly turning to the use of different databases to store, organize and process their information. However, rental companies face difficulties in connecting their customers to separate databases, ensuring their security and data isolation.

In this regard, it becomes important to develop a library that will allow you to efficiently and securely connect tenants to different databases using Multi-Tenant Architecture in Java Spring applications. Multi-Tenant Architecture is an approach that allows you to separate different tenants on the same physical infrastructure, providing data isolation and reducing maintenance costs.

# ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ РОЗВИТКУ МОВЛЕННЄВИХ НАВИЧОК У ДІТЕЙ З РОЗЛАДАМИ АУТИСТИЧНОГО СПЕКТРА

**В. Кучеренко, О. Волковський**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
kucherenko.volodymyr@gmail.com*

Розлади аутистичного спектра (РАС) — це група розладів нейророзвитку, які виникають у ранньому віці і характеризуються дефіцитом соціальної комунікації та обмеженими або повторюваними моделями поведінки чи інтересів. Ці ключові характеристики часто супроводжуються труднощами з усним та письмовим мовленням, а також іншими порушеннями, які негативно впливають на навчальні досягнення дітей з РАС. З огляду на те, що за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я в усьому світі приблизно у 1 із 88 осіб діагностовано РАС, існує нагальна потреба у розробці ефективних методів та засобів втручання для дитячого сегмента цієї групи населення. У цьому контексті інформаційні технології мають потенціал для підтримки стандартної терапії при РАС, оскільки вони, по-перше, є доступними, по-друге – подобаються дітям. Мобільні навчальні застосунки вже довели свою ефективність, але на українському ринку для дітей з особливими освітніми потребами їх критично мало.[1]

Ідея полягає у модифікації і дослідженні нових можливостей розвитку раніше розробленого мобільного застосунку, котрий призначався для полегшення процесу формування мовленнєво-комунікативних навичок юних користувачів, зробити його більш зручним та ефективним за рахунок гнучкої альтернативної системи комунікації та ігрових навчальних завдань, які відповідають поточним рекомендаціям щодо навчання дітей з РАС. Додаток може бути застосований в освітній системі.

Для розробки мобільного застосунку проведені дослідження існуючих застосунків-аналогів, а також платформ та середовищ для розробки мобільних Android додатків та мов для реалізації серверної складової. Були проаналізовані можливості розробки мобільних застосунків з використанням серверу та без застосування серверної частини.

Програмна реалізація мобільного застосунку містить в собі: додаток на базі мови програмування Java в середовищі розробки Android Studio із застосуванням архітектури проектування MVVM, для відображення інтерфейсу використана мова розмітки XML, для роботи з локальною базою даних застосована бібліотека Room.[2] Для реалізації серверної частини використаний сервіс Firebase та база даних NoSQL.[3] Під час реалізації графічного інтерфейсу були враховані вимоги щодо його інтуїтивності, дружельності до користувача, зручності та простоти налаштувань.

Щоб полегшити взаємодію між користувачами застосунку та провідним фахівцем (педагогом, психологом або ін.), на основі проведених досліджень була обрана технологія чат-бота для месенджера Telegram, який виконував попереднє сповіщення фахівців про оновлення даних в базі клієнта-користувача шляхом безпечної передачі повідомлень до обраної групи месенджера. Алгоритм застосування монологу через чат-бот був обмежений певною кількістю уніфікованих запитів, що подаються набором ключових слів.

В процесі визначення ефективності мобільного застосунку були залучені 12 дітей з РАС віком 5–7 років, які протягом 8 тижнів виконували в домашніх умовах завдання з додатку як додатковий тренінг в позаурочний час. Дев'ять дітей з РАС відповідного віку та здібностей становили контрольну групу. Результати виявили

статистично значущі переваги у збільшенні частоти звернень учнів, точності виконання усних інструкцій дорослих та покращення експресивного мовлення в учасників експериментальної групи в порівнянні з контрольною. Це свідчить про ефективність застосування в частині покращення мовленнєво-комунікативних навичок дітей з РАС. Також застосунок полегшує процес контролю просування учнів для фахівців.

Використання сучасних гнучких технологій та інструментів розробки мобільних додатків дозволить і надалі розширювати функціональність даної інформаційної системи та вносити зміни до її поточної функціональності з можливим застосуванням інших програмних продуктів.

- [1] Не такі, як всі. Показник дітей з РАС [Електронний ресурс] - [https://lb.ua/blog/iryna\\_suslova/481569\\_taki\\_yak\\_vsi.html](https://lb.ua/blog/iryna_suslova/481569_taki_yak_vsi.html)
- [2] Розробка Android з нуля: Посібник, дружній до мозку, Dawn Griffiths, David Griffiths [Електронний ресурс] - <https://pdfroom.com/books/head-first-android-development-a-brain-friendly-guide/p0q2JQGRgxE>
- [3] Повний посібник із Firebase: Створення додатків для Android на мобільній платформі Google [Електронний ресурс] - [https://books.google.com.ua/books/about/The\\_Definitive\\_Guide\\_to\\_Firebase.html](https://books.google.com.ua/books/about/The_Definitive_Guide_to_Firebase.html)

## **INFORMATION SYSTEM FOR THE DEVELOPMENT OF SPEECH SKILLS IN CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDERS**

**V. Kucherenko, O. Volkovskiy**  
*Oles Honchar Dnipro National University*  
*kucherenko.volodymyr@gmail.com*

Autism spectrum disorders (ASDs) are a group of neurodevelopmental disorders that occur at an early age and are characterized by deficits in social communication and limited or repetitive patterns of behavior or interests. These key characteristics are often accompanied by difficulties with oral and written language, as well as other disorders that negatively affect the academic achievement of children with ASD. In this context, information technology has the potential to support standard therapy for ASD because it is, firstly, affordable and, secondly, appealing to children. Mobile learning applications have already proven their effectiveness, but there are critically few of them on the Ukrainian market for children with special educational needs.

Therefore, this project aims to create a mobile application designed to facilitate the process of developing users' speech and communication skills, make it more convenient and effective through a flexible alternative communication system and game-based learning tasks. The application can be used in the educational system.

The software implementation of the mobile application involves: the development of an application based on the Java programming language in the Android Studio development environment using the MVVM design architecture, the XML markup language is used to display the interface, and the Room library is used to work with the local database. Firebase service and NoSQL database were used to implement the server part. When implementing the graphical interface, the requirements for its intuitiveness, user-friendliness, convenience and ease of settings were taken into account.



## **СИСТЕМА АСИНХРОННОГО КОНТРОЛЮ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ, КРОСПЛАТФОРМНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МОВИ C#**

**О. Дуднік, Т. Прокоф'єв**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
sashaad2014@gmail.com*

В часи епідеміологічних обмежень та обмежень зумовлених військовим станом одними з прийнятних інструментів для організації навчання в вищих навчальних закладах стають інтернет-платформи асинхронного та синхронного навчання. Зручність використання таких платформ суттєвим чином робить роботу більш комфортною та швидкою. Проте слід зауважити, що коли частина викладачів та студентів знаходяться в різних містах, областях та навіть країнах зручне програмне забезпечення має, зокрема, містити зручну систему документообігу, що має організувати взаємну роботу студентів, викладачів, деканату та іншого допоміжного персоналу факультету.

В роботі досліджено питання проектування та розробки системи асинхронного контролю навчального процесу з використанням хмарних сервісів, таких як google диск, Microsoft OneDrive, iCloud, кросплатформних інформаційних технологій таких як Windows Azure, Microsoft SQL Services та мови C#. Асинхронність системи окреслює, зокрема, деякі особливості функціонування системи, актуальність застосування викликане відсутністю такої інформаційної системи в вищих навчальних закладах, а використання хмарних технологій google диск, Microsoft OneDrive та iCloud, обумовлене сучасною концепцією побудови клієнт-серверних додатків. Було створено базу даних, систему керування нею, розроблено програмний продукт для автоматизації процесів асинхронного контролю навчального процесу.

Основною мовою програмування для реалізації проекту обрана мова C#, база даних була розроблена з використанням SQL, СКБД спроектована відповідно до стандартів та реалізована в рамках загального додатку на мові C# та платформи .NET Framework. Деякі Front end елементи реалізовані з використанням скриптових мов.

## **SYSTEM OF ASYNCHRONOUS CONTROL OF THE EDUCATIONAL PROCESS USING CLOUD SERVICES, CROSS-PLATFORM INFORMATION TECHNOLOGIES, C#**

**O.Dudnik, T. Prokofyev**

*Oles Honchar Dnipro National University  
sashaad2014@gmail.com*

The work examines the issue of designing and developing a system of asynchronous control of the educational process using cloud services, cross-platform information technologies and the C# language. The asynchrony of the system outlines, in particular, some features of the system's functioning, the relevance of the application is caused by the lack of such an information system in the university, and the use of cloud technologies is due to the modern concept of building client-server applications. The work also includes the design and development of the database and its management system, the choice of technology for the implementation of the DB and DBMS, etc.

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗКЛАДУ НАВЧАННЯ В УНІВЕРСИТЕТІ

**А. Косолап, М. Кроль**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
anivkos@ua.fm, nikk0roll00@gmail.com*

Задача складання розкладу навчання студентів вирішується кілька разів на рік в кожному університеті. Це досить складна задача і для її розв'язання використовується значне число співробітників університету. В результаті отримуємо розклад, часто далекий від оптимального. Тому в багатьох університетах було розроблено програмне забезпечення, яке спрощує складання розкладу. Але це програмне забезпечення не знаходить оптимальний розв'язок даної задачі. Існуючі математичні моделі досить складні і не можуть бути розв'язані сучасними методами. Тому актуальною є задача побудови більш простішої оптимізаційної моделі та використання ефективного методу для її розв'язування. Будемо представляти розклад у вигляді таблиці  $x_{ij}$ , що містить тільки нулі та одиниці. Строчкам цієї таблиці відповідають пари занять (як по чисельнику так і по знаменнику) для кожного дня тижня, а стовпцям предмети (лекції, практичні чи лабораторні роботи). Якщо на перетині пари і предмету в таблиці стоїть одиниця, то даний предмет проводиться на даній парі. Далі необхідно вказати критерій задачі та визначити її обмеження.

Ми вважаємо, що розклад буде оптимальним, якщо дисперсія кількості занять студентів кожного дня тижня буде мінімальною. Це означає, що сума квадратів занять для кожного дня тижня кожної групи буде мінімальною. Цей мінімум потрібно знайти при виконанні наступних обмежень. Студенти однієї групи можуть бути одночасно присутні тільки на одному занятті (суми  $x_{ij}$  по строкам і стовпцям, що відповідають групам повинні бути не більше одиниці), кожен викладач одночасно проводить тільки одне заняття (суми  $x_{ij}$  по строкам по кожному викладачеві не більше одиниці). Існує обмеження по кількості комп'ютерних класів для проведення лабораторних робіт, по кількості пар занять кожного дня, у студентських заняттях не повинно бути вікон, заняття проводяться згідно з навчальному плану. Дана постановка задачі складання розкладу відрізняється від існуючих вибором критерія оптимальності та обмеженнями на відсутність вікон в заняттях студентів (знайдені відповідні обмеження).

Розмірність даної задачі для 5-ти курсів навчання, максимум 5 пар занять в день, двох груп на кожному курсі (враховуємо лабораторні роботи в підгрупах), а також 6-ти предметів на кожному курсі, то отримуємо задачу з 7500 змінними. Ця задача може бути розв'язана методом точної квадратичної регуляризації. В роботі така задача розв'язувалась вказаним методом для 600 змінних.

## COMPUTER SIMULATION OF THE COURSE SCHEDULE IN THE UNIVERSITY

**A. Kosolap, M. Krol**

*Oles Honchar Dnipro National University  
anivkos@ua.fm, nikk0roll00@gmail.com*

We offer an optimization model for drawing up a schedule of classes at the university. Such a model can be effectively solved by the exact quadratic regularization method.

## СИСТЕМА БЕЗПЕЧНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ФАЙЛІВ В MACOS З ІНТЕГРОВАНИМ АНТИВІРУСНИМ АРІ

**О. Тищенко, Т. Прокоф'єв**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
tyshchenko\_oo@ffeks.dnu.edu.ua, prokofjjev@ffeks.dnu.edu.ua*

Сучасний світ інформаційних технологій стикається з безпрецедентними викликами в сфері кібербезпеки. Операційна система macOS не є винятком, і зростаюча кількість шкідливих програм та загроз для цієї платформи створює потребу в ефективних інструментах захисту. [1]

У цій статті розглядається проєкт розробки системи безпечного завантаження файлів для macOS, яка інтегрує антивірусне АРІ для підвищення рівня безпеки користувачів. На тлі зростаючого обсягу кіберзагроз для цієї платформи, такий інноваційний підхід є важливим кроком у забезпеченні безпеки macOS-користувачів. І тому використання систем безпечного завантаження файлів з інтегрованим антивірусним АРІ стає актуальним завданням.

Система базується на існуючих дослідженнях у сфері кібербезпеки, а також методах обхідних атак та захисних технологій в macOS. Проєкт включає в себе аналіз потреб безпеки користувачів macOS та ідентифікацію потенційних загроз. На підставі цього аналізу розробляється система безпечного завантаження файлів, що включає інтеграцію антивірусного АРІ з метою ефективного виявлення та блокування шкідливих файлів. Ефективність системи оцінюється за допомогою експериментального тестування з використанням тестових даних.

Проєкт вирішує важливі завдання у сфері кібербезпеки, забезпечуючи надійний механізм для виявлення та блокування шкідливих файлів, що можуть шкодити користувачам macOS. Отримані результати мають потенціал стати важливим внеском в галузь кібербезпеки для цієї платформи.

Подальший розвиток цього дослідження та проєкту обіцяє нові можливості та покращення для користувачів macOS, допомагаючи зберегти їхню цифрову безпеку. Кібербезпека залишається однією з найважливіших сфер в інформаційному суспільстві, і ця робота є важливим кроком до її забезпечення.

[1] Joe Kissell. Mac Security Bible. – Wiley ; John Wiley [distributor], Indianapolis, IN, Chichester.(2010).

## SECURE FILE DOWNLOAD SYSTEM IN MACOS WITH INTEGRATED ANTIVIRUS API

**O. Tyshchenko, T. Prokofiev**

*Oles Honchar Dnipro National University  
tyshchenko\_oo@ffeks.dnu.edu.ua, prokofjjev@ffeks.dnu.edu.ua*

This article explores the pressing issue of cybersecurity in the macOS operating system and describes the project to develop a secure file download system with an integrated antivirus API to protect users from potential threats. It discusses cybersecurity threats to macOS and the need for the creation of effective security tools in the face of evolving malicious software.

## МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДАНИХ, СПОТВОРЕНИХ ШУМОМ І АНОМАЛЬНИМИ ЗНАЧЕННЯМИ

**С. Вовк**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*vovk\_s\_m@ukr.net*

Важливу наукову проблему становить проблема ефективної обробки даних, спотворених шумом і аномальними значеннями. Через розмаїтість статистичної природи шумів та аномальних значень у практичних застосуваннях, вирішення цієї проблеми є складним завданням та вимагає побудови певної узагальненої моделі процесу обробки таких даних, яка дозволить налаштувати процес обробки даних на найкращий результат. У доповіді подано огляд традиційних моделей процесу обробки даних, спотворених шумом і аномальними значеннями, до якого включено класичні параметричні, непараметричні і робастні моделі, моделі неквадратичної регуляризації, а також розглянуто характеристики запропонованої узагальненої моделі [1].

Класичні параметричні моделі процесу обробки даних вимагають повного статистичного опису даних та реалізуються на основі критерію максимальної правдоподібності. Цей критерій уможливорює одержання аналітичних розв'язків задач для випадків шумових середовищ, описуваних узагальненими розподілами Гаусса або Коші, а також чисельних розв'язків для цих та інших відомих шумових середовищ. Суттєвим обмеженням у застосуванні класичних параметричних моделей є те, що закон розподілу даних не повинен містити «забруднень» невідомої статистичної природи, які виникають за наявності в даних аномальних значень.

Непараметричні моделі процесу обробки даних, які на противагу класичним параметричним моделям практично є вільними від обмежень на закон розподілу, подано моделями фільтрів на порядкових статистиках й гіпотезами з перевірки наявності аномальних значень та розглянуто в контексті редагування даних. Порядкові статистики становлять основу непараметричних моделей, а найуживанішою порядковою статистикою є медіана. Це дозволяє будувати стійкі до аномальних значень процедури обробки даних, які використовують операції зрізання і вінзорування вибірки. Але порядкові статистики не прив'язуються до жодного розподілу, і, отже, фільтри на порядкових статистиках не є оптимальними за винятком окремих випадків. Гіпотези з перевірки наявності в даних аномальних значень розглянуто на базі критерію Граббса, за яким можна здійснювати перевірку на наявність одного, двох та більшої кількості аномальних значень за умов нормального закону розподілу та наявності відповідних таблиць процентних точок. В літературі зазначено, що не існує принципових труднощів з побудови таких критеріїв для будь-яких даних та будь-якого закону розподілу. Утім є суттєві недоліки: перевірка гіпотез має здійснюватися за умови, що закон розподілу є відомим і існують таблиці процентних точок для параметра розподілу; оцінки середнього та дисперсії, які звичайно необхідні для обчислення потрібної статистики, не є стійкими; для складних параметричних моделей даних аномальні значення складно виявляти, оскільки розв'язувана проблема полягає саме в оцінюванні параметрів моделі даних, та інші. Загалом, підкреслюється думка про те, що замість редагування даних шляхом виділення та видалення аномальних значень краще використовувати робастні моделі процесу обробки даних.

Робастні моделі процесу обробки даних використовують неповний статистичний опис даних, але в літературі до них також відносять випадки опису даних розподілами з класу узагальнених розподілів Коші. Робастні моделі подаються через критерій узагальненої максимальної правдоподібності, який уможливорює обробку даних із "забрудненим" розподілом. Це досягається шляхом надання різним відхилам даних, які формують цільову функцію задачі оптимізації, різної вартості. Загальною рисою відповідних вартісних функцій є їх неопуклість, що звичайно веде до задач оптимізації з багатоекстремальною цільовою функцією. Аналіз форми відомих вартісних функцій показує, що багато з них є схожими (приміром, функції Хампеля, Тьюкі, Ендрюса й Мешалкіна), і, отже, вони ведуть практично до однакових результатів. У зв'язку з цим важливою задачею є побудова певної "універсальної" множини вартісних функцій, яка усунить цю надмірність та забезпечить широкий діапазон можливих розв'язків, включаючи медіану, середнє арифметичне значення, міріаду й меридіану.

Моделі неквадратичної регуляризації призначені для суттєвого звуження області пошуку розв'язку обернених задач шляхом формалізації апріорно відомих властивостей розв'язку. Їх основу складають неквадратичні потенційні функції, наприклад, такі (де  $0 < a < \infty$ ):  $\varphi_1(x) = |x|^a$ ,  $a \neq 2$ ;  $\varphi_2(x) = \sqrt{a+x^2}$ ;  $\varphi_3(x) = \min\{ax^2, 1\}$ ;  $\varphi_4(x) = x^2/(a+x^2)$ ;  $\varphi_5(x) = \ln(ax^2+1)$ ;  $\varphi_6(x) = 1 - e^{-ax^2}$ ;  $\varphi_7(x) = |x|/(a+|x|)$ ;  $\varphi_8(x) = \ln(a+|x|+1)$ ;  $\varphi_9(x) = \operatorname{sgn}^2(x)$ . Ці функції (крім  $\varphi_1(x)$  для  $a \geq 1$  та  $\varphi_2(x)$ ) ведуть до неопуклої і, звичайно, неунімодалної цільової функції, що суттєво ускладнює пошук розв'язку. Варто зазначити, що зазначені потенційні функції використовуються і як вартісні функції в моделях робастної обробки даних, а деякі з них ( $\varphi_1(x)$  для  $a=1$ ,  $\varphi_5(x)$ ,  $\varphi_8(x)$ ) ведуть до оптимальної обробки даних для певних шумових середовищ.

Запропонована в [1] узагальнена модель заснована на використанні вартісної функції:  $\rho_s(x) = k_s \cdot [(1+|x|^q/\alpha^q)^{\beta/q} - 1]$ , де  $|x| < \infty$ ;  $k_s = 1/[(1+|x_H|^q/\alpha^q)^{\beta/q} - 1]$ ;  $\alpha > 0$ ;  $-\infty < \beta \leq 1$ ;  $0 < q < \infty$ ;  $\beta < q$ ;  $\rho_s(x_H) = 1$ . В доповіді обговорюються її можливості та обмеження, а також розглядається алгоритмічне та програмне забезпечення, яке є необхідним для реалізації запропонованої узагальненої моделі у вигляді відповідної інформаційної технології обробки спотворених даних.

[1] Вовк С. М. Узагальнена математична модель процесу обробки даних для складного шумового оточення. Питання прикладної математики і математичного моделювання. Вип. 21 (2021). С. 26–33.

## PROCESSING MODELS FOR DATA DISTORTED BY NOISE AND ANOMALOUS VALUES

**S. Vovk**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*vovk\_s\_m@ukr.net*

Traditional mathematical models for processing data distorted by noise and anomalous values are considered, and their generalization is discussed.

# МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ГІСТЕРЕЗИСНИХ ЕЛЕКТРО-МАГНІТОСТРИКЦІЙНИХ ФРАКТАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

**В. Онуфрієнко, О. Онуфрієнко**

*Національний університет «Запорізька політехніка»*

*onvm@i.ua*

Відомими теоретичними моделями [1] для матеріального середовища та для геометрично фрактальної конфігурованої речовини [2], яка фізично уявляється як неоднорідний матеріал з рекурсивною і самоподібною доменною структурою, визначаються густини зарядів (струмів) та електричні (магнітні) моменти, що не залежать від способу розбиття об'єму на елементарні структуровані фрактальні елементи та поверхневі густини зарядів (струмів): в середині об'єму - густина зарядів  $\rho_s^\alpha(\vec{r}) = -\text{div}\vec{P}^\alpha(\vec{r})$  та струмів  $\vec{J}_s^\alpha(\vec{r}) + \text{rot}\vec{M}^\alpha(\vec{r})$ ; на поверхні - густина зарядів  $\eta_s^\alpha(\vec{r}) + \vec{n} \cdot \vec{P}^\alpha(\vec{r})$  та струмів  $\vec{K}_s^\alpha(\vec{r}) - \vec{n} \times \vec{M}^\alpha(\vec{r})$ , де  $\vec{n}$  - зовнішня нормаль до поверхні області, в якій визначається поляризованість  $\vec{P}^\alpha(\vec{r})$  та намагніченість  $\vec{M}^\alpha(\vec{r})$ .

Для постановки і розв'язування таких задач використовуємо диференціал  $d^\alpha z$  та його зв'язок з дробовою похідною  $d^\alpha L(z) = {}_a D_z^\alpha L(z) d^\alpha z$ , де  ${}_a D_z^\alpha L(z)$  обираємо у формі Рімана-Ліувілля зі змінним скейлінгом  $\alpha(z)$  і визначаємо так звані  $\alpha$ -характеристики поля  $L^\alpha(z)$ . Такий математичний апарат дозволяє описати наявність спонтанної електричної поляризації, виникнення фрактально конфігурованих електричних доменів та перебудову фрактальної доменної структури, що впливає на перебіг електро- та магнітострикційних процесів. У заповненій матеріалом області виникають нестационарні умови, коли густини є функціями не тільки координат, але і часу: внутрішні точки області характеризують щільності  $\rho^\alpha(\vec{r}, t)$ ,  $\vec{J}^\alpha(\vec{r}, t)$ ,  $\vec{P}^\alpha(\vec{r}, t)$ ,  $\vec{M}^\alpha(\vec{r}, t)$ , а поверхню і межі описують функції  $\eta^\alpha(\vec{r}, t)$ ,  $\vec{K}^\alpha(\vec{r}, t)$ .

Для виконання умови збереження електричного заряду  $\text{div}\vec{J}^\alpha(\vec{r}, t) + \frac{\partial \rho^\alpha(\vec{r}, t)}{\partial t} = 0$  (рівняння неперервності) у структурованому неоднорідному середовищі (що характеризується скейлінговим показником  $\alpha$ ) узагальнюємо залежну від часу об'ємну густину усього рухомого заряду додаванням члена  $\partial \vec{P}^\alpha(\vec{r}, t) / \partial t$  (як і у класичному випадку). В усіх внутрішніх точках області інваріантні щільності зарядів (струмів) записуються у вигляді  $\bar{\rho}^\alpha(\vec{r}, t) = \rho^\alpha(\vec{r}, t) - \text{div}\vec{P}^\alpha(\vec{r}, t)$ ,  $\bar{\vec{J}}^\alpha(\vec{r}, t) = \vec{J}^\alpha(\vec{r}, t) + \text{rot}\vec{M}^\alpha(\vec{r}, t) + \partial \vec{P}^\alpha(\vec{r}, t) / \partial t$ .

Запропонованим варіантом моделі виділення фрактальних елементів та використання їх у формулюванні рівнянь Максвелла у диференціальній формі з відповідними граничними умовами визначається лише частина сил, що входять в загальні умови рівноваги.

Для побудови повної моделі розглядаємо додаткове введення сил і механічного моменту, що діють на виділений фрактальний елемент середовища, коли існує поле, що створюється зарядами і струмами в інших тілах і областях [1]. Для нашого підходу результуюча сила, що діє на фрактальний елемент,  $\vec{F}(\vec{r}, t) = \vec{F}_e(\vec{r}, t) + \vec{F}_m(\vec{r}, t)$ , де електрична частина сили:

$$\vec{F}_e(\vec{r}, t) = \int_v \rho^\alpha(\vec{r}, t) \vec{E}(\vec{r}, t) d^3v + \int_\sigma \eta^\alpha(\vec{r}, t) \vec{E}(\vec{r}, t) d^2\sigma \quad (1)$$

і магнітна частина сили:

$$\vec{F}_m(\vec{r}, t) = \int_v \vec{J}^\alpha(\vec{r}, t) \times \vec{B}(\vec{r}, t) d^3v + \int_\sigma \vec{K}^\alpha(\vec{r}, t) \times \vec{B}(\vec{r}, t) d^2\sigma, \quad (2)$$

а створюваний силою механічний момент  $\vec{R}(\vec{r}, t) = \vec{R}_e(\vec{r}, t) + \vec{R}_m(\vec{r}, t)$ , де

$$\vec{R}_e(\vec{r}, t) = \int_v \vec{r} \times dF_{ev} + \int_\sigma \vec{r} \times dF_{e\sigma}; \quad \vec{R}_m(\vec{r}, t) = \int_v \vec{r} \times dF_{mv} + \int_\sigma \vec{r} \times dF_{m\sigma}. \quad (3)$$

В (1)-(3) густини розглядаються всередині й на поверхні фрактального елемента, а електричні й магнітні поля створені зарядами і струмами інших тіл.

Запропонований теоретичний підхід до визначення поля у стрікційних фрактальних елементах сприяє виявленню та чисельному моделюванню деяких інших ефектів, що виникають на межі взаємодії електромагнітної хвилі з фрактально конфігурованим метаматеріалом [3], зокрема, в для визначення характеристик графенових польових транзисторів та аналізу стрікційних процесів управління інформаційними потоками.

Робота виконується у межах держбюджетної тематики 01611 “Математичне моделювання гістерезисних фізико-механічних полів диферінтегральними рівняннями” національного університету “Запорізька політехніка” (керівник теми - професор Онуфрієнко В.М.).

[1] King R., Smith G. Antennas in Matter. London, 1981.

[2] Онуфрієнко В.М., Місюра А. Поляризованість на намагніченість несучого цільного фрактального середовища. Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. Вип. 1 (15). (2006). С. 9–13.

[3] Онуфрієнко В.М., Слюсарова Т.І., Онуфрієнко Л.М. Математична модель диферінтегрального гістерезису комплексного хвильового опору та провідності фізичних фракталів. ІХ міжнародна науково-практична конференція „Математика в сучасному технічному університеті”(28–29 грудня 2020). Київ. 2020. С.125-128.

## MATHEMATICAL MODEL OF HYSTERESIS ELECTRO-MAGNETOSTRICTION FRACTAL ELEMENTS

**V. Onufrienko, O. Onufrienko**

*National University “Zaporizhzhia Polytechnic”  
onvm@i.ua*

The differential integral and a fractional derivative with variable scaling were used to model the fractal configured substance and determine the alpha characteristics of the field. This approach allows us to describe the presence of spontaneous electrical polarization, the emergence of fractally configured electrical domains and the restructuring of the fractal domain structure, which affects the course of electro- and magnetostrictive processes in space and time. The method is applicable for numerical modeling of the characteristics of graphene field-effect transistors and analysis of striction processes of information flow management.

## ОСОБЛИВОСТІ ВИДІЛЕННЯ ПАМ'ЯТІ ДЛЯ МАСИВІВ НА МОВІ C++

**А. Шолудько, Н. Карпенко**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*  
*sholudko\_av@ffeks.dnu.edu.ua*

У завданнях, які вирішують за допомогою комп'ютера, як правило, дані мають форму чисел, символів, тексту та більш складних структур, наприклад, списків, дерев тощо. При розробці програмного забезпечення важливу роль відіграє проектування сховища даних. Добре спроектоване сховище даних оптимізує використання ресурсів (таких як час виконання операцій, обсяг оперативної пам'яті, кількість звернень до дискових накопичувачів), які потрібні для виконання найбільш критичних операцій.

Залежно від характеру взаємного розташування елементів, структури можна розділити на ті, в яких елементи розташовані послідовно, і структури зі зв'язним розподілом елементів у пам'яті. Окрім цього, за ознакою змінюваності кількості елементів та зв'язків між ними, розрізняють структури статичні та динамічні [1-2]. Таким чином, розробник повинен чітко розуміти, в яких випадках і для яких комплектів даних підходить та чи інша структура. У даній роботі було проаналізовано час виконання стандартних операцій (заповнення, доступ, вставка тощо) для масивів статичних та динамічних, а також масивів з розривами.

При створенні масиву програміст задає його розмірність та межі цієї розмірності. Наприклад, двовимірний масив має 100 рядків по 200 елементів кожен. Під час роботи з масивами виявилось, що комп'ютер не завжди виконує вимогу програміста на виділення пам'яті, навіть для статичних масивів, тобто виникає проблема з можливим виділенням пам'яті. У мові C++ є обмеження на виділення пам'яті для статичних масивів, оголошених як локальна змінна (254 899 комірок для типу даних Integer, тобто 1 019 596 байтів) [3]. Це є наслідком того що, в C++ стек є обмеженим. Обійти це обмеження можна наступним чином:

- 1) оголосити динамічний масив;
- 2) оголосити масив як глобальну змінну;
- 3) оголосити масив з використанням ключового слова (специфікатора) "static";
- 4) додати директиву `#pragma comment(linker, "/STACK: N")` у код, де  $N$  – кількість байтів для стеку.

Таким чином, можна зробити масив настільки великим, наскільки дозволяє об'єм оперативної пам'яті комп'ютера. Найпростішим рішенням є використання динамічного масиву. При використанні другого и третього способу пам'ять буде занята до кінця роботи програми, що буде впливати на продуктивність роботи програми. При четвертому способі треба бути дуже обережним, оскільки при дуже великому розмірі стека може закінчитися пам'ять, а при дуже малому розмірі буде переповнений стек [3].

Для визначення часу виконання стандартних операцій в масивах різних видів використовувався комп'ютер з наступними характеристиками: оперативна пам'ять: 16 Гб, 2133МГц; процесор: AMD Ryzen 5 5600 6-Core Processor 3.50 GHz; ОС Windows 10, версія: 22H2.

При виконанні даної роботи було створено три масиви, що заповнювали цілими числами: статичний, динамічний та масив з розривами однакового розміру 10 000×10 000 (всього 100 000 000 елементів). У результаті тестування отримано результати, що наведені в табл. 1.



Порівняння часу виконання стандартних операцій над масивами

Операції	Час виконання, с		
	Статичний	Динамічний	Масив з розривом
Заповнення масиву числами	0.24±0.01	0.12±0.02	1691±55
Доступ до першого елемента масиву	1.10·10 <sup>-7</sup>	1.44·10 <sup>-7</sup>	2·10 <sup>-7</sup>
Доступу до останнього елемента масиву	1.00·10 <sup>-7</sup>	1.00·10 <sup>-7</sup>	1560·10 <sup>-7</sup>
Зміна значень 1000 елементів, які розташовані поряд	1.17·10 <sup>-6</sup>	1.44·10 <sup>-6</sup>	0.567·10 <sup>-6</sup>
Вставка 1000 елементів	Не можливо	7.92·10 <sup>-6</sup>	11.7·10 <sup>-6</sup>
Пошук (лінійний) елемента	0.089±0.002	0.111±0.001	0.314±0.001
Видалення 1000 елементів, що розташовані послідовно	Не можливо	5.39·10 <sup>-3</sup>	0.02·10 <sup>-3</sup>

Таким чином, були проведені дослідження, які можуть допомогти розробникам обрати тип масиву виходячи із характеристик, що критичні для вирішуваної розробниками проблеми.

- [1] Robert Sedgewick Algorithms in C++. Частина 1. (1990), P. 87-92.  
 [2] Stephens R. Essential Algorithms: F Practical approach to computer algorithms. Indianapolis, Indiana: John Wiley & Sons, Inc. (2013). 568 p.  
 [3] STACK (Stack allocations) | Microsoft Learn. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://learn.microsoft.com/en-us/cpp/build/reference/stack-stack-allocations?view=msvc-170>

## FEATURES OF MEMORY ALLOCATION FOR ARRAYS IN C++ LANGUAGE

**A. Sholudko, N. Karpenko**

*Oles Honchar Dnipro National University  
sholudko\_av@ffeks.dnu.edu.ua*

In this work, the execution time of standard operations (filling, access, insertion, etc.) for static and dynamic arrays, as well as arrays with gaps, was analysed. When working with arrays, it turned out that the computer does not always fulfill the programmer's request for memory allocation. Actions are given that allow you to bypass the memory allocation limit for the array. The conducted research can help developers choose the type of array based on the characteristics that are critical to the problem being solved by the developers.

## ПРОБЛЕМИ ЄДИНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

**С. Вайчекаускас, В. Герасимов**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
vaichekauskas\_sk@ffeks.dnu.edu.ua, gerasymov@ffeks.dnu.edu.ua*

В сучасному світі вища освіта стає все більш мобільною, і студенти часто мають можливість подавати заявки на вступ до різних навчальних закладів. У самих же ЗВО є велика кількість спеціальностей, дисциплін, деякі з них обираються студентом вже в процесі навчання. Є можливість переведення студентів між різними спеціальностями та різними ЗВО з вираховуванням академічної різниці та закриттям її студентом. Робота самого навчального закладу потребує обліку великої кількості інформації, починаючи з особистих справ студентів і закінчуючи організацією навчального процесу та роботи закладу.

З розвитком інформаційних технологій останні поступово впроваджувались у роботу навчальних закладів, як на локальному рівні у самому закладі, для внутрішнього обліку студентів та навчального процесу, так і на державному рівні, для надання загального реєстру ЗВО та зручного обміну документами між абітурієнтом на закладом. Цей процес хоч і був запущений, йшов дуже повільно. Через відсутність чітких вимог щодо внутрішньої організації документообігу та інформаційних систем, сформувалася дуже різноманітна інформаційна структура у кожному окремому ЗВО, або взагалі залишилася у паперовому вигляді [1].

За останні декілька років попит на перенесення учбового процесу та роботи ЗВО на дистанційну форму значно виріс, а термінове впровадження таких рішень ускладнило роботу навчальних закладів.

З метою забезпечення зручності та ефективності обміну даними між закладами вищої освіти та іншими учасниками освітнього процесу, необхідно створити єдину систему управління даними вузів та студентів. Ця система для якомога безболісної її інтеграції у інформаційну інфраструктуру ЗВО повинна мати чітку структуру даних, описану на державному рівні, для кожної із складових роботи навчального закладу та підтримку усіх інформаційних рішень, впроваджених в ЗВО останнім часом.

На ринку вже запропоновані та використовуються готові рішення для електронного управління навчальним закладом, це і спеціалізовані рішення, такі як «АСУ «ВНЗ» [2], що стосуються кожної сфери життєдіяльності ЗВО, так і простіші, що стосуються лише електронного документообігу навчального закладу, наприклад «Megapolis.DocNet». Також трапляються випадки розробки власних систем навчальними закладами та організації роботи саме у них. Хоча це значно полегшує роботу навчального закладу, проте в таких системах все ще залишаються недоліки. Це відсутність підтримки усіх сфер життєдіяльності ЗВО, що може призводити до плутанини у документообігу навчального закладу, чи дороге супроводження такого програмного забезпечення. Також, з впровадженням дистанційного навчання і перенесенням навчального процесу на електронні платформи, є необхідність інтеграції систем з ними, найпопулярнішим з яких є Moodle та Microsoft 365.

Проте ще однією проблемою є зосередження функціоналу таких рішень лише на внутрішню роботу ЗВО, тоді як зовнішня залишається здебільшого ручною, а концентрація даних лише локально у системі закладу, лишає прозорості його внутрішніх процесів та не спрощує комунікацію з іншими закладами і державою.

В свою чергу державою було розроблено систему ЄДЕБО [3] для зовнішньої роботи навчальних закладів, що на даний момент займається збором, верифікацією,

обробкою, зберіганням та захистом інформації про систему освіти. І хоча це спростило роботу навчальних закладів, проте не існує повноцінної підтримки автоматичного завантаження даних із внутрішніх систем електронного документообігу до неї.

Спираючись на досвід існуючих рішень та впровадження дистанційної форми роботи ЗВО, необхідно впровадити нову систему електронного керування роботою навчальних закладів, яка налічуватиме дві складові.

Перша — це єдиний банк даних, певний реєстр студентів та ЗВО, де буде збережена інформація про студентів, їх освіту та пройдену навчальну програму, а також реєстр навчальних закладів, їх факультетів, спеціальностей та дисциплін для кожного рівня освіти. Ця частина повинна бути загальною для всіх ЗВО та підтримуватись деяким центральним державним органом.

Другою складовою системи повинно бути програмне забезпечення для організації роботи самого навчального закладу, що стосуватиметься обліку даних усіх сфер його життєдіяльності за загальними для усіх стандартами, передбаченими державою.

Створення єдиного банку даних допоможе актуалізувати дані про студента та забезпечити зовнішню взаємодію між ЗВО з приводу переведення або зарахування студентів з різних навчальних закладів. Залучення фахівців з організації навчального процесу дозволить організувати оцінку відповідності дисциплін різних навчальних закладів, за допомогою якої можна буде оперативно проводити оцінку академічної різниці при переведенні студентів між різними ЗВО та різними спеціальностями, або при вступі абітурієнтів за скороченою формою навчання з коледжів робити оцінку знань, формувати питання на екзамені та індивідуально для кожного робити перезалік вже пройдених студентом предметів в іншому навчальному закладі.

Впровадження єдиного рішення для обліку внутрішньої роботи ЗВО дозволить стандартизувати та зробити прозорим документообіг ЗВО, а надання централізованих оновлень — оперативно та одномоментно корегувати роботу закладів згідно змін у законодавстві.

[1] Застрожнікова І.В. Електронний документообіг у сфері освіти [Електронний ресурс].

Режим доступу: <https://grani-print.dp.ua/index.php/dridu/article/download/429/346/>.

[2] АСУ «ВНЗ» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://vuz.osvita.net>.

[3] ЄДЕБО [Електронний ресурс]. Режим доступу:

<https://mon.gov.ua/ua/ministerstvo/yedebo>.

## **PROBLEMS OF THE UNIFIED WORK MANAGEMENT SYSTEM OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS**

**S. Vaichekauskas, V. Gerasimov**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*vaichekauskas\_sk@ffeks.dnu.edu.ua, gerasymov@ffeks.dnu.edu.ua*

To improve data exchange between higher education institutions and other participants in the educational process in a remote learning format, it is proposed to create a system consisting of two components: the first being a unified database, a registry of students and higher education institutions, and the second being software for organizing the operations of educational institutions. This system will facilitate the internal workings of higher education institutions and enable external interaction among them, promoting standardization and transparency within the higher education system.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВЕБ-СЕРВЕРІВ

**Д. Єфремов**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*  
*yefremov\_da@ffeks.dnu.edu.ua*

Важливість оптимізації продуктивності веб-серверів у сучасному Інтернеті не може бути недооцінена. Веб-сервери відіграють ключову роль у забезпеченні доступності та швидкості веб-ресурсів, що безпосередньо впливає на користувацький досвід та конкурентоспроможність веб-проектів. Зростаюча кількість користувачів та їхні вимоги ставлять підвищені вимоги до продуктивності веб-серверів. Дана робота присвячений важливості та методам оптимізації продуктивності веб-серверів. У цьому контексті, робота присвячена обговоренню наступних пунктів:

- Апаратне та програмне забезпечення.
- Мережеві налаштування та алгоритми обробки запитів.
- Кешування як метод оптимізації.
- Балансування навантаження веб-серверів.
- Стиснення даних для підвищення продуктивності.
- Моніторинг та відлагодження.
- Останні технологічні рішення та тренди.

Ці аспекти становлять важливий фундамент для розуміння та впровадження оптимізаційних стратегій для веб-серверів у сучасному Інтернет-середовищі.

Оптимізація продуктивності веб-серверів є ключовим завданням для забезпечення високої доступності та швидкості веб-ресурсів. Вплив апаратного забезпечення, програмного забезпечення, мережевих налаштувань та методів оптимізації на продуктивність веб-серверів потребує детального дослідження. Кешування, балансування навантаження, стиснення даних та використання останніх технологічних рішень є важливими стратегіями оптимізації. Розробка систем моніторингу та постійне відстеження продуктивності допомагають підтримувати оптимізацію на високому рівні.

## OPTIMIZATION OF THE PRODUCTIVITY OF WEB SERVERS

**D. Yefremov**

*Oles Honchar Dnipro National University*  
*yefremov\_da@ffeks.dnu.edu.ua*

This article delves into the critical topic of enhancing web server performance. It discusses a comprehensive strategy that combines various optimization techniques to streamline server operations, with a focus on improving response times and ensuring efficient resource utilization. The research emphasizes the significance of tailoring these optimizations to the specific needs and workload of a web server.

The master's thesis project entails an in-depth examination and comparison of optimization methods and configurations to boost the overall performance of web servers, ultimately enhancing the user experience and the server's ability to handle increased loads.

## ІНТЕРАКТИВНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ДЛЯ АДАПТИВНОЇ ПІДГОТОВКИ АБІТУРІЄНТІВ ДО ВСТУПНИХ ІСПИТІВ

**С. Пінчук, О. Шовкопляс**

*Сумський державний університет*

*sofiya.pinchuk28@gmail.com, o.shovkoplyas@mss.sumdu.edu.ua*

У сучасному світі, де діджиталізація різних сфер життя спричиняє їхню неймовірну трансформацію, інформаційні технології стають ключовим інструментом для вдосконалення освітнього процесу. Ця тенденція діджиталізації істотно підвищує конкурентоспроможність ВНЗ і забезпечує якісний, сучасний рівень освіти [1].

У даній роботі досліджується використання Telegram-боту як інноваційного інструменту адаптивної підготовки абітурієнтів до вступних іспитів. Telegram-боти в освіті представляють собою потужний інструмент для поліпшення навчання та забезпечення доступу до освіти для широкого кола людей. Вони можуть бути використані як для неформальної освіти, так і в офіційних навчальних закладах. Telegram-бот може стати ефективним інструментом для індивідуалізації навчання, надаючи персоналізований підхід до кожного абітурієнта. З використанням адаптованого матеріалу та завдань, бот може допомогти підготуватись до іспитів, враховуючи індивідуальні потреби кожного абітурієнта. Такий підхід допомагає підготувати майбутнього студента до вступних іспитів з використанням персоналізованих та ефективних методів навчання, забезпечуючи необхідними знаннями та навичками для успішного складання іспитів.

Цифровий формат освоєння навчальних програм продовжує свою експансію на всіх рівнях освіти. І хоча масові відкриті онлайн-курси зробили навчання доступним для мільйонів людей по всьому світу, дослідження показують, що тільки 7% слухачів від зарахованих на курс фактично завершують їх, в більшості випадків через відсутність зворотного зв'язку та підтримки [2]. Telegram-бот може надавати зворотний зв'язок у вигляді аналізу відповідей користувача, виведення статистики його відповідей та пропонувати матеріал по темам, які абітурієнт хоче покращити. Дана робота відзначає важливість інтеграції інформаційних технологій у навчальний процес та їх потенціал у зміцненні якості освіти та підготовки абітурієнтів.

Застосування Telegram-ботів у підготовці до іспитів може бути надзвичайно різноманітним та корисним. Наприклад:

- Персоналізовані навчальні матеріали. Telegram-бот може аналізувати відповіді абітурієнтів на тестові завдання та виокремлювати їхні слабкі місця. На основі цього аналізу бот може надсилати персоналізовані навчальні матеріали, які допоможуть абітурієнтам зміцнити свої знання в конкретних областях.

- Тестування та зворотний зв'язок. Telegram-бот може проводити регулярні тести з різних предметів, а потім надсилати детальний аналіз відповідей абітурієнтів. Це дозволяє студентам відстежувати свій прогрес та зосереджуватися на тих аспектах, де вони потребують поліпшень.

- Рекомендації щодо вступних іспитів. Telegram-бот може надавати корисні поради та рекомендації щодо підготовки до конкретних вступних іспитів, включаючи важливі теми, типи запитань та стратегії відповідей.

- Статистика та прогрес: Telegram-бот може відстежувати прогрес кожного абітурієнта, зберігати його результати та давати зворотний зв'язок щодо покращень у вивченні певних тем.

З використанням Telegram-ботів можна створити індивідуальні навчальні траєкторії для кожного абітурієнта, враховуючи його потреби та особливості в навчанні. Це дозволить майбутнім студентам зосередитися на тих аспектах, де вони потребують додаткової допомоги, та розвивати свої сильні сторони, що покращить їх шанси на успішний вступ.

Розроблений чат-бот має такий функціонал. Відкриваючи Telegram-бот користувач може обрати, який саме іспит його цікавить. Далі він бачить список дисциплін, за якими проводиться іспит. Можна обрати окремо одну дисципліну або обрати «Іспит», де містяться питання за усіма дисциплінами. Спершу доречно обрати «Іспит», щоб абітурієнт усвідомив, за якими дисциплінами він має «прогалини», в чому його сильні та слабкі сторони. Далі, вже спираючись на конкретні предмети, користувач може поліпшувати свої знання за певними темами. Головною фішкою Telegram-бота є можливість аналізу (статистики) відповідей абітурієнта, що є важливим стимулом для досягнення поставленої мети. При цьому питання у тестах організовані так, що ті, на які абітурієнт неправильно відповів, з'являються частіше, ніж ті, на які він відповів правильно. Це сприяє кращому засвоєнню матеріалу. Також дуже зручним є посилання на навчальний контент по кожному з питань, що дозволяє абітурієнту повторити або закріпити інформацію. Загалом функціонал бота може бути дуже різноманітним та включати додаткові функції, виходячи з потреб тематики.

Telegram-бот, як засіб для індивідуалізації навчального процесу, надає персоналізовані матеріали та завдання, що відповідають потребам абітурієнта. Це сприяє створенню інтерактивного та адаптивного навчального середовища, спрямованого на ефективну підготовку до вступних іспитів. Комбінація зручності, персоналізації й ефективності робить цей підхід дуже привабливим для абітурієнтів.

[1] Using the messenger software opportunities in distance education [Електронний ресурс].

Режим доступу: <https://www.redalyc.org/journal/6377/637767290002/html/>.

[2] Чат-боти у навчанні: 7 ідей для їх використання [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://learnlifelong.net/chat-boty-u-navchanni-7-idej-dlya-yih-vykory/>.

[3] 6 Best uses of chatbots in education: Pros & Cons [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://botpenguin.com/blogs/6-best-uses-of-chatbots-in-education-pros-and-cons>.

## **INTERACTIVE ENVIRONMENT FOR ADAPTIVE PREPARATION OF APPLICANTS FOR ENTRANCE EXAMINATION**

**S. Pinchuk, O. Shovkopljas**

*Sumy State University*

*sofiya.pinchuk28@gmail.com, o.shovkopljas@mss.sumdu.edu.ua*

In the modern world, where the digitalization of various spheres of life is leading to their incredible transformation, information technology is becoming a key tool for improving the educational process. This paper investigates the use of Telegram bots as an innovative tool for adaptive preparation of applicants for entrance exams. This bot can be considered as an individualization of the educational process with adapted material and tasks to the needs of the applicant. The use of Telegram bots in exam preparation can be extremely diverse and useful.

## СТЕГANOГРАФІЧНЕ ВБУДОВУВАННЯ ДОДАТКОВИХ ДАНИХ В ПРОГРАМНИЙ КОД МІКРОСХЕМ FPGA

**С. Антошук, О. Іванова, К. Защолкін**

*Національний університет «Одеська політехніка»  
const-z@te.net.ua*

Мікросхеми FPGA є програмованими цифровими пристроями з паралельною структурою. На відміну від мікропроцесорів та мікроконтролерів мікросхеми FPGA можуть змінювати свою внутрішню конфігурацію відповідно до програмного коду. Це обумовлює значно більшу продуктивність FPGA порівняно з іншими класами програмованих пристроїв. Одним з підходів до захисту систем, побудованих на основі FPGA від негативного втручання, є оперативний моніторинг їх програмного коду.

Для виконання моніторингу використовуються контрольні дані, які зберігаються разом з об'єктом програмного коду та використовуються у процесі моніторингу. На практиці застосовують підходи, в межах яких контрольні дані зберігаються в файловій системі разом з об'єктом програмного коду FPGA, у складі об'єкта програмного коду або у віддаленій базі даних. Ці підходи мають недоліки, пов'язані з очевидністю факту виконання моніторингу та доступністю еталонних контрольних даних для зчитування.

Один з перспективних підходів до зберігання контрольних даних базується на використанні стеганографічного приховування даних безпосередньо в середовищі об'єкта програмного коду FPGA. При використанні такого підходу контрольні дані утворюють з об'єктом програмного коду єдине ціле. При цьому сторонньому спостерігачу не є очевидним, де саме в програмному коді знаходяться додаткові дані. Однак такий підхід дає можливість вбудовування до програмного коду відносно невеликого обсягу контрольних даних. В роботі пропонується інформаційний ресурс для вбудовування додаткових даних в програмний код FPGA-проектів, які виконують арифметичні операції над числами з плаваючою крапкою. При виконанні таких операцій їх специфікація вимагає приведення формату результату до формату операндів. Для здійснення такого приведення частина розрядів результату відкидається з наступною корекцією, що компенсує це відкидання. Модифікація програмного коду тих блоків LUT FPGA, які обчислюють розряди, що відкидаються, не призведе до зміни функціональності пристрою. Тому в роботі пропонується використовувати програмний код таких блоків LUT в якості ресурсу для стеганографічного збереження контрольних даних моніторингу.

## STEGANOGRAPHIC EMBEDDING OF ADDITIONAL DATA INTO THE PROGRAM CODE OF FPGA CHIPS

**S. Antoshchuk, O. Ivanova, K. Zashcholkin**

*Odesa polytechnic national university  
const-z@te.net.ua*

The paper is devoted to the storage of control data that is used to monitor the program code of FPGA chips. We propose an approach to steganographic hiding of control data in the program code of FPGA. When performing floating-point arithmetic operations, part of the result bits is discarded. The approach is based on using a subset of the LUT units of the FPGA that compute the discarded digits. For hidden embedding of additional data is proposed to use the program code of such LUT units.

# COMPUTER SIMULATION OF BIOMIMETIC ROBOT'S SEARCHER ACTIVITY BASED ON FORAGE BEHAVIOUR OF ANTS

**A. Chepok, B. Panchenko, S. Stukalov**

*Odesa I.I.Mechnikov National University*

*andrew.chepok@gmail.com*

Nature has given us – human beings – countless examples of successful search operations in difficult conditions; – just remember the foraging behavior of insects, reptiles, birds or mammals. In the 21<sup>st</sup> century, designers of autonomous robots are increasingly considering the achievements of the evolution of the Planet life as a worthy example for studying and implementing the acquired knowledge [1].

Inspired by the ideas above, the authors of this work consider ants as a prototype of a successful search engine: authors study the search strategy and behavioral tactics of a scout ant in order to develop a suitable Math model of mentioned searching and to realize the “obtained rules” via appropriate numerical experiments based on this modeling routine.

### The purpose of the work:

1) Taking into account some “structural” data of the ant as an insect and based on the characteristic behavioral principles of the scout ant [2], one has to develop a mathematical model of the search strategy of an autonomous robotic unit equipped with paired sensors (plus a comparator, surely enough) and the necessary actuators to be functional.

2) and to create an author’s computer simulating model of such search on its basis;

3) then to investigate how the model suggested is able to describe the actual searching behavior of biomimetic autonomous robots;

4) and finally, to find out how search algorithms developed can be applied to biomimetic robotic searchers.

On the relevance of this work: there is an actual need to understand the successful strategy of finding a signal source by an individual “scout/searcher” – either a biological being or a biomimetic robot which has its paired sensors mounted as a “crown” capable of rotating around its vertical axis.

As for the authors the basis for modeling the phenomenon of searching for a signal source is as following:

1) When modeling the process of searching for a signal source, the authors assumed that the solution to the main task for an autonomous robot search engine (the stage of searching for objects signaling their presence) is based on the principles of insect behavior using the example of the search activity of a single scout ant.

2) The mentioned mathematical modeling is based on the fact that the nature and style of movement of a robot inside the outer zone relatively to the minimum signal level (“Outer Tactics” or Tactics #1) is very different from the nature and style of movement of the same robot inside the zone of confident reception of a given signal (“Inner Tactics” or Tactics #2).

3) based on the patterns of this behavior and taking into account mathematical optimization methods, develop algorithms for the search behavior that can be applied to a biomimetic robot acting as an autonomous searching machine;

4) further conduction a series of numerical experiments (i.e. computer simulation of the mentioned phenomenon) that will make it possible to confirm or refute a number of the author’s working hypotheses.

Conclusions (the results obtained and some ways of further development of this IT-project):



1. The authors' Math model of a simplest searching activity of autonomous biomimetic robot (the case mentioned above) was developed.

2. The proposed Math model prescribes the virtual biomimetic robot analyzing of some "certain signal measurements" through its paired sensors in order to do further refinement of the robot's behavior. This Math model was developed with some limitations, such as follow: the virtual Landscape does not contain mechanical and other obstacles to the robot's movement; there is isotropy of the signal spread throughout the Landscape as a result of lack of wind and other circumstances.

3. The authors' computer model of search stage of an autonomous biomimetic robot's searching behavior is created (with visual part of). The input data for the conducted numerical experiments are some empirical and practical data. The output data of the conducted numerical experiments are a number of values as follow: the total search distance travelled; the average speed of the virtual robotic unit while searching; the average time of the robot spent while searching for a signal source location; the number of successful attempts for virtual robot to find attractive food in a certain series of its scout travels, and more.

4. As a result of the conducted numerical experiments the data which well correspond to certain realistic and reasonable data are received.

5. The authors of the IT-project believe that the created software modules are first steps to get appropriate software for autonomous biomimetic reconnaissance robots or search engine robots as well.

[1] Bernstein D., Puttick G., Wendell K. *et al.* Designing biomimetic robots: iterative development of an integrated technology design curriculum. *Education Tech Research Dev.*, vol. 70. (2022). P. 119–147. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-10061-0>

[2] Gullan P.J., Cranston P.S. *The Insects: An Outline of Entomology* (3 ed.). Oxford: Blackwell Publishing. (2005). ISBN 1-4051-1113-5.

## ТРЕНУВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ЗДОБУТТЯ НАВИЧОК ЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ В ІНТЕРАКТИВНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

**О. Куземський, Т. Прокоф'єв**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
Senselessexistence@gmail.com*

З моменту появи у світі кіберспорту Dota 2, ця гра завоювала популярність і стала однією з найскладніших та конкурентоздатних багатокористувацьких онлайн-ігор. Навчання і вдосконалення в грі вимагає якісного освітнього контенту, якого на сьогоднішній день недостатньо. Відсутність якісних навчальних ресурсів ускладнює навчання гравців, особливо початківців. У світлі цих викликів дослідження спрямоване на розробку і аналіз інноваційної освітньої платформи для навчання Dota 2, що охоплює різні аспекти гри та може покращити навички гравців.

Для досягнення цілей і завдань дослідження було розроблено освітню платформу "EternalCoach".

Було розроблено сучасний та інтуїтивно зрозумілий веб-дизайн на основі інструменту Figma. Платформа складалася з кількох розділів : Головна сторінка, Розділ навчання, Форум та обговорення, Оцінка та прогрес, і надає таку функціональність: Відеоуроки та статті, Взаємодія з викладачами, оцінювання та тестування.

Для оцінки ефективності "EternalCoach" було проаналізовано користувацьку статистику, включаючи показники, такі як Experience Per Minute (XPM), Gold Per Minute (GPM), і Actions Per Minute (APM). В аналізі брали участь як гравці, які завершили навчальні курси, так і ті, які не брали участі в них. Результати аналізу показали значне поліпшення гри учасників, які завершили курси навчання на платформі "EternalCoach".

Користувачі позитивно відгукувались про "EternalCoach" і висловили задоволення якістю контенту, а також можливістю взаємодії з викладачами та іншими учнями на платформі.

## **TRAINING SYSTEM FOR ACQUIRING SKILLS OF EFFECTIVE WORK IN INTERACTIVE ENVIRONMENTS**

**O. Kuzemsky, T. Prokofiev**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*Senselessexistence@gmail.com*

The article investigates the creation of a training system for teaching effective work skills in interactive environments on the example of a website for learning to play dota 2. It is shown that a training system in interactive environments can improve results, reduce the time for training players and improve the result due to the contact of students with each other and coaches, which makes it an important factor in successful learning.

## **ПОБУДОВА ЛАНЦЮГОВОГО ДРОБУ ТІЛЕ-ЕРМІТА В ТОЧЦІ**

**Ю. Мисло, М. Пагіря**

*Ужгородський національний університет*

*julia.mislo@uzhnu.edu.ua, mykhaylo.pahiryia@uzhnu.edu.ua*

Під час розв'язання багатьох практичних задач виникає необхідність у зображенні функцій однією дійсної або комплексної змінної апроксимантом, обчислення якого зручне та ефективно при реалізації на комп'ютерах [1].

Поряд із многочленами, сплайнами, узагальненими многочленами, раціональними функціями, апроксимантами Паде тощо функції часто наближують ланцюговими дробами та їх узагальненнями [2], [3]. Відомо, що ланцюгові дроби більш стійкі до похибок обчислювальних похибок заокруглення, а розвинення функцій у ланцюгові дроби мають більш широку область збіжності у порівнянні з аналогічними представленнями, до прикладу, степеневими рядами. Тому задача пошуку нових методів побудови ланцюгових дробів актуальна і має практичне значення.

Розглядається задача: Нехай функція комплексної змінної  $f$  визначена своїм значенням та значеннями похідних до  $n$ -го порядку включно в деякій точці  $z \in Z \subset \mathbb{C}$ , тобто задані значення  $w_m = f(z_0)^{(m)}$ ,  $m=0,1,\dots,n$ . Потрібно визначити коефіцієнти  $b_0, b_1, \dots, b_n$  ланцюгового дробу Тіле-Ерміта (ЛДТЕ) вигляду

$$D_n(z) = b_0 + \frac{z-z_0}{b_1 + \frac{z-z_0}{b_2 + \frac{z-z_0}{b_n}}},$$

щоб виконувалися інтерполяційні умови

$$(D_n(z_0))^{(m)} = w_m, m=0,1,\dots,n.$$

Розглядуваний ЛДТЕ в точці  $z_0$  буде збігатися із апроксимаційним ланцюговим дробом Тіле, але спосіб відшукування його коефіцієнтів суттєво відрізняється від раніше відомих. Коефіцієнти ЛДТЕ можна знайти, якщо із елементів множини значень  $\{w_m: m=0,1,\dots,n\}$  сформувати визначники Ганкеля  $H_k^{(s)}$ . Тоді кожний коефіцієнт ЛДТЕ буде визначатися через відношення визначників Ганкеля наступним чином [2,3]

$$b_0 = w_0, b_1 = 1/w_1, b_{2k} = -\left(H_k^{(1)}\right)^2 / \left(H_k^{(2)} H_{k-1}^{(2)}\right), b_{2k+1} = \left(H_k^{(2)}\right)^2 / \left(H_k^{(1)} H_{k+1}^{(1)}\right), k=1,2,\dots, [n/2].$$

Відомо, що апроксимаційний ланцюговий дріб Тіле є аналогом степеневому ряду Тейлора функції в теорії ланцюгових дробів. Коефіцієнти ланцюгового дробу Тіле визначаються через так звані обернені похідні Тіле, тобто

$$b_0 = w_0, b_1 = f(z_0), b_k = f(z_0) - f(z_0), k=2,3,\dots,n,$$

де  $f(z_0)$  значення оберненої похідної Тіле  $k$ -го порядку в точці  $z_0$ .

Виходячи із постановки задачі запропоновано рекурентний алгоритм обчислення коефіцієнтів ЛДТЕ. Запропонований алгоритм дозволяє знайти коефіцієнт  $b_k$  через значення похідної  $k$ -го порядку функції в точці  $w_k$  та знайдені на попередніх кроках коефіцієнти  $b_0, b_1, \dots, b_{k-1}$ . Алгоритм легко може бути реалізований на мові програмування високого рівня, або системі комп'ютерної алгебри.

Були розглянуті приклади. Зокрема для функції  $e^z$  за значення функції та її похідних в точці  $z_0 = 0$  були знайдені коефіцієнти ЛДТЕ

$$b_0 = 1, b_{2k-1} = (-1)^{k-1} (2k-1), b_{2k} = (-1)^k 2, k=1,2,\dots$$

Знайдені коефіцієнти збігаються із коефіцієнтами відповідного степеневому ряду ланцюгового дробу [2,3].

За значеннями похідних функції  $\sqrt{1+z}$  в нулі були знайдені коефіцієнти ЛДТЕ  $b_0 = 1, b_n = 2, n \in \mathbb{N}$ . Коефіцієнти збігаються із коефіцієнтами, що були знайдені іншими способами [3].

Особливо корисним виявився запропонований метод для відшукування коефіцієнтів ЛДТЕ функцій  $\sin(z), \cos(z), \sinh(z), \cosh(z)$  загальний вигляд коефіцієнтів розвинення в околі якоїсь точки в ланцюговий дріб Тіле не відомий. Використовуючи рекурентні формули можна знайти потрібну для практичних цілей кількість таких коефіцієнтів.

- [1] Beebe N.H.F. The mathematical-function computation handbook. Programming using the MathCW portable software library. Springer. (2017). 1119 p.
- [2] Cuyt A., Petersen V.B., Verdonk B., Waadeland H., Jones W.B. Handbook of continued fractions for special function. Springer (2008). 432 p.
- [3] Пагіря М. Наближення функцій ланцюговими дробами. Ужгород: Гражда. (2016). 412 с.

## CONSTRUCTING OF THE THIELE-HERMITE CONTINUED FRACTION AT THE POINT

**Yu. Myslo, M. Pahirya**

*Uzhhorod National University*

*julia.mislo@uzhnu.edu.ua, mykhaylo.pahirya@uzhnu.edu.ua*

The problem of interpolation of the function of a complex variable at the point of the compact by the Thiele--Hermite continued fraction was investigate. Formulas for calculating the coefficients of the continued fraction based on values of the function and its derivatives at a point have obtained. Examples are give.

## МЕТОДИ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ ОЗНАК НА РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛІ РЕГРЕСІЇ

**Д. Кравцов, Н. Полетаєв**

*Одеський Національний Морський Університет*

*dmkravtsov@gmail.com*

В сучасному світі даних моделі регресії стали невід'ємною частиною багатьох аналітичних досліджень. Вони дозволяють прогнозувати значення цільової змінної на основі одного або декількох вхідних ознак. Однак, коли ми будуємо такі моделі, часто виникає питання: "Які ознаки є найважливішими?".

Розуміння впливу кожної ознаки на загальний результат моделі не лише дозволяє отримати глибше розуміння даних, але й може служити основою для інженерії ознак, оптимізації моделі та прийняття обґрунтованих рішень в реальному світі.

На сьогоднішній день для оцінки впливу ознак найчастіше використовують наступні підходи:

- **Коефіцієнти регресії:** В лінійній регресії коефіцієнт, призначений кожній ознаці, показує, наскільки змінюється прогнозоване значення відгуку при зміні цієї ознаки на одиницю, при умові, що інші ознаки залишаються незмінними.
- **Важливість ознак у деревах рішень:** Моделі, засновані на деревах рішень (наприклад, Random Forest), визначають важливість ознак на основі кількості разів, коли ознака використовується для розбиття даних, та наскільки це розбиття поліпшує чистоту вузла.
- **Перестановка важливості:** Цей метод вимірює вплив ознаки на якість моделі шляхом випадкового перемішування значень ознак та спостереження за зміною якості моделі. Якщо якість знижується, ознака вважається важливою.

- **Важливість на основі LASSO:** LASSO регресія використовує L1 регуляризацію для вибору ознак. Ознаки, які мають низьку важливість, отримують коефіцієнти, близькі до нуля, тоді як більш важливі ознаки мають коефіцієнти, які відхиляються від нуля.

Наведені підходи мають свої недоліки та переваги, але, як показав наш аналіз найкращий баланс між точністю моделі регресії та її інтерпретованістю може бути досягнутий на основі методу SHAP (SHapley Additive exPlanations) [1-2]. Метод SHAP відносно новий підхід до інтерпретації моделей машинного навчання. Він базується на теорії кооперативних ігор і розроблений для визначення впливу кожної ознаки на прогноз для конкретного спостереження [3].

Основна ідея SHAP полягає в тому, щоб розглядати кожне спостереження як "гру", де ознаки "співпрацюють", щоб "отримати" прогноз. Вартість цієї "співпраці" розподіляється між ознаками таким чином, щоб врахувати внесок кожної з них в загальний результат.

Використання SHAP дає змогу отримати глибоке розуміння того, як конкретна ознака впливає на прогноз, враховуючи взаємодію з іншими ознаками. Це робить його вкрай корисним у складних моделях з великою кількістю ознак.

Додатковою перевагою методу SHAP є його універсальність. Незважаючи на його складність, SHAP може бути адаптований для роботи з різними типами регресорів. Це особливо актуально у світі глибокого навчання, де моделі стають все більш складними. Навіть для таких архітектур, як нейронні мережі, SHAP здатний надавати інтуїтивно зрозумілі інтерпретації, що дозволяє аналітикам та дослідникам глибше розуміти, як модель приймає рішення.

Враховуючи те, що розуміння важливості ознак у моделях регресії є ключовим для ефективного аналізу даних та прийняття рішень, автори вважають, що розбудова підходу на основі методу SHAP є перспективним напрямком аналізу даних, оскільки надає можливість глибокого аналізу впливу ознак і сприяє створенню надійніших та інтерпретованих моделей.

- [1] Scott M. Lundberg and Su-In Lee. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions 31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017), Long Beach, CA, USA.
- [2] Welcome to the SHAP documentation [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://shap.readthedocs.io/en/latest/>.
- [3] Lin, K., & Gao, Y. Model interpretability of financial fraud detection by group SHAP. Expert Systems with Applications. (2022). Vol. 210, p. 118354

## METHODS OF ANALYZING THE INFLUENCE OF FEATURES ON REGRESSION MODEL RESULTS

**D. Kravtsov, N. Poletaev**

*Odesa National Maritime University  
dmkravtsov@gmail.com*

In our contemporary data-driven era, regression models play a pivotal role in numerous analytical endeavors. These models predict target variable values based on input features. A prevalent concern among researchers and analysts is determining which features exert the most influence on predictions. Properly gauging the impact of individual features on a model's overall outcome provides valuable insights, aiding in feature engineering and model optimization.

Various methodologies, including regression coefficients and advanced techniques like SHAP, have emerged to address this. Specifically, the SHAP method offers profound insights into feature contributions, especially in intricate models with numerous features. Overall, understanding feature importance is paramount for effective data utilization and informed decision-making.

## СИСТЕМА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДОРОЖНІХ УМОВ

**П. Портянка, С. Вовк**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
Port19682000d@gmail.com*

Сучасний трафік на дорогах вимагає розробки та впровадження інтелектуальних систем аналізу дорожніх умов, які здатні допомагати водієві або ж навіть замінювати його, перебираючи на себе керування під час руху автомобіля. Збільшення об'єму автотранспорту та різноманітні фактори, такі як погода, дорожні роботи та нещасні випадки, створюють складну інфраструктуру дорожнього руху, яка вимагає постійного моніторингу та управління. Метою цієї роботи є розробка системи інтелектуального аналізу дорожніх умов задля збільшення безпеки на дорогах, ефективної організації руху та підвищення рівня комфорту водіїв.

Задача полягає в організації збору та проведенні аналізу даних з таких джерел, як камери спостереження, датчики, метеорологічні станції та GPS-дані. Для розв'язання цієї задачі запропоновано використовувати методи комп'ютерного зору, машинного навчання та штучного інтелекту. Особливістю системи є виявлення та класифікація таких важливих дорожніх умов, як дощ, сніг, туман, дорожні роботи тощо, що дозволяє своєчасно інформувати водія про них та автоматично керувати дорожнім рухом.

Для розв'язання задачі інтелектуального аналізу дорожніх умов використовуються алгоритми, що дозволяють системі швидко проаналізувати інформацію з різних джерел та класифікувати поточні дорожні умови. Основні компоненти алгоритмічного забезпечення включають:

- алгоритми виявлення об'єктів на дорозі: для цього використовуються алгоритми комп'ютерного зору такі, як YOLO (You Only Look Once) або Faster R-CNN (Region-based Convolutional Neural Network). Ці алгоритми дозволяють системі виявляти у відеопотоці з камер спостереження такі різні об'єкти, як автомобілі, пішоходи, дорожні знаки та інші об'єкти;
- алгоритми сегментації дорожньої поверхні: для цього використовуються алгоритми сегментації зображень, наприклад, алгоритм Mask R-CNN. Ці алгоритми дозволяють системі виділяти дорожню поверхню та інші дорожні елементи, що є важливими для класифікації дорожніх умов;
- алгоритми машинного навчання для виконання класифікації: після виявлення об'єктів та сегментації дорожньої поверхні використовуються алгоритми машинного навчання для класифікації дорожніх умов. Дані про об'єкти та дорожні умови аналізуються з метою визначення, чи є на дорозі дощ, сніг, туман або дорожні роботи;

- алгоритми попередньої обробки даних: перед обробкою даних виконується їхня підготовка, яка включає в себе попередню обробку зображень з метою видалення шуму, а також нормалізацію даних.

Програмне забезпечення, яке використовується для розв'язання задачі інтелектуального аналізу дорожніх умов, складається з декількох компонентів, що спільно працюють над збором, обробкою та візуалізацією інформації. Основні складові програмного забезпечення включають:

- серверну частину (рис. 1), яка відповідає за обробку та аналіз даних, що надходять з камери спостереження та датчиків метеорологічної станції. Вона включає в себе алгоритми комп'ютерного зору, машинного навчання та попередньої обробки даних й відповідає за збереження даних та їх архівування для подальшого аналізу;
- клієнтську частину у вигляді додатку, який отримує та відображає інформацію про дорожні умови у реальному часі. Цей додаток надає сповіщення та поради водіям, які допомагають їм адаптуватися до зміни умов та забезпечують безпеку на дорозі.

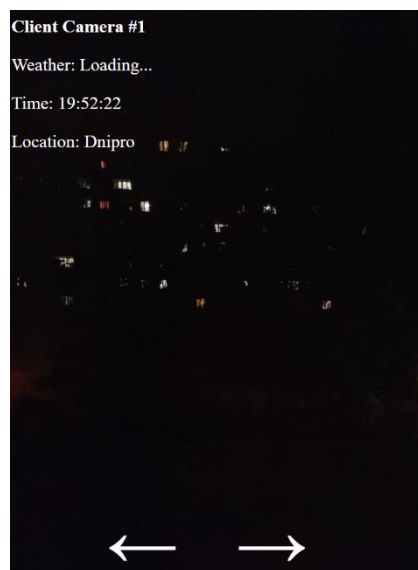


Рисунок 1 — Графічний інтерфейс серверної частини з отриманим з камери зображенням

Розроблена система інтелектуального аналізу дорожніх умов покращує безпеку водія на дорозі та надає йому відповідну інформацію у реальному часі. Розроблене програмне забезпечення реалізовано на мобільній платформі в середовищі Android та проходить тестування.

## SYSTEM FOR INTELLECTUAL ANALYSIS OF ROAD CONDITIONS

**P. Portyanka, S. Vovk**

*Oles Honchar Dnipro National University  
Port19682000d@gmail.com*

An intelligent system for analyzing the road conditions has been proposed. It based on the algorithms of computer vision, machine learning, and artificial intelligence.

## ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНИХ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БУДІВЕЛЬ

**О. Сінкевич, І. Оленич, О. Футей**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
oleh.sinkevych@lnu.edu.ua*

Проектування енергоефективних систем та засобів енергозбереження часто потребує знання про теплофізичні характеристики будівлі. Такі характеристики подекуди буває досить складно визначити через нестачу документації та різноманітність й поєднання матеріалів, що використовуються при будівництві. До таких характеристик, зокрема, належать ефективні параметри теплоємності вмісту будівлі, а також теплопровідності ізолюючих поверхонь. На даний час відомі декілька підходів до оцінки таких характеристик, які базуються на статистичному аналізі та розв'язування нестационарних задач теплопровідності [1, 2]. Труднощі застосування таких підходів пояснюються необхідністю збору температурних даних та даних споживання енергії обігріву протягом тривалого часу у відповідності до холодної пори року. Також це й комплексна проблема виокремлення з сумарного споживання, наприклад, газу, частини енергії, які використовуються лише для обігріву [3].

У даній роботі представлена методика оцінки ефективних теплофізичних характеристик будівлі на основі розв'язування прямих та обернених нестационарних задач теплопровідності. З використанням даних (та їх статистичної обробки на предмет очищення та виявлення аномалій), а саме інтегральних розподілів внутрішніх і зовнішніх температур у будинку, а також сумарного споживання газу ми сформулювали та дослідили (методом скінченних різниць) пряму задачу теплопереносу, яка включала ефективні коефіцієнти теплопровідності та теплоємності внутрішнього вмісту будівлі. Було перевірено і підтверджено, що її розв'язки достатньо чутливі до зміни таких коефіцієнтів.

На основі результатів прямої задачі, була сформульована відповідна обернена задача щодо шуканих коефіцієнтів, що передбачає мінімізацію квадратичного функціоналу та розв'язування прямих задач під час ітераційного процесу. Через обчислювальну складність, процес розв'язання був побудований у два етапи: спершу, обчислювався наближений розв'язок методом «брутального» перебору, а згодом цей розв'язок уточнювався квазіньютонівським методом BSGS [4].

Отримані результати показали ефективність запропонованого статистично-теплофізичного підходу для оцінки ефективних параметрів теплопровідності та теплоємності будівлі. Усі чисельні експерименти здійснювались з використанням відкритих прогнаних засобів, а саме Python 3 та відповідних йому бібліотек.

- [1] Himpe E. Characterisation of the thermal performance of a test house based on dynamic measurements / Eline Himpe, Arnold Janssens // *Energy procedia*. – 2015. – Vol. 78. – P. 3294–3299..
- [2] A data analysis technique to estimate the thermal characteristics of a house / Seyed Tabatabaei [та ін.] // *Energies*. – 2017. – Vol. 10, № 9. – P. 1358.
- [3] Sinkevych O. Gas Disaggregation Approach Based on Cluster Analysis / O. Sinkevych, L. Monastyrskii, B. Sokolovskii, Ya. Boyko // *Computer Technologies of Printing*. – 2019. – No.- 41 (1). – P. 23-33.
- [4] Battiti R. BFGS optimization for faster and automated supervised learning / Roberto Battiti, Francesco Masulli // *International neural network conference*. – Dordrecht, 1990. – P. 757–760.



## APPROACH TO ASSESSMENT OF EFFECTIVE THERMAL PHYSICAL PARAMETERS OF BUILDINGS

**O. Sinkevych, I. Olenych, O. Futey**

*Ivan Franko National University of Lviv,  
oleh.sinkevych@lnu.edu.ua*

The paper discusses the challenges associated with designing energy-efficient systems and energy conservation methods, particularly when it comes to determining the thermal properties of buildings. These properties, such as thermal capacity and thermal conductivity, can be difficult to ascertain due to a lack of documentation and the variety of materials used in construction. Various approaches to estimating these characteristics have been explored, often involving statistical analysis and solving non-stationary heat conduction problems.

This work presents a methodology for assessing the effective thermal properties of a building based on solving direct and inverse non-stationary heat conduction problems. This approach uses data, statistically processed to remove anomalies, including integral temperature distributions inside and outside the building and the total gas consumption. It was found that the solutions to these problems are sensitive to changes in thermal conductivity and thermal capacity coefficients. The results of the direct problem led to the formulation of an inverse problem to determine the sought-after coefficients, involving the minimization of a quadratic functional and solving direct problems iteratively. Due to computational complexity, the solving process was divided into two stages: an approximate solution obtained through a brute-force method, followed by refinement using the BSGS quasi-Newton method.

The obtained results demonstrated the effectiveness of the proposed statistical-thermal physics approach for assessing the effective thermal conductivity and thermal capacity parameters of the building. All numerical experiments were conducted using open-source tools, particularly Python 3 and its corresponding libraries.

## ПЛАТФОРМИ ТА АРХІТЕКТУРА ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

**Д. Комишний, І. Пономарьов**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
dmytro\_do@ffeks.dnu.edu.ua*

Веб-додатки в сучасному житті стали не від'ємною його частиною. Від найпростішого перегляду меню ресторану та бронювання часу до лікаря чи спортзалу до складних рішень для бізнесу таких як онлайн банкінг. Також тенденція на відмову від настільних рішень в перевагу веб додаткам дало поштовх та попит на сервіси, які надають хмарні обчислення.

Платформи для хмарного обчислення це безальтернативний варіант для малого та середнього бізнесу, оскільки дозволити рівень надійності, який пропонують флагмени галузі, важко досягнути великому бізнесу – це автоматичні балансери навантаження, умовно, безлімітний ресурс, мінімум дві територіально віддалені зони з серверами, які дозволять швидко перенести ресурси у випадку природніх катастроф, відключень світла, тощо. Тобто пропонують гарантовану доступність та резервне копіювання.

Наступна очевидна перевага – це скорочення витрат на обслуговування інфраструктури. Також слід назвати одну з найбільших переваг – це неймовірна гнучкість та плата лише за ті ресурси, які використовуються, що в поєднанні дозволяє лише в пікові моменти масштабувати ресурси для підтримки великої кількості користувачів, як наприклад під час різдвяних свят для електронної комерції, та не оплачувати цей ресурс весь інший час.

Попри вище перелічені переваги, платформи для хмарних обчислень мають ряд недоліків та обмежень. Найзначніше обмеження – це заборона регуляторних органів на зберігання та обробку даних або заборона на спільне використання фізичних ресурсів з іншими додатками.

Зберігання і обробка даних в хмарному середовищі може становити загрозу для безпеки та конфіденційності. Користувачі повинні приділяти особливу увагу захисту даних і впровадженню криптографічних рішень. Дані користувачів будуть розподілені між окремими комп'ютерами, незалежно від того, де в кінцевому підсумку зберігається базовий файл. Загрози, такі як злом веб-сайтів та вірусні атаки, є найбільшими проблемами безпеки даних хмарних технологій, тому що зловмисники можуть вторгнутися практично на будь-який сервер [1].

При використанні хмарних послуг компанії стають залежними від постачальника хмарних послуг. Це може призвести до обмежень у виборі та контролі над інфраструктурою.

Озираючись на переваги та можливості хмарних платформ використовують наступні архітектурні підходи: мікросервісна архітектура та серверні функції (serverless).

Мікросервісна архітектура дозволяє розділити веб-додаток на невеликі незалежні компоненти, що полегшує розробку та масштабування [2]. Основна ціль, якого полягає в декомпозиції додатка на модулі, які можуть бути окремо розгорнуті. Даний підхід дозволяє ефективніше і простіше масштабування. Під час пікових навантажень масштабування відбувається значно швидше та застосовується менша кількість ресурсів – це досягається за рахунок масштабування лише конкретних навантажених модулів, а не всього сервісу.

Архітектура безсерверних додатків дозволяє використовувати функції в хмарі без необхідності управління серверами. Це спрощує розробку та дозволяє оптимізувати витрати. Даний архітектурний підхід ідеально підходить до сервісів, які вимагають багато ресурсів, але їх виклик відбувається із значним інтервалом часу, оплата яких на постійній основі не доцільна. Наприклад генерація квартального звіту, який потребує значних ресурсів, але викликається лише один раз в квартал. Тобто лише один раз в квартал буде відпрацьовувати функція, яка реалізована таким чином, що під кожний запит буде створюватися окремий сервер, який виконає функцію та знищиться. Таку архітектуру зазвичай не використовують для «важких» серверів де час створення серверу буде значно більший за час обрахунку. Вона не підходить для звичайного додатку, який постійно буде давати відповідь, оскільки час на прості запити буде помітно більший тому, що кожний раз створюється нова копія серверу для кожного запиту і основна ідея в економії на ресурсах втрачається.

Архітектура веб-додатків у хмарі має багато переваг, таких як масштабованість, висока доступність та ефективне управління витратами. Проте вона також стикається з викликами, пов'язаними з безпекою, локалізацією даних та залежністю від постачальника. Вибір архітектурного підходу, такого як мікросервіси чи безсерверні функції, залежить від конкретних потреб та завдань.

[1] Ількевич Н.С. Хмарні технології в освіт. Житомир (2021) 88с.

[2] Newman S. Building Microservices. O'Reilly Media, Incorporated, (2015). P. 259.

## CLOUD COMPUTING PLATFORMS AND ARCHITECTURES

**D. Komyshnyi, I. Ponomarev**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*komyshnyi\_do@ffeks.dnu.edu.ua*

This work explores contemporary trends in web application development and cloud-based architecture. Cloud-based web applications offer scalability, high availability, and cost efficiency. They enable flexible resource allocation, automated scaling, and data redundancy. However, security and data localization challenges exist. Protecting sensitive data requires strong security measures. Regulatory data localization requirements can complicate deployment. Reliance on cloud providers should be considered. The choice of architectural paradigms, like microservices or serverless computing, significantly affects performance. In conclusion, cloud-based web applications provide benefits and challenges, and users should carefully assess these factors to make informed decisions. Cloud technologies continue to evolve, playing a crucial role in modern information infrastructure.

## DEEPFAKE TECHNOLOGIES AND THEIR LEGAL STATUS

**V. Dubrovin<sup>1</sup>, L. Deineha<sup>2</sup>, M. Zhmutskiy<sup>3</sup>**

*National University "Zaporizhzhia Polytechnic"*

*<sup>1</sup>vdubrovin@gmail.com, <sup>2</sup>deynega.larisa@gmail.com, <sup>3</sup>maksym.zhmutskiy@gmail.com*

Deepfake is an artificial intelligence technology that creates highly realistic audio and video content by combining individual sounds, facial expressions, and body movements using neural networks. This poses a threat as it can lead to the fabrication of content that is virtually indistinguishable from reality, complicating the detection process for observers. Such abuses of deepfake technology could accelerate the era of "post-truth," endangering personal rights, social and public safety, and even national security.

"Deepfake" combines the terms "deep learning" and "fake." This technology is based on deep learning algorithm models, including Autoencoder and Generative Adversarial Network (GAN).

Autoencoder is a neural network structure consisting of two main components: an encoder and a decoder. The encoder reduces the size of an image and compresses it, transforming it into vector values in an internal space. The decoder reconstructs the original image from the vector values obtained by the encoder, attempting to make it as close as possible to the input data of the encoder.

To implement the swapping of faces between source and target images, two sets of encoders and two sets of decoders are required. The parameters of these sets are shared between the two encoders, allowing for image reconstruction using different decoders during the restoration process.

The technology GAN (Generative Adversarial Networks), which serves as the foundational model for creating deepfakes, was introduced by Ian J. Goodfellow and others in October 2014.

In traditional deep learning methods, data is processed in a single-level manner. However, GAN introduces a competitive mechanism. It consists of two main components: the generator and the discriminator, both represented by deep convolutional neural networks. The generator learns statistical patterns from the input data and creates convincing forged images or videos, while the discriminator evaluates the authenticity of the generated data compared to real data, sending the discrimination results back. Then, the generator corrects errors and improves the output data. Both components learn mutually in an iterative training process.

As deepfake technology becomes increasingly accessible to non-professionals, there is a significant surge in fake audio and video content. According to a report published in 2018 by the Institute for Future Life [1], which deals with the misuse of artificial intelligence, there is a risk of unethical use of artificial intelligence, and deepfake technology is one of the potential threats.

The spread of pornographic fake videos featuring well-known personalities and even ordinary citizens has sparked significant outrage. Furthermore, fake videos related to political figures such as Trump and Obama have emerged, posing a potential threat to national image and diplomatic security.

Deepfake also poses a threat to the legal practice and the legal system. The use of artificial intelligence in legal proceedings is becoming increasingly common. If Deepfake detection technology cannot keep up with the advancement of the technology itself, it may lead to wrongful adjudication of cases, seriously undermining trust in the judicial system and the rights of victims.

Therefore, it is urgently necessary to take measures to regulate deepfake technology using tools not directly related to the technology itself. On March 7, 2020, a symposium titled "When Seeing Isn't Believing: Deepfakes and the Law" was held in New York, during which the legal and regulatory aspects of addressing the deepfake issue were discussed [2].

The United States was the first country to take the initiative to respond to artificial intelligence technology. In December 2018, the U.S. Congress passed the Deepfake Prohibition Act of 2018, which was the first legislative act to provide a definition for the term "Deepfake." The DEEPFAKES Accountability Act was introduced in June 2019 but faced opposition from the public due to its vague definitions and potential conflicts with the First Amendment to the United States Constitution. In the same year, Congress proposed the Deepfake Reports Act of 2019, which requires the U.S. Department of Homeland Security to regularly publish reports related to the assessment of deepfake technology.

The European Union has not implemented specific legislation directly aimed at "deepfake," but it has adopted a series of regulatory acts and programs to incorporate aspects related to "deepfake" into its regulatory framework. These measures are aimed at limiting the use of "deepfake" in the context of combating disinformation, protecting personal data, and regulating artificial intelligence.

China, too, has not introduced specific legislation regarding "deepfake," but it actively standardizes and restricts the creation, publication, and dissemination of "deepfake" information with a focus on protecting citizens' rights, such as the right to image, reputation, as well as national and social security. Additionally, its legal norms emphasize mandatory labeling of such materials.

Thus, laws represent a reactive response after the problem has arisen, and while they can impose restrictions on the dissemination of false information in specific areas, they are insufficiently effective in addressing the damage already done. Social trust in social media often declines in the wake of negative events, and this can be irreparable.

Therefore, it is crucial to focus on proactive prevention and control during the development of such technologies. Establishing ethical norms that limit the use of new

technologies, implementing industry self-regulation over their development, and strengthening critical thinking and media literacy skills among citizens are essential steps to take.

- [1] Brundage M, Avin S, Clark J, et al. The malicious use of artificial intelligence: Forecasting, prevention, and mitigation. (2018). P. 102.  
[2] Yamaoka-Enkerlin A. Disrupting disinformation: Deepfakes and the Law. (2020). P. 25.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗКЛАДАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ НА СУМУ ДОДАТНИХ ГАУССІВСЬКИХ ФУНКЦІЙ

**С. Пляка, С. Вовк**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
plyaka@ffeks.dnu.edu.ua*

Розкладання експериментальних залежностей на суму гауссівських функцій є актуальною проблемою в багатьох галузях науки і техніки [1]. Цей процес зустрічається в обробці сигналів, аналізі даних, при розв'язанні оптимізаційних задач та багатьох інших застосуваннях. В процесі обробки спостережень експериментатор зазвичай будує деяку модель явища, намагаючись описати його обмеженим числом параметрів, подаючи зареєстрований складний сигнал композицією простих, більш зручних для аналізу. Тому часто в дослідженнях різної природи виникає питання про представлення експериментальних даних сукупністю функцій заданого виду (базисні, еталонні функції або функції порівняння). Основною метою роботи є розкладання складних експериментальних залежностей на простіші компоненти для отримання більш деталізованої інформації.

Задача полягає в розробці методів та алгоритмів, які можуть ефективно моделювати та апроксимувати експериментальні дані з використанням гауссівських функцій. Варто зауважити, що під час застосування методів математичної декомпозиції до задач спектрального аналізу головною проблемою становить питання про число окремих спектральних смуг, яке не є відомим заздалегідь і яке є істотною частиною тієї інформації, що потрібно отримати з експерименту. На вирішення цієї проблеми суттєво впливає як шум, так і близькість розташування відповідних спектральних компонент. Один із найпоширеніших методів гауссівської декомпозиції базується на методі найменших квадратів з додаванням адитивного регуляризуючого члена. Дослідження і досвід використання програм, які реалізують метод найменших квадратів, свідчать про те, що дані про число компонент можна отримати тільки за умови достатньо великої роздільності компонент в спектрі та невеликому їх числі. У іншому випадку дані виявляються неоднозначними й залежать від характеру вихідного наближення. Також межі його використання обмежені існуванням випадкових викидів та можливих пропусків даних. Декомпозиція отриманих експериментальних результатів може бути виконана і на основі інших підходів; так, в [2] описано принцип обробки, який базується на вимозі мінімізації протяжності цільової функції за невідомими параметрами. Використання такого підходу дає можливість виконувати декомпозицію залежностей за

наявності імпульсного шуму. Однак проблема залишається не вирішеною для тих випадків, коли гауссівські складові знаходяться дуже близько одна до одної, утворюючи одну загальну “одногорбу” криву.

Метою роботи є моделювання процесу розкладання експериментальних залежностей на суму додатних гауссівських функцій у випадку, коли складові розташовані близько одна до одної за умови, що найменша відстань між двома сусідніми гауссівськими функціями не є меншою за більшу з півширин однієї із них. Для досягнення мети пропонується метод декомпозиції експериментальних залежностей на суму додатних гауссівських функцій на основі чисельного розрахунку за множиною значень у трьох точках експериментальної залежності з використанням принципу максимуму тривимірної гистограми.

Запропонований метод ґрунтується на розрахунку параметрів гауссівських складових через значення трьох точок, розташованих на експериментальній залежності. За допомогою цих точок здійснюється аналітичний розрахунок параметрів гауссівської функції, а саме її амплітуди, положення та півширини. Для ефективного використання запропонованого підходу варто використовувати апріорні відомості про діапазони значень зазначених параметрів. Якщо ж такі апріорні відомості є відсутніми, то тоді використовуються робочі припущення про те, що амплітуди гауссівських функцій є додатними та їх значення не перевищують максимального значення, зафіксованого в експериментальній залежності, положення максимумів гауссівських функцій знаходяться в межах інтервалу спостереження, а півширини гауссівських функцій не перевищують довжини інтервалу спостереження.

Алгоритмічне забезпечення розв'язку задачі моделювання процесу розкладання експериментальних залежностей на суму додатних гауссівських функцій засноване на алгоритмах нарощування порядку моделі, аналітичних розрахунків параметрів поточної гауссової функції, побудови тривимірної гистограми та її максимізації, а також на алгоритмах уточнення отриманих значень параметрів. Програмне забезпечення реалізоване в середовищі Matlab.

У доповіді подано приклади моделювання процесу розкладання експериментальних залежностей на суму двох та трьох додатних гауссівських функцій та наводяться результати щодо границь застосовності запропонованого методу.

- [1] Riener M., Kainulainen J., Henshaw J.D., Orkisz J.H., Murray C.E., and Beuther H. GaussPy+: A fully automated Gaussian decomposition package for emission line spectra. *Astronomy & Astrophysics*. Vol. A78. (2019). P. 1–35.
- [2] Вовк С.М. Декомпозиция суммы гауссиан, искаженных импульсным шумом. *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. №. 1. (2017). С.91-99.

## **MODELING OF EXPERIMENTAL DEPENDENCIES DECOMPOSITION INTO THE SUM OF GAUSSIAN FUNCTIONS**

**S. Pliaka, S. Vovk**

*Oles Honchar Dnipro National University  
plyaka@ffeks.dnu.edu.ua*

The work is dedicated to decomposing complex experimental dependencies into a sum of positive Gaussian functions. The research aims to find the decomposition method for the

case when Gaussian components are closely positioned and certain conditions regarding their mutual arrangement are considered. To achieve this goal, the method of decomposing the experimental dependencies into the sum of positive Gaussian functions based on parameter calculation using three points of experimental dependencies is employed, utilizing the maximization of the 3D histogram of parameters.

## ПОРІВНЯННЯ ТРАДИЦІЙНОГО ТА ОСНОВАНОВОГО НА ШТУЧНОМУ ІНТЕЛЕКТІ ІНСТРУМЕНТІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕСТУВАННЯ ВЕБ ДОДАТКІВ

**Н. Бідник, В. Олевський**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
natasha.bidnyk@gmail.com*

У зв'язку зі збільшенням кількості веб додатків та сайтів зростає необхідність автоматизації їх тестування [1]. Останнім часом цей процес було розширено за рахунок штучного інтелекту. Тому необхідно порівняти ефективність використання інструментів і доцільність їх використання.

Метою роботи було визначення кращого інструменту автоматизації тестування веб додатку. Для порівняння були обрані дві технології: традиційний інструмент, оснований на мові Python та фреймворку Robot Framework [2] та сучасний інструмент Testim [3], оснований на штучному інтелекті.

Два наведені вище інструменти були порівняні за наступними критеріями:

- час, витрачений на створення програми тестування
- час роботи програми
- ресурси програмного забезпечення
- вартість
- кількість дефектів, що були знайдені під час роботи програми тестування
- перелік платформ що підтримуються

За об'єкт тестування було обрано веб сайт ІТ компанії.

В результаті роботи було створено дві програми для автоматизації тестування та було порівняно якість та ресурсозатратність їх роботи. За часом, витраченим на створення програми тестування, оснований на штучному інтелекті інструмент автоматизації тестування показав себе краще традиційного. Але за часом роботи програми тестування, вартістю, кількістю дефектів що були знайдені під час роботи програми тестування, переліку платформ що підтримуються взяв верх традиційний інструмент.

Згідно результатів випробування можна зробити висновок, що на сучасному рівні розвитку штучного інтелекту переходити повністю на нього ще зарано.

[1] Top 9 Benefits of Automation testing [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.hurix.com/advantages-of-automation-testing/>

[2] Офіційний сайт Robot Framework [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://robotframework.org/>

[3] Офіційний сайт Testim [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.testim.io/>

## COMPARISON OF CLASSIC AND MODERN AI-BASED WEB APPLICATION TESTING AUTOMATION TOOLS

**N. Bidnyk, V. Olevskyi**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*natasha.bidnyk@gmail.com*

During the work, two test automation tools are compared – a traditional one based on the Python programming language and the Robot framework, and a modern one based on artificial intelligence using the Testim application. The following were chosen as the main comparison criteria: cost, the time spent on learning the testing tool, time spent on creating a test program, program runtime, the quantity of bugs that were found during the program runtime. Test results showed that AI-based tool does not have a lot of advantages.

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СЦЕН НА ОСНОВІ ГЕНЕРАТИВНОЇ МОДЕЛІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ STABLE DIFFUSION

**В. Яцик, С. Вовк**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*vladcase53@gmail.com*

У сучасному світі комп'ютерні графіка стає все важливішою галуззю як для розваг, так і для різних інших сфер життя, таких як наука, медицина та інженерія. Але генерація реалістичних 3D сцен вимагає значної обчислювальної потужності та експертних оцінок в галузі комп'ютерної графіки. Один із підходів, який набуває все більшої популярності, пов'язаний з використанням моделей глибокого навчання, зокрема, генеративної моделі штучного інтелекту Stable Diffusion. У доповіді розглянуто проблему комп'ютерного моделювання 3D сцен та запропоновано метод її розв'язання на основі моделі глибокого навчання Stable Diffusion.

Stable Diffusion – це потужні генеративні моделі, які спеціалізуються на перетворенні текстового опису в зображення (text-to-image synthesis). Ці моделі навчаються на великих обсягах даних, що складаються з пар текст-зображення. Вони досягають гарних результатів у створенні зображень, що відповідають текстовому опису. Утім використання цього підходу для генерування тривимірних сцен є завданням значної складності. Для цього потрібні надвеликі набори даних, які містять інформацію про тривимірні об'єкти, а також удосконалені архітектури моделей для зменшення шуму в тривимірних даних. На сьогоднішній день такі обсяжні набори даних є відсутніми.

NeRF - це підхід до реверсивного рендерингу [1], тобто процесу відтворення тривимірних зображень на основі їх візуалізації, тобто з двовимірних зображень. У цьому підході поєднується об'ємний трейсер променів та нейронне перетворення



просторових координат у значення кольору та об'ємної щільності. Багато 3D генеративних проєктів використовують схожі на NeRF моделі для побудови своїх більш складних генеративних систем. Наприклад, DreamFields [2] показав, що попередньо натреновані 2D-моделі зображення-текст (image-text) можна використовувати для 3D-синтезу, хоча 3D-об'єктам, створеним за допомогою цього підходу, як правило, бракує реалізму та точності. В поданій роботі запропоновано використовувати алгоритм DreamFusion [3], який використовує подібний до DreamFields підхід, але замість використання моделі CLIP (Contrastive Language-Image Pre-Training) для генерації зображень відповідно до текстових запитів, використовує втрати, отримані з процесу дистиляції (distillation) моделі 2D diffusion, тобто з процесу передачі знань від однієї моделі до іншої. В цьому випадку втрати ґрунтуються на дистиляції щільності ймовірності. Метод Score Distillation Sampling (SDS) дає змогу здійснювати вибірку за допомогою оптимізації диференційованих параметрів зображення. Поєднуючи SDS із варіантом NeRF, спеціально адаптованим для завдання 3D генерації, DreamFusion генерує високоточні когерентні 3D-об'єкти та сцени для різноманітного набору текстових запитів, наданих користувачем. Таким чином, попередньо натренована модель генерації тексту в зображення Stable Diffusion, диференційована параметризація зображення у формі NeRF і функція втрат надають ті компоненти, які є необхідними для синтезу тексту в 3D сцену без використання 3D-даних. При цьому, для кожного текстового запиту випадково ініціалізований NeRF навчається з нуля. Кожна ітерація оптимізації DreamFusion виконує наступні кроки. По-перше, випадково вибираються параметри камери та світла, що дозволяє отримати різноманітні кути спостереження та освітлення для кожного 3D об'єкта. Далі на основі цих параметрів модель NeRF генерує зображення з обраної камери та застосовує ефекти затінення світла, що додають реалізм сцені. Далі налаштовується основний компонент цього алгоритму - процес обчислення градієнтів втрат SDS (Score Distillation Sampling) відносно параметрів моделі NeRF, які вказують напрям, у якому потрібно коригувати параметри NeRF, щоб покращити відповідність сцени до текстового опису. Наприкінці кожної ітерації виконується оновлення параметрів NeRF за допомогою певного оптимізатора.

Для реалізації описаних алгоритмів та методів вирішення задачі моделювання 3D сцен на основі моделі Stable Diffusion використовується спеціалізоване програмне забезпечення. Це програмне забезпечення включає в себе бібліотеки для глибокого навчання, включаючи PyTorch та TensorFlow, попередньо натреновані моделі Stable Diffusion та реалізація NeRF. Також використовуються бібліотеки для оптимізації, які допомагають підвищити швидкість навчання та оптимізацію параметрів моделей. Програмне забезпечення містить інтерфейс для введення текстових запитів в систему та візуалізації результатів. Цей інтерфейс дозволяє користувачам вводити описи сцен та об'єктів і отримувати відповідні 3D зображення на основі заданих запитів. Програмне забезпечення також забезпечує візуалізацію обчислених сцен і об'єктів для користувача, що допомагає оцінити отримані результати.

У цілому, в поданій доповіді розглянуто можливість та результати побудови системи моделювання 3D сцен на основі моделі глибокого навчання Stable Diffusion. Представлена система відкриває можливість створювати високоякісні тривимірні сцени на основі текстових запитів користувачів. Очікується, що ця система може бути використана в різних областях, включаючи візуальну симуляцію, дизайн, рекламу, а також і в навчальних цілях для створення віртуальних світів.

[1] NeRF: Representing Scenes as Neural Radiance Fields for View Synthesis [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2003.08934>.

- [2] Zero-Shot Text-Guided Object Generation with Dream Fields [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2112.01455>.
- [3] DreamFusion: Text-to-3D using 2D Diffusion [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.14988>.

## COMPUTER SIMULATION OF SCENES BASED ON STABLE DIFFUSION GENERATIVE MODEL OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

**V. Yatsyk, S. Vovk**

*Oles Honchar Dnipro National University  
vladcase53@gmail.com*

The possibility and results of building a system for modeling 3D scenes based on the Stable Diffusion deep learning model have been considered and discussed.

## THE APPLICATION OF MACHINE LEARNING TO THE ANALYSIS AND PREDICTION OF ENERGY SPECTRUM DEPENDENCIES OF QUANTUM DOTS ON SIZE AND MATERIAL PARAMETERS

**R. Leshko, V. Holskyi, S. Sozanska**

*Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University  
leshkoroman@dspu.edu.ua*

Artificial Intelligence (AI), with a significant emphasis on machine learning, has witnessed remarkable advancements in recent years. These advancements have been transformative and have found application across various domains, making AI an integral part of our modern technology landscape.

Machine learning (as a subfield of AI) has emerged as a powerful tool with the potential to revolutionize the field of physics, especially in the study of nanosystems. Its applications in this domain have opened up new avenues for understanding, simulating, and predicting complex physical phenomena at the nanoscale. The marriage of machine learning and physics is enabling researchers to harness the vast potential of nanotechnology, paving the way for breakthroughs in materials science, quantum mechanics, and the development of novel nanoscale devices.

Modern nanoscale materials are combinations of various materials in the form of the most unexpected shapes and their combinations. In particular, quantum dots formed from solid solutions can exhibit a wide range of effective properties and bandgaps between the conduction and valence bands. Due to this diversity, it is crucial to have the ability to predict their energy spectra based on effective masses, bandgap sizes, and geometric dimensions.

That is why in this study, we apply machine learning techniques to predict the energy spectrum of a spherical quantum dot embedded in a matrix. The input parameters include the

effective masses of the quantum dot, the matrix, the quantum dot-matrix bandgap, and the quantum dot radius. The outcome consists of the energy values of the ground state and the first excited state.

To achieve this goal, we utilized Python's scikit-learn libraries for model construction and training. We defined the training data by performing calculations of the ground and excited states of quantum dots based on the exact solution of the Schrödinger equation for a range of radii from 2 to 10 nm, incorporating various effective masses and bandgap values.

The obtained model enabled the analysis and rapid determination of energy spectra (ground and first excited states) for different quantum dots with high accuracy within the radius range of 2-10 nm. The maximum error did not exceed 12%.

## СТВОРЕННЯ ВЕБ-ДОДАТКУ ДЛЯ СПІЛКУВАННЯ У СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

**В. Река, Н. Матвєєва**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
v.reka212@gmail.com*

На сьогоднішній день створення веб-додатків стає все більш актуальним. Спілкування з використанням Web-додатків стають все популярнішими, наочним прикладом цього є відомі всім додатки Facebook, Instagram та Twitter. Люди можуть спілкуватися з рідними, друзями та знаходити нових знайомих в різних куточках нашої землі.

Веб-додаток має зрозумілий для користувачів інтерфейс, включає функції реєстрації, авторизації, створення та видалення постів, підпис на користувачів, зміна кольорової теми.

Для реалізації цих функцій використовувалося серверне середовище з відкритим вихідним кодом Node.js, Express.js — фреймворк веб-додатків для створення RESTful API з Node.js, база даних NoSQL MongoDB і допоміжні бібліотеки для серверної частини.

Для клієнтської частини використовувалися бібліотеки JavaScript з відкритим кодом React, Redux, Formik, Yup та бібліотеку компонентів Material UI.

Я використовував React тому, що він дозволяє розбити інтерфейс на компоненти, ефективно керувати станом додатку, спрощує взаємодію з API та забезпечує швидкий та масштабований реактивний рендеринг.

Redux - це інструмент для управління станом даних і інтерфейсом користувача в додатках JavaScript з великою кількістю сутностей. Його робота схожа на концепцію «зменшення» у функціональному програмуванні.

Для створення форм я використав бібліотеку Formik, яка вирішує дві задачі: управління станом форми та її відправка.

Щоб реалізувати валідацію для форм я обрав бібліотеку упр.

Для безпечного зберігання паролів в базі даних я використав адаптивну криптографічну функцію формування ключа bcrypt. Для захисту від атак за допомогою райдужних таблиць bcrypt використовує сіль (salt), крім того, функція є адаптивною, час її роботи легко налаштовується і її можна сповільнити, щоб ускладнити атаки перебором.

Структура серверної частини поділена на 3 розділи: контролери, маршрути та моделі.

В теці контролери знаходяться основні функції додатку такі, як: функції реєстрації та авторизації користувача, функції для роботи з постами (створення, отримання, видалення, лайк), функції для отримання користувачів та друзів користувача, видалення і додавання друзів.

В теці маршрути знаходяться маршрути, які дозволяють зрозуміти коли потрібно серверній частині виконувати ту чи іншу функцію.

В теці моделі за допомогою бібліотеки mongoose створюється база даних, вказуються типи даних та додаткові критерії.

Клієнтська частина додатка складається з додаткових компонентів та віджетів з яких будуть складатися сторінки додатку. Це було зроблено для виключення дублювання коду.

Веб-додаток містить такі сторінки: головна, реєстрації та авторизації, профілю користувача.

Розглянемо віджети додатка:

- FriendListWidget - показує всі підписки користувача на інших користувачів додатку;

- MyPostWidget – віджет для створення постів;

- PostsWidget – знаходиться стрічка всіх постів.

- PostWidget – містить в собі інформацію про власника, опис та зображення поста.

- UserWidget – показує інформацію про користувача;

- NavBar – це панель містить поле MyBlog для повернення на головну сторінку, кнопку виходу, яка з'являється при натисканні на меню-айтем.

В додатку можна змінити тему оформлення на темну чи на світлу. Це можна зробити в правому верхньому куті натиснувши на відповідну кнопку.

Розроблено оформлення для веб-додатку на всі розширення екранів пристроїв (смартфон, планшет, ноутбук, комп'ютер).

[1] Огляд Фреймворків для JavaScript – DOU [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dou.ua/forums/topic/34739/>.

[2] Основи MongoDB – codeguida [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://codeguida.com/post/519>.

[3] Що таке React – Cases Media [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://cases.media/article/sho-take-react-js-yak-pochati-vivchati-reakt-navichki-dlya-react-developer>.

## CREATING A WEB APPLICATION FOR COMMUNICATION IN SOCIAL NETWORKS

**V. Reka, N. Matvieieva**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*v.reka212@gmail.com*

A web application for communication in social networks has been created. An open source server environment like Node.js, Express.js a back end web application framework for building RESTful APIs with Node.js, NoSQL MongoDB database and auxiliary libraries for the server part were used for implementation. React, Redux, Formik, Yup open-source front-end JavaScript libraries were used for the client part.

The structure of the server part is divided into 3 sections: controllers, routes and models. The client part consists of additional components and widgets, which together will make up the pages of the application.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ТОРГІВЛІ ШЛЯХОМ ЗАЛУЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОКУПЦЯ НА БАЗІ ФРЕЙМВОРКІВ OPENCV ТА FACE RECOGNITION

**С. Нестеренко, В. Олевський**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
nesterenko.c.n@gmail.com, olevskiy\_vi@ffeks.dnu.edu.ua*

На теперішній час в зв'язку з бойовими діями в Україні та необхідністю релокації малих підприємств, що займаються роздрібною торгівлею, є потреба в програмних продуктах що допоможуть підприємцям швидко налагодити свою роботу на новому місці.

Для швидкого розгортання торгових точок та зручності в наш час є можливість залучення технології персоналізації покупця в процесі формування чеку за допомогою фреймворку OpenCV та Face Recognition, для автоматизації процесу роздрібною торгівлі. Створена програма вмє формувати на основі біометричних технологій бібліотеку клієнтів що відвідали хоч раз торгову точку, та при наступному відвідуванні клієнта впізнає його та в залежності від додаткових налаштувань програми може автоматично корегувати ціну (для постійних клієнтів).

Принцип роботи програми відображено на рис. 1:

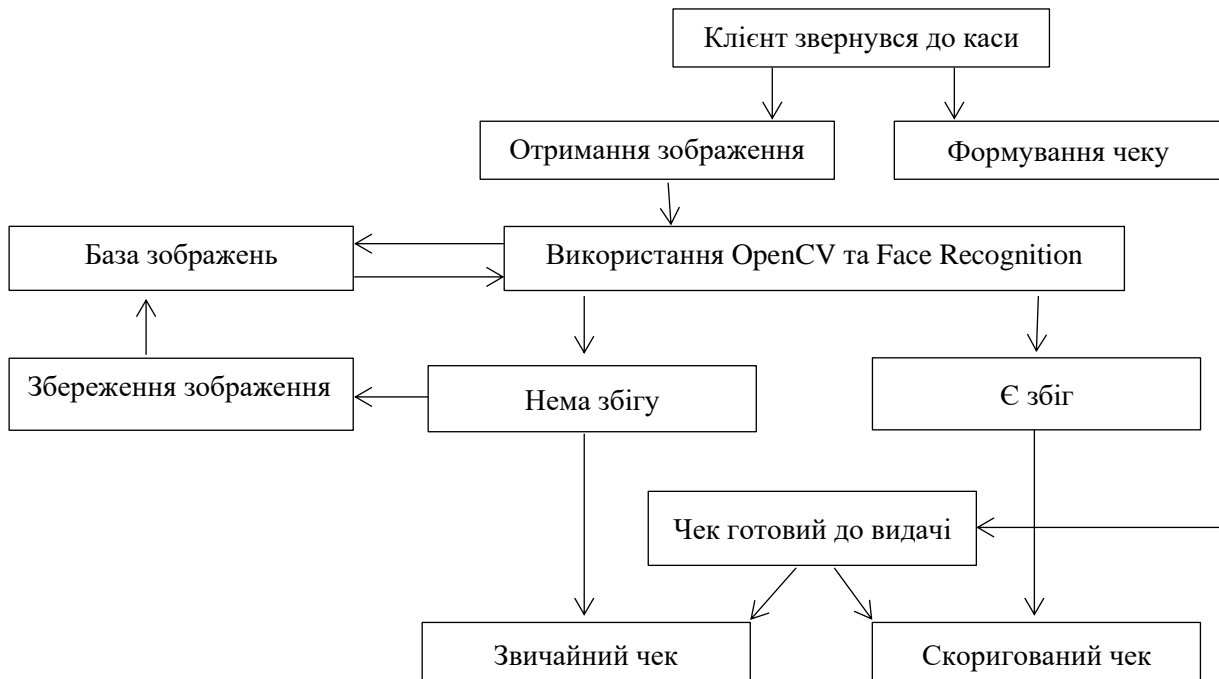


Рис.1: Схематичне зображення автоматизації процесу роздрібною торгівлі.

В проєкті є такі переваги:

- швидке розгортання торгової точки;
- персоналізації покупця в процесі роздрібної торгівлі;
- автоматизація процесу торгівлі.

В проєкті поки що є такі недоліки:

- необхідність постійно мати інтернет зв'язок для обробки зображень нейромережею;
- спосіб збереження бібліотек даних (на комп'ютері, зовнішні накопичувачі інформації, або в хмарному-сховищі даних);
- необхідність мати добре освітлення при отриманні зображення клієнта, адже при різних рівнях освітлення, якість ідентифікації зображення клієнта знижується.

Перелічені пункти впливають на можливість використовувати даний продукт, та його кінцеву ціну, що потребує подальшого доопрацювання програми.

Під час вдосконалення проєкту, крім покращення якості функціонування зазначених можливостей ми можемо добавляти нові, також.

Ця розробка програмного забезпечення в майбутньому може автоматизувати локальну та мобільну роздрібну торгівлю, що підкреслює важливість подальшого вдосконалення наявних фреймворків, та об'єднання їх з новими додатками.

Дана розробка передбачає аналіз роботи фреймворків OpenCV та Face Recognition і порівняння використання варіантів баз даних для задоволення конкретних вимог проєкту.

[1] What is OpenCV and how does it work? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.saasworthy.com/product/open-cv#overview>

[2] Face Recognition: Issues, Methods and Alternative Applications [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.intechopen.com/chapters/51031>

[3] History of Python [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.geeksforgeeks.org/history-of-python/>

## **OPTIMIZATION OF TRADE BY INVOLVING BUYER IDENTIFICATION TECHNOLOGY BASED ON OPENCV AND FACE RECOGNITION FRAMEWORKS**

**S. Nesterenko, V. Olevskiy**

*Oles Honchar Dnipro National University  
nesterenko.c.n@gmail.com, olevskiy\_vi@ffeks.dnu.edu.ua*

This article explores the integration of OpenCV and facial recognition frameworks to optimize the trading process.

This software development has the potential to automate local and mobile retail in the future, highlighting the importance of further improving existing frameworks and combining them with new applications.

This development involves analyzing the operation of the OpenCV and Face Recognition frameworks and comparing the use of database options to meet specific project requirements.

## РОЗРОБКА БІБЛІОТЕКИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНИХ ІГОР ДЛЯ ПРОГРАМ ДОШКІЛЬНОЇ ТА ШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ В ІГРОВОМУ РУШІЇ UNITY

**А. Сердюк**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
ander.freton@gmail.com*

З початку навчального року у 2018 році перші класи усіх шкіл перейшли на форму навчання за реформою «Нова українська школа». Однією з цілей реформи було «зробити українську школу відкритою, цікавою та сучасною» [1]. Одним із засобів зацікавлення дітей під час уроку, або перевірки та оцінки вже отриманих знань можуть бути комп'ютерні ігри.

Наразі викладачам доступні такі платформи як:

- LearningApps (<https://learningapps.org/>) – це онлайн сервіс, для створення інтерактивних вправ. Він функціонує як конструктор, призначений для розробки інтерактивних завдань з різних навчальних предметів.
- Kahoot! (<https://kahoot.com>) – онлайн платформа для створення інтерактивних завдань, котра дозволяє створювати тести, опитування, вікторини.

Проте у багатьох платформах існує недолік того що для їх використання потрібне постійне підключення до інтернету, та вони не дають бажаної гнучкості. Тому мною було вирішено розробити бібліотеку для створення навчальних ігор в рушії Unity.

Є безліч інших ігрових рушіїв, проте було вирішено створити бібліотеку саме в Unity, бо він має найзручнішу можливість для безкоштовного розповсюдження, у внутрішньому магазині.

Для виконання цієї задачі слід буде розробити та адаптувати для налаштування такі ігри як знаходження пар, знаходження відповідностей на зображенні, тести та інші, а також створити платформу для подання навчальних матеріалів. Для того щоб викладачі могли зробити свої додатки більш комплексними, з можливістю комбінування ігор та навчальних матеріалів, є потреба у створенні контролера цих компонентів, та їх зручного перемикання.

Сама бібліотека буде складатись з файлів коду в котрих буде описана логіка та параметри компонентів ігор, та платформи для подання навчальних матеріалів, а також будуть надані заготовки для простішого використання ігрового рушія викладачами, та для коректної роботи ігор.

Можливості бібліотеки дозволяють створити сценарій використання, котрий дозволить бути помічником викладачу протягом усього уроку. Наприклад, можна буде створити спершу пояснювальні матеріали, котрі ознайомлять учнів з новою темою, а після провести опитування тестами, або грою з пошуком пар. Або можна одразу перейти до перевірки освоєних знань, на попередньому уроці, підкріпити їх, або доповнити новими, та знов дати дітям пограти та засвоїти пройдені матеріали. Також ця бібліотека може бути корисна для викладачів позакласного навчання, або приватних репетиторів.

Залучення учнів у навчальний процес є важкою задачею для вчителя. Реформа «Нова українська школа» намагається полегшити комунікацію між дітьми та викладачем. Для її доповнення слід створити інструменти, котрі допоможуть зацікавити учнів до навчального процесу, й ця бібліотека буде однією з них.

[1] Міністерство освіти і науки України - НОВА УКРАЇНСЬКА ШКОЛА. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/tag/nova-ukrainska-shkola>

## DEVELOPMENT OF A LIBRARY FOR CREATING EDUCATIONAL GAMES FOR PRESCHOOL AND SCHOOL EDUCATION PROGRAMS IN THE UNITY GAME ENGINE

**A. Serdyuk**

*Oles Honchar Dnipro National University  
ander.freton@gmail.com*

Involvement of students in the educational process is a difficult task for the teacher. The "New Ukrainian School" reform tries to facilitate communication between children and the teacher. To supplement it, tools should be created that will help to interest students in the educational process, and this library will be one of them.

## ПРИНЦИПИ РОБОТИ МІКРОСЕРВІСНОЇ АРХІТЕКТУРИ. ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ПІДХОДУ

**О. Цідило, В. Герасимов**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
tsidylo\_od@ffeks.dnu.edu.ua*

Мікросервісна архітектура (Microservices Architecture) [1] — це модульний підхід до розробки програмного забезпечення, що передбачає створення невеликих, незалежних компонентів, які називаються мікросервісами. Замість того, щоб будувати монолітний додаток, в якому всі функції інтегровані в один кодовий базис, мікросервіси представляють собою окремі служби, які виконують конкретні функції.

При розробці **монолітного додатка** весь процес розпочинається зі створення єдиної кодової бази, де всі функції та компоненти додатка об'єднуються разом. Усі модулі та функціональність внутрішнього інтерфейсу розташовані в одному місці, і розробка ведеться у межах цього єдиного коду.

При розробці **мікросервісного додатка** процес розпочинається з ідентифікації окремих функціональних компонентів та їх розбиття на окремі мікросервіси. Кожен мікросервіс представляє собою окремий проект зі своєю власною кодовою базою та функціональністю. Кожен з цих мікросервісів може бути розроблений, тестований та розгорнутий незалежно від інших.

Ці два підходи до початку розробки мають важливі відмінності, які впливають на організацію роботи розробників та структуру проекту. Вибір між ними залежить від специфіки завдань та вимог до проекту.

Одним з відомих прикладів використання мікросервісної архітектури є компанія Netflix. Вони розбили свою інфраструктуру на безліч мікросервісів, які відповідають за



різні аспекти платформи, такі як рекомендації, обробка платежів тощо. Це дозволило їм масштабувати та вдосконалювати свою платформу набагато ефективніше. Проте при такому підході потрібне обережне керування взаємозв'язками між службами, що може бути викликом.

*Цікавий факт:* Netflix [2] випускає сотні нових версій свого програмного забезпечення щодня, і мікросервісна архітектура допомагає їм робити це без збоїв та затримок.

#### **Переваги мікросервісної архітектури:**

- **гнучкість і масштабованість:** Мікросервіси можуть бути розроблені, масштабовані та оновлені незалежно один від одного. Це спрощує адаптацію до вимог, що змінюються, та забезпечує легкість масштабування.

- **легкість у розробці та обслуговуванні:** Мікросервіси зазвичай менше за розміром та легкокеровані, що спрощує процеси розробки, тестування та підтримки.

- **розділення відповідальності:** Кожен мікросервіс відповідає за конкретну функцію або можливість системи, що сприяє чіткому розділенню відповідальності між командами розробників.

- **використання різних технологій:** Різні мікросервіси можуть використовувати різні мови програмування та технології, що дозволяє обирати найкращі інструменти для кожного завдання.

#### **Недоліки мікросервісної архітектури:**

- **складність управління:** Управління великою кількістю мікросервісів вимагає хорошої організації та інструментів для моніторингу та управління. Це може викликати додаткові труднощі.

- **складність у досягненні співмірності:** Забезпечення співмірності даних між мікросервісами може бути складною задачею, особливо в розподілених системах. Потрібні механізми для забезпечення цілісності даних.

- **витрати на мережеву взаємодію:** Оскільки мікросервіси взаємодіють через мережу, це може призвести до додаткових витрат на мережеву взаємодію та збільшення затримок.

Мікросервісна архітектура відмінно підходить для певних сценаріїв, але також має свої обмеження. Однією з її переваг є гнучкість та можливість ефективного масштабування, що особливо корисно для великих інтернет-сервісів, які обслуговують велику кількість користувачів у режимі реального часу. Це дозволяє забезпечувати високу продуктивність та масштабованість, що є важливим для подібних проєктів.

Проте варто враховувати, що мікросервіси можуть бути менш підходящими для розробки корпоративних інформаційних систем. У таких випадках, де потрібно забезпечити високу ступінь інтеграції та уніфікації, використання мікросервісів може призвести до збільшення складності експлуатації та супроводу системи. Потреба в управлінні багатьма різними сервісами та забезпеченні їхньої взаємодії може призвести до збільшення експлуатаційних витрат, які можуть бути неправомірно високими в деяких сценаріях.

Отже, основна сфера ефективного застосування мікросервісної архітектури полягає в великих інтернет-сервісах, які працюють у режимі реального часу та обслуговують велику кількість активних користувачів. В інших сценаріях важливо обдумати відповідність та переваги використання мікросервісів перед іншими архітектурними підходами.

[1] What are microservices? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://microservices.io>.

[2] Netflix. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.netflix.com/>

# PRINCIPLES OF MICROSERVICES ARCHITECTURE. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF THIS APPROACH

**O. Tsidylo, V. Gerasimov**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*tsidylo\_od@ffeks.dnu.edu.ua*

Microservices Architecture is a software development approach that involves creating small, independent components called microservices instead of a monolithic application. Each microservice is an independent project with its own codebase and functionality.

Microservices offer flexibility, ease of development, and the ability to use different technologies. However, they bring complexity in managing multiple services and require data consistency standards.

Microservices are well-suited for large internet services but may not be ideal for corporate information systems.

## РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ОСВІТНЬОГО САЙТУ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ ASP.NET CORE

**Н. Смолік, О. Спирінцева**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*nsmolikov99@gmail.com*

ASP.NET Core – це потужна та універсальна технологія для розробки веб-додатків. Її архітектурні принципи, крос-платформність та висока продуктивність роблять її привабливим вибором для розробників.

Однією з ключових особливостей ASP.NET Core є його архітектурна гнучкість. Middleware, що є ланцюжком компонентів для обробки HTTP-запитів та формування HTTP-відповідей, дозволяє розробникам будувати програми з лише необхідною функціональністю. Іншою важливою архітектурною складовою є Model-View-Controller (MVC), що розділяє додаток на моделі даних, уявлення та контролери, що спрощує структурування та розробку програми. ASP.NET Core сприяє масштабуванню додатків, що важливо для проєктів зі зростаючим навантаженням та зростанням даних.

ASP.NET Core надає розробникам широкий спектр інструментів для безпеки веб-додатків: механізми автентифікації, авторизації та захист від різних видів атак, включаючи атаки переповнення буфера та ін'єкції SQL [1].

Створення та обслуговування веб-сайту на ASP.NET Core, що надає інструкції щодо створення веб-проєктів та дані про його тестування, означитиме, що користувачі отримають цінний вихідний матеріал для покращення своїх веб-проєктів, а також можливість підтримувати їх найбільш актуальними та продуктивними. Надання інформації про тестування сайту на ASP.NET Core сприяє забезпеченню високої надійності та продуктивності, що сприяє розвитку та вдосконаленню веб-технологій на платформі ASP.NET Core. Така розробка буде корисною як початківцям, так і досвідченим веб-розробникам, а також усім, хто цікавиться веб-технологіями та прагне створювати та досліджувати високоякісні веб-проєкти.

[1] ASP.NET documentation [Електронний ресурс]. Режим доступу:  
<https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/?view=aspnetcore-7.0>

## DEVELOPMENT AND RESEARCH OF EDUCATIONAL WEBSITE BASED ON ASP.NET CORE TECHNOLOGY

**N. Smolikov, O. Spiritseva**

*Oles Honchar Dnipro National University  
nsmolikov99@gmail.com*

ASP.NET Core is a powerful and flexible technology that makes a big difference in the world of web development. Its architectural principles, cross-platform compatibility, and high performance make it an attractive choice for developers. It continues to evolve and provide new capabilities for creating modern web applications.

## ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ОБ'ЄКТНО-РЕЛЯЦІЙНОЇ ПРОЕКЦІЇ JPA ТА HIBERNATE В JAVA SPRING

**Д. Остромецький, І. Скуратовський**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
denys.ostrometskyi@gmail.com*

У сучасному світі розробка програмного забезпечення на базі баз даних є поширеною практикою. Для зручної та ефективної роботи з базами даних на рівні об'єктно-орієнтованого програмування використовують об'єктно-реляційні системи управління базами даних (ORM). Двома найпопулярнішими фреймворками для роботи з ORM в мові програмування Java є JPA (Java Persistence API) і Hibernate. Вони надають широкий набір функціональності для зручної роботи з базами даних [1].

Використання JPA та Hibernate в Java Spring є дуже поширеною практикою для розробки веб-додатків. Вони спрощують взаємодію з базою даних, дозволяють зосередитися на розробці бізнес-логіки та прискорюють процес розробки.

JPA, або Java Persistence API, є специфікацією, яка визначає стандартний спосіб взаємодії з реляційними базами даних з використанням Java об'єктів. Вона надає нам можливість працювати з базами даних, не вдаючись до низькорівневих деталей SQL-запитів. Замість цього, ми можемо працювати з об'єктами, що представляють дані в базі, і використовувати об'єктно-орієнтовану парадигму для зберігання, оновлення та вибірки даних [2].

Hibernate, з іншого боку, є реалізацією JPA. Він надає нам конкретну реалізацію JPA-інтерфейсів та додаткові функції для зберігання Java об'єктів у базах даних. Hibernate дозволяє нам використовувати анотації та конфігураційні файли для налаштування мапування об'єктів на таблиці бази даних, виконання запитів та керування транзакціями.

Hibernate є ORM-фреймворком, який надає повний спектр функцій для роботи з базами даних через об'єктно-орієнтований підхід [3]. Spring Data JPA надає абстракцію

над Hibernate та іншими ORM-фреймворками, спрощуючи роботу з базами даних у Spring-додатках. Hibernate пропонує широкий спектр можливостей, таких як управління транзакціями, кешування, ліниве завантаження. Spring Data JPA зосереджена на спрощенні доступу до даних, надаючи автоматично генеровані репозиторії та зручні способи визначення запитів користувача. Hibernate вимагає налаштування та конфігурації ORM-сутностей з використанням анотацій або файлів XML-мапінгу. Spring Data JPA дозволяє визначити сутності та запити з використанням анотацій та методів інтерфейсів репозиторіїв. У цілому Hibernate є потужним і гнучким інструментом для роботи з базами даних, в той час як Spring Data JPA пропонує зручність і простоту використання при роботі з базами даних в Spring-додатках.

Spring Data JPA є абстракцією, яка спрощує роботу з постачальником JPA. Зокрема, Spring Data JPA надає набір інтерфейсів для зручного створення репозиторіїв доступу до даних. За допомогою цих інтерфейсів можна визначати методи для роботи з базою даних, такі як збереження, оновлення, видалення та запити, і Spring Data JPA автоматично генерує реалізацію цих методів. Шляхом розширення інтерфейсу JpaRepository у репозиторії UserRepository, отримується доступ до автоматично згенерованих методів, які спрощують роботу з персистентними об'єктами в базі даних. При використанні Spring з Hibernate потрібно мати інтерфейс DAO, та реалізацію котра грубо написана за допомогою SessionFactory.

Використання Spring Data JPA дозволяє розробникам написати менше коду завдяки автоматичній генерації репозиторіїв на основі інтерфейсів та стандартних методів (наприклад, findById, findAll, save тощо). У Spring Hibernate, доводиться написати більше коду для керування транзакціями, створення запитів та конфігурування сесій.

Spring Data JPA надає розширений механізм генерації запитів за допомогою методів репозиторію, критеріїв та іменованих запитів. Використання цих механізмів спрощує створення запитів і зменшує ймовірність виникнення помилок. У Spring Hibernate доводиться самостійно писати SQL або критерії запити для вибірки даних.

- [1] Hibernate ORM 5.4.33.Final User Guide [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://docs.jboss.org/hibernate/orm/5.4/userguide/html\\_single/Hibernate\\_User\\_Guide.html](https://docs.jboss.org/hibernate/orm/5.4/userguide/html_single/Hibernate_User_Guide.html).
- [2] What is JPA? Introduction to Java persistence [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.infoworld.com/article/3379043/what-is-jpa-introduction-to-the-java-persistence-api.html>
- [3] Advantages and disadvantages of JPA and Hibernate [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://topic.alibabacloud.com/a/advantages-and-disadvantages-of-jpa-and-hibernate\\_1\\_11\\_30698940.html](https://topic.alibabacloud.com/a/advantages-and-disadvantages-of-jpa-and-hibernate_1_11_30698940.html)

## **USING JPA AND HIBERNATE OBJECT-RELATIONAL DESIGN SYSTEM IN JAVA SPRING**

**D. Ostrometskyi, I. Skuratovskyi**

*Oles Honchar Dnipro National University  
denys.ostrometskyi@gmail.com*

In today's world, database-driven software development is a common practice. For convenient and effective work with databases at the level of object-oriented programming, object-relational database management systems (ORM) are used. The two most popular

frameworks for working with ORM in the Java programming language are JPA (Java Persistence API) and Hibernate. They provide a wide range of functionality for convenient work with databases.

Using JPA and Hibernate in Java Spring is a very common practice for web application development. They simplify interaction with the database, allow you to focus on the development of business logic, and speed up the development process.

## ВИЯВЛЕННЯ МУЛЬТИКОПТЕРІВ З ВІДЕОЗОБРАЖЕНЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БІБЛІОТЕКИ ULTRALYTICS YOLO

**Р. Зеркаль, В. Олевський**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
zerkal\_rr@ffeks.dnu.edu.ua*

У сучасному світі розвиток безпілотних апаратів швидко набуває популярності та розмаїття застосувань. Від використання в галузі геодезії та картографії до поштової доставки та нагляду за великими територіями, мультикоптери вже стали невід'ємною частиною нашого життя. Велике поширення і багатозадачність БПЛА створюють необхідність відслідковування і контролю за їх діями. Системи комп'ютерного зору є важливим компонентом в багатьох сферах, включаючи безпеку та нагляд. Для виявлення об'єктів за допомогою комп'ютерного зору широко використовуються нейромереві системи.

У роботі був розроблений застосунок за допомогою якого можна виявляти мультикоптери на фото і відео в автоматичному режимі. Застосунок реалізований на основі нейронних мереж. В розробці використаний алгоритм YOLO (You Only Look Once) і його реалізація від компанії Ultralytics.

Бібліотека Ultralytics YOLOv8 надає уніфіковану структуру навчання моделей для виявлення об'єктів, сегментації екземплярів та класифікації зображень. При аналізі зображення, YOLO здійснює наскрізне виявлення об'єктів без визначення сталих ознак. Єдина згортова мережа одночасно прогнозує множинні обмежувальні рамки та класи для цих рамок. YOLO навчається на повних зображеннях і безпосередньо оптимізує ефективність розпізнавання. Перевагою моделі YOLO перед іншими нейронними моделями є швидка робота при збереженні точності. Особливості даної бібліотеки:

1. Відкрите програмне забезпечення з доступом на GitHub та ліцензією MIT.
2. Розширюється на попередні версії YOLO .
3. Надає попередньо навчені моделі.
4. Зручний для користувача API.
5. Підтримка обробки відео.
6. Підтримка роботи на різних обчислювальних платформах (GPU і CPU).

Приклад виявлення мультикоптера на зображеннях наведений на рисунку 1.

В застосунку для реалізації виявлення мультикоптерів було використано попередньо навчену модель YOLOv8. З відкритих джерел сформований набір даних для додаткового навчання мережі. Розроблений застосунок написаний мовою Python.



Рис.1 Виявлення мультикоптерів на зображенні.

Результатом є застосунок який може приймати відео з камери або обробляти фото чи відео файли. У разі виявлення мультикоптера на зображенні відправляється повідомлення про виявлення дрона. При цьому, виявленому об'єкту в кадрі присвоюється код, щоб уникнути повторюючі повідомлень про один об'єкт. У разі виходу визначеного об'єкта за межі кадру і його повторної появи, повідомлення знову надійде, а коптеру буде присвоєний інший код.

- [1] Ultralytics YOLOv8 Docs. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://docs.ultralytics.com>.
- [2] Репозиторій бібліотеки ultralytics. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://github.com/ultralytics/ultralytics>.

## MULTICOPTER DETECTION FROM VIDEO IMAGES USING THE YOLO ULTRALYTICS LIBRARY

**R. Zerkal, V. Olevskiy**

*Oles Honchar Dnipro National University  
zerkal\_rr@ffeks.dnu.edu.ua*

The widespread use and multitasking capabilities of UAVs create the need to track and monitor their activities. Computer vision systems are an important component in many areas, including security and surveillance. Neural network systems are widely used to detect objects by computer vision systems. The abstract presents the results of developing a software application for detecting multicopters.

The application is implemented on the basis of neural networks. The development used the YOLO algorithm and its implementation from Ultralytics. The application can be useful for detecting drones from video from camera or photo and video files.

## РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ REACT NATIVE

**К. Різун, В. Герасимов**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
kostyakrolll@gmail.com*

У сучасному світі мобільні пристрої є невід'ємною частиною нашого життя. Вони використовуються для роботи, навчання, розваг і спілкування. Для розробки програмного забезпечення для мобільних пристроїв існує безліч технологій, однією з яких є React Native.

React Native — фреймворк інтерфейсу користувача з відкритим кодом, створений Meta Platforms, Inc. Він використовується для розробки програм для Android, Android TV, iOS, macOS, tvOS, Web, Windows і UWP, дозволяючи розробникам використовувати фреймворк React разом із нативними можливостями платформи. Він також використовується для розробки програм віртуальної реальності в Oculus [1].

Принципи роботи React Native практично ідентичні React, за винятком того, що React Native не використовує DOM через Virtual DOM. Він працює у фоновому режимі (який інтерпретує JavaScript, написаний розробниками) безпосередньо на кінцевому пристрої та спілкується з рідною платформою через серіалізовані дані через асинхронний і пакетний міст.

Компоненти React обгортають існуючий нативний код і взаємодіють із нативними API через декларативну парадигму інтерфейсу React і JavaScript. Хоча стиль React Native має подібний синтаксис до CSS, він не використовує HTML або CSS. Натомість повідомлення з потоку JavaScript використовуються для маніпулювання нативними представленнями. Без React Native розробники повинні писати нативний код на мовах цільової платформи, таких як Java або Kotlin для Android, Objective-C або Swift для iOS і C++/WinRT або C# для Windows [2].

React Native має ряд переваг перед іншими технологіями розробки мобільних додатків:

- Єдиний код для iOS і Android: React Native дозволяє розробникам створювати мобільні додатки для iOS і Android за допомогою єдиного коду. Це значно скорочує час і витрати на розробку.
- Використання JavaScript: React Native використовує JavaScript, яка є популярною мовою програмування. Це дозволяє розробникам використовувати свій досвід роботи з JavaScript для розробки мобільних додатків.
- Ефективність: React Native є ефективним фреймворком, який дозволяє створювати мобільні додатки з високою продуктивністю.
- Підтримка спільноти: React Native має активну спільноту розробників, яка надає підтримку і ресурси.

React Native має і деякі недоліки:

- Вага додатка: React Native додатки можуть бути важчими, ніж додатки, написані нативною мовою.
- Ефекти: React Native не завжди добре справляється з ефектами, такими як анімація і паралельне виконання.
- Підтримка: React Native підтримує не всі функції iOS і Android.

React Native використовується для розробки широкого спектру мобільних додатків, включаючи:

- Соціальні мережі: Facebook, Instagram, Twitter
- Геолокація: Uber, Lyft, Google Maps
- Електронна комерція: Amazon, eBay, Alibaba

React Native — це потужний фреймворк для розробки мобільних додатків, який має ряд переваг перед іншими технологіями. Він дозволяє розробникам створювати мобільні додатки для iOS і Android за допомогою єдиного коду, що значно скорочує час і витрати на розробку.

[1] React Native [Електронний ресурс]. Режим доступу:

[https://uk.wikipedia.org/wiki/React\\_Native](https://uk.wikipedia.org/wiki/React_Native).

[2] React Native: переваги та недоліки, відмінності від React [Електронний ресурс].

Режим доступу: <https://highload.today/blogs/pochemu-reklama-sygrala-s-react-native-zluyu-shutku-preimushhestva-i-nedostatki-frejmverka/>.

## SOFTWARE DEVELOPMENT FOR MOBILE DEVICES BASED ON REACT NATIVE TECHNOLOGY

**K. Rizun, V. Gerasimov**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*kostyakrolll@gmail.com*

The development of software for mobile devices based on React Native technology is under consideration. It provides information on how React Native works, the benefits of using this framework, and additional aspects related to mobile application development. React Native runs directly on mobile devices and interacts with the platform's native APIs through serialized data. It does not use the DOM, but retains the declarative paradigm of the React interface and the JavaScript programming language.

React Native is a powerful framework for developing mobile applications that combines cross-platform and efficiency. It allows developers to build apps for different platforms using a single code, making it an essential tool in today's world of mobile app development.

## РОЗРОБКА TELEGRAM БОТУ НА МОВІ PYTHON ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОЧОГО ГРАФІКУ

**М. Баганець**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*baganetnik@gmail.com*

Даний Telegram-бот був розроблений з однією конкретною метою – заощадити дорогий час співробітників у нашій компанії. Раніше, для того щоб перевірити робочий графік або навіть створити нагадування, працівникам доводилося запускати



комп'ютери або ноутбуки, підключати VPN, входити на сайт і шукати потрібну інформацію. Цей процес був надто витратним і потребував багато часу, а також супроводжувався ризиком пропустити важливі зміни в графіку.

Тепер завдяки нашому Telegram-боту цей процес став значно простішим і зручнішим. Всі співробітники нашої компанії використовують Telegram, і тепер вони можуть легко перевірити свій робочий графік та створити нагадування, не покидаючи улюбленого месенджера. Наш бот впроваджує зручність у робочий процес і зменшує навантаження на співробітників, надаючи їм інструмент для ефективного управління часом.

#### **Опис можливостей бота:**

1. **Створення та редагування робочого графіку:** Наш бот надає співробітникам можливість легко створювати та редагувати свій робочий графік. Вони можуть вказати робочі години, встановити перерви і визначити вихідні дні. Це значно спрощує процес планування робочого часу та допомагає оптимізувати роботу.
2. **Сповіщення про події:** Наш бот автоматично надсилає сповіщення про найближчі робочі події, такі як зустрічі, завдання або важливі дедлайни. Це допомагає уникнути пропущених подій та завжди бути в курсі щоденних обов'язків.
3. **Інтерактивна взаємодія:** Наш бот реагує на команди та запити користувачів, дозволяючи їм легко отримувати інформацію про свій графік та додавати нові події. Інтерактивна взаємодія дозволяє співробітникам легко контролювати свій робочий час та отримувати необхідну інформацію в режимі реального часу.

#### **Використані технології:**

1. **Мова програмування Python:** Ми використовуємо мову програмування Python для розробки Telegram-бота, оскільки вона відома своєю простотою та зручністю у роботі з Telegram API. Python дозволяє нам швидко створити функціональний бот.
2. **Бібліотека telebot:** Бібліотека telebot використовується для інтеграції з Telegram API та створення інтерфейсу для взаємодії з користувачами через чати Telegram. Вона дозволяє легко обробляти повідомлення та взаємодіяти з користувачами.
3. **Бібліотека traceback:** Traceback використовується для обробки та відстеження помилок в програмі. Вона допомагає розробникам легше знайти та виправити помилки в коді.
4. **Бібліотека pytz:** Pytz – це бібліотека для роботи з часовими поясами, що дозволяє ефективно керувати часовими зонами та подіями.
5. **Бібліотека datetime:** Бібліотека datetime використовується для роботи з датами та часом. Вона надає можливості для розрахунку різниці часу та інших операцій, пов'язаних з часом.
6. **Бібліотека requests:** Requests використовується для взаємодії з іншими веб-серверами та виконання HTTP-запитів. Це дозволяє боту отримувати дані з інших джерел та виконувати різноманітні операції.
7. **Бібліотека pandas:** Pandas використовується для обробки та аналізу даних. Вона дозволяє боту ефективно робити операції з даними, такі як фільтрація, сортування та обчислення.
8. **Бібліотека apscheduler:** Бібліотека apscheduler використовується для планування подій та завдань. Вона дозволяє боту автоматично виконувати різні завдання у встановлені часи.
9. **Бібліотека time:** Time використовується для роботи з часом і затримками. Вона дозволяє боту контролювати час та виконувати деякі операції у певний момент часу.
10. **Namecheap Shared Stellar Hosting:** Наш бот розміщений на хостингу Namecheap Shared Stellar для надійності та доступності. Цей хостинг дозволяє нам забезпечити неперервну роботу бота 24/7, гарантуючи користувачам постійний доступ до сервісу.

Розглянуті бібліотеки допомагають розробникам створити потужний та функціональний Telegram-бот для оптимізації робочого графіку та сповіщення користувачів.

### **Робочий графік та способи сповіщення:**

Співробітники не потребують вручну встановлювати свій робочий графік, оскільки бот автоматично отримує інформацію про робочий графік з веб-сайту компанії і самостійно оброблює цю інформацію. Після отримання графіку бот автоматично надсилає сповіщення користувачам відповідно до часу, зазначеного в графіку. Наприклад, якщо графік визначає, що співробітник працює з 9:00 до 17:00 в будні дні, то бот надсилає сповіщення о 8:30, готуючи їх до найближчої робочої години. Користувачі також можуть запитувати інформацію про свій робочий графік у будь-який момент, щоб завжди бути в курсі свого робочого часу. Всі ці можливості допомагають співробітникам оптимізувати робочий день, планувати робочі події та завжди бути інформованими про свій графік.

## **DEVELOPMENT OF THE TELEGRAM BOT IN PYTHON LANGUAGE FOR OPTIMIZING THE WORKING SCHEDULE**

**M. Baganets**

*Oles Honchar Dnipro National University  
baganetnik@gmail.com*

In this problem a Telegram bot is developed, which greatly simplifies checking the schedule and creating messages about the user's working day. The Telegram bot interface and software is written in Python.

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ФІЛЬТРАЦІЇ ПІСЛЯ СТИСНЕННЯ З ВТРАТАМИ ЗОБРАЖЕНЬ З ШУМОМ

**В. Ребров, В. Лукін**

*Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»  
mr.vladimirrebrov@gmail.com, v.lukin@khai.edu*

Розвиток сучасних інформаційних систем та мереж призвів до широкого використання цифрових зображень. Стиснення зображень, отриманих системами дистанційного зондування, медичним обладнанням та у засобах обробки мультимедійних даних, є однією з типових операцій, дозволяючи спростити зберігання та передачу даних за рахунок зменшення їх об'єму, але при цьому спостерігається і зниження якості зображень. Найчастіше вважають, що якість зображення, що піддається стиску, є ідеальним чи досить високим, тобто шум у ньому відсутній. Втім, для багатьох застосувань шум є присутнім та помітним на отриманих зображеннях, а стиснення з втратами його лише трохи придушує. Тоді можливим є підвищення якості зображень після декомпресії завдяки фільтрації.



Рис. 1 – а) зображення Fr03 з досить складною структурою; б) зображення Frisco з досить простою структурою

Ефективність такої багатоетапної обробки залежить від багатьох факторів, зокрема, складності зображення, рівня і типу завад, кодеру та фільтру, що використовуються, та їх параметрів. Важливою є візуальна якість зображення після обробки. Тож для оцінки ефективності пост-фільтрації зображень, що спотворені шумом та стиснені з втратами, використовувалися дві метрики: 1) традиційне PSNR - пікове відношення сигналу до шуму, що виражається в децибелах; 2) метрика візуальної якості PSNR-HVS-M, яка враховує особливості зору людини [1] і також виражається в дБ. Для обох метрик більші значення відповідають більш високій якості.

Метою аналізу було визначити порогове значення параметру стиснення  $Q$  для сучасного кодеру BPG (better portable graphics) [2], при якому подальша фільтрація з оптимальним коефіцієнтом  $\beta$ , яких визначає характеристики фільтру, призводить до різкого зниження якості зображення. Дослідження проводилось для зображень в градаціях сірого різної складності, що представлені на рисунку 1. Ці зображення були штучно спотворені адитивним білим гаусовим шумом з дисперсією  $\sigma^2=100$ . Пост-фільтрація виконувалась за допомогою сучасного фільтру VM3D [3].

Метрики розраховувались у порівнянні до зображень, що не спотворені шумом. З отриманих результатів, що наведені у таблиці 1, можна зробити наступні висновки. По-перше, при зростанні  $Q$  (що дозволяє підвищити коефіцієнт стиснення), якість зображень на виході фільтру знижується, а оптимальні значення  $\beta$  зменшуються. При цьому якість

зображень після обробки також суттєво залежить також від їх складності. По-друге, спостерігається зменшення оптимального значення  $\beta$ . По-третє, для обох зображень використання  $Q=32$  і наступна фільтрація з  $\beta=2.3$  здається найкращим компромісним рішенням для  $\sigma^2=100$ , дозволяючи зберегти прийнятну якість зображень у відповідності до метрик PSNR і PSNR-HVS-M і досить високі значення коефіцієнту стиснення який дорівнює 5,73.

Таблиця 1 – Результати пост-фільтрації (наведені для оптимальних значень  $\beta$ , які забезпечують найбільші значення метрик)

Q	Фільтр BM3D					
	Frisco			Fr03		
	$\beta$	PSNR, дБ	PSNR-HVS-M, дБ	$\beta$	PSNR, дБ	PSNR-HVS-M, дБ
24	2,5	37,76	36,11	2,3	31,59	34,11
25	2,5	37,73	36,08	2,4	31,57	34,09
26	2,5	37,70	36,00	2,3	31,55	34,02
27	2,5	37,67	35,93	2,4	31,51	33,93
28	2,4	37,59	35,86	2,3	31,46	33,83
29	2,3	37,48	35,79	2,3	31,38	33,66
30	2,3	37,42	35,62	2,3	31,30	33,55
31	2,3	37,34	35,47	2,3	31,19	33,42
32	2,3	37,24	35,21	2,2	31,04	33,13
33	2,3	37,14	34,98	2,1	30,85	32,91
34	2,1	36,97	34,72	2,0	30,63	32,52
35	2,0	36,68	34,31	1,8	30,34	32,12
36	1,3	36,33	33,87	1,7	29,94	31,59
37	1,3	35,95	33,41	1,2	29,47	30,96
38	1,1	35,48	32,87	1,0	28,98	30,25
39	1,0	34,90	32,11	1,0	28,43	29,47

- [1] Лукін В.В., Пономаренко Н.М., Кривенко С.С.; Аналіз ефективності методів стиснення зображень відповідно до різних критеріїв якості. *Радіоелектроніка та інформатика*. 2007. №2.
- [2] Коваленко Б.В., Лукін В.В. (2021); Використання візуальних показників для аналізу стиснення із втратами зашумлених зображень. *Аерокосмічна техніка і технологія*; с. 83-91.
- [3] Marc Lebrun, An Analysis and Implementation of the BM3D Image Denoising Method, *Image Processing On Line*, 2 (2012), pp. 175–213.

## ANALYSIS OF FILTERING EFFICIENCY OF NOISY IMAGES AFTER LOSSY COMPRESSION

**V. Rebrov, V. Lukin**

*National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Ukraine*

The purpose of the analysis is to determine the threshold of the compression parameter  $Q$  for a modern BPG (better portable graphics) encoder, for which further filtering with the optimal coefficient  $\beta$ , which determines the characteristics of the filter, leads to a sharp decrease in image quality. The research is performed for grayscale images of different complexity.

## ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ В ДОСЛІДЖЕННЯХ ЗА ДОПОМОГОЮ ГАЗОВИХ СЕНСОРІВ

**А. Лозовський, О. Тонкошкур, О. Ляшков, І. Гомілко**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*alexndu@ukr.net*

Комп'ютерні технології обробки експериментальних даних вже набули широкого використання в різних галузях науки і техніки, і сфера їх застосування продовжує постійно збільшуватись [1-2].

У цій роботі розглянуті питання реалізації спеціалізованої інформаційної вимірювальної системи (ІВС) для комп'ютерної обробки даних при вимірюваннях та контролі параметрів газових сенсорів на основі експериментальних досліджень кінетичних залежностей відгуку газочутливих сенсорів, та їх апроксимації відомою моделлю розтягнутої функції Кольрауша-Вільямса-Уоттса [2].

Як найбільш прийнятний варіант застосування комп'ютерної обробки даних для згаданого вимірювального процесу представляється розробка ІВС, яка повинна забезпечити вирішення двох завдань:

- оцифрування та введення даних вимірювань на пам'ять ЕОМ у вигляді текстових файлів;

- обробку та аналіз даних у рамках моделі розтягнутої експоненціальної функції, зокрема забезпечити визначення її параметрів та побудову їх залежності від різних факторів (температури, парціального тиску детектованого газу, структурних особливостей та хімічного складу використовуваного сенсора, тощо).

Основними вимірюваними характеристиками газочутливих сенсорів є [2]:

- кінетика відгуку при введенні/видаленні деякої кількості адсорбтиву (активного газу) в атмосферу навколо сенсора (при постійній температурі сенсора);

- температурна залежність відгуку за постійної концентрації адсорбтива;

- залежність відгуку від концентрації адсорбтиву при постійній температурі.

Відгук визначався як  $R_s/R_o$ , де  $R_s$  – опір датчика в середовищі що містить адсорбтив,  $R_o$  – на повітрі.

Програмно-апаратне забезпечення оцифрування та введення даних вимірювань базується на ARM мікроконтролері STM32F103C8T6.

Аналогова напруга, яка оцифровувалась, надходила від дільника напруги, до якого прикладена постійна напруга  $U_C = 3,3$  В. Дільник був послідовним з'єднанням прецизійного струмового резистора ( $R_x$ ) і безпосередньо сенсора ( $R_{SEN}$ ). Частина напруги, що знімається з сенсора  $U_{SEN}$  надходила на відповідний вивід мікроконтролера, який є входом 12-бітного вбудованого аналогово-цифрового перетворювача. Використання цього перетворювача дозволяє проводити оцифрування з точністю не менше 1 мВ.

Така схема з'єднання дозволяє визначити опір сенсора як відношення напруги, що оцифровується  $U_{SEN}$  і струму  $I$ , що проходить через дільник  $R_{SEN} = U_{SEN}/I$ , де  $I = (U_C - U_{SEN})/R_x$ . Зв'язок з персональним комп'ютером здійснюється за допомогою інтерфейсу USB.

Для управління електричною схемою оцифрування та введення даних вимірювань у пам'ять ЕОМ служить програма, створена мовою Python і перетрансльована на мову машинних кодів за допомогою компілятора скриптів для Windows – Auto-PY-to-EXE.

Програмне забезпечення обробки та аналізу експериментальних даних передбачає реалізацію трьох режимів: тестового (призначеного для навчання методики роботи з нею), автоматизованого та режиму з супроводом оператора (поетапне виконання обробки та аналізу експериментальних даних, що допускає внесення змін до її алгоритму користувачем).

Середовищем, що забезпечує роботу програмного продукту, є операційна система Windows. Навігація між розділами відбувається за допомогою кнопок та меню різних рівнів (головного, проміжних та робочих меню) [3].

Для керування обробкою вихідних даних використовується Монітор пакету, який написаний із застосуванням мови C# та типу проекту Windows Forms Application платформи Visual Studio. Прикладні програмні модулі бібліотеки розрахункових алгоритмів є документами відомого математичного пакету Mathcad. Крім цього, програма використовує універсальні засоби роботи з файлами, які мають розширення типу .xlsx, .dat(txt), docx та .pdf.

Система надає наступні сервісні функції обробки та аналізу даних досліджень кінетики відгуку резистивних газових сенсорів:

- автоматизоване оцифрування та введення даних вимірювань в пам'ять ЕОМ у вигляді текстових файлів безпосередньо від апаратних засобів вимірювання або контролю;

- первинну обробку та аналіз даних у рамках моделі розтягнутої експоненційної функції, зокрема, дозволяє забезпечити визначення її параметрів та побудову їх залежностей від різних факторів (температури, парціального тиску детектованого газу, структурних особливостей та хімічного складу сенсора, тощо).

- [1] Klimentov A.A. Exascale Data Processing in Heterogeneous Distributed Computing Infrastructure for Applications in High Energy Physics. Physics of Particles and Nuclei. Vol. 51 (2020). P. 995-1068.
- [2] Tonkoshkur A.S., Lyashkov A.Y., Povzlo E.L. Kinetics of Response of ZnO-Ag Ceramics for Resistive Gas Sensor to the Impact of Methane, and its Analysis Using a Stretched Exponential Function. Sensors and Actuators B: Chemical. Vol. 255 Part 2. (2018). P. 1680-1686.
- [3] Tonkoshkur A.S., Lozovskyi A.S. Software for processing and analysis of experimental data in researching of gas sensors. System technologies. 1(138). (2022). P. 175-184.

## APPLICATION OF COMPUTER DATA PROCESSING IN RESEARCH USING GAS SENSORS

**A. Lozovskyi, A. Tonkoshkur, A. Lyashkov, I. Gomilko**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*alexndu@ukr.net*

An option for implementing a specialized information-measuring system for computer processing of research data and monitoring the parameters of gas sensors is presented based on experimental measurements of the kinetic dependences of the response of gas-sensitive sensors, and their approximation by the well-known model of the extended Kohlrausch-Williams-Watts function.

## ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПІКСЕЛІВ РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

**О. Івон, С. Півень**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
aii\_vel93@i.ua*

Растрові зображення зберігаються в пам'яті комп'ютера як графічні файли і відображаються на його екрані як прямокутна матриця, що складається з пікселів. Параметрами пікселів є координати, що задаються відносно верхнього лівого кута зображення, колір, прозорість та яскравість. Звичайно колір пікселя задається 24-х бітовим двійковим RGB кодом і формується як суміш трьох базових кольорів: червоного, зеленого і синього. Внесок в колір кожного з базових кольорів задається 8-ми бітовим двійковим кодом і може мати 256 рівнів у десятковій системі числення від 0 до 255. Прозорість пікселя також задається 8-ми бітовим кодом. У десятковій системі числення вона може мати значення від 0 до 255. Яскравість пікселя визначається як сума внесків базових кольорів і може приймати значення у десятковій системі числення від 0 (чорний колір) до 765 (білий колір).

При вимірюванні геометричних параметрів об'єктів растрових зображень [1] і розробці моделей обробки растрових зображень, наприклад, з метою покращення їх якості виникає необхідність отримувати інформацію про параметри окремих пікселів. У зв'язку з цим метою даної роботи є створення програмного забезпечення (ПЗ) для вимірювання означених вище параметрів пікселя.

Значні можливості для доступу до параметрів пікселів шляхом сканування растрових зображень надають мовні засоби, що використовуються для подання інформації в мережі Інтернет: HTML, CSS, JavaScript і технологія Canvas [2]. Сканування можна реалізувати наведенням курсору у вибрану точку растрового зображення з подальшим клацанням лівою клавішею миші. Зчитування координат пікселя  $x$ ,  $y$  в цьому випадку можна організувати програмним шляхом за подією `mouseup` використавши властивості `pageX` і `pageY` об'єкту `event` мови JavaScript.

Об'єкт `canvas` мови JavaScript має метод `getImageData()`, який надає можливість в скриптах отримати інформацію про колір і прозорість будь якого пікселя растрового зображення вбудованого в полотно. Цей метод дозволяє в скриптах створити посилальне ім'я на об'єкт `imgData`, властивість масив якого `data[]` повертає значення внесків базових кольорів в колір пікселя і рівень прозорості пікселя. На підставі отриманих значень внесків базових кольорів можна розрахувати яскравість пікселя.

Таким чином засобами мови JavaScript і технології Canvas при скануванні растрового зображення можна отримати повну інформацію про параметри будь якого пікселя растрового зображення.

З урахуванням викладеного вище алгоритм ПЗ для вимірювання параметрів пікселів растрових зображень повинен складатися з наступних етапів: 1. Завантаження растрового зображення до вікна браузера; 2). Вбудовування зображення засобами Canvas в полотно; 3). Сканування обраної точки растрового зображення для запуску скриптів, які засобами JavaScript і технології Canvas надають інформацію про параметри пікселя; 4). Візуалізація точки растрового зображення де було виконане сканування; 5). Виведення результатів вимірювання параметрів пікселя.

На рис. 1 показано вікно програми на заключному етапі її виконання. Як програмне середовище для виконання програми використано браузер Opera.

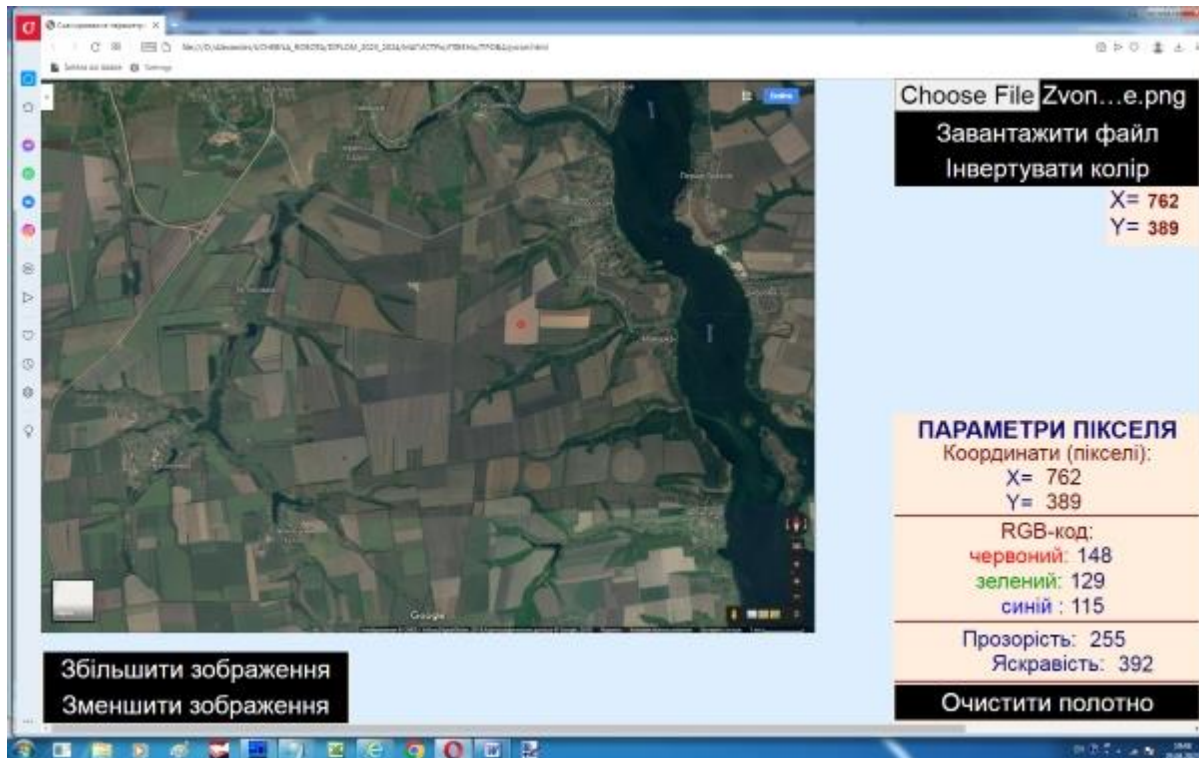


Рис. 1. Вигляд вікна програми на заключному етапі виконання

Інтерфейс програми реалізовано засобами мов HTML5 і CSS3. Він складається з блоку завантаження растрового зображення (поле форми типу «файл», кнопки «Завантажити файл» та «Інвертувати колір»), блоку індикації поточних координат курсору, блоку виведення результатів вимірювання з кнопкою «Очистити полотно» і кнопок «Збільшити зображення» і «Зменшити зображення» для програмного керування розмірами завантаженого растрового зображення. Полотно має розміри 2300×1750 пікселів і позиціоноване у верхньому лівому куті вікна браузера.

Сканована точка зображення (рис. 1) відмічається контурним колом червоного кольору з центром у вигляді червоного кружка радіусом 2 пікселя. Параметри сканованого пікселя, розташованого у центрі цього кружка виводяться до прихованих полів форм блоку виведення результатів вимірювання (рис. 1).

[1] A. Ivon, V. Istushkin Use of the digital images for measurement of small planar objects geometric parameters with high precision / Системні технології. 2022, № 138, p. 120–126.

[2] Грейс Уолкер. Основи HTML 5: Частина 4. завершальний штрих – Canvas. URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/wa-html5fundamentals4/index.html>

## SOFTWARE FOR MEASURING THE PIXELS PARAMETERS OF RASTER IMAGES

**A. Ivon, S. Piven**

*Oles Honchar Dnipro National University  
aii\_vel93@i.ua*

Using the languages HTML5, CSS3, JavaScript and Canvas technology, software has created for measuring the parameters of pixels in a bitmaps: coordinates, color, transparency and brightness. The environment for executing the software is Internet browsers.



## СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ МОВИ PYTHON

Л. Ахметшина, С. Мітрофанов

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
mitrofanov.stas@hotmail.com*

Близько 80% всієї інформації людина отримує з допомогою зору. Все більша роль при цьому відводиться системам технічного зору, які реалізують методи обробки зображень для подальшого представлення людині, або для автоматичного аналізу. Число областей, у яких вихідні дані надходять у вигляді зображень, постійно зростає. До них відносяться різні системи спостереження, технічного зору, моніторингу, автономні системи, поліграфія, медицина, інтернет та багато інших.

Одним з ефективних засобів обробки зображень є мова Python, завдяки свої багатій екосистемі пакетів та бібліотек, які надають широкий функціонал для ефективної роботи з зображеннями. Також важливо відзначити універсальність цієї мови програмування, що надає широкі можливості для подальшої інтеграції розроблених алгоритмів у десктоп- та веб- застосунки.

Основою більшості бібліотек для роботи з багатомірними даними, окремим випадком яких є зображення, у Python є **NumPy** [1]. Ця бібліотека ефективно реалізує математичні операції з векторами та матрицями, завдяки використанню бібліотек **BLAS** та **LAPACK**, написаних з використанням мови C. **SciPy** - це розширення бібліотеки **NumPy**, яка реалізує фундаментальні алгоритми для моделювання та аналізу даних [2]. Вона включає алгоритми для оптимізації, інтеграції, інтерполяції, задач на власні значення, алгебраїчних рівнянь, диференціальних рівнянь та багатьох інших класів проблем.

**Matplotlib** – це бібліотека візуалізації даних. Вона надає інструменти для створення діаграм, графіків, схем та відображення зображень у 2D та 3D форматах.

Бібліотека **scikit-image** тісно інтегрована з бібліотеками **NumPy** та **SciPy**, вона надає широкий спектр інструментів та алгоритмів для обробки, аналізу та перетворення зображень [3]. Серед ключових модулів бібліотеки можна відзначити наступні:

- **color** – конвертація між кольорними просторами (RGB до LAB, HSV до RGB, тощо);
- **exposure** – операції з рівнями інтенсивності, наприклад еквалізація гістограми;
- **feature** – алгоритми виявлення ознак, наприклад текстурний аналіз;
- **measure** - вимірювання властивостей зображення, наприклад, схожість та контури;
- **restoration** - алгоритми відновлення, наприклад, деконволюція, усунення шуму тощо.
- **segmentation** – алгоритми сегментації, наприклад алгоритм SLIC (Simple Linear Iterative Clustering).
- **transform** - геометричні перетворення, наприклад, обертання або перетворення Радона.

У контексті веб-застосунків для обробки цифрових зображень, одним з найбільш ефективних підходів, є архітектура з використанням розподіленої черги завдань, що дозволяє ефективно розподіляти ресурси між працівниками(*worker*), та спростити масштабування. Мова Python надає прості та ефективні інструменти для реалізації такої архітектури. Наприклад, **FastAPI** використовують у якості серверного застосунку, який оброблює запити користувача, та публікує завдання у чергу. У якості системи управління

та виконання завдань з черги, зазвичай, використовують **Celery**, працівники якої обробляють запит, виконують перетворення, та повертають результат.

У доповіді розглядається архітектура, створеного веб-застосунку, для обробки зображень, з використанням технології **FastAPI** та **Celery**, високорівнева діаграма якої наведена на рис 1. У рамках наведеної архітектури всі обчислювально важкі задачі (перетворення та сегментація) виконуються в рамках працівників **Celery**.

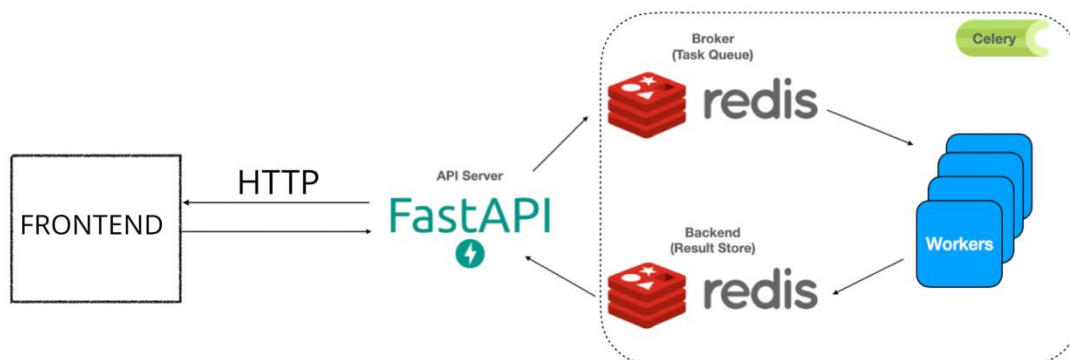


Рис. 1 Архітектура веб-застосунку для обробки цифрових зображень

**Висновки.** Бібліотека **scikit-image** мови Python має великий набір інструментів та алгоритмів для візуалізації, перетворення та аналізу візуальних даних. Універсальність цієї мови програмування, дозволяє просто інтегрувати розроблені алгоритми у веб-застосунки. Інструменти **FastAPI** та **Celery** дозволяють розробити ефективну архітектуру для завдання перетворення та сегментації зображень.

- [1] Harris, C.R., Millman, K.J., van der Walt, S.J. Array programming with NumPy. Nature. Vol. 585. (2020). P. 357–362.
- [2] Harris, C.R., Millman, K.J., van der Walt, S.J. Array programming with NumPy. Nature. Vol. 585. (2020). P. 357–362. Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T.E. SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python. Nat Methods. Vol. 17. (2020). P. 261–272.
- [3] van der Walt, S.J. scikit-image: image processing in Python. PeerJ. Vol. 2. (2014). e453. 19 Jun. 2014, doi:10.7717/peerj.453.

## ARCHITECTURE OF THE IMAGE SEGMENTATION SYSTEM USING THE PYTHON LANGUAGE

**L. Akhmetshina, S. Mitrofanov**  
*Oles Honchar Dnipro National University*  
*mitrofanov.stas@hotmail.com*

The work is devoted to highlighting Python's capabilities, leveraging its rich ecosystem of libraries like NumPy, SciPy, Matplotlib, and scikit-image for efficient image manipulation. Further discusses the advantages of distributed task queue architecture for web applications in image processing, emphasizing the effectiveness of tools like FastAPI and Celery in scaling and resource distribution.

## КОМПАКТНА ГІБРИДНА МОДЕЛЬ КОРИСТУВАЧА ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ

**М. Гребенюк, П. Ситнікова**

*Харківський національний університет радіоелектроніки  
mykyta.hrebeniuk@nure.ua, polina.sytnikova@nure.ua*

Рекомендаційні системи стали невід'ємною частиною нашого цифрового життя, допомагаючи нам знаходити цікавий контент в інтернеті, такий як фільми, музика, книги та товари. Велика частина цього успіху полягає в тому, як системи аналізують та прогнозують наші індивідуальні уподобання. Однак вони стикаються з викликами, такими як розрідженість даних та проблеми масштабованості. Одним з підходів для вирішення проблем розрідженості та масштабованості є гібридні рекомендаційні системи [1]. Головна ідея полягає в об'єднанні або інтеграції різних джерел інформації для забезпечення більш точних та персоналізованих рекомендацій. У цьому контексті запропоновано створення компактно-гібридної моделі користувача, яка поєднує явні оцінки користувачів та описи вмісту об'єктів, такі як жанри фільмів.

Центральною ідеєю є впровадження "Міри цікавості жанру" (ГП), яка є гібридною ознакою [2] і поєднує оцінки користувачів та жанри фільмів. Головна мета полягає в тому, щоб оцінити, наскільки користувач цікавиться певним жанром, враховуючи як явні оцінки фільмів, так і їхні описи. Ця оцінка дозволяє зберігати точність системи спільної фільтрації та одночасно забезпечувати масштабованість рекомендацій. Для обчислення "Міри цікавості жанру" введено ряд формул. Основні кроки включають:

1. Створення набору фільмів з високою оцінкою, які були оцінені користувачем. Для певного користувача,  $u_i$  і певного жанру,  $G_i$ , набір фільмів з високою оцінкою,  $H_i$  є (формула 1):

$$H_i = \{r_{i,k} : s_k \in S_i, r_{i,k} \geq 3\} \quad (1)$$

2. Обчислення загальної оцінки  $TR(u_i)$ , користувача  $u_i$  (формула 2). Тут  $S_i$  — набір фільмів, оцінених  $u_i$ :

$$TR(u_i) = \sum_{s_k \in S_i} r_{i,k} \quad (2)$$

3. Розрахунок жанрового рейтингу  $GR_{u_i}(G_j)$  (формула 3) і частоти жанру  $GF_{u_i}(G_j)$  (формула 4) для високо оцінених фільмів (тобто фільми, оцінені як добре «3», дуже добре «4» або відмінно «5») жанру  $G_j$ , що відповідають користувачу  $u_i$ :

$$GR_{u_i}(G_j) = \sum_{s_k \in G_j \subset H_i} r_{i,k} \quad (3)$$

$$GF_{u_i}(G_j) = \sum_{s_k \in G_j \subset H_i} \delta_z(r_{i,k}) \quad z \in \{3,4,5\}, \quad (4)$$

де

$$\delta_z(r_{i,k}) = \begin{cases} 1 & z = r_{i,k} \\ 0 & z \neq r_{i,k} \end{cases} \quad (5)$$

4. Обчислення відносного жанрового рейтингу  $RGR$  (формула 6) і відносної частоти жанрів  $RGF$  (формула 7):

$$RGR_{u_i}(G_j) = \frac{GR_{u_i}(G_j)}{TR(u_i)} \quad (6)$$

$$RGF_{u_i}(G_j) = \frac{GF_{u_i}(G_j)}{TF(u_i)}, \quad (7)$$

де загальна частота  $TF(u_i) = |S_i|$  є потужністю  $S_i$ ;

5. Створення кінцевої "Міри цікавості жанру" ( $GII$ ) за допомогою комплексної формули (9). Схожий підхід для виведення формули (8) використаний у [3]:

$$MRGF_{u_i}(G_j) = \frac{\sum_{s_k \in G_j \subset H_i} \delta_3(r_{i,k}) + 2 \times \delta_4(r_{i,k}) + 3 \times \delta_5(r_{i,k})}{3 \times TF(u_i)} \quad (8)$$

$$GII_{u_i}(G_j) = \frac{2 \times nf \times RGR_{u_i}(G_j) \times MRGF_{u_i}(G_j)}{RGR_{u_i}(G_j) \times MRGF_{u_i}(G_j)} \quad (9)$$

Використання такої гібридної моделі дозволяє зберегти точність рекомендацій на основі пам'яті та водночас зберегти масштабованість на основі моделі. Ця модель дозволяє вирішити проблеми розрідженості даних та обмеженої інформації про об'єкти. Це сприяє значному зменшенню складності системи забезпечує виконання взаємовідношення транзитивності між сусідами.

Загалом, модель користувача, яка описана в даній роботі, відкриває нові можливості для покращення рекомендаційних систем. Дослідження в цьому напрямку є перспективним і може бути використано для подальшого вдосконалення рекомендаційних систем.

- [1] Charu C. Aggarwal. Recommender Systems: The Textbook. (2016). 19 p.  
 [2] Andreu Vall, Matthias Dorfer, Hamid Eghbal-zadeh, Markus Schedl, Keki Burjorjee & Gerhard Widmer. Feature-combination hybrid recommender systems for automated music playlist continuation. (2019). P. 9-16.  
 [3] Sebastien Fremal, Fabian Lecron. Weighting Strategies for a Recommender System Using Item Clustering Based on Genres. (2017). P. 6-11.

## COMPACT HYBRID USER MODEL FOR IMPROVING RECOMMENDATION SYSTEMS

**M. Hrebeniuk, P. Sytnikova**

*Kharkiv National University of Radio Electronics  
 mykyta.hrebeniuk@nure.ua, polina.sytnikova@nure.ua*

Proposed a compact hybrid user model to improve recommendation systems. The model integrates explicit user ratings with content descriptions, specifically genre information, to estimate the user's interest in different genres. This approach addresses data sparsity and scalability issues, improving recommendation accuracy while maintaining system efficiency.

## АНАЛІЗ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОНТРОЛЕРІВ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

**А. Черненко**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
lunaticla040@gmail.com*

Arduino - це електронна платформа з відкритим вихідним кодом, що базується на простому у використанні апаратному та програмному забезпеченні. Для створення інструкцій мікроконтролеру використовується мова програмування Arduino (заснована на Wiring) і програмне забезпечення Arduino (IDE), засноване на Processing.

ESP32 - це багатофункціональний мікроконтролерний блок (MCU) з інтегрованими можливостями під'єднання Wi-Fi та Bluetooth для широкого спектра застосувань. Він здатен надійно функціонувати в промислових умовах за робочої температури від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ . Завдяки вдосконаленим схемам калібрування ESP32 може динамічно усувати недоліки зовнішніх ланцюгів і адаптуватися до змін зовнішніх умов. Низьке енергоспоживання робить його ідеальним рішенням для мобільних пристроїв, переносної електроніки та IoT-додатків. ESP32 має високий ступінь інтеграції завдяки вбудованим антенним комутаторам, радіочастотному блоку, підсилювачам з низьким рівнем шуму, фільтрам і модулям керування живленням. Він може працювати як повністю автономна система або як ведений пристрій для головного MCU, що дає змогу знизити навантаження на стек зв'язку основного прикладного процесора. ESP32 може взаємодіяти з іншими системами для забезпечення функціональності Wi-Fi та Bluetooth через інтерфейси SPI/SDIO або I2C/UART.

Мікроконтролери STM32 - це сімейство 32-розрядних мікроконтролерів на базі ядра ARM Cortex-M3, призначених для вбудованих застосунків, які потребують високої продуктивності, низької вартості та низького енергоспоживання. Серія мікроконтролерів STM32 забезпечує баланс між продуктивністю, потужністю, безпекою та економічністю, реалізує можливості реального часу, цифрове опрацювання сигналів, низьке енергоспоживання/низьку напругу живлення і широкі можливості під'єднання, зберігаючи повну інтеграцію та простоту розроблення[1].

Raspberry Pi - це недорогий комп'ютер розміром із кредитну картку, що підключається до комп'ютерного монітора і використовує стандартну клавіатуру та мишу. Він має функціональні можливості щодо перегляду веб-сторінок і відтворення відео високої чіткості, створення електронних таблиць, текстових редакторів та ігор[2].

Orange Pi - це сімейство економічних одноплатних комп'ютерів, схожих за дизайном з Raspberry Pi. Orange Pi може працювати під управлінням різних операційних систем, включно з дистрибутивами Linux, як-от Raspbian, Ubuntu, Arch Linux і Debian, операційними системами Android, як-от Android 4.4 і Android 5.1, та іншими операційними системами, як-от OpenELEC і Armbian [2].

Плати Orange Pi і Raspberry Pi, Arduino засновані на процесорах ARM. Вони, як правило, більш енергоєфективні, ніж процесори x86 і забезпечують більш високу продуктивність на ват, ніж процесори x86.

Проведемо порівняльний аналіз наведених засобів.

Arduino надає просте і доброзичливе середовище розробки для початківців і професіоналів. Вона заснована на мові програмування, що базується на C/C++, і має велику базу навчальних матеріалів і спільноту розробників; мікроконтролери Arduino Uno, добре підходять для проєктів з обмеженим енергоспоживанням і працюють від батарей; Arduino часто використовується для простих вбудованих систем керування

датчиками й актуаторами; зазвичай стабільно працює в режимі реального часу і забезпечує надійну роботу вбудованих систем.

ESP32 має вищу обчислювальну потужність і більший об'єм оперативної пам'яті у порівнянні з Arduino; має вбудовані Wi-Fi і Bluetooth; пропонує різноманітні цифрові та аналогові входи/виходи, а також підтримку різноманітних комунікаційних інтерфейсів - UART, SPI та I2C; має сумісність з Arduino IDE: ESP32 можна програмувати з використанням Arduino IDE, що полегшує роботу з платформою для розробників Arduino; використовує різні режими енергозбереження.

STM32 мікроконтролери часто мають вбудовані функції: ADC (аналогово-цифровий перетворювач), PWM (імпульсно-широко-модульований сигнал) і ряд інших; аналогічно наведеним вище. STM32 може бути запрограмований з використанням різних мов, включно з C, C++, Python та інші; STM32 мікроконтролери пропонують різні режими енергозбереження, що робить їх придатними для батарейних і сонячних застосувань.

В результаті проведеного порівняння слід зазначити наступне. У ряді випадків Arduino надає більш просте середовище розробки для засобів контролю і автоматизації в сільському господарстві. Для реалізації алгоритмів управління Arduino використовує мови програмування C/C++, в теперішній час досить широко також використовується Python, і має велику базу бібліотек, що знаходяться у широкому доступі; плати Arduino добре підходять для проектів з обмеженим енергоспоживанням, зазвичай стабільно працюють в режимі реального часу. Вважаю, що для нескладних автономних проектів контролю і автоматизації в сільському господарстві доцільно використовувати середовище Arduino з відповідними периферійними пристроями.

[1] Introduction to STM32 Microcontrollers [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.utmel.com/blog/categories/microcontrollers/introduction-to-stm32-microcontrollers> .

[2] Orange Pi vs. Raspberry Pi: Which is Better? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://electronicschacks.com/orange-pi-vs-raspberry-pi/> .

## ANALYSIS OF MULTIFUNCTIONAL CONTROLLERS FOR AGRICULTURE

**A. Chernenko**

*Oles Honchar Dnipro National University  
lunaticla040@gmail.com*

Arduino is an open-source electronics platform based on easy-to-use hardware and software. Raspberry Pi and Orange Pi belong to the class of single board computers (SBCs).

There are two main types of SBCs available on the market: those based on ARM processors and those based on x86 processors. Orange Pi and Raspberry Pi, Arduino boards are based on ARM processors.

As a result of the comparison, the following should be noted. In some cases, Arduino provides a simpler development environment for control and automation in agriculture. To implement control algorithms, Arduino uses C/C++ programming languages, Python is now also widely used, and has a large base of publicly available libraries; Arduino boards are well suited for projects with limited power consumption, usually working stably in real time. I believe that for simple stand-alone control and automation projects in agriculture, it is advisable to use the Arduino environment with appropriate peripherals.

## АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДРОНОМ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

**Д. Тітов, М. Андрєєв**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
daniil.titov.2000@gmail.com*

На сучасному етапі розвитку технологій активно втілюються новітні технічні рішення для автоматизації повсякденних потреб споживачів. Однією із найактуальніших є доставка замовлень. Компанії, такі як Bolt, Glovo, Aliexpress, Amazon, надають можливість швидко замовляти товари, які за короткий час доставляються до дверей споживача, проте існуюча при цьому залежність від людської робочої сили ускладнює логістику та обмежує можливості для повної автоматизації процесу. Відповідь на цей виклик може бути реалізована завдяки використанню дронів, які здатні автоматично доставляти товари до визначених певним чином місць приземлення.

Щоб забезпечити цю автоматизацію, ми пропонуємо систему, де користувач ініціює процес, вказуючи місце приземлення дрону за допомогою фотографії. Ця система базується на алгоритмах комп'ютерного зору: нейронна мережа, в якій реалізується алгоритм YOLO, аналізує зображення для виявлення потенційних посадочних площадок, а алгоритм SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) забезпечує детальний аналіз текстури місцевості для точного визначення оптимального місця посадки. Дослідження системи проводилось з використанням симулятора Gazebo, що дозволяє моделювати поведінку дронів у віртуальних умовах перед їх реальною експлуатацією, та системи ROS2, що забезпечує координацію роботи дронів в єдиній мережі.

Проведені дослідження показали, що одночасне застосування алгоритмів YOLO та SIFT дозволило значно підвищити ефективність визначення цільових точок призначення, відкриваючи широкі перспективи для оптимізації та автоматизації процесу доставки корисного навантаження дронами в майбутньому.

## AUTOMATION OF THE DRONE CONTROL SYSTEM BASED ON COMPUTER VISION ALGORITHMS

**D. Titov, M. Andreev**

*Oles Honchar Dnipro National University  
daniil.titov.2000@gmail.com*

At this stage of technology development predominant delivery mechanisms, exemplified by entities such as Amazon and Glovo, are substantially contingent upon human intervention. Addressing this limitation, we propose an innovative drone-based delivery framework wherein end-users demarcate the landing trajectory using photographic input. Utilizing advanced computer vision techniques, namely the neural network YOLO and the algorithm SIFT, this system meticulously identifies and validates potential landing zones. The simulator Gazebo was used to simulate the behavior of drones in virtual conditions before their real operation. Integrated with ROS2, this framework facilitates synchronized multi-drone operations, presenting a significant stride towards minimizing human dependency and enhancing the scope for comprehensive automation in the delivery domain.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АДАПТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ЕКГ-СИГНАЛІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕЛЕМЕДИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Д. Єрмоєнко, Д. Чернетченко

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
dan2001.03.31@gmail.com*

Розвиток мікроелектроніки та технологій виробництва напівпровідникових виробів дав змогу зменшити обчислювальні пристрої, знизити їхнє електроспоживання і відкрив нові можливості для їхнього застосування. Зараз мікропроцесори застосовуються найчастіше в споживчій електроніці, наприклад, переносні пристрої, смартфони, а також всіляке обладнання для медичних цілей. Популярними є процесори компанії Qualcomm, яка виробляє як процесори для загального призначення, наприклад, процесор Snapdragon 8 Gen 2, який використовують у смартфонах та іншій переносній електроніці, так і вузькоспеціалізовані процесори для телекомунікаційних потреб, наприклад, Qualcomm Atheros IPQ8072A, який може обробити великий обсяг даних. Усі перераховані процесори об'єднує те, що вони використовують архітектуру ARM [1].

Телемедицина - це практика надання медичних послуг, включаючи медичні консультації, діагностику, лікування та моніторинг, дистанційно з використанням телекомунікаційних технологій. Вона передбачає обмін медичною інформацією між пацієнтами та медичними працівниками, як правило, через Інтернет або інші канали зв'язку. Телемедицина дозволяє медичним працівникам оцінювати, діагностувати та лікувати пацієнтів без необхідності особистої взаємодії [2].

Одним із напрямів телемедицини є віддалений моніторинг стану пацієнта, що дає змогу медичним працівникам безперервно відстежувати життєво важливі показники та дані про стан здоров'я. Одним із подібних досліджень є збір ЕКГ протягом тривалого часу так званий метод Холтера.

Для побудови комплексу для телемедичного комплексу моніторингу ЕКГ було обрано плату Raspberry Pi 4, в якій на борту розміщено чип Broadcom BCM2711, що має на борту 4 ядра Cortex-A72 (ARM v8) з тактовою частотою 1.5 ГГц. Як датчик для ЕКГ використовується модуль, побудований на мікросхемі AD8232. Оскільки Raspberry Pi 4 не може приймати аналогові сигнали, необхідно використовувати аналогово-цифрові перетворювачі (АЦП). Як АЦП було використано мікроконтролер RP2040, оскільки він має на борту 12 біт АЦП і може забезпечити достатню частоту дискретизації для запису ЕКГ сигналу.

Програмна частина цього комплексу складається з трьох основних блоків. Перший блок - це програма для мікроконтролера RP2040, яка виконує запис даних з датчика для ЕКГ і передачу необроблених даних на Raspberry Pi 4. Другий блок - це набір програм, які виконуються на Raspberry Pi, написаних на мові програмування Python 3.10 для обробки даних, отриманих від мікроконтролера. Третій блок - це веб-додаток, написаний мовою програмування JavaScript, у якому можна побачити ЕКГ у реальному часі, керувати записом ЕКГ, завантажити попередні записи. Для отримання даних веб-додаток спілкується з Raspberry Pi, використовуючи протокол WebSocket.

Wi-Fi (бездротовий зв'язок) - це технологія, яка дає змогу пристроям підключатися до інтернету та інших мереж без використання дротів. Вона заснована на стандарті бездротового зв'язку IEEE 802.11 і використовує радіохвилі для передавання даних між



пристроями, що підтримують цей стандарт. Для забезпечення безпеки безпроводової мережі використовується WPA2 [3].

Було показано що реалізована система має переваги перед тими системами що можна знайти в продажу. Перевага цієї системи у тому що можливо виконувати моніторинг стану пацієнта у реальному часі.

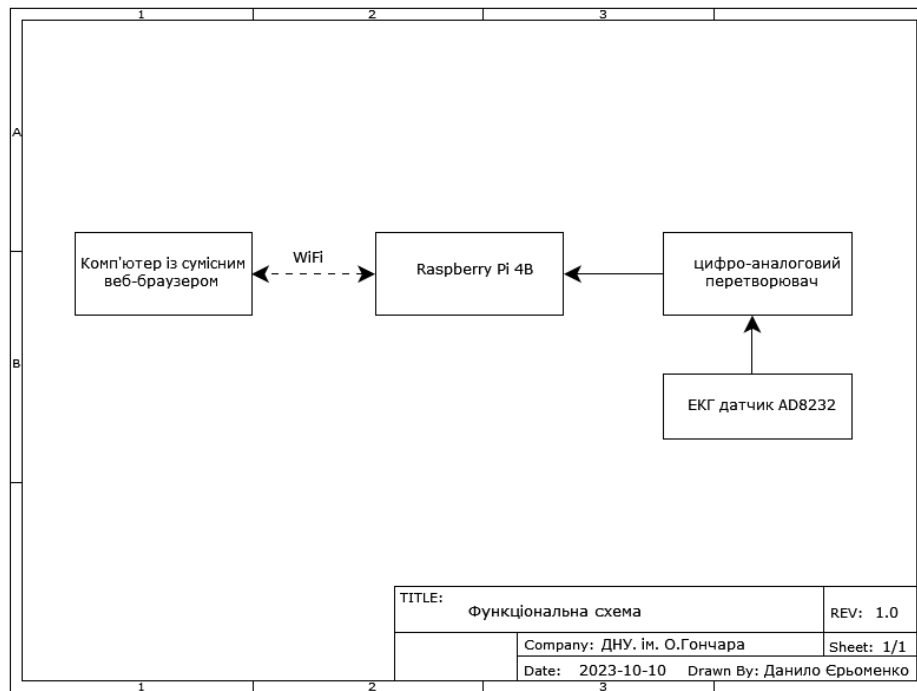


Рис.1. Функціональна схема роботи системи

- [1] Smartphone processors rating [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nanoreview.net/en/soc-list/rating>.
- [2] Що таке телемедицина? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://doc.ua/ua/news/news/chto-takoe-telemedicina>.
- [3] Що таке Wi-Fi? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ipkey.com.ua/faq/463-what-is-wi-fi.html>.

## STUDY OF METHODS OF ADAPTIVE FILTERING OF ECG SIGNALS FOR DETECTION OF CARDIOVASCULAR SYSTEM ANOMALIES USING A TELEMEDICINE COMPLEX

**D. Yeromenko, D. Chernetchenko**  
*Oles Honchar Dnipro National University*  
*dan2001.03.31@gmail.com*

A System-on-Chip (SoC) is a compact and integrated electronic circuit that combines multiple essential components of a computer or electronic system onto a single chip. It is a highly integrated solution that includes various hardware and software components required for a specific application or purpose. SoCs are commonly used in a wide range of devices, from smartphones and tablets to embedded systems and IoT (Internet of Things) devices. Considering the capabilities of the systems-on-chip they were chosen to build the system for the ECG telemedicine stand.

## СУЧАСНІ ЗАСОБИ СТВОРЕННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

**Ю. Руденко**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
yuliarudenko2311@gmail.com*

Друкованою платою називається пластина з діелектрика, на поверхні якої є електропровідні ланцюги електронної схеми. Плати призначені для механічного або електричного з'єднання різних електронних компонентів. Від матеріалу залежить, буде плата жорсткою, теплопровідною чи гнучкою. В залежності від кількості шарів бувають одношарові, двошарові та багатошарові. Існує багато технологій створення друкованих плат. Розглянемо деякі з них.

Метод фрезерування. Відрізняється коротким технологічним циклом виготовлення та малою капіталомісткістю. Зручний для виготовлення експериментальних зразків монтажних підкладок, але вони виходять дорожчими через великі витрати фрез. Тому і через великий ритм випуску (плата виготовляється більше 4 годин) цей метод не підходить для виробничих масштабів.

Лазерно-праскова технологія. Вважається аматорською. Дозволяє створювати плати у домашніх умовах. Спершу відбувається розробка друкованої плати, виготовлення її із застосуванням технології термоперенесення надрукованого на лазерному принтері рисунка на фольгу плати. Рисунок плати друкується, зображення переноситься з фотопаперу на фольгу, якою покрита заготовка плати. Поверхня фольги рівномірно обробляється дрібнозернистим наждачним папером та знежирюється. Для переносу рисунка з паперу на плату використовують праску. Після цього папір необхідно розмочити водою та стерти з плати так, щоб тонер залишився на платі. Далі видаляється фольга, не вкрита тонером (занурення заготовки у розчин), та свердяться отвори.

Метод нанесення доріжок провідників на плату. Для реалізації необхідно нанести тим чи іншим способом рисунок провідників на поверхню фольгованого склотекстоліту або гетінаксу та стерти спиртовим розчином/наждачним папером після травлення.

Наразі існують також такі методи створення друкованих плат: електроіскровий, метод перенесення, лазерна технологія, фотоадитивний метод, гаряче запресування металевого порошку (тиснення), фоторезистивний метод та інші.

Раніше була також розповсюджена ідея субтрактивного виготовлення плат із застосуванням парафінового захисного шару. Видалення парафіну відбувалося вручну. Зараз, коли відбувається автоматизація багатьох процесів, ця технологія досі не знайшла свого місця у виготовленні друкованих плат.

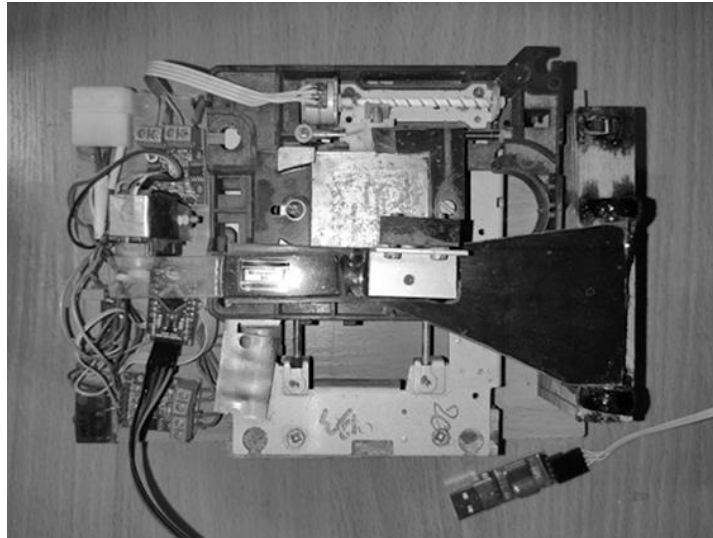
Метою створення мехатронного пристрою для виготовлення друкованих плат є застосування автоматизації за допомогою мікроконтролерів до класичного методу видалення парафінового шару з плат. Перевагами такого підходу є зменшення ручної праці у порівнянні з ЛПТ та фоторезистивною технологією. Також є можливість отримати кращу точність у порівнянні з ЛПТ та фрезеруванням, та зростання швидкості виготовлення у порівнянні з фрезеруванням, ЛПТ та іншими методами. Слід зазначити, що дана технологія розглядається як технологія для прототипування, а не як промислова.

Пристрій видалятиме парафіновий шар автоматично під контролем Arduino Pro Mini. Після видалення парафіну процес створення плати не відрізняється від стандартних (зняття залишкового шару парафіну, свердління отворів).

Алгоритм зняття шару парафіну з плати. Плата закріплюється на робочому столі. Стіл рухається по двом координатам за допомогою крокових моторів. Голка, що знімає

шар парафіну, опускається та підіймається за допомогою сервоприводу. У верхньому положенні вона не торкається покриття, в нижньому - знімає шар парафіну, ширина знятого покриття визначається діаметром голки. Зняття парафіну відбувається растровим методом: фіксується положення X, робочий стіл рухається по Y, голка підіймається і опускається в залежності від рисунка плати, утворюючи пунктирну лінію. Далі робочий стіл пересувається по осі X на товщину голки і подібний процес повторюється. Таким чином вся плата позбавляється покриття у потрібних місцях.

У одно- і двосторонніх платах велика частина поверхні плати не зайнята під провідники чи контактні площадки. Тобто великі полігони потребують зняття парафінового шару, тоді векторний метод зняття шару парафіну не буде мати переваг над растровим, а також растровий метод простіше реалізується програмно.



Пристрій для створення друкованих плат у процесі виготовлення плати

Таким чином було створено діючий мехатронний пристрій, що дозволяє ефективно наносити рисунок на фольгований матеріал з парафіновим шаром з метою подальшого використання хімічної субтрактивної технології. Точність, яку забезпечує пристрій, достатня для монтажу DIP-мікросхем та інших радіоелементів, відстань між выводами яких не менша за 2.54мм. Експериментально перевірено працездатність пристрою, який здійснив зняття парафінового шару з плати розміром 35\*35мм приблизно за 5хв.

[1] Скорняков В. О. Загальна електротехніка та електроніка (2021). 176 с.

## MODERN METHODS FOR CREATING PRINTED PLATES FOR COMPUTER SYSTEMS

**Y. Rudenko**

*Oles Honchar Dnipro National University  
yuliarudenko2311@gmail.com*

The existing methods of creating printed circuit boards are investigated. Their disadvantages and advantages are determined. The method of creating printed circuit boards by removing a layer of paraffin is investigated. A device for automatic removal of a layer of paraffin from a printed circuit board based on Arduino Pro Mini was created.

## СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ПРИМІЩЕННЯ

**І. Ломовцев**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
illy121231illy61@gmail.com*

У сучасному світі важко переоцінити важливість захисту персональної інформації. Одним із видів захисту інформації є технічний захист, саме його і буде розглянуто у цій роботі. Основними причинами порушення захисту інформації є: несанкціонований доступ, недостатній рівень кваліфікації персоналу, дія вірусів, технічні відмови апаратури та цілеспрямовані дії персоналу.

Захист приміщення є одним із перших бар'єрів на шляху некерованого витоку важливих даних. Задачу захисту приміщення можна вирішити завдяки комплексу охоронної сигналізації та камер відеоспостереження, які ефективно захищають від втрати інформації.

Система складається з набору датчиків, чотирьох камер відеоспостереження, головного блоку та сирени.

Була розроблена схема з використанням головного блоку, який поєднує в собі як систему сигналізації, так і систему відеоспостереження і реєстрації. При цьому головний блок відправляє інформацію оператору для того, щоб охоронна компанія мала доступ до інформації про стан системи, події на території приміщення, а також користувач мав можливість із будь-якої частини світу отримувати таку саму інформацію.

У разі спрацюванні датчика, він генерує сигнал, що передається по сигнальному шлейфу до головного блоку системи охорони приміщення. У головному блоці відбувається звіряння рівня сигналу з нормальним задля того, щоб розпізнати спробу обману системи. Якщо рівень виходить за норму – головний блок подає сигнал тривоги. Цей сигнал іде паралельно на звукову сирену та на GSM-модуль, з якого у вигляді SMS-повідомлення або дзвінку передається до охоронної компанії та користувача.

Камери відеоспостереження об'єднані через бездротову мережу, а підключитися до них можна через їх IP-адресу, в спеціальному додатку. Оскільки система повинна бути захищена від відключення живлення, у схемі є два незалежних джерела живлення, Слайд 6 перший - це побутова електромережа, другий - акумуляторна батарея. Оскільки акумулятор треба заряджати та контролювати його заряд, у схему додано модуль зарядки акумулятора, він постійно контролює заряд акумулятора і у разі необхідності підзаряджає його.

Акумулятор має напругу 3,7V, а для роботи необхідно 12 V. Цю проблему легко вирішити, використавши підвищуючий перетворювач, який з 3,7 V зробить 12V.

Реле контролю живлення. Аварійне живлення від акумулятора подається через нормально замкнутий контакт реле, коли відключено основне джерело живлення. При подачі живлення основним джерелом через діод, напруга поступає в шину живлення і обмотку реле, через це реле замикається та відключає акумулятор. Якщо основне живлення пропадає, реле відкривається і напруга вже іде з акумулятора на перетворювач

Далі знадобиться шина живлення, оскільки у схемі є споживачі, для роботи яких потрібна різна напруга, а у разі використання резервного живлення акумулятор видає 3,7V.

Центральним пристроєм в схемі виступає Arduino Nano.

GSM-модуль - необхідний для забезпечення зв'язку між СТЗП, оператором та користувачем, за допомогою свого телефона користувач може не тільки отримувати сповіщення від головного блоку, а й налаштувати систему.

Модуль комутації зовнішніх навантажень - невід'ємна частина будь-якої СТЗП, через використання такого модуля можливо налаштувати подій, в результаті яких буде

подаватися живлення на підключені до модулю пристрої. Наприклад, якщо спрацював датчик розбиття скла - автоматично опускати ролети на вікнах.

Блок сповіщення, в який входить сирена та світлодіод, необхідний для сповіщення про спрацювання сигналізації та відображення статусу системи через світлодіод.

Блок контролю датчиків - основна функція цього блоку - комутація датчиків та захист мікроконтролера від відносно високої напруги, на якій працюють датчики.

Охоронний шлейф, в який входить набір датчиків з додатковим опором, який контролює параметри кожного шлейфу у необхідному діапазоні для того, щоб при виході за цей діапазон контролер видавав сигнал тривоги.

Модулі камер необхідні для реалізації відеоспостереження.

Для того щоб переглядати зображення з камер можна було через додаток на комп'ютері або телефоні, необхідно замінити прошивку в модулях камер.

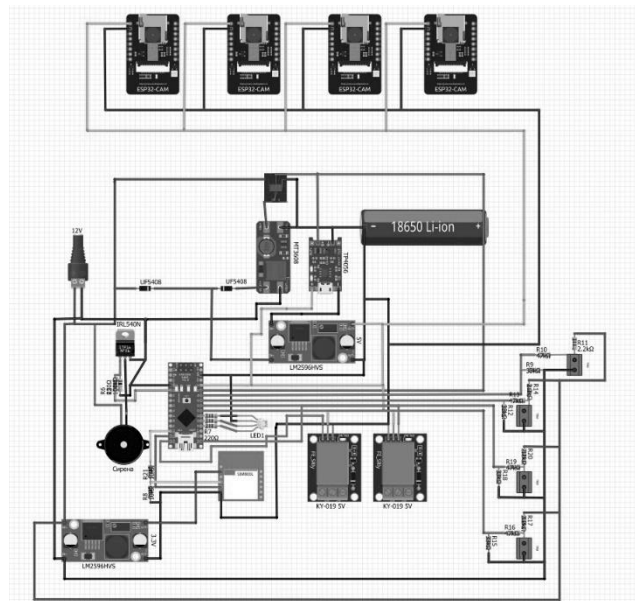


Схема головного блоку

Таким чином була розроблена система технічного захисту приміщення на основі мікроконтролера Arduino. Сама система розроблена так, щоб була можливість підключити необхідну кількість датчиків, а самі датчики могли бути будь-яких виробників, або саморобні.

[1] Arduino: Advanced Methods and Strategies of Using Arduino (2020). 214 p.

## TECHNICAL PROTECTION SYSTEM FOR THE PREMISES

**I.Lomovtsev**

*Oles Honchar Dnipro National University  
illy121231illy61@gmail.com*

A scheme that combines both an alarm system and a video surveillance and recording system was developed. A perimeter protection system based on Arduino Nano was developed, modules and sensors were selected for the correct operation of the system. The system's functionality was tested and analyzed.

## АВТОНОМНА МОБІЛЬНА ПЛАТФОРМА З ОБМЕЖЕНИМИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

Т. Ситніков, О. Шкодин, О. Діленко, С. Жеребкін, В. Ситніков

*Національний університет "Одеська політехніка"*

*sitnikov@op.edu.ua*

Автономні мобільні платформи на сьогоднішній день стають дуже популярними як у суспільному житті, так і у військових підрозділах. Такі платформи можуть бути наземними, повітряними, надводними та підводними. З другого боку - багаторазовими та одноразовими.

Розглядаючи одноразові автономні мобільні платформи (ОАМП) слід зазначити, що використання дорогих апаратних пристроїв у тракці обробки сигналів датчиків не доцільно, тому їх будують на дешевих пристроях. Але дешеві пристрої не дозволяють проводити обробку сигналів у реальному часі з достатньою точністю. Тому перед розробником виникає задача забезпечити достатню дешевизну при наявності достатньої точності за рахунок використання обмежених програмно-апаратних можливостей.

Найбільш складною частиною такої системи є обробка сигналів датчиків, тому найбільша увага приділялась дослідженню властивостей цифрових фільтрів при зміні коефіцієнтів передавальної функції та його порядку [1, 2]. Для підвищення порядку фільтру при наявності великих перешкод виконується їх послідовне з'єднання.

Тоді при послідовному з'єднанні передавальних функцій однотипних компонент низького порядку їх передавальні функції перемножуються. Оскільки передавальні функції складаються з амплітудно-частотної (АЧХ) та фазо-частотної (ФЧХ) характеристик, а компоненти однотипні, то при каскадному з'єднанні однотипних компонент їх перемноження перетворюється у возведення у ступень. В цьому випадку їх характеристики АЧХ і ФЧХ відповідно трансформуються наступним чином: АЧХ возводиться у ступень, а ФЧХ помножується на показник ступеня. Тоді, при такому з'єднанні основні зміни відбуваються у АЧХ.

Метою дослідження є дослідження нових підходів до обчислення ширини смуги пропускання при послідовному з'єднанні однотипних фільтрів для підвищення крутизни АЧХ при наявності обмежених обчислювальних можливостей.

При послідовному з'єднанні однотипних смугових передавальних функцій їх основна АЧХ возводиться у ступень, а це відображається на характеристиці як "стискання", при цьому частоти зрізу зсуваються до центральної частоти, яка не зрушується, і зростає крутизна АЧХ [3].

Передавальна функція основного смугового фільтру математичне описується п'ятьма коефіцієнтами - два у знаменнику  $b_1, b_2$  та три у чисельнику -  $a_0, a_1, a_2$ , однак один з них дорівнює  $a_1 = 2$ , а два інших однакові  $a_0 = a_2$

$$H(z) = \frac{a_0 + 2z^{-1} + a_0z^{-2}}{1 + b_1z^{-1} + b_2z^{-2}}. \quad (1)$$

Це дозволяє розраховувати тільки три коефіцієнта -  $a_0, b_1, b_2$ . Після перетворення комплексної частотної характеристики одержуємо математичне описання АЧХ

$$H(\bar{\omega}) = \sqrt{\frac{(2a_0 \sin(\bar{\omega}))^2}{(1-b_2)^2 + b_1^2 + 2b_1(1+b_2)\cos(\bar{\omega}) + 4b_2(\cos(\bar{\omega}))^2}},$$

де  $\bar{\omega} = 2\pi \frac{f}{f_d}$ ,  $\bar{\omega} \in [0, \pi]$  - нормована кутова частота,  $f, f_d$  - відповідна лінійна частота та частота дискретизації.

Звісно, що рівень на якому визначають частоту зрізу дорівнює 0.707. При возведення у ступень однотипних АЧХ цей рівень залишається незмінним, але тоді для визначення частот зрізу нових АЧХ необхідно добувати корінь порядку, який дорівнює кількості з'єднаних однотипних компонент, з цього рівня. У такому випадку по АЧХ основного фільтру можна визначити частоти зрізу нової АЧХ на рівні добутого кореня з початкового рівня.

Таким чином, дослідження показало, що послідовне з'єднання однотипних частотно-залежних компонент дозволяє підвищити крутизну АЧХ дискретно. Підвищення крутизни приводить і до "стискання" АЧХ та звуження смуги пропускання. На підставі аналізу отримані нові формули для точного розрахунку нових частот зрізу. Це дозволяє оперативно обчислити необхідне дискретне "стискання" АЧХ, а при обмежених обчислювальних можливостях на борту скористатися попередніми розрахунками у вигляді таблиць значень. Такий підхід дає можливість у автоматичному режимі підвищити захищеність обробки сигналів при наявності перешкод.

- [1] Ukhina H., Sytnikov V., Streltsov O., Stupen P., Yakovlev D. Specialized computer systems digital bandpass frequency-dependent components rearrangement. Proceedings of the 2019 10th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2019 (France). 2019. DOI:10.1109/IDAACS.2019.8924368.
- [2] Ukhina, H., Sytnikov, V., Streltsov, O., Stupen, P., Kudria, V. "Application of the Computer System Component with Adjustment Elements for Processing Sensor Signals" Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2021, 2021, 1, pp. 12–17; 22–25 September 2021; Cracow, Poland.
- [3] Afanasyev, I., Sytnikov, V., Streltsov, O., Stupen, P. "The Applying of Low Order Frequency-Dependent Components in Signal Processing of Autonomous Mobile Robotic Platforms". Lecture Notes in Networks and Systems, 2022, 507 LNNS, pp. 882-891.

## **STAND-ALONE MOBILE PLATFORM WITH LIMITED COMPUTING CAPABILITIES**

**T. Syitnikov, O. Shkodin, O. Dilenko, S. Zhrebkin, V. Sytnikov**

*National University "Odessa Polytechnic"*

*sitnikov@op.edu.ua*

The problem of providing signal processing from sensors of an autonomous mobile platform with limited computing capabilities is considered through the use of low-order blocks of the same type and their sequential connection to increase the slope of the amplitude-frequency response as increase in noise level. The application of this approach to bandpass filters is considered.

The possibility of accurately calculating the bandwidth when connecting them in series is shown.

## ВИЯВЛЕННЯ АГРЕСІЇ У ТЕКСТОВИХ ПОВІДОМЛЕННЯХ ЗАСОБАМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

**М. Притула, І. Оленич**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
marianna.prytula@lnu.edu.ua*

Виявлення агресивної риторики у новинних повідомленнях є надзвичайно важливим завданням у сучасному інформаційному суспільстві. Це дасть змогу не тільки вчасно реагувати на небезпечні ситуації, але й зменшити ризики подальшого поширення агресивних ідеологій і поглядів у ЗМІ та соціальних мережах. Тому дослідження способів підвищення ефективності комп'ютерного аналізу текстових повідомлень у реальному часі є надзвичайно важливою задачею інформаційної безпеки. До основних підходів автоматичної класифікації тексту можна віднести такі методи машинного навчання, як байєсівський класифікатор, дерево рішень, логістичну регресію, метод К-найближчих сусідів, метод опорних векторів (SVM), нейронні мережі та інші [1]. Проте більшість моделей машинного навчання базуються на англійських наборах текстових даних.

У роботі досліджено ефективність класифікації текстових повідомлень українською та російською мовами за допомогою алгоритмів SVM, наївного класифікатора Байєса, логістичної регресії та методу Random forest. Для тренування запропонованих моделей машинного навчання та оцінки точності розпізнавання агресивної риторики використано набір новинних матеріалів, пов'язаний з повномасштабною російською агресією, який складається з понад 4 тис. повідомлень українською та російською мовами. Розподіл новин відповідно до класів суттєво відрізнявся: було класифіковано 2962 емоційно нейтральних новин і 1330 агресивних повідомлень. Після попередньої обробки текстової інформації та векторизації з використанням статистичного методу TF-IDF проведено бінарну класифікацію новин зазначеними алгоритмами машинного навчання.

Табл. 1. Точність (асурасу) розпізнавання агресивної риторики у текстових повідомленнях засобами машинного навчання без використання додаткових ознак

Метод	Точність (асурасу)				
	Незбалансована вибірка новин українською мовою	Незбалансована вибірка новин російською мовою	Збалансована вибірка новин російською мовою	Незбалансована вибірка новин українською та російською мовами	Збалансована вибірка новин українською та російською мовами
Naive Bayes	76 %	81 %	86 %	75 %	82 %
SVM	75 %	84 %	88 %	78 %	80 %
Random Forest	72 %	76 %	81 %	74 %	76 %
Logistic Regression	73 %	84 %	89 %	79 %	80 %

Для підвищення точності моделей введено додаткові ознаки, а саме: загальну кількість слів у повідомленні, кількість позитивних і негативних слів, визначених за допомогою тональних словників, а також емоційну тональність тексту. Ще однією



додатковою ознакою була приналежність повідомлення до фейків з поділом на три класи (фейкова, можливо фейкова та правдива новина), яка ґрунтується на виявленій лінійній кореляції дезінформації з агресивною риторикою інформаційних повідомлень [2]. Результати оцінювання ефективності виявлення агресії у текстових повідомленнях розглянутими моделями за метрикою ассурагу наведені у табл. 1, 2.

Табл. 2. Точність (ассурагу) розпізнавання агресивної риторики у текстових повідомленнях засобами машинного навчання з використанням додаткових ознак

Метод	Точність (ассурагу)				
	Незбалансована вибірка новин українською мовою	Незбалансована вибірка новин російською мовою	Збалансована вибірка новин російською мовою	Незбалансована вибірка новин українською та російською мовами	Збалансована вибірка новин українською та російською мовами
Naive Bayes	78 %	88 %	95 %	78 %	83 %
SVM	78 %	90 %	98 %	82 %	86 %
Random Forest	76 %	88 %	92 %	79 %	80 %
Logistic Regression	78 %	89 %	98 %	81 %	85 %

Здійснено порівняння ефективності моделей машинного навчання на збалансованих і незбалансованих вибірках. Встановлено, що точність моделей класифікації значно підвищується завдяки врахуванню додаткових ознак.

- [1] Hassan S.U., Ahamed J., Ahmad K. Analytics of machine learning-based algorithms for text classification. *Sustainable Operations and Computers*. Vol. 3. (2022). P. 238–248.
- [2] Прытула М., Оленич І. Виявлення агресивної риторики в тексті з використанням алгоритмів машинного навчання. *Електроніка та інформаційні технології*. Вип. 22. (2023). С. 34–45.

## DETECTING AGGRESSION IN TEXT MESSAGES USING MACHINE LEARNING

**M. Prytula, I. Olenych**

*Ivan Franko National University of Lviv  
marianna.prytula@lnu.edu.ua*

Aggression detection models using a naive Bayes classifier, support vector methods, random forest, and logistic regression were studied and evaluated according to the accuracy metric for the classification of Ukrainian and Russian languages news in electronic media and social networks. Additional features such as word count, amount of negative and positive words, tonality value obtained using tonality dictionaries and fake affiliation according to found linear correlation between fake news and aggressive rhetoric in information messages have been used for classification. The obtained results have shown a significant increase in classification effectiveness for the proposed models due to feature engineering.

## ПРОБЛЕМИ ТА ОБМЕЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗПІЗНАВАННЯ ЖЕСТОВИХ КОМАНД В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

**К. Зінкевич, І. Скуратовський**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
kyrylo2626@gmail.com*

Технологія розпізнавання об'єктів на зображенні не нова, але завдяки стрімкому зростанню обчислювальних потужностей швидко зростає і попит на технології безконтактної взаємодії між людиною та комп'ютером. Головний інструмент людини для взаємодії з матеріальними об'єктами це руки. Тому, через відсутність достатньо розвинених та доступних звичайному користувачеві нейрокомп'ютерних інтерфейсів очевидно, що для взаємодії людини з віртуальними об'єктами теж повинні слугувати руки та їх рухи у просторі.

Система керування програмним середовищем за допомогою жестових команд рук працює за наступним алгоритмом: з відеокамери пристрою, в реальному часі, зчитується зображення – відеопотік. Кадри – зображення, з яких він складається, по чергово передаються в нейромережу, що визначає наявність на поданому зображенні руки. При вдалій перевірці координати ключових точок долоні передається в наступну нейромережу, яка ідентифікує жестову команду, за її наявності, та передає керування відповідним елементом.

Головною проблемою керування системою за допомогою жестових команд є освітлення – система не зможе ідентифікувати команду, якщо на зображенні з відеокамери нічого не буде видно. Використовувати підсвічення зони перед відеокамерою протягом усього циклу роботи системи є робочим методом, але часто не дуже зручним. Більш вдалим вибором є оснащення системи відеокамерою, що здатна зчитувати зображення ще й в ІЧ спектрі. Нейромережа, що визначає наявність руки в кадрі опрацьовує зображення конвертоване в сірі відтінки, друга нейромережа з зображенням не працює взагалі, тому витрати на додавання нового програмного функціоналу відсутні. Інше питання витрати на апаратну частину – відеокамери, що здатні зчитувати теплові сигнатури дуже дорогі, хоча і краще впорались би із поданим завданням. Тому кращим рішенням є камери з ІЧ підсвічуванням. На рис.1 зображено результат роботи системи щодо вдалого визначення наявності руки на зображенні в усіх трьох випадках.

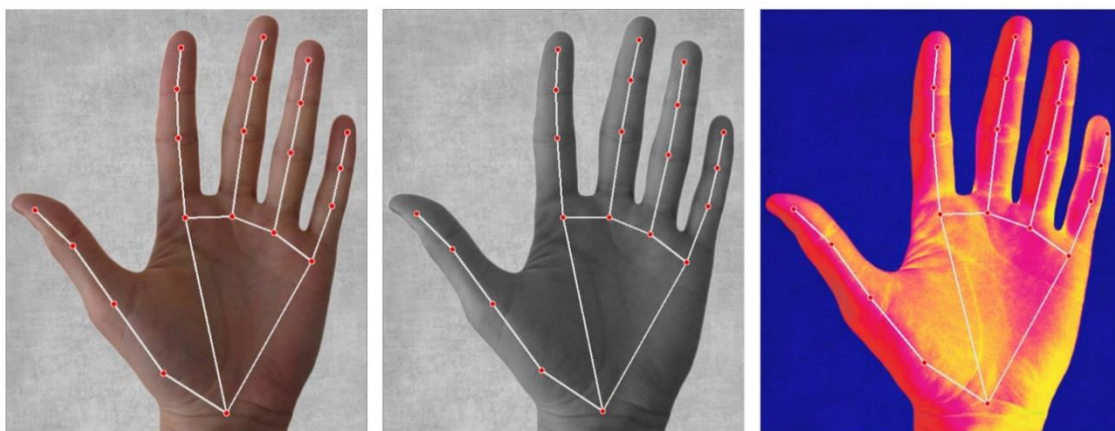


Рис.1 – Результат розпізнавання долоні руки системою з вхідним зображенням: зі звичайної відеокамери; з відеокамери з ІЧ підсвічуванням; з тепловізійної відеокамери.

Ще однією важливою проблемою є неможливість використання системи особами з обмеженими фізичними можливостями – від відсутності рук до повного паралічу тіла. Якщо казати про систему керування жестовими командами як обмежену жестах рук, то, нажаль, суттєвого рішення тут немає. Натомість можна розширити систему на команди рухів головою, очима, ротом і т. д. Таке рішення потребує вагомих витрат на програмну частину, та потребує окремого дослідження щодо необхідності та доцільності такої системи від цільових користувачів.

Також важливою проблемою є сценарій, коли відеокамера пристрою пошкоджується або зовсім перестає працювати, і через відсутність зображення керування системою стає неможливим. Ця проблема стосується тих випадків, коли система інтегрована в окремий пристрій без наявності людино-машинного інтерфейсу (Human Machine Interface). Менш витратним та найпростішим рішенням є інтеграція можливості під'єднання зовнішньої відеокамери. В більш складних та витратних рішеннях без розробки системи альтернативного керування не обійтись. Прикладами можуть бути як дистанційне керування за допомогою мобільного телефону, так і розробка та під'єднання спеціалізованого пристрою для аварійного керування системою.

- [1] Pantic M., Nijholt A., Human-Centered Intelligent Human-Computer Interaction (HCI<sup>2</sup>): How Far We From Attaining It?, International Journal of Autonomous and Adaptive Communications Systems (IJAAACS), vol.1 no.2, 2008. pp 168-187. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.inderscience.com/offers.php?id=19799>.
- [2] Rautaray S., Agrawal A., Vision Based Hand Gesture Recognition for Human Computer Interaction: A Survey. Springer Artificial Intelligence Review. 2012. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-012-9356-9>.
- [3] Cardoso T., Delgado J., Hand Gesture Recognition toward Enhancing Accessibility. In 6th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing and Fighting Infoexclusion (DSAI). Procedia Computer Sciences vol.67. 2015. pp.419-429.

## CHALLENGES AND LIMITATIONS IN REAL-TIME GESTURE COMMAND RECOGNITION TECHNOLOGY

**K. Zinkevych, I. Skuratovsky**

*Oles Honchar Dnipro National University  
kyrylo2626@gmail.com*

As the computing capabilities of modern computers grow, so does the need to facilitate natural human-computer interaction (HCI). Developing new approaches and technologies to overcome the barrier between human and computer can be the solution to create a completely natural user interface. Such interfaces should be people-centred and based on natural multimodal human communications. These interfaces should go beyond the traditional keyboard and mouse and have the ability to understand and reproduce a person's communicative intentions expressed through behavioral signals. The ultimate goal is to bring the HCI into a mode where interaction with computers is as natural as human interaction, and to this end, including gestures in the HCI is an important area of research. However, like any other system being developed, it is not without obstacles in its creation. This article presents an analysis of existing problems and limitations concerning sign recognition systems for human interaction with the computer.

# ІНТЕГРАЦІЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ У ВЕБ-ПРОГРАМИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ JAVA

**І. Голенко, М. Андрєєв**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*illia.holenko@gmail.com*

Використання технології комп'ютерного зору для класифікації та розпізнавання об'єктів на відеоматеріалах та зображеннях має широкий спектр застосування у сучасному світі в таких областях як відеоспостереження, самокеровані автономні транспортні засоби, автоматизація технологічних процесів у промисловості тощо.

Сучасні комп'ютерні системи розпізнавання зображень часто засновані на використанні згорткових нейронних мереж. Найпоширенішими алгоритмами таких мереж є R-CNN та YOLO (You Only Look Once). Щодо мов програмування які використовуються при створенні таких алгоритмів, найбільш використовуваними є Python та C. Наприклад, перші імплементації YOLO були засновані на технології DarkNet (мова програмування C), більш пізні версії (такі як YOLOv2, YOLOv3 і т.д.) можуть використовувати інші бібліотеки, такі як TensorFlow чи PyTorch (мова програмування Python), в яких зручніше працювати з нейронними мережами та глибинним навчанням

В той же час при розробці веб-серверних програм є можливість використання інших мов програмування. Згідно до статистики, поданої на ресурсі W3Techs, мова програмування Java є втричі більш поширеною за Python при програмуванні серверної частини веб-програм. До переваг Java можна віднести більшу швидкодію та легкість масштабування. Окрім того, може виникати потреба інтеграції нейронних мереж у вже існуючі веб-системи, що історично створені із застосуванням Java.

Метою роботи було розглянути та перевірити можливість інтеграції моделі нейронної мережі у веб-програму, створену мовою програмування Java, та проаналізувати доцільність та ефективність такого підходу. Розроблене програмне забезпечення реалізовано у вигляді веб-програми, що надає можливість завантажити зображення через HTTP-запит, та у відповідь отримати тип та кількість розпізнаних об'єктів. В якості нейронної мережі було використано згорткову нейронну мережу, засновану на алгоритмі YOLO. Модель нейронної мережі було заздалегідь натреновано на стандартному для подібних задач наборі даних Microsoft COCO (Common Objects in Context), що містить розмічені зображення, на яких присутні 80 класів об'єктів для розпізнавання.

В якості основного фреймворку для розробки веб-програми було обрано фреймворк Spring Boot. Даний підхід дозволив швидко створити прототип веб-сервісу, заснований на вбудованому HTTP-сервері Jetty. Фреймворк має доступну та зрозумілу документацію, а також велику кількість навчальних матеріалів. Фреймворк Spring MVC було використано для обробки вхідних HTTP-запитів.

Для інтеграції нейронної мережі було використано бібліотеку OpenCV. Дана бібліотека надає можливість під'єднати попередньо натреновану нейронну мережу використовуючи файл конфігурації, що містить інформацію про нейронну мережу, кількість шарів та нейронів, та файл, що містить дані про ваги зв'язків між нейронами. Перевагою цієї бібліотеки є високий ступінь абстракції, що дозволяє використовувати різні алгоритми нейронних мереж, а також різні формати зберігання натренованих моделей. Наприклад, клас DetectionModel надає високорівневу абстракцію нейронної мережі для таких алгоритмів як SSD, Faster R-CNN та YOLO. Клас Dnn містить

можливість завантаження нейронних мереж із різних форматів файлів, таких як ONNX (Open Neural Network Exchange), Caffe (.caffemodel, .prototxt), DarkNet (.cfg, .weights), Torch (.t7), TensorFlow (.pb) та інші.

Результатом роботи програми є веб-сервіс, що приймає на вхід зображення, а у відповідь повертає JSON-файл із асоціативним масивом, в якому класу об'єкту що був розпізнаним на зображенні відповідає кількість розпізнаних об'єктів. Такий сервіс може бути використано для визначення кількості людей в черзі, кількості запаркованих автомобілів для визначення наявності вільних місць на паркінгу, тощо. Можливим розширенням сервісу може бути надання можливості завантажувати відеофайли.

В результаті проведеного аналізу було виявлено можливість використання попередньо натренованих нейронних мереж у веб-програмах, створених мовою програмування Java. Перевагами такого підходу визначено можливість інтеграції сучасних рішень задач комп'ютерного зору у вже існуючі сервіси, швидкодія та підтримка масштабування, наявність добре задокументованих фреймворків. До недоліків можна віднести той факт, що модель має бути попередньо натренована. Це призводить до необхідності розгортати та підтримувати два різних середовища розробки та виконання програм: середовище виконання Java та окреме середовище розробки мовою Python для підготовки моделей. Це також збільшує необхідну кількість спеціалістів у штаті компанії та ускладнює загальну інфраструктуру системи.

- [1] Juan Terven, Diana Cordova-Esparz. A Comprehensive Review of YOLO: From YOLOv1 and Beyond. (2023). P. 34.
- [2] OpenCV Java documentation [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://docs.opencv.org/4.x/javadoc/>.
- [3] Historical yearly trends in the usage statistics of server-side programming languages for websites [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://w3techs.com/technologies/history\\_overview/programming\\_language/ms/y](https://w3techs.com/technologies/history_overview/programming_language/ms/y).

## **INTEGRATION OF NEURAL NETWORKS FOR IMAGE RECOGNITION INTO WEB-SERVICES IMPLEMENTED IN JAVA**

**I. Holenko, M. Andreev**

*Oles Honchar Dnipro National University  
illia.holenko@gmail.com*

The purpose of this work is to analyze the possibility and suitability of using pre-trained neural networks in existing Java web-applications. The prototype was developed using Spring Boot and OpenCV Java-based libraries. YOLO (You Only Look Once) neural network was used. It was pre-trained on Microsoft COCO dataset and exported as configuration file and weights file.

This approach provides the possibility to integrate the pre-trained neural network model into existing Java web-application with high performance and scalability, with the access to well documented and widely used frameworks. On the other hand, this approach requires to have two separate development and execution environments: one for Java application and one for Python development for model training. This also leads to complex infrastructure, higher requirements to employees' skills, higher count of employees in general.

## ЗАСОБИ МОВИ PYTHON ДЛЯ РОЗРОБКИ МОДЕЛЕЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Л. Ахметшина, А. Нестеренко

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
an.nestere@gmail.com*

Комп'ютерний зір на сучасному етапі розвитку є одним з найбільш популярних напрямів інформаційних технологій у цілому та штучного інтелекту зокрема. У рамках завдань розуміння та інтерпретації візуальної інформації, наприклад, розпізнавання осіб чи виявлення об'єктів інтересу, останнім часом широкого застосування набув особливий тип нейронних мереж – згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Networks, CNN) [1]. Кожен шар такої мережі обробляє дані та спрямовує виявлені особливості до наступного шару для подальшої обробки. На кожному шарі використовуються фільтри, за допомогою яких здійснюється виявлення особливостей різних рівнів, наприклад, країв об'єктів, або їх форм.

Серед інструментів для створення і використання згорткових нейронних мереж виділяється мова програмування Python, яка є де-факто стандартом індустрії в області аналізу зображень та штучного інтелекту. Вирішення практичних задач з використанням CNN зазвичай включає декілька різних етапів: робота з зображеннями в пам'яті програми, їх сегментація та підготовка до обробки, нормалізація, усунення шумів та дефектів, попередній аналіз зображень, створення, навчання та тестування моделей штучних нейронних мереж.

Для цього у мові Python присутні спеціалізовані бібліотеки, які надають широкий функціонал у вигляді програмних інтерфейсів (API). Зокрема, для завдань у галузі аналізу зображень можна виділити такі бібліотеки [2]:

**Pillow** – бібліотека для операцій із зображеннями різних форматів, конвертації зображень між форматами тощо;

**Scikit-Image** – бібліотека, що забезпечує можливості морфологічного перетворення зображень, колірної фільтрації, побудови гістограм;

**OpenCV** – кросплатформова бібліотека, що надає широкий набір алгоритмів аналізу та обробки зображень, включаючи виявлення контурів та перепадів градієнта кольорів, зшивку зображень, зіставлення об'єктів на декількох зображеннях та ін.;

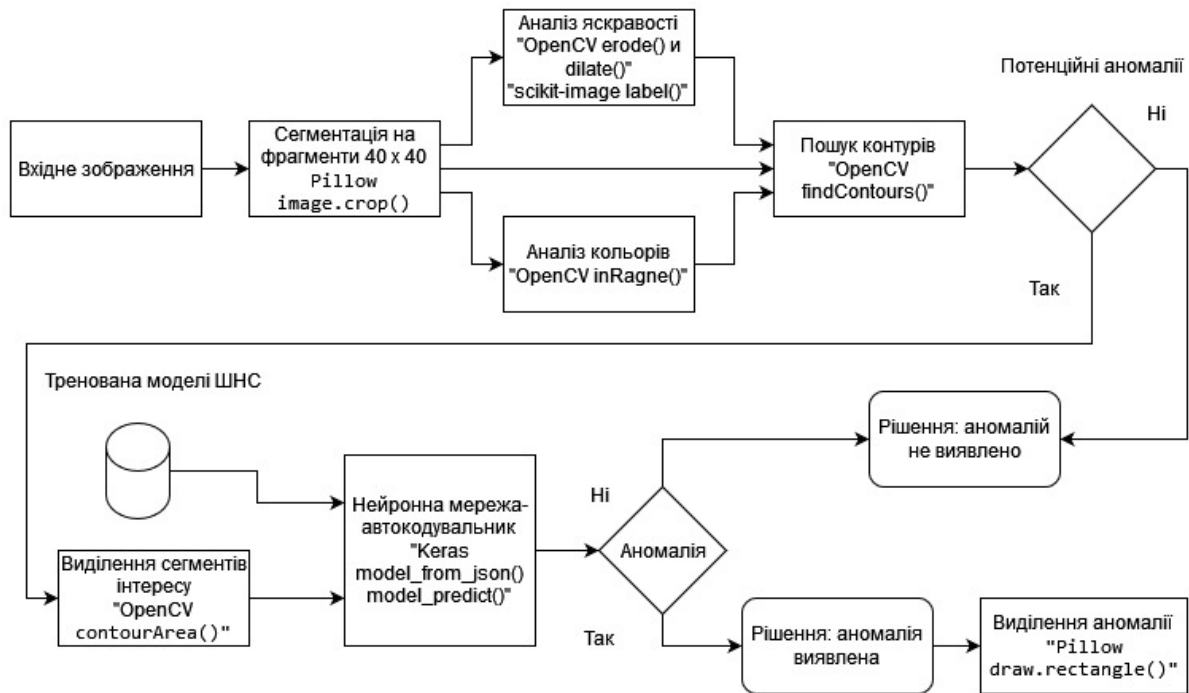
**TensorFlow** – фреймворк, розроблений компанією Google, широко застосовується для створення моделей «глибоких» нейронних мереж, тому добре підходить для аналізу зображень.

**PyTorch** – фреймворк компанії Facebook. Широко використовується у завданнях розпізнавання голосу, автоматизації, і, зокрема, обробки зображень;

**ML.NET** – бібліотека машинного навчання компанії Microsoft. Призначена для екосистеми dotnet, але має сумісність з моделями, створеними на Python;

**Keras** – бібліотека високого рівня, що надає спрощений доступ до функціоналу популярних бібліотек машинного навчання, таких як TensorFlow та PyTorch. Через свою простоту використання добре підходить для експериментальних і дослідницьких цілей [3].

У доповіді представлено схему програмного комплексу (рис. 1), призначеного для виявлення аномальних ділянок на зображеннях аерофотозйомки. У розробці використовуються бібліотеки **Pillow** для базових операцій із зображеннями, **Scikit-Image** та **OpenCV** для попереднього аналізу, а також **Keras** (на основі **TensorFlow**) для навчання та використання нейронної мережі - автокодувальника із шарами згортки.



Мал. 1. Схема програмної системи пошуку аномалій із зазначенням використаних бібліотек

**Висновки.** Інструментальні засоби мови програмування Python дозволили створити програмне забезпечення для рішення задачі обробки та аналізу фотографічних даних. Наявність бібліотек, орієнтованих як на прості операції, так і на створення складних моделей штучного інтелекту дозволяє вирішувати багатостадійні задачі.

- [1] O'Shea, K., Nash, R. An Introduction to Convolutional Neural Networks, Preprint arXiv:1511.08458, (2015).
- [2] Bhanu, R. J., Saradhambekai, S. (2019). Python Libraries and Packages for Image Processing Survey. International Journal of Innovative Research in Technology, 5(11), ISSN: 2349-6002.
- [3] Kumar, V. H. Python Libraries, Development Frameworks and Algorithms for Machine Learning Applications. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 7 (04), April, (2018).

## PYTHON LANGUAGE TOOLS FOR DEVELOPING ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODELS

**L. Ahmetshina, A. Nesterenko**

*Oles Honchar Dnipro National University  
an.nestere@gmail.com*

Computer vision, at its current stage of development, is one of the most popular fields of information technology in general and of artificial intelligence in particular. When it comes to tasks of understanding and interpreting visual information, for example, recognizing people or identifying objects of interest, a special type of neural networks - convolutional neural networks (CNN) - has recently become widely used. Among the tools for creating and using convolutional neural networks, the Python programming language stands out, being the de facto industry standard in the field of image analysis and artificial intelligence.

## СТВОРЕННЯ КОРПОРАТИВНОЇ VoIP-МЕРЕЖІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СОФТФОНІВ

**В. Смирнов**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
Blucheesus@gmail.com*

IP-телефонія – це телефонний зв'язок через інтернет, по протоколу IP. Під IP-телефонією мається на увазі набір комунікаційних протоколів, VoIP обладнання, програмного забезпечення, технологій і методів, що забезпечують набір номера, двостороннє голосове спілкування, та відеоспілкування через мережу Інтернет або через будь яку іншу IP-мережу. Сигнал перед передачею перетворюється з метою видалити надлишок інформації та знизити навантаження на мережу передачі даних. Основна перевага IP-телефонії в зниженні витрат на зв'язок. У багатьох випадках VoIP-зв'язок – безкоштовний.

Для того, щоб максимально знизити витрати на організацію корпоративного телефонного зв'язку, рекомендується використовувати програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом для розгортання сервера телефонії на базі дистрибутива Asterisk.

Архітектура мережі VoIP може бути представлена у вигляді двох площин. Нижня відображає транспортний механізм негарантованої доставки мультимедійного трафіку як ієрархії протоколів RTP/UDP/IP, а верхня - механізм управління обслуговуванням викликів. Її ключовими протоколами є H.323 ITU-T, SIP, MGCP і MEGACO, що є різними реалізаціями обслуговування викликів у мережах IP-телефонії.

Транспортний протокол реального часу (Real-time Transport Protocol, RTP) надає транспортні послуги мультимедійних програм. Він не гарантує доставку, але дозволяє програмам виявити втрату або порушення порядку прямування пакетів за рахунок присвоєння кожному з них номера. Протокол призначений для роботи в режимах передачі «точка-точка» або «точка-множина точок» [1]. RTP працює спільно з протоколом керування реального часу (Real Time Control Protocol, RTCP), що забезпечує керування потоком даних та контроль перевантаження каналу.

Учасники сеансу RTP періодично обмінюються пакетами RTCP зі статистичними даними (кількість надісланих пакетів, число втрачених тощо), які можуть бути використані відправником мультимедіа, наприклад, для динамічної корекції швидкості передачі і навіть зміни типу навантаження [1].

Серед мультимедійних стандартів найбільше освоєно стандарт H.323 ITU-T, до того ж він постійно вдосконалюється і має п'ять версій. Основними елементами мережі стандарту H.323 є термінали (terminal), шлюзи (gateway), воротарі (gatekeeper) та пристрої керування конференціями (Multipoint Control Units, MCU). Ще один елемент мережі H.323, названий проху-сервером, працює на прикладному рівні, він визначає тип програми та виконує потрібне з'єднання [2]. Площина обслуговування викликів стандарту H.323 включає три основні протоколи: протокол взаємодії кінцевого обладнання з воротарем RAS (Registration, Admission and Status), протокол управління з'єднаннями H.225 та протокол управління логічними каналами H.245. Для передачі сигнальних повідомлень RAS використовується протокол UDP, а передачі сигнальних повідомлень H.225 і H.245 - протокол TCP.

За реалізацією IP-телефонії в корпоративних мережах можна розділити на 4 типи: традиційні каналні IP-АТС, програмні IP-АТС, віртуальні IP-АТС, IP-АТС на базі



Asterisk. Найбільш перспективним типом є Asterisk – платформа IP телефонії з відкритим вихідним кодом, що надає різні функції керування дзвінками. Це дає нам можливість зробити установку та налаштування Asterisk локально (на сервері клієнта) або у хмарі з подальшою підтримкою. Головними перевагами програмної АТС Asterisk є гнучкість та безпека. На базі Asterisk можна створити гнучку мультифункціональну офісну міні-АТС, вузол зв'язку або call-центр. Asterisk має широкі можливості масштабування, налаштування та реалізації власних алгоритмів викликів [3].

Практична робота в галузі комунікаційного зв'язку дозволяє рекомендувати використання платформи Asterisk для організації сучасного корпоративного зв'язку в середніх і великих компаніях, особливо при використанні хмарних сервісів IP-телефонії.

[1] Oracle VM VirtualBox [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://docs.oracle.com/en/virtualization/virtualbox/6.0/user/features-overview.html>

[2] Asterisk introduction [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.voip-info.org/asterisk-introduction/>

[3] IP-АТС Asterisk [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ic-sts.com/solutions-and-service/articles/asterisk/>

## CREATION OF A CORPORATE VoIP NETWORK USING SOFTPHONES

**V. Smirnov**

*Oles Honchar Dnipro National University  
Blucheesus@gmail.com*

IP-telephony is telephone communication over the Internet, using the IP protocol. IP telephony refers to a set of communication protocols, VoIP equipment, software, technologies and methods that provide dialing, two-way voice communication, and video communication over the Internet or any other IP network. The signal is converted before transmission in order to remove excess information and reduce the load on the data transmission network. The main advantage of IP telephony is the reduction of communication costs. In many cases, VoIP communication is free.

In order to minimize the costs of organizing corporate telephony, it is recommended to use open source software for deploying the telephony server based on the Asterisk distribution.

VoIP network architecture can be represented in the form of two planes. The lower one shows the transport mechanism of non-guaranteed delivery of multimedia traffic as a hierarchy of RTP/UDP/IP protocols, and the upper one - the call service management mechanism. Its key protocols are H.323 ITU-T, SIP, MGCP and MEGACO, which are different implementations of call service in IP telephony networks.

According to the implementation of IP telephony in corporate networks, it can be divided into 4 types: traditional channel IP-PBX, software IP-PBX, virtual IP-A PBX, IP-PBX based on Asterisk. The most promising type is Asterisk, an open source IP telephony platform that provides various call management functions. This gives us the opportunity to install and configure Asterisk locally (on the client's server) or in the cloud with further support. The main advantages of the Asterisk software PBX are flexibility and security.

Practical work in the field of communications makes it possible to recommend the use of the Asterisk platform for the organization of modern corporate communication in medium and large companies, especially when using cloud IP telephony services.

## СТВОРЕННЯ ВЕБ-САЙТУ НА БАЗІ МАКЕТУ FIGMA З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБУ VISUAL STUDIO CODE

**В. Овчарук, Л. Ахметшина**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
vladikogterrr@gmail.com*

Сучасний дизайнер має безліч інструментів для продуктивної роботи, зокрема, Photoshop, Sketch, або Figma. Саме останній інструмент стрімко стає фаворитом веб-дизайнерів [1]. Figma - це веб-платформа для дизайну та прототипування інтерфейсів, що дозволяє користувачам створювати, редагувати і спільно працювати над проектами дизайну. Figma надає засоби для створення високоякісних макетів веб-сторінок, мобільних додатків, графічних інтерфейсів користувача та інших типів цифрових продуктів. Ось деякі з основних можливостей Figma включають в себе:

- Інтерфейс дизайну — Figma надає інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який дозволяє користувачам легко створювати макети інтерфейсу користувача за допомогою векторних інструментів, таких як форми, шляхи та текст.
- Спільна робота — Однією з ключових переваг Figma є можливість спільної роботи багатьох користувачів над одним проектом. Це дозволяє працювати над проектами одночасно, коментувати та рецензувати зміни в реальному часі.
- Прототипування — Figma дозволяє створювати прототипи, що можуть відображати взаємодію користувача з додатком або веб-сайтом. Це дозволяє дизайнерам та розробникам тестувати функціональність та навігацію продукту перед його реалізацією.
- Анімація — Figma надає інструменти для створення простих анімацій, що допомагають дизайнерам демонструвати взаємодію та рух у своїх дизайнах.
- Інтеграція з іншими інструментами — Figma може інтегруватися з різноманітними інструментами розробки програмного забезпечення та системами управління проектами, такими як Slack, Jira, Zerplin та інші, що полегшує процес спільної роботи та обміну даними.

Figma є потужним інструментом для дизайнерів та розробників, який допомагає спростити процес розробки продуктів, підвищити ефективність та полегшити спільну роботу над проектами.

[1] Що таке Figma: функції, інструменти та переваги [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://wezom.academy/ua/chto-takoe-figma-funktsii-instrumenty-ipreimuschestva/>

## SOFTWARE-DEFINED NETWORKING (SDN) TECHNOLOGY RESEARCH

**V. Ovcharuk, L. Akhmetshina**

*Oles Honchar Dnipro National University  
vladikogterrr@gmail.com*

Figma is a web-based design and interface prototyping platform that allows designers to create, edit and collaborate on design projects. Figma provides tools for creating high-quality layouts for web pages, mobile apps, graphical user interfaces and other types of digital products. Figma is an essential tool for designers and developers to help simplify the product development process, increase efficiency, and make it easier to work on projects.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ Nuxt.JS ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВЕБ ДОДАТКІВ

**Є. Шевченко, М. Твердоступ**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
korsunelo@gmail.com*

Сучасний веб-розвиток вимагає від розробників інструментів, які спрощують процес створення високопродуктивних та оптимізованих для пошукових систем веб-додатків. У цьому контексті, технологія Nuxt.js стає ключовим інструментом, який дозволяє розробникам створювати якісні веб-додатки на основі Vue.js з низкою важливих переваг. Ця робота розглядає результати дослідження технології Nuxt.js та вказує на її потенціал у веб-розробці.

Дослідження технології Nuxt.js для створення веб-додатків розкриває важливі переваги та потенціал цього фреймворку на основі Vue.js. Nuxt.js представляє собою міцно структурований та високофункціональний інструмент, призначений для створення якісних веб-додатків.

По-перше, Nuxt.js пропонує передбачувану та оптимізовану для пошукових систем структуру, що дозволяє підвищити SEO-ефективність веб-додатків. Фреймворк дозволяє автоматично генерувати метатеги, описи та інші важливі SEO-елементи, спрощуючи завдання оптимізації для пошукових систем.

По-друге, Nuxt.js надає можливість створення універсальних додатків, використовуючи server-side rendering (рендерінг на стороні сервера). Це значить, що сторінки відправляються на сервер для рендерінгу перед тим, як клієнт отримає їх, що поліпшує швидкість завантаження та забезпечує кращий досвід користувача, особливо на повільних з'єднаннях. Крім того, цей підхід сприяє кращій підтримці аналітики та інших інструментів веб-аналітики.

По-третє, Nuxt.js має розширену систему маршрутизації, що дозволяє легко організувати та керувати маршрутами в додатку. Вбудована система роботи з маршрутами спрощує створення адаптивних та інтуїтивних інтерфейсів, а також надає можливість легко налаштовувати редиректи та обробку помилок.

Висновок полягає в тому, що використання технології Nuxt.js для створення веб-додатків може значно покращити ефективність та розвиток веб-проектів. Цей фреймворк допомагає забезпечити високу продуктивність, відмінну оптимізацію для SEO, відмінний досвід користувача завдяки універсальним додаткам та простоті у керуванні маршрутами, а також сприяє збільшенню функціональності та підтримці аналітики.

## STUDY OF Nuxt.JS TECHNOLOGY FOR CREATING WEB APPLICATIONS

**Y. Shevchenko, M. Tverdostup**

*Oles Honchar Dnipro National University*

Nuxt.js technology, developed on the basis of the Vue.js framework, is a powerful tool for creating high-performance and search engine-optimized web applications. This work explores the possibilities and benefits of using Nuxt.js in the context of the web development.

Overall, using Nuxt.js technology to build web applications has significant potential to improve the performance and development of web projects. This framework helps ensure high performance, search engine optimization, great user experience with universal apps and simplified routing, and also helps extend functionality and support analytics.

**МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК YOURAIRTEST****В. Децик, В. Герасимов***Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
vlad.detsyk@gmail.com*

Статистика забруднення повітря свідчить про ріст кількості шкідливих речовин в повітрі. Через зростання кількості транспорту та виробництв спричинене розвитком, росте кількість шкідливих викидів в атмосферу та у водойми. Це створює тиск на екосистему та всіх жителів планети.

Запропонований додаток є частиною системи з моніторингу якості повітря, яка використовує мережу наземних станцій для визначення концентрації твердих часток (PM 2.5, PM 10 [1]), газів та рівня радіації (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, μSv [2]), погодних умов та наявності пожеж. Моніторинг цих параметрів надасть змогу контролювати вміст повітря в містах та реагувати на можливий викид шкідливих речовин з виробництв або при аваріях на АЕС, що забезпечує можливість швидкого реагування на критичну ситуацію для усунення негативного впливу для здоров'я та на навколишнє середовище. Також завдяки мобільному додатку є можливість швидкої перевірки віддалених населених пунктів та отримання повідомлень про можливу загрозу здоров'ю людини, таким чином покращується можливість зручного та швидкого інформування без використання великої кількості різних джерел інформації. Робота є частиною досліджень моніторингу впливу викидів у повітря та навколишнє середовище від забрудників атмосферного повітря і сприяє підвищенню рівня інформованості населення щодо екологічних загроз.

Система моніторингу повітря реалізується у всьому світі. Оцінюється рівень забруднення в містах та на основі даних від наземних станцій будується математична модель забруднення для областей, де ще не встановлені станції.

Після аналізу існуючих систем, було створено власний додаток, який став частиною екосистеми контролю якості повітря, і який надає змогу зручно та швидко використовувати систему моніторингу якості повітря (рис. 1).

Додаток відображає інформацію, що надходить зі станцій в радіусі 15 км. В залежності від можливості станції, користувач має змогу переглянути показник концентрації речовин PM 2.5 та/або PM 10. PM (particulate matter) означає, що показник відноситься до твердих частинок, які знаходяться у повітрі. Цифри 10 та 2.5 у назві цих показників — це розміри частинок. Ними може бути органічний пил, бактерії, будівельний пил, частинки вугілля з електростанцій, що потрапляють у повітря, тощо. Показник CO — це чадний газ, який не має смаку, кольору та запаху; CO<sub>2</sub> — вуглекислий газ; NO<sub>2</sub> — бурий газ, SO<sub>2</sub> — сірчистий газ. Показник μSv — це рівень радіації. Всі показники відображаються на головному екрані, також тут же виводиться інформація стосовно погоди. Користувач може обирати систему якості повітря EAQI або US AQI. Ці системи є світовими стандартами для визначення забруднення повітря. EAQI є європейським стандартом, а US AQI — американський. Різниця між ними лише в порогових значеннях показника індексу якості повітря, а формула залишається незмінною:

$$I = \frac{I_{high} - I_{low}}{C_{high} - C_{low}} (C - C_{low}) + I_{low},$$

де  $I$  — індекс якості повітря;  $C$  — концентрація забруднювальної речовини;  $C_{low}$  — концентрація зупинки,  $\leq C$ ;  $C_{high}$  — концентрація зупинки,  $\geq C$ ;  $I_{low}$  — точка зупинки індексу, що відповідає  $C_{low}$ ;  $I_{high}$  — точка зупинки індексу, що відповідає  $C_{high}$  [3].

Також є можливість змінювати дизайн персонажу на головному екрані. Існує

можливість зберігати локації та міняти їх на головному екрані, реалізовано вивід мапи, на якій можна переглядати рівень забруднень, радіаційний фон та розу вітрів (рис. 2).

Задля зручності використання та скорочення часу для перегляду інформації було додано можливість перегляду інформації в окремому віджеті та на годиннику Apple Watch.

Додаток оптимізовано та налаштовано для ефективного використання пам'яті мобільних пристроїв та використання потужностей згідно всіх стандартів Apple, була пройдена сертифікація і локалізація на українську, англійську, німецьку, французьку, японську мови, додаток було допущено до розповсюдження на платформі App Store.

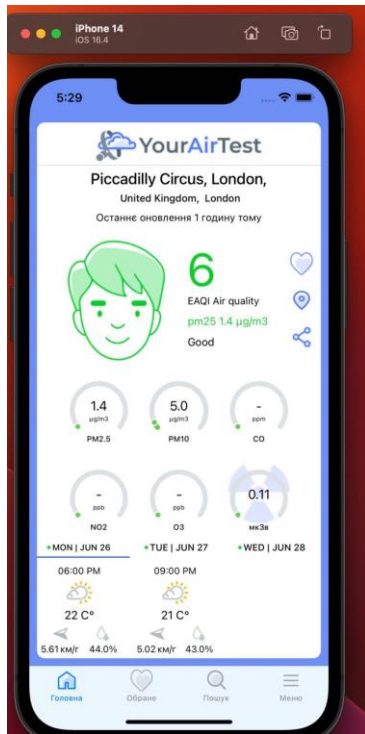


Рисунок 1. – Інтерфейс додатку YourAirTest

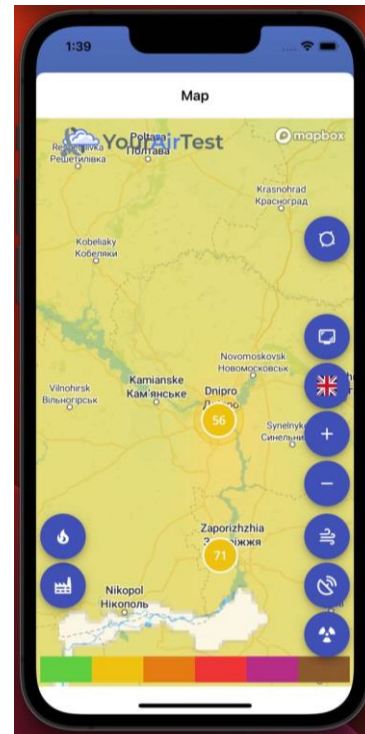


Рисунок 2. – Мапа

- [1] Метеопост - Що таке PM2.5 та PM10 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://meteopost.com/info/PM/>
- [2] Поговоримо про радіацію та про види випромінювання [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://brom.ua/uk/sho-take-radiaciya-ta-vidy-viprominuvannya-ukr>
- [3] Індекс якості повітря — Вікіпедія [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Індекс\\_якості\\_повітря#:~:text=Індекс\\_якості\\_повітря](https://uk.wikipedia.org/wiki/Індекс_якості_повітря#:~:text=Індекс_якості_повітря) (англ.,серйозними наслідками для здоров'я.

## MOBILE APPLICATION YOURAIRTEST

**V. Detsyk, V. Gerasimov**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*vlad.detsyk@gmail.com*

We offer an application that is part of the ecosystem for monitoring the state of the environment, it can provide up-to-date information on air pollution and warn about emissions of harmful substances into the atmosphere, the information can be viewed using a mobile application, widgets, an application on a watch.

# ВІДНОВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ СУПЕР-РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ

Л. Ахметшина, А. Фомін

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
fominartempost@gmail.com

У сучасному світі цифрової обробки зображень та комп'ютерного зору виникає безліч завдань, пов'язаних із покращенням якості та роздільної здатності зображень. Наприклад, якість зображень, отриманих в реальних системах, таких як томограф, рентген, мікроскоп та ін. часто мають низький контраст або розмитість, дефекти тощо. Здатність відтворювати деталі і відновити спотворені значення, є важливою задачею. У цьому контексті метод супер-роздільної здатності (SR) займає центральне місце як потужний інструмент для покращення якості зображень [1].

Супер-роздільна здатність (SR) відноситься до процесу створення зображення високої просторової роздільної здатності (HR) з одного або кількох зображень з низькою роздільною здатністю (LR) (рис. 1. а, б) . Обробка SR включає три основні завдання: підвищення роздільної здатності або масштабування зображення без появи артефактів, відомих як аліасинг, збільшення роздільної здатності зображення, тим самим збільшуючи максимальну просторову частоту, і видалення деградацій, що виникають під час захоплення зображення, а саме, розмиття та шуму.

Загальна ідея методу SR полягає в розширенні координатного простору вихідних значень вхідного низько-роздільного зображення невідомими значеннями (рис.1 в), з наступним їх розрахунком (відновленням) на основі методів інтерполяції.

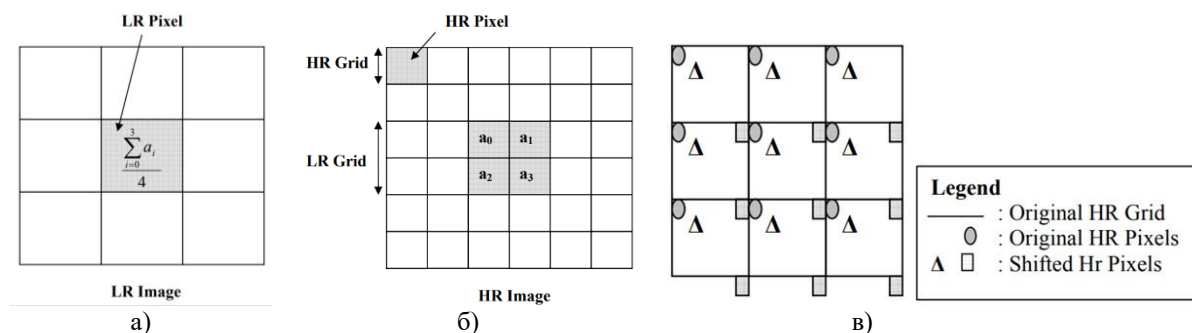


Рис. 1. Простір методу супер-роздільної здатності зображень: а, б – вихідна LR і HR сітки, відповідно; в – зміщені пікселі

Найпоширенішими методами інтерполяції є бікубічна інтерполяція та ітеративна зворотна проєкція, а для оцінювання невідомих значень – алгоритм Папуліса-Герхберга (ПГ), який ітеративно коригує низькочастотні та високочастотні компоненти зображення [2]. В доповіді ми розглядаємо алгоритм ПГ для випадка, коли доступне лише одне зображення LR [3]:

- 1- початкове зображення розширюється сіткою більших розмірів, тоді, значення деяких пікселів відомі, а деяких – невідомі;
- 2- значення невідомих пікселів встановлюються на нуль;
- 3- зображення пропускається через фільтру з нормованою частотою зрізу  $\sigma$ , яка вважається максимально допустимою частотою;
- 4- невідомі пікселі отримують певні значення, відомі значення пікселів також зазнають змін - це призводить до розмитості зображення;
- 5- вихідні значення відомих пікселів відновлюються, створюючи високочастотні компоненти, весь процес повторюється.

У доповіді розглядається застосування методу ПГ для відновлення металографічного зображення, яке має дефекти (тріщини, подряпини та ін.), що чинять суттєвий вплив на точність визначення об'ємного вмісту фаз або розміру зерен, появу яких зумовлено виготовленням зразків, що аналізуються. На рис. 2 наведено результат обробки, який демонструє суттєве зменшення дефектів.

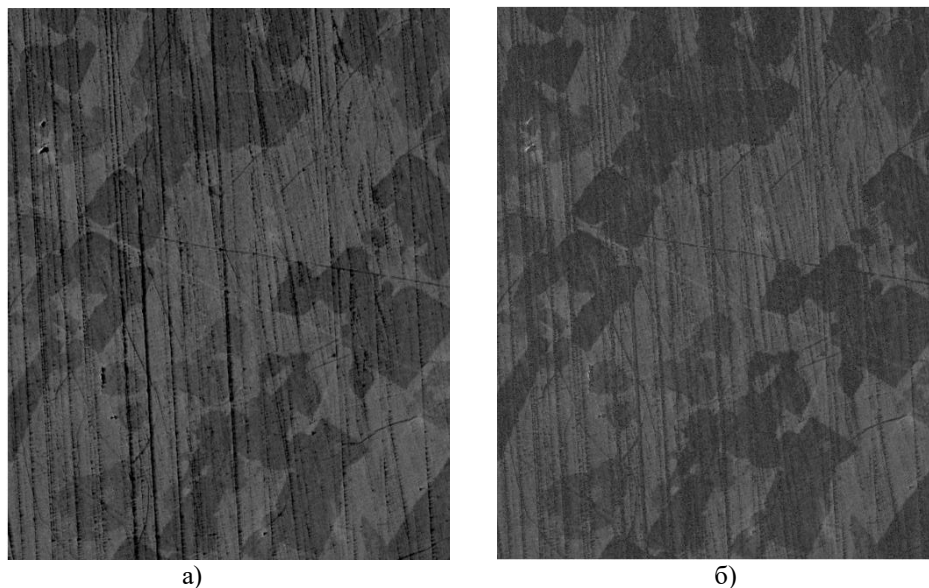


Рис. 2 – Відновлення зображення методом ПГ: а – вихідне зображення; б – результат обробки

**Висновки.** У ході експериментів було встановлено, що якість результату обробки зображення суттєво залежить від точності визначення положення дефектів, їх розміру та нормованої частоти зрізу  $\sigma$  алгоритму ПГ.

- [1] Sung Cheol Park, Min Kyu Park & Moon Gi Kang, “Super-Resolution Image Reconstruction: A Technical Overview,” IEEE Signal Processing Magazine Vol. 20, No. 3 pp.21-36, May 2003.
- [2] R. W. Gerchberg. Super-resolution through error energy reduction. Optica Acta, 21(9):709–720, 1974
- [3] Vandewalle, P., Susstrunk, S., and Vetterli, M. (2003) Super-resolution images reconstructed from aliased images. In Ebrahimi, T. and Sikora, T. (eds.), SPIE/IS&T Visual Communication and Image Processing Conference, Lugano, Switzerland, July, pp. 1398–1405.

## IMAGE RESTORATION USING THE SUPER-RESOLUTION METHOD

**L. Ahmetshina, A. Fomin**

*Oles Honchar Dnipro National University*

The results of experimental studies of the ability of the super-resolution method to restore a metallographic image with defects (cracks, scratches, etc.) that have a significant impact on the accuracy of the determination of the volume content of phases or grain size, the appearance of which is caused by the manufacture of the samples under analysis. Figure 2 shows the result of processing, which demonstrates a significant reduction in defects.

# ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СУМІШЕЙ ОКСИДІВ МЕТАЛІВ

**О. Коваленко, С. Мазурик**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
stas\_mazurik@ukr.net*

Останні роки обчислювальна техніка проникла у всі сфери господарської діяльності це ознаменувалося появою широкого доступу до штучного інтелекту. Вражає масштабність його використання і як він швидко удосконалюється. Це дає підставу використати можливості штучного інтелекту щодо прогнозування фізичних властивостей різноманітних матеріалів в тому числі і багатокомпонентних сумішей оксидів металів.

Традиційним шляхом отримання кераміки з оксидів металів є змішування порошків оксидів металів в потрібних пропорціях і отримання шликера із застосуванням органічних зв'язуючих. Далі з шликера формуються заготовки потрібної форми і проводиться випал із заданими параметрами нагріву. Кожен із оксидів металів дає свій вклад у загальні властивості отриманої кераміки. Для розуміння які властивості додає конкретний оксид метала виготовляють зразки кераміки без цього оксиду метала та зразки кераміки з його різним вмістом. Звичайно, результат розглядають у вигляді графіків з яких роблять висновки щодо впливу кожного з компонентів на властивості зразка кераміки в цілому. При дослідженні багатокомпонентних зразків кераміки доводиться проводити великий об'єм експериментальної роботи. Є багато способів зменшити обсяг експериментальної роботи. Наприклад можливо, використовуючи засоби графічного пакету OriginPro8, оцінювати вплив на одну із властивостей кераміки зразу трьох параметрів.

Полегшити завдання отримання зразків кераміки із заданими властивостями можна шляхом застосування фізичних моделей. Однак сама побудова фізичної моделі ускладнюється через нелінійну поведінку керамічних матеріалів залежно від відсоткового змісту складових, неможливості опису одночасної взаємодії багатокомпонентних матеріалів та складності графічного відображення.

Проте бурхливий розвиток штучного інтелекту останніми роками дає альтернативний фізичним моделям підхід. Підхід, заснований на методах штучного інтелекту, зокрема, використання нейронних мереж, що самоорганізуються, мереж Кохонена, які роблять можливим виконання прогнозу на основі невеликих обсягів інформації. Вони добре зарекомендували себе при моделюванні систем і процесів, внутрішні обмеження яких або недостатньо вивчені, або взаємодіють складним чином. Тому за наявності невеликого обсягу технологічної інформації про виготовлення багатокомпонентних зразків кераміки, використання нейронних мереж Кохонена, що самоорганізуються, зроблять можливим істотне зменшення експериментальних робіт з отримання багатокомпонентних зразків кераміки із заданими властивостями.

В нашому випадку для побудови нейронних мереж використовувалися результати дослідження варисторної кераміки на основі оксиду цинку ZnO, вміст якого було не менше 95%, з домішками PbO, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, значення яких змінювалися в діапазоні 0,1 до 5%. Як основні параметри розглядалися коефіцієнт нелінійності та



класифікаційна напруга. Метою було знаходження складу з найбільшим коефіцієнтом нелінійності та найменшою класифікаційною напругою. У результаті було визначено оптимальні значення складу кераміки, які були перевірені експериментом.

## USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO PREDICT THE PROPERTIES OF MULTICOMPONENT MIXTURES OF METAL OXIDES

**A. Kovalenko, S. Mazuryk**

*Oles Honchar Dnipro National University  
stas\_mazurik@ukr.net*

Recent years have been marked by the emergence of wide access to artificial intelligence. This gives reason to use the possibilities of artificial intelligence in predicting the physical properties of various materials, including ceramics from multicomponent mixtures of metal oxides.

The work presents a technique based on the existing research results of varistor ceramics based on zinc oxide ZnO, using artificial intelligence algorithms, to find optimal values of the composition of ceramics for further physical experiments.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ SOFTWARE-DEFINED NETWORKING (SDN)

**A. Мазур, В. Хандецький**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
artmazur@proton.me*

В сучасному інформаційному суспільстві зростає значимість мережевих технологій і їх вплив на розвиток та функціонування різних галузей господарства та нашого повсякденного життя. Однією з ключових інноваційних технологій, яка перетворює спосіб проектування, налаштування та керування мережами, є технологія Software-defined networking (далі SDN). SDN – це мережева архітектура, в основі якої є представлення мережі у вигляді системи програмованої логіки. Потенціал SDN дає змогу змінити процеси проектування та управління роботою мереж, зменшуючи їхню вартість, збільшуючи продуктивність і підвищуючи функціональність. Технологія SDN базується на віртуальних каналах, якими може керувати системний адміністратор за допомогою програмного забезпечення. Відпадає необхідність фізичної присутності обслуговуючого персоналу в місцях розташування мережевого обладнання, що у ряді випадків прискорює роботу мережі, зменшує витрати на її експлуатацію. Перевагою SDN також є те, що її побудовано з використанням стандартів з відкритим вихідним кодом [1].

Архітектура SDN складається з трьох головних компонентів: прикладний рівень (application layer), рівень управління (control layer) та інфраструктурний рівень (infrastructure layer).

Прикладний рівень містить стандартні мережеві додатки та функції, які використовуються для прискорення швидкості роботи, оптимізації коду, посилення безпеки, зокрема системи розпізнавання вторгнення в систему, системи балансування навантаження тощо.

Рівень керування забезпечує функціонування мережі та управління потоками трафіку. На цьому рівні обробляються вимоги прикладного рівня і реалізуються за допомогою мережевої інфраструктури. Контролер SDN зв'язує прикладний та інфраструктурний рівні. Цей контролер є частиною керуючого рівня і здійснює поточний контроль над усією мережею. Системний адміністратор використовує контролер для управління трафіком з урахуванням його пріоритету і доступних ресурсів мережі.

Інфраструктурний рівень реалізує логіку функціонування комутаторів та роутерів мережі. Він відповідає за пересилання даних, збір та обробку даних щодо завантаженості мережі, змін її топології.

В типовій архітектурі SDN прикладний рівень і рівень керування комунікують між собою за допомогою північного API (Application Programming Interface), а рівні керування і інфраструктури – за допомогою південного API.

У SDN-мережах додатки використовують програмні контролери, щоб отримувати інформацію з приводу доступності мережі та її ресурсів. Контролер гарантує, що трафік пересувається відповідно до заданих правил. Додатки використовують північний API для комунікування з рівнем управління, який організовує розподіл доступних ресурсів між додатками в мережі, а також визначає найкращий шлях для трафіку з огляду на затримку та безпеку. В якості північних API зазвичай використовуються RESTful API. Організація роботи повністю автоматизована.

SDN контролер використовує південний API для з'єднання з мережевою інфраструктурою – віртуальні роутери, комутатори тощо. Ця інфраструктура визначає маршрути пересування даних. Контролер може змінювати логічну топологію мережі, контролювати випадки можливих збоїв, керувати процесом відновлення мережі після можливих порушень передачі інформації, втрат пакетів даних [2].

Існує кілька архітектур SDN, які відрізняються імплементацією, структурою контролерів та інтерфейсами управління:

- OpenSDN – архітектура реалізує управління віртуальними і фізичними пристроями, які передають пакети даних, використовуючи відкриті протоколи;
- API SDN – задає топологію і управляє потоками даних між віртуальними пристроями, використовуючи програмовані інтерфейси;
- Overlay model SDN – SDN створює віртуальну мережу поверх наявних пристроїв, надаючи тунелі з каналами до центрів обробки даних;
- Hybrid model SDN – топологія використовує особливості SDN у поєднанні з традиційним методом побудови мереж. Зазвичай використовується при переході до SDN.

В мережах SDN на відміну від традиційних мереж процес конвергенції повністю залежить від контролеру SDN, який централізовано управляє мережевими пристроями. Поряд з перевагами цього рішення, які проаналізовані вище, це може привести до виникнення єдиної точки відмови, що зменшує надійність мереж SDN. Проведені дослідження показали, що надійність і ступень управління розподіленими мережами може бути підвищена шляхом поєднання технології SDN з традиційними рішеннями щодо топології ядра мережі з використанням засобів резервування.

[1] The Definitive Guide to Software Defined Networking [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.forfusion.com/guides/the-definitive-guide-to-software-defined-networking>.

[2] A Complete Guide to Software-Defined Networking [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.g2.com/articles/software-defined-networking>.

## SOFTWARE-DEFINED NETWORKING (SDN) TECHNOLOGY RESEARCH

**A. Mazur, V. Khandetskyi**

*Oles Honchar Dnipro National University  
artmazur@proton.me*

SDN is a network architecture that, instead of relying on network devices, treats the network as programmable logic. SDN has the potential to change the way networks are built and operated, reducing their cost, increasing performance, and enhancing functionality.

In SDN networks the process of convergence depends entirely with the controller, which centrally manages the network devices. This can lead to appearance a single point of failure which reduces the reliability of the SDV network. The research has shown that the reliability and level of network control can be enhanced by combining SDN technology with traditional network core topology using the reserve tools.

## ON FUNDAMENTALS OF CREATING AN EXPERT SYSTEM FOR DIGITIZED TEXTS' STYLE IDENTIFICATION

**A. Chepok, D. Larin, L. Martynovych, B. Panchenko, I. Sharipova**

*Odesa I.I.Mechnikov National University  
andrew.chepok@gmail.com*

The work examines the principles of creating an automated system which is capable to identify the style of digitized texts which are located at various “traditional” media. The mentioned system can process \*.txt-, \*.doc/\*.docx-files on the basis of text decomposition and further analysis of the received text fragments for the presence of certain signatures.

Since Humans are social beings by nature, so communication is characteristic of them. On the one hand, this communication is extremely diverse – from “conversation with oneself” up to communication with various groups (e.g. members of one’s family, or with fellow tribesmen, or with the broadest strata of society), and on the other hand, all these variants of forms of information presentation subject to regulation. All thoughts and expressions of a person, apparently, most often exist in written form, that is, in the form of texts of various content and dignity.

The purpose of the work: As you know, human culture has developed appropriate criteria for the systematization of created texts – a wide variety of subjects can be included here, for example, stories and memories, teachings and instructions, codes and rules, monuments and wishes, as well as artistic stories and other fictions (fairy tales, phantasmagorias, etc.) as well. According to these criteria, there have long been more or less clearly defined (or formulated) styles of the text; they are called “book styles” in another way. Five varieties are usually

distinguished among text styles: scientific, official-business, journalistic, artistic, and conversational ones [1, 2].

On the relevance of this work: In the current century, in connection with mass digitalization, a huge number of digitized texts appeared; they are stored and “multiplied” in every “library” – in small, medium and large ones, both in private and public repositories of information. All these texts are also written in different styles, besides, they are not accumulated systematically, and they are composed almost chaotically. In order to reduce this chaos during storage and simply to systematize the contents of such libraries (in other words, “deposits” of such texts in “storages”) and current systematization of “freshly provided” files or “who knows when it was compiled” files, so it is necessary to make an analyzer of the styles of the content of various text files. In this case, it is possible to state the need to automate such analysis procedures.

Since the definition of texts by style requires an appropriate analysis of the given text and the correlation of the results of its analysis with certain criteria – in this case, features of style – then to automate such a process, it is necessary to know the mathematical analogues of similar criteria (sometimes one says “signatures”) [1-3]. If these signatures are known, after the analysis of the studied text, that is, its decomposition, a statistical analysis of the correspondence of linguistic fragments to certain signatures is carried out [3]. Such statistical analysis is the basis for further interpretation of the obtained data based on the verification of statistical hypotheses [2, 3]. The decision on compliance with a certain style is made based on the achievement of a given error probability (or the significance level) [2, 3]. The following values are usually chosen as confidence probabilities: 95%, 99% and 99.9%.

To automate the mentioned process using certain computer programs (or apps), as a rule it is necessary to go through the following path: Phenomenon (a Natural or Techno process) → Math modeling → the process Algorithmization → creation of corresponding Program modules [2, 3].

Such a task can be performed by combining the potential of two common computer tools – MS Word (as a storehouse of information – certain procedures can be carried out automatically in it – due to access to existing “libraries” of) and MS Excel (here there are certain built-in functions, for example, a package analysis, and other necessary “libraries” of). It was possible to combine the capabilities of the specified products due to the creation of proprietary software modules.

Conclusions. When performing this work, the author solved the following tasks:

1. Determination of mathematical and/or statistical characteristics of the provided texts, which can provide objective information about their features;
2. Development of specific algorithms for determining the stylistic features of the provided texts: these algorithms are based on the verification of regular statistical hypotheses;
3. Development of specific algorithms and methods of analysis of submitted texts in order to establish the presence of predetermined words or phrases or other signatures in them, and development of algorithms for further “reaction” of the program to found signatures and stylistic features;
4. Organizing the modular structure of the specified program and ensuring interaction between its modules, as well as ensuring the compatibility of MS Word and MS Excel during the analysis of submitted texts using the authors’ software code;
5. Development of a clear-and-understandable user interface (UserForm).

[1] L. Dušková, “Textual links as indicators of different functional styles”, Acta Universitatis Carolinae – Philologica 2, Prague Studies in English XXI (1996), pp. 113-123.

[2] Чепок А.О. The stylistic content-analyzer of texts: part A – validation of proposed algorithms // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2016. – № 3. – С. 110-116. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vott\\_2016\\_3\\_20](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vott_2016_3_20).

- [3] Chepok A.O. The stylistic content-analyzer of texts: part B – towards the automatic text style recognizing // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2017. – № 2. – С. 196-201. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vott\\_2017\\_2\\_36](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vott_2017_2_36).

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ МІКРОСЕРВІСІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ПЛАТЕЖІВ НА МОВІ RUST

**П. Швайко, В. Герасимов**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
shvayko.p.y@gmail.com*

Rust — жорстка за типізацією та високопродуктивна мова програмування, яка активно розвивається та має універсальні характеристики. Її жорстка типізація служить надійним захистом від помилок, а висока продуктивність робить її ідеальним інструментом для системного програмування. Крім того, активна спільнота розробників постійно удосконалює мову, що підкреслює її актуальність та перспективність. Rust охоплює широкий спектр завдань, починаючи з вбудованого і системного програмування та завершуючи мікросервісами.

Обговоримо саме їх. Основні переваги мікросервісної архітектури включають гнучкість та масштабованість. Мікросервіси представляють собою невеликі, автономні компоненти, що спрощують процес розробки та підтримки. Вони можуть масштабуватися незалежно для оптимізації продуктивності. Однак важливим аспектом є ефективне управління складністю та системним моніторингом для забезпечення безпеки та стабільності функціонування системи. Rust із його безпекою та численними перевагами добре підходить для реалізації мікросервісних рішень, забезпечуючи надійність та продуктивність у різних сферах.

З огляду на вищесказане було вирішено реалізувати механізм відправки квитанцій електронною поштою після успішної оплати через платіжний сервіс Stripe, а саме через мікросервісне рішення на мові Rust.

В рамках цієї задачі було розроблено кілька мікросервісів, кожен з яких має свою конкретну роль у системі:

**template-db** — доволі простий мікросервіс який спілкується з реляційною базою даних PostgreSQL. Його задача полягає в тому, щоб за назвою шаблону повертати сам шаблон (для pdf файлу чи для звичайного листа). Для спілкування з базою було обрано ORM фреймворк RBatis, який показав себе з не дуже гарної сторони, особливо в порівнянні з SeaORM або Diesel. Наприклад RBatis на відміну від Diesel не має інтеграцій з міграціями, що було перекрито написанням спеціального **derive** макросу (засіб генерування коду на етапі компіляції, виглядає як анотація у мові програмування Java, та дозволяє не писати шаблонний код), який створює таблиці на основі описаних структур. Також, що дивно, у RBatis нема можливості працювати з відношеннями (один до одного, один до багатьох, багато до одного і багато до багатьох), окрім як писати запити вручну. Також до мінусів можна віднести малу спільноту, в порівнянні з вище згаданими фреймворками, з цього впливає і менша кількість корисних функцій і доволі

скудна документація. Але, тим не менше, було обрано RBatis, тому що використання цього фреймворку було умовою від замовника.

**pdf-app** — сервіс, який, як можна зрозуміти з назви, відповідає за генерування pdf файлів. У нього під капотом працює стороння бібліотека на мові C — wkhtmltopdf [1], яка генерує pdf файли з тексту на мові html.

**email-app** — сервіс, відповідальний за надсилання електронних листів. При запиті з відповідною інформацією та опціональним файлом, відправляє повідомлення на пошту користувачу. Реалізована можливість надсилати листи двома способами: за допомогою SparkPost [2] — зовнішній сервіс, який надає змогу відправляти електронні листи і спілкування з яким відбувається за допомогою http, та за допомогою окремо розгорнутого SMTP серверу, спілкування з яким, відповідно, відбувається за допомогою SMTP протоколу.

**payment-app** — ключовий, у цьому контексті, сервіс, який відповідає за надсилання листів з квитанціями користувачам при успішній оплаті. Сервер платіжної системи Stripe [3] надсилає по вебхуку (WebHook — механізм, за допомогою якого веб-сервер автоматично надсилає HTTP-запити (зазвичай POST) до іншого веб-серверу, коли відбувається певна подія/дія) дані про успішну оплату на цей сервіс, потім він запитує у template-db шаблон для листа і квитанції, передає шаблон квитанції та дані для неї до pdf-app, формує текст листа і надсилає запит з текстом листа та файлом до email-app, який і виправляє лист.

Усі мікросервіси написані на мові Rust, з використанням веб-фреймворку Actix, у якості асинхронного середовища було використано бібліотеку Tokio, а для спілкування між сервісами використовувалась бібліотека Reqwest — зручний у використанні http-клієнт, який добре вписується в асинхронний контекст.

Rust — це перспективна мова програмування, що активно розвивається. Останнім часом вона набула значного попиту завдяки своїм безпековим особливостям та високій продуктивності. Активна спільнота розробників постійно вдосконалює мову та розширює її можливості. Rust привертає увагу та залишається однією з найбільш обіцяючих мов програмування в сучасному індустрії.

[1] wkhtmltopdf [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://wkhtmltopdf.org/>

[3] SparkPost Developers [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://developers.sparkpost.com/>

[2] Stripe | Payment Processing Platform for the Internet [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://stripe.com/>

## FEATURES OF DEVELOPING MICROSERVICES FOR PAYMENT PROCESSING IN RUST

**P. Shvayko, V. Gerasimov**

*Oles Honchar Dnipro National University  
shvayko.p.y@gmail.com*

Rust, a high-performance and strongly typed programming language, offers reliability and versatility. It's ideal for tasks ranging from embedded systems to microservices, providing robust protection against errors. This project focuses on implementing email receipt delivery using a microservices architecture, featuring 'template-db,' 'pdf-app,' 'email-app,' and 'payment-app' services, all developed in Rust. This setup leverages Rust's security and performance advantages, showcasing its potential in diverse applications.

## РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ

**С. Баб'як, І. Оленич**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
frageks@gmail.com*

Стрімке збільшення світового населення та його високий споживчий попит загострюють низку екологічних проблеми. Зокрема, забруднення повітря разом зі зміною клімату є однією з найголовніших загроз для здоров'я людей. Серед найпоширеніших причин зниження якості довкілля є урбанізація, виробництво енергії, важка промисловість і транспорт. Основними антропогенними забруднювачами повітря вважають тверді мікрочастинки розміром до 2,5 мкм (PM<sub>2,5</sub>) [1]. Крім безпосередньої небезпеки для серцево-судинної та дихальної систем людини, зумовленої їх здатністю проникати глибоко в легені та кров, мікрочастинки PM<sub>2,5</sub> можуть адсорбувати на своїй поверхні інші небезпечні речовини, виступати каталізаторами хімічних реакцій і спричиняти додаткові негативні наслідки [2]. Тому токсична дія PM<sub>2,5</sub> може посилюватися через вміст інших забруднювальних речовин у повітрі. Це унеможливає чітке визначення безпечної концентрації дрібнодисперсних мікрочастинок та зумовлює необхідність комплексного моніторингу та аналізу різних параметрів якості повітря.

Дослідження якості повітря є важливою задачею для наукових досліджень та міського планування, яка потребує сучасних підходів аналізу даних і відповідних програмно-апаратних засобів [3]. З цією метою розроблено систему моніторингу основних параметрів якості повітря з використанням платформи Arduino Uno та низки сенсорів. У мікроконтролері Arduino Uno передбачена можливість інтеграції з різними типами сенсорів, зокрема він повністю сумісний з оптичним сенсором твердих мікрочастинок HM-3301 та аналізатором рівня CO<sub>2</sub> MH-Z19B [4]. Однією з ключових функціональних особливостей розробленого програмно-апаратного комплексу є можливість не тільки збирати сенсорні дані, але й зберігати їх і передавати для подальшого аналізу та візуалізації. Це дає змогу здійснювати довготермінові дослідження якості повітря в різних місцях і проводити моніторинг змін екологічних параметрів з плином часу, враховуючи сезонність цих змін. Виявлені закономірності можуть бути використані для прогнозування забруднень, виявлення їх джерел тощо.

Розроблений комплекс використовує модуль бездротової передачі даних ESP-8266 і є повністю автономним, що може бути використано для дистанційного дослідження якості повітря у різних екологічних умовах. Зібрані дані надсилаються на віддалений веб-сервер з використанням HTTP-протоколу та зберігаються в базі даних. Паралельно з даними про якість повітря запропонована система здійснює збір інформації про погодні умови, що дає змогу вивчати залежність між рівнем забруднюючих речовин, такими як тверді мікрочастинки та вуглекислий газ, і метеорологічними факторами, а саме: швидкістю вітру, температурою та вологістю повітря. Усі ці залежності можна відобразити графічно чи у вигляді таблиць за допомогою зручного веб-інтерфейсу. Отримані дані дають змогу визначити рівень забруднення повітря та розробити стратегію покращення якості повітря у конкретних регіонах, які не охоплені глобальною системою моніторингу атмосфери. Зокрема, результати досліджень можуть доповнювати дані мережі SaveEcoBot [5], яка функціонує в Україні.

Запропонований у роботі програмно-апаратний комплекс може бути корисним інструментом для моніторингу якості повітря в міських агломераціях, у промислових

регіонах, місцях техногенних катастроф і надзвичайних ситуацій, а також для наукових досліджень і розв'язання екологічних проблем.

- [1] Air quality in the world [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.iqair.com/world-air-quality>.
- [2] Kunzli N., Jerrett M., Mack W.J., et al. Ambient air pollution and atherosclerosis in Los Angeles. *Environmental Health Perspectives*. Vol. 113. (2005). P. 201–206.
- [3] Kortoci P., Motlagh N.H., Zaidan M.A., et al. Air pollution exposure monitoring using portable low-cost air quality sensors. *Smart Health*. Vol. 23. (2022). P. 100241.
- [4] Brown C., Milke D. The use of portable air quality sensors to monitor exposure to pollutants: A pilot study. *Journal of Environmental and Public Health*. (2018).
- [5] SaveEcoBot [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.saveecobot.com>.

## **DEVELOPMENT OF SOFTWARE AND HARDWARE SYSTEM FOR AIR QUALITY RESEARCH**

**S. Babiak, I. Olenych**

*Ivan Franko National University of Lviv  
frageks@gmail.com*

The hardware-software system for real-time air quality monitoring has been developed using the Arduino platform. The system integrates a precision sensor network to measure various air quality parameters such as particulate matter (PM1.0, PM2.5, and PM10), and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) levels. The adaptive and real-time monitoring capability is critical to ensuring a timely response to air quality problems, making the developed hardware-software system a valuable tool for scientific research.

## **ВПЛИВ ЯКОСТІ ДАНИХ НА РЕЗУЛЬТАТИ DATA MINING АЛГОРИТМІВ**

**В. Дубровін, Л. Дейнега, К. Власенко**

*Національний університет «Запорізька політехніка»  
vdubrovin@gmail.com, deynega.larisa@gmail.com, vlas.mi3@ukr.net*

Немає універсально узгоджених визначень якості даних або навіть самої якості[1]. Однак немає жодних суперечок щодо важливості якості даних і наслідків, які вони можуть мати, якщо вони погані. Приклади впливу низької якості даних легко знайти, вони варіюються від незначних інцидентів до серйозних фінансових наслідків і непередбачуваних втрат.

Незважаючи на важливість як якості даних, так і дослідження інтелектуального аналізу даних, кожне з них залишається значною мірою окремим потоком. У дослідженнях інтелектуального аналізу даних концепція вимірювання точності найбільше відповідає дослідженням впливу шуму даних, а концепція вимірювання



повноти – дослідженням відсутніх значень. Проте дослідники інтелектуального аналізу даних зазвичай не посилаються на параметри якості даних і не приділяють чіткого розгляду конструкціям якості даних.

Існує чотири основні гіпотези, кожна з яких складається з групи аналогічних окремих гіпотез [2]. Кожна окрема гіпотеза передбачає окремий вимір якості даних і вплив одного або кількох рівнів якості даних і одного чи кількох рівнів складності проблеми на результати аналізу даних. Нульова гіпотеза для кожного полягає в тому, що якість даних або складність проблеми не матиме істотного впливу на результати аналізу даних. Кожен висловлюється в позитивній формі як альтернативна гіпотеза про наявність значних ефектів. Жодна з чотирьох основних гіпотез не має на меті бути колективною; швидше аналогічні окремі гіпотези були згруповані разом, щоб уникнути довгого списку дуже подібних гіпотез.

Гіпотеза I: Окремо кожен рівень якості даних або рівень складності проблеми матиме значний вплив на результати інтелектуального аналізу даних, як вказує F-міра. Гіпотеза I складається з п'яти окремих гіпотез, по одній для точності, узгодженості, повноти, своєчасності та складності проблеми, і всі вони впливають на результати аналізу даних.

Гіпотеза II: Для будь-якого заданого рівня складності проблеми, оскільки рівень якості даних у будь-якому заданому вимірі знижується, це матиме відповідний негативний і значний вплив на результати інтелектуального аналізу даних, як вказує F-міра.

Гіпотеза II стверджує, що якість даних не тільки матиме значний вплив на результати інтелектуального аналізу даних, але й що ці результати зменшаться з нижчими рівнями якості даних.

Гіпотеза III: Для будь-якого заданого рівня якості даних у визначеному вимірі якості даних у міру зростання рівня складності проблеми буде відповідний негативний і значний вплив на результати аналізу даних. Гіпотеза III стосується значення та напряму основних впливів рівнів складності проблеми на результати інтелектуального аналізу даних. Щоб визначити, чи є суттєві основні ефекти, і якщо так, напрямок цих ефектів, необхідно порівняти низький і середній, середній і високий, а також низький і високий рівні складності проблеми, утримуючи незмінний рівень якості даних. Оскільки існує три порівняння складності проблеми для кожного з трьох рівнів якості даних і чотирьох вимірів якості даних, загалом 36 окремих подібних і аналогічних гіпотез складають Гіпотезу III. Кожне з порівнянь включає вплив двох рівнів якості даних як методів обробки, утримуючи єдиний рівень складності проблеми постійним.

Гіпотеза IV: Загалом, оскільки рівень якості даних будь-якого окремого виміру якості даних знижується, а рівень складності проблеми зростає, їх взаємодія матиме відповідний значний і негативний вплив на результати аналізу даних.

Гіпотеза IV має одну окрему гіпотезу для кожного виміру якості даних. Кожна гіпотеза базується на твердженні про те, що вплив взаємодії окремих параметрів якості даних і складності проблеми на результати аналізу даних буде значним. Крім того, у міру погіршення якості даних або збільшення складності проблеми індивідуальний вплив кожного на результати інтелектуального аналізу даних буде негативним і значним.

Основні ефекти, передбачені в гіпотезах I–III, призначені для розвитку гіпотези IV та оцінки ефектів взаємодії. Очікується, що всі ефекти, які необхідно оцінити в гіпотезах I–III, будуть значними; виявлення значних ефектів взаємодії в гіпотезі IV і будь-які закономірності цих ефектів були б корисними для визначення того, яким чином слід розставляти пріоритети для покращення якості даних і як це впливає на аналіз даних.

[1] T.C. Redman, "Data: An unfolding quality disaster," DM Review, vol. 6. (2004). 7 с.

- [2] Blake R.H. The Effects and Interactions of Data Quality and Problem Complexity on Data Mining. Conference: Proceedings of the 13th International Conference on Information Quality, MIT, Cambridge, MA, USA. (2008). 17 с.

## INFLUENCE OF DATA QUALITY ON THE RESULTS OF DATA MINING ALGORITHMS

**V. Dubrovin, L. Deynega, K. Vlasenko**

*Zaporizhia Polytechnic National University*

*vdubrovin@gmail.com, deynega.larisa@gmail.com, vlas.mi3@ukr.net*

This annotated summary discusses the importance of data quality and its impact on data analysis, emphasizing the lack of universally agreed-upon definitions of data quality. Despite this ambiguity, there is a consensus on the significance of data quality and the potential consequences of poor data quality, ranging from minor incidents to severe financial repercussions and unforeseen losses. The paper addresses the separation between data quality and data analysis research streams, highlighting the need for a cohesive approach. It emphasizes that while the concept of measuring accuracy aligns with the investigation of data noise effects and completeness measurement relates to the study of missing values, data quality parameters are often overlooked in data analysis research. The study introduces four primary hypotheses, each comprising a group of related sub-hypotheses, aiming to understand how different levels of data quality and problem complexity impact data analysis outcomes and interactions among these factors.

## СПРОЩЕННЯ РОЗРАХУНКІВ ЩОДО АМПЛІТУД І ШИРИН ДВОХ НАЙБІЛЬШИХ СКЛАДОВИХ СПЕКТРУ ФОТОЛЮМІНЕСЦЕНЦІЇ ZnS:Mn

**О. Морозов**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*morozov@ffeks.dnu.edu.ua*

Обходячи труднощі загальної проблеми розкладання будь-якого спектру на окремі смуги – функції Гауса, ми скористаємося особливостями спектрів фотолюмінесценції об'ємних кристалів ZnS:Mn, обумовленими різними типами Mn центрів випромінювання [1].

Як відомо, спектр фотолюмінесценції ZnS:Mn має 5 складових, дві з яких найбільшої інтенсивності, розташовані поруч одна з одною, дві середньої інтенсивності, теж розташовані поруч одна з одною, і одна низької інтенсивності, див. рис. 1, що наведений в [2]. Дві окремі смуги найбільшої інтенсивності мають довжини хвиль максимумів випромінювання  $\lambda_1 = 578$  нм і  $\lambda_2 = 600$  нм. Спростим задачу знаходження у першому наближенні двох параметрів: амплітуди  $A$  і ширини  $\sigma$  – цих складових незалежно від інших окремих смуг в рівняннях (4), що наведені в [2] і отримані

проєціюванням інтегрального спектру, апроксимованого степеневою функцією в інтервалі 500 нм - 700 нм, на кожен з цих двох смуг (функцію Гауса з невизначеною шириною) у безмежних границях. Це призведе до появи експоненційних членів з невизначеним аргументом (невідомі ширини смуг  $\sigma_1$  і  $\sigma_2$ ) у цих рівняннях.

Спрощення, що дозволяє збільшити точність першого наближення ширин цих смуг, зв'язано з перенесенням початку координат на осі довжин хвиль випромінювання. Використовуючи апроксимацію частин до та після максимуму інтегрального спектру фотолюмінесценції кристалів ZnS:Mn двома функціями Гауса з різними ширинами, що дає змогу проєціювати його на степеневі функції  $x^0, x^1, x^2, x^3, x^4$  у необмеженому інтервалі довжин хвиль, отримуємо ще одну систему рівнянь (19), що наведені в [2], для невизначених амплітуд і ширин окремих смуг. Перенесення початку координат посередині між максимумами смуг  $\lambda_3 = 616$  нм і  $\lambda_4 = 637$  нм (середніх за вкладом) для рівнянь цієї системи означає, що загальний вклад середніх смуг в непарні проєкції буде мінімальним. Тому в системі рівнянь для смуг максимальної інтенсивності у спектр  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$  треба використовувати саме проєкції на лінійну і кубічну функції від довжини хвилі випромінювання.

З системи першого та другого рівнянь (4) і другого та четвертого рівнянь системи (19), що наведені в [2], лінійних за амплітудами, одержимо систему двох нелінійних рівнянь для ширини смуг  $\sigma_1$  і  $\sigma_2$ , яка містить їх у степенях і є аргументом експоненційної функції.

- [1] Буланый М. Ф. Марганцеві центри випромінювання в монокристалах сульфїду цинка / М. Ф. Буланый, О. В. Коваленко, С. О. Омельченко, А. Р. Омельчук, О. С. Морозов // Фізика і хімія твердого тіла. - 2011. - Т. 12, № 3. - С. 573-578. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/PhKhTT\\_2011\\_12\\_3\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/PhKhTT_2011_12_3_5)
- [2] Морозов О.С. Визначення параметрів функцій Гауса індивідуальних смуг спектра фотолюмінесценції методом розкладення за власними формами. Збірник наукових праць «Системні технології» - 2022, Випуск 3 (140), Д.: НМетАУ, с. 155-162. - Режим доступу: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/article/view/1060>

## SIMPLIFICATION OF CALCULATION OF AMPLITUDES AND WIDTHS OF THE TWO LARGEST COMPONENTS OF ZnS:Mn PHOTOLUMINESCENCE SPECTRUM

**A. Morozov**

*Oles Honchar Dnipro National University  
morozov@ffeks.dnu.edu.ua*

The task of disintegration the photoluminescence spectrum of ZnS:Mn into individual bands - Gaussian functions, with unknown amplitudes and widths is solved by projecting the experimental spectrum. The entire experimental spectrum is approximated by an eighth-degree polynomial for projection onto five individual bands, as well as two parts by halves of Gaussian functions when projecting the spectrum onto a system of power functions  $x^0, x^1, x^2, x^3, x^4$ . A system of 10 equations is obtained regarding the unknown amplitudes and widths of five bands. It is linear for amplitude and nonlinear for width. To determine the parameters of the most intense bands, equations of projection of the spectrum onto these bands are used. To calculate the first approximation, the terms of the bands of lower intensity are ignored in these equations. Equations of projection of the spectrum onto a linear function and a cubic parabola are also

used. The choice of projection onto functions of odd degrees is associated with the transfer of the origin of coordinates to a point in the middle between the bands of average intensity. The term corresponding to one such band in these equations is compensated by the term for the other. As a result, we obtain a system of two equations for the widths of these bands. This system is nonlinear, contains their powers and exponential functions of them, and is solved numerically.

## ПОРІВНЯННЯ ФРЕЙМВОРКІВ LARAVEL ТА SYMFONY ДЛЯ РОЗРОБКИ ВЕБ-ДОДАТКІВ

**Д. Бондаренко, В. Герасимов**

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
*bondarenko\_ds@ffeks.dnu.edu.ua*

При створенні веб-додатків одним з першочергових питань, які постають перед розробниками, є вибір оптимальних інструментів. Фреймворки — це набір інструментів та готових рішень для розробників, які дозволяють спростити та прискорити процес створення веб-додатків. Найбільш популярними фреймворками для мови програмування PHP є Laravel та Symfony.

Laravel — це PHP-фреймворк з відкритим вихідним кодом, призначений для полегшення та прискорення розробки веб-додатків.

Symfony — це PHP-фреймворк з відкритим вихідним кодом для створення складних веб-додатків, а також набір PHP-компонентів, що повторно використовуються.

Фреймворки порівнювались за такими показниками:

- Архітектура MVC. Laravel і Symfony слідуєть архітектурному патерну MVC, що дозволяє розробникам розділяти логіку програми, представлення та управління даними. Це забезпечує легкість підтримки та розширення додатків.
- Шаблонізатор. В обох фреймворках використовуються шаблони для відображення даних у представленнях. Symfony використовує Twig, який є окремим шаблонізатором, тоді як Laravel використовує свою систему шаблонів, що називається Blade. Обидва шаблонізатори надають схожий функціонал та зручний синтаксис для створення представлень.
- ORM. Laravel використовує Eloquent ORM, який реалізує патерн Active Record, що дозволяє працювати з базою даних з використанням об'єктно-орієнтованого підходу. Symfony використовує Doctrine ORM, який надає більш гнучкий метод роботи з базою даних і слідує патерну Data Mapper.
- Продуктивність. Обидва фреймворки оптимізовані для забезпечення хорошої продуктивності веб-додатків. Вони надають засоби для кешування, оптимізації запитів до бази даних та інші методи оптимізації.
- Безпека. Laravel та Symfony забезпечують високий рівень безпеки для веб-додатків, надають інструменти для реалізації аутентифікації та авторизації

користувачів, забезпечують захист доступу до різних частин додатку та контролюють права користувачів.

Основні переваги Laravel:

- Простота у використанні. Laravel має простий та інтуїтивний синтаксис, що робить код легшим для читання та розуміння.
- Безліч готових рішень. Laravel надає широкий набір інструментів і бібліотек для обробки завдань, які часто зустрічаються.

Недоліки Laravel:

- Оновлення та сумісність. Відсутня зворотна сумісність між версіями фреймворку, оскільки вносяться зміни до структури фреймворку та його компонентів, що може призвести до проблем з оновленнями при переході на нові версії Laravel.

Основні переваги Symfony:

- Модульність. Symfony побудований на принципах модульності та розширюваності, що дозволяє розробникам вибирати тільки ті компоненти та бібліотеки, які їм потрібні.
- Довгострокова підтримка. Symfony надає версії з довгостроковою підтримкою, дозволяючи уникати необхідності частотої міграції на нові версії фреймворку.

Недоліки Symfony:

- Високий поріг входу. Symfony потребує розуміння багатьох концепцій та архітектурних патернів.

Вибір між Laravel та Symfony залежить від конкретних вимог проекту. Для простого та середнього за складністю проекту Laravel підходить краще через компактність коду, а також легкість та швидкість розробки. Symfony краще підходить для довгострокових складних проектів, де гнучкість та модульність мають ключове значення.

[1] Laravel - The PHP Framework For Web Artisans [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://laravel.com>.

[2] Symfony, High Performance PHP Framework for Web Development [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://symfony.com>.

[3] Laravel vs. Symfony: A Side by Side Comparison [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://adevait.com/laravel/laravel-vs-symfony-comparison>.

## COMPARISON OF LARAVEL AND SYMFONY FRAMEWORKS FOR WEB APPLICATION DEVELOPMENT

**D. Bondarenko, V. Gerasimov**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*bondarenko\_ds@ffeks.dnu.edu.ua*

When creating web applications, one of the primary questions faced by developers is the choice of optimal tools. Frameworks are a set of tools and ready-made solutions for developers that allow you to simplify and speed up the process of creating web applications. The most popular frameworks for the PHP programming language are Laravel and Symfony.

## ВЕБ-ОРІЄНТОВАНА CRM-СИСТЕМА

**О. Волковський, М. Турчак**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
turchak@ffeks.dnu.edu.ua*

В сучасному світі кожна людина тим чи іншим способом взаємодіє з підприємствами, які надають інформаційні або брокерські послуги. Для таких підприємств існує необхідність безперервного контролю якості наданих послуг, можливості централізовано зберігати та обробляти всю інформацію, котра стосується їх клієнтів, та контролювати робочі процеси підприємства [1]. Оскільки надання підприємствами своїх послуг частіше за все відбувається дистанційно, за допомогою телефону або інтернет мережі, ці підприємства потребують наявності комплексу інструментів, що задовольняли б потребам ведення бізнесу, та змогли б забезпечити взаємодію співробітників з клієнтами, які звертаються за будь-яким з можливих каналів зв'язку, та миттєвий зворотній зв'язок [2].

Проаналізувавши принцип роботи компанії, котра займається наданням інформаційних/брокерських послуг, було визначено, що робочі процеси, в цілому, є модифікованою копією процесів роботи центру обробки дзвінків. Проте, вимоги, що ставляться їх до робочих інструментів різняться в підвищених вимогах стосовно інформаційної безпеки, можливості масштабування, та відмовостійкості. Ці вимоги викликані наявністю персональних даних клієнтів, та інформацією щодо їх фінансової діяльності.

Наразі існує величезна кількість програмних комплексів, які надають можливість використання різноманітних інструментів. Гнучкість цих систем дає можливість адаптувати їх до потреб майже будь-якого бізнесу. Проте, на сьогоднішній день не існує такої системи, чи програмного комплексу, що задовільнив би потреби підприємств з надання інформаційних/брокерських послуг в повній мірі.

Веб-орієнтована система автоматизації управління взаємовідносинами з клієнтами спрямована на забезпечення потреб в функціоналі підприємств, що надають інформаційні/брокерські послуги, а саме:

- Клієнтська база.
- Історія звернень клієнта.
- Інтеграція с віртуальною АТС Asterisk, реакція системи на вихідні/вхідні дзвінки.
- Трансфер дзвінка між користувачами системи.
- Інтерфейс для отримання звернень клієнтів з сторонніх сайтів.
- Планування передзвонів певному клієнту.
- Забезпечення прозвону користувачами списків потенційних клієнтів.
- Повнотекстовий пошук по клієнтській базі.
- 4 рівні доступу до системи – Адміністратор, Менеджер, Closer, Оператор.
- Можливість роботи декількох офісів на одній інсталяції системи.

Модифікація та об'єднання методик для взаємодії працівників інформаційних підприємств, оптимізація роботи користувачів з робочими інструментами шляхом надання єдиної точки доступу до всіх необхідних клієнтських даних та робочих інструментів забезпечують високі показники роботи системи, що підтверджується дослідженнями системи та впливу інтеграції розробленого рішення на показники ефективності співробітників підприємства [3].

- [1] Манченко К. Що таке CRM-система: повний гід по вибору CRM. Блог NetHunt. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nethunt.ua/blog/shcho-takie-crm-sistema-povnij-ghid-po-viboru-crm-dlia-pochatkivtsiv/> (дата звернення: 12.10.2023).
- [2] Що таке CRM: визначення, типи та стратегії | Snov.io. Sales automation & acceleration at scale | Snov.io. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://snov.io/glossary/ua/customer-relationship-management-crm-ua/> (дата звернення: 12.10.2023).
- [3] Best Web-Based CRM Software - 2023 Reviews & Pricing. Business Software Reviews from Software Advice®. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.softwareadvice.com/crm/online-crm-comparison/> (date of access: 12.10.2023).

## WEB-BASED CRM SOFTWARE

**O. Volkovskiy, M. Turchak**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*turchak@ffeks.dnu.edu.ua*

The developed web-based customer relationship management automation system is aimed at meeting the functionality needs of enterprises providing information/brokerage services.

Modification and unification of methods for interaction between employees of information enterprises, optimisation of users' work with working tools by providing a single point of access to all necessary client data and working tools ensure high performance of the system, which is confirmed by research of the system and the impact of the integration of the developed solution on the performance indicators of the enterprise's employees.

## ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ РЕА ШЛЯХОМ РЕІНЖИНІРИНГУ

**Ю. Лаврич, С. Плаксін, І. Тимченко, Ю. Шкіль**

*Інститут транспортних систем і технологій НАН України*

*lavrich@westa-inter.com, jurynlav@gmail.com*

Вітчизняна радіоелектронна апаратура (РЕА), яка перебуває в експлуатації з минулого століття, в більшості практично вичерпала встановлений технічний ресурс. Практично всі зразки, що перебувають у експлуатації, знято з виробництва, припинено виробництво всієї номенклатури її елементів, що робить питання відновлення працездатності РЕА дуже актуальним на сучасному етапі.

Питання забезпечення надійної експлуатації РЕА з морально застарілою елементною базою, характерна не лише для України, але і для ряду провідних зарубіжних країн. Життєвий цикл сучасних РЕА істотно вищий за застосовану елементну базу (ЕКБ) і відбувається безнадійне старіння виробів ЕКБ і функціональна деградація електронних систем, у разі якщо системи нездатні еволюціонувати і розвиватися в процесі своєї експлуатації.

Рішенням сучасної проблеми може бути отримання інструментарію вивчення існуючих технічних рішень з урахуванням їх подальшого використання за допомогою реінжинірингу. Основна мета реінжинірингу – це не клонування існуючих об'єктів техніки, а створення інноваційних технічних рішень з використанням вже отриманих даних для власних розробок. Вибору як самого об'єкта реінжинірингу має передувати техніко-економічний та технологічний аудит об'єкта, запланованого для переведення на нову елементну базу. Застосування реінжинірингу потребує фундаментального переосмислення та перепроєктування існуючих конструктивно-схемних основ побудови для забезпечення відновлення об'єкта реінжинірингу. Це є необхідний та обов'язковий етап створення інструменту забезпечення умов реінжинірингу.

Конструктивно-ієрархічна схема більшості РЕА є багаторівневою. Але при цьому в більшості РЕА використовується принцип модульності, як сукупності принципів проектування та конструювання, для якого характерна одна загальна вимога – електричні схеми та конструкції (модуль, осередок, блок тощо) РЕА повинні бути функціонально закінченими (ФЗА) на відповідних рівнях. Вибір конструктивного рівня існуючої РЕА, як об'єкта реінжинірингу, здійснюють, виходячи з того, наскільки затребуваний даний рівень, які витрати його ресурсу, які обсяги формування цільових функцій. Використання існуючої базово-несучої конструкції (БНК) дозволяє зменшити собівартість переведення осередку на нову елементну базу приблизно на 30 %, оскільки частка БНК в оптовій ціні становить близько 40 %. Збереження БНК усіх рівнів, у тому числі модуля та осередку, дозволить, окрім зменшення матеріальних витрат, зменшити час переведення на нову елементну базу, забезпечити повну конструктивну ідентичність та взаємозамінність на всіх рівнях ФЗА.

Нова схемотехнічна побудова обраних об'єктів реінжинірингу може бути забезпечена лише переходом на сучасну елементну базу. Для цього потрібно як вибір елементної бази, так і дослідження схемотехнічних рішень функціональних вузлів на логічному та електричному рівнях, їх моделювання та подальше перепроєктування модулів і осередків, як елементів першого і другого конструктивного рівня РЛС.

На рис.1 показана модель одного каналу логічної схеми модуля 2ТМ РЛС 5Н86.

Проведене моделювання існуючих модулів дозволило отримати дані для проведення перепроєктування їх на новій елементній базі.



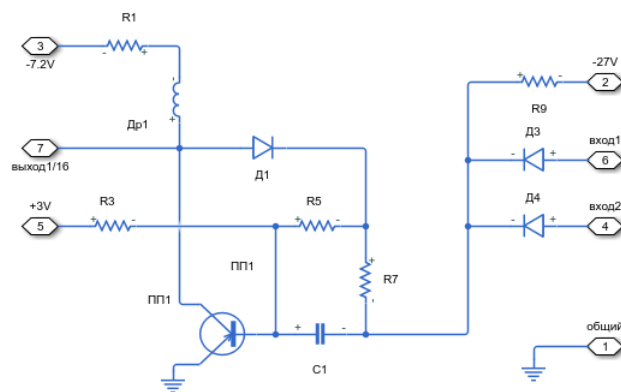


Рис.1 – Модель одного каналу логічної схеми 2I – НІ модуля 2ТМ – 50.

Вихідним продуктом реінжинірингу стає модель, яка дозволяє провести дослідження модулів осередку, принципів роботи, ступеня відповідності закладеним функціям і способів реалізації.

Для перевірки можливості збереження існуючих принципів роботи осередків та модулів на новій ЕКБ також проведено моделювання осередків та модулів з використанням інструментів симуляції програмних засобів Nina-Ti (Texas Instruments), використовуючи результати моделювання існуючих модулів на їх ЕКБ. Модель одного каналу модуля 2ТМ – 50 на новій ЕКБ показана на рис.2.

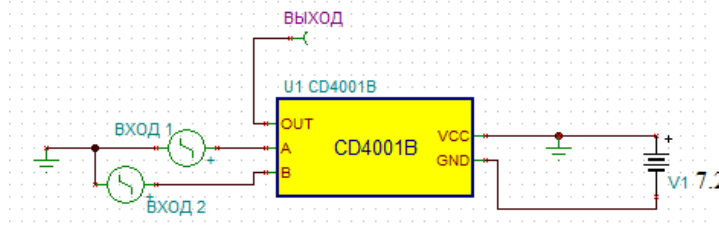


Рис.2 – Модель одного каналу логічної схеми 2I – НІ модуля 2ТМ – 50.

Отримані за результатами моделювання таблиці істинності в логічних рівнях, в рівнях напруги та часові діаграми в обох випадках порівнюються щодо відповідності розроблених моделей. Розроблені зразки модуля на новій ЕКБ показали повну відповідальність існуючим і показали, що реінжиніринг є одним із ефективних механізмів відновлення працездатності РЕА.

## RESTORATION OF WORKING CAPACITY OF REA THROUGH REENGINEERING

**Yu. Lavrych, S. Plaksin, I. Timchenko, Yu. Shkil**

*Institute of Transport Systems and Technologies  
of the National Academy of Sciences of Ukraine  
lavrich@westa-inter.com, jurynlav@gmail.com*

The problems of maintaining the operational efficiency of the radio-electronic equipment, which has developed its technical resource and the production of the elemental base of which has been discontinued, are analyzed. An approach to restoring the operability of radio-electronic equipment through the use of reengineering technologies is substantiated.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВІДБИТТЯ ПІННИХ СТРУКТУР В МІЛІМЕТРОВОМУ ДІАПАЗОНІ

Л. Філінський, О. Дробахін

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
leonidfil2016@gmail.com

Вивчення питань відбиття електромагнітного випромінювання в міліметровому діапазоні в пінних структурах становить інтерес як з точки зору теорії відбиття, розсіювання і перенесення випромінювання середовищами [1], так і для різних завдань гідрофізики, колоїдної хімії, радіофізики та практичних завдань народного господарства, де широко використовуються піни.

В даній роботі приведені результати вимірювань характеристик відбиття рідких пінних структур в міліметровому діапазоні від 38 до 52 ГГц впродовж інтервалу часу існування пінних структур, який сягав 250 хвилин і більше.

На рис. 1. дана схема установки для вивчення відбиття хвиль в пінних структурах на базі вимірювально-обчислювального комплексу, що складається з: 1 – свіп генератора; 2 - мікрохвильового кабеля; 3, 4 – спрямованих відгалужувачів хвилевідного рефлектометра; 5 - антени; 6 - зразка піни для дослідження, розміщеного на металевій підкладці; 7 – металевій підкладці; 8 - індикатора; 9 - ПЕОМ; 10 - блока загального інтерфейсу; 11 – ЦАП; 12 - АЦП. Даний комплекс забезпечував вимірювання в зазначених діапазонах частот.

Для калібрування використовується відбиття від металевого листа, який розміщують в верхній та нижній площині зразка. При розміщенні вимірюваного зразка пінної структури 6 на металевій підкладці 7 на екрані індикатора 8 можна спостерігати амплітудно-частотну характеристику відбиття, або після перетворення Фур'є просторову характеристику сигналу відбиття від досліджуваного зразка піни, яка надає розподіл відбиття по глибині зразка.

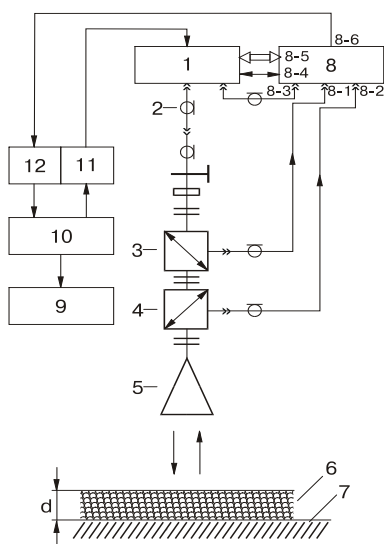


Рис.1. Схема вимірювального комплексу.

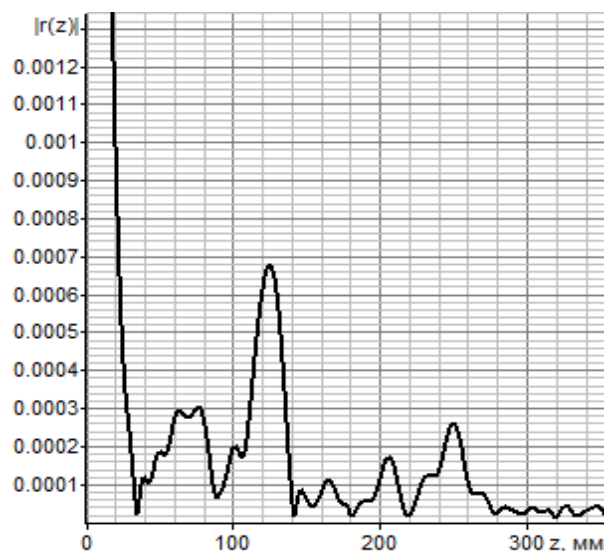


Рис.2. Просторова характеристика неоднорідностей вимірювального тракту зі зразком піни (час існування 35 хв).

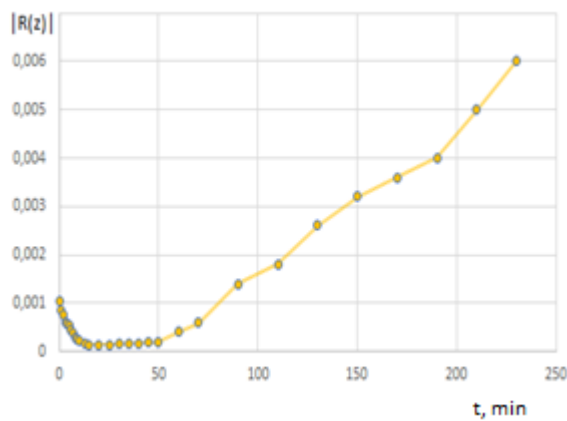


Рис. 3. Характеристика відбиття від верхньої грані зразка в залежності від часу існування зразка пінної структури.

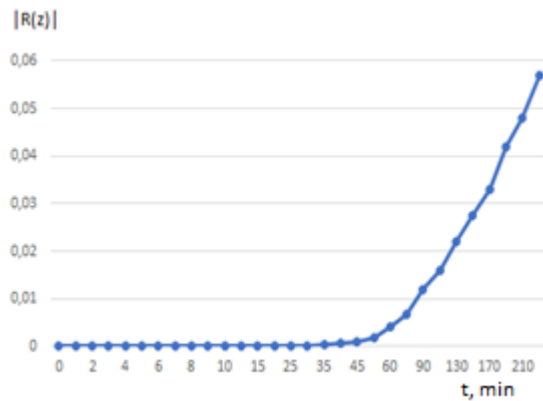


Рис.4. Характеристика відбиття від нижньої грані зразка в залежності від часу існування зразка пінної структури.

Досліджувалися пінні структури, утворені повітряно-механічним способом з 6% водного розчину алкілсульфату. Кратність піни - 45, середній діаметр бульбашок 1 мм, товщина зразка піни 54 мм.

На рис. 2 (35 хвилин – час існування зразка) в області, близькій до 205 мм, показаний імпульс відбиття від верхньої площини зразка піни, його амплітуда має значення 0,00018. Відбиття від нижньої площини зразка пінної структури видно в області близько 250 мм, воно знаходиться на рівні амплітуди 0,00026.

На рис. 3 наведено інформацію про зміну відбиття від верхньої площини зразка піни в залежності від часу існування зразка. Від 1 до 10 хвилин амплітуда відбиття поступово зменшувалася від 0.001 до 0,00084 і залишалася на такому рівні до 50 хвилин, а потім поступово збільшувалася до 0.006 в області близькій до 250 хвилин.

На рис. 4 приведено зміну відбиття від нижньої грані зразка піни в залежності від часу його існування. Від 1 до 50 хвилин амплітуда відбиття залишалась на рівні 0,00084, а потім поступово збільшувалася до 0.06 в області близькій до 250 хвилин.

Пінна структура формує мале відбиття навіть від металу, з часом воно змінюється, що обумовлено постійною зміною внутрішньої структури пінного зразка.

[1] Kharkovsky S., Case J.T., Abou-Khousa M.A., Zoughi R., and Hepburn F.L. Millimeter-wave detection of localized anomalies in the space shuttle external fuel tank insulating foam, IEEE Trans. Instrum. Meas. vol. 55 no. 4 pp. 1250-1257 Aug. 2006.

## STUDY OF REFLECTION CHARACTERISTICS OF FOAM STRUCTURES IN THE MILLIMETER RANGE

**L. Filins'kyy, O. Drobakhin**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*leonidfil2016@gmail.com*

Some experimental results for dynamic foam structures reflection in frequency range of 38-52 GHz against foam existence time up to 250 min are presented.

## ШАРОВА ДІЕЛЕКТРИЧНА УЗГОДЖУВАЛЬНО-ВІДБИВНА СТРУКТУРА ДЛЯ СИСТЕМИ ПЕРЕДАВАННЯ ЕНЕРГІЇ МІКРОХВИЛЬОВИМИ ПРИСТРОЯМИ

**М. Потапов, О. Дробахін**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
maks104p@gmail.com*

Останнім часом все більше приділяється увага напряму науки і техніки пов'язаним з розробкою інноваційних технологій створення нових вискоефективних систем безпровідного передавання енергії (БПЕ) [1]. Безпровідне передавання енергії – це перспективна технологія енергопостачання різних споживачів енергії. На цей час можна виділити кілька способів БПЕ: індукційний, мікрохвильовим променем, лазерним променем та збір енергії з навколишнього електромагнітного поля. Класична система БПЕ мікрохвильовим променем складається з передавальної підсистеми, в якій енергія первинного джерела перетворюється за допомогою мікрохвильового генератора і антени в сфокусоване електромагнітне випромінювання. У зоні Френеля розташована приймальна підсистема у вигляді ректени, завданням якої є приймання і перетворення електромагнітного випромінювання в постійний струм, що надходить до споживача енергії. Класичні системи БПЕ широко використовуються в різноманітних областях. В першу чергу це створення альтернативних джерел енергії – сонячних космічних електростанцій, енергія з яких повинна передаватися сфокусованим мікрохвильовим променем і прийматися наземними ректенними системами, передача енергії в важкодоступні райони, дистанційне енергопостачання об'єктів, які знаходяться тривалий час в повітрі та ін.

Через наявність нелінійних елементів у системі БПЕ відбувається перевипромінювання вищих гармонік. Головною для практичного розгляду є друга гармоніка. Для того, щоб відбити випромінювання на частоті другої гармоніки, була розглянута узгоджувально-відбивна структура в вигляді 13 діелектричних шарів у прямокутному хвилеводі, яка мала відбивати сигнал на частоті 20 ГГц (частота другої гармоніки), та бути узгоджувальною для частоти першої гармоніки, на якій йде передавання енергії. Ця структура є взаємною, тобто коефіцієнт відбиття з однієї сторони структури дорівнює коефіцієнту відбиття з іншої сторони. Для розрахунку структури була використана математична програма. По-перше, було знайдено діелектричні проникності для перших 7 шарів з  $\epsilon_1=1.45$  до  $\epsilon_7=33.3$ , потім до них було додано ще 6 таких же шарів, але в оберненому порядку з  $\epsilon_8=18.9$  до  $\epsilon_{13}=1.45$ . Ця структура була узгоджена на частоті 10 ГГц та перебувала у прямокутному хвилеводі, який мав поперечний переріз 23мм×10мм та був заповнений повітрям ( $\epsilon=1$ ). По-друге, було знайдено такі оптимальні товщини цих 13 шарів, при яких на частоті  $f=10$  ГГц можна отримати мінімальний коефіцієнт відбиття, а на частоті  $f=20$  ГГц – максимальний коефіцієнт відбиття. При цьому було враховано, що кут падіння електромагнітної хвилі на шарувату структуру в хвилеводі залежить від довжини хвилі та знаходиться за концепцією Бріллюена для основної хвилі  $H_{10}$  за такою формулою (1):

$$\theta_i = a \sin\left(\frac{\lambda}{2a}\right). \quad (1)$$

Коефіцієнт відбиття структури був знайдений за допомогою відомого виразу (2):

$$R(f) = \frac{R_{01} + R_{12} \exp(-i \cdot 2\varphi)}{1 + R_{01} R_{12} \exp(-i \cdot 2\varphi)}, \quad (2)$$

де  $R_{01}$  та  $R_{12}$  коефіцієнти відбиття, які знаходяться за відомою формулою Френеля. Таким чином для розглянутої структури була побудована залежність модуля коефіцієнта відбиття за потужністю від частоти (рис. 1).

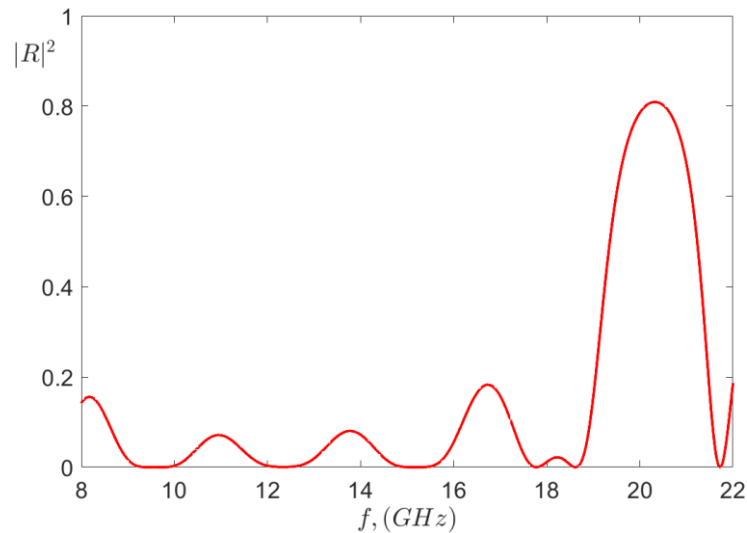


Рисунок 1 – Залежність модуля коефіцієнта відбиття за потужністю від частоти

У смузі частот від 9 ГГц до 10 ГГц є смуга частот, де модуль коефіцієнта відбиття за потужністю приймає практично нульові значення. На частоті другої гармоніки (20 ГГц) реалізується доволі велике значення величини модуля коефіцієнта відбиття за потужністю, що відповідає сильному відбиттю від структури. Така структура може використовуватись не тільки для передавання неперервних сигналів, але також і для лінійно частотно-модульованого (ЛЧМ) сигналу у смузі частот в 1 ГГц.

[1] Aliksieiev, V., Gretskih, D., Gavva, D., & Lykhograi, V. (2022). Wireless power transmission technologies. Radiotekhnika, 4(211), 114–132.

## LAYERED DIELECTRIC MATCHING-REFLECTIVE STRUCTURE FOR ENERGY TRANSMISSION SYSTEM WITH MICROWAVE DEVICES

**M. Potapov, O. Drobakhin**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*maks104p@gmail.com*

A matching-reflective structure was built in the form of 13 dielectric layers in a rectangular waveguide. Optimal dielectric constants and thicknesses of these layers were found. A graph of the dependence of the modulus of the power reflection coefficient against the frequency was constructed. The frequency band from 9 GHz to 10 GHz with minimal value of the power reflection coefficient modulus was obtained. And at the second harmonic frequency of 20 GHz, a large value of the modulus of the reflection coefficient was provided.

## ВИКОРИСТАННЯ РУПОРІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ФАЗОВАНОЇ АНТЕННОЇ РЕШІТКИ

Є. Трахтман, Д. Салтиков

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
genya.trakhtman@gmail.com

Лінійні антенні решітки з ТЕМ рупорів широко використовуються як надширокосмугові антени, а також як елементи надширокосмугових двомірноперіодичних плоских і циліндричних решіток. Характеристики випромінювання та узгодження лінійних решіток з ТЕМ рупорів, розташованих як в Е, так і Н-площині, досліджені в роботах [1-2]. За допомогою рупорів вдається зменшити значення модуля коефіцієнта відбиття  $|R|$ , а також розширити смугу робочих частот антенної решітки. Наприклад, робоча смуга узгодження лінійної решітки з ТЕМ рупорів, починаючи з 6-елементних решіток, перевищує величину 1:20. А у режимі сканування для такої решітки робоча смуга частот звужується до 1:5. Проводились дослідження з використанням рупорів з рівними стінками (регулярні) та зі стінками з експоненціальною або квадратичною твірною (нерегулярні).

В попередній роботі [3] було розглянуто узгодження хвилевідної антенної решітки за допомогою діелектричної вкладки; металевіої діафрагми; а також сумісно шару діелектрика і діафрагми. Метою даної роботи було дослідження можливостей узгодження антенної решітки в усьому діапазоні кутів сканування за допомогою рупорних випромінювачів.

Методом скінченних елементів було проведено чисельне моделювання фазованої антенної решітки з металевими рупорами. Знайдено оптимальні геометричні розміри рупора для найкращого узгодження антенної решітки при скануванні в Н-площині (рис. 1). Діаграма спрямованості для цієї решітки наведена на рисунку 2.

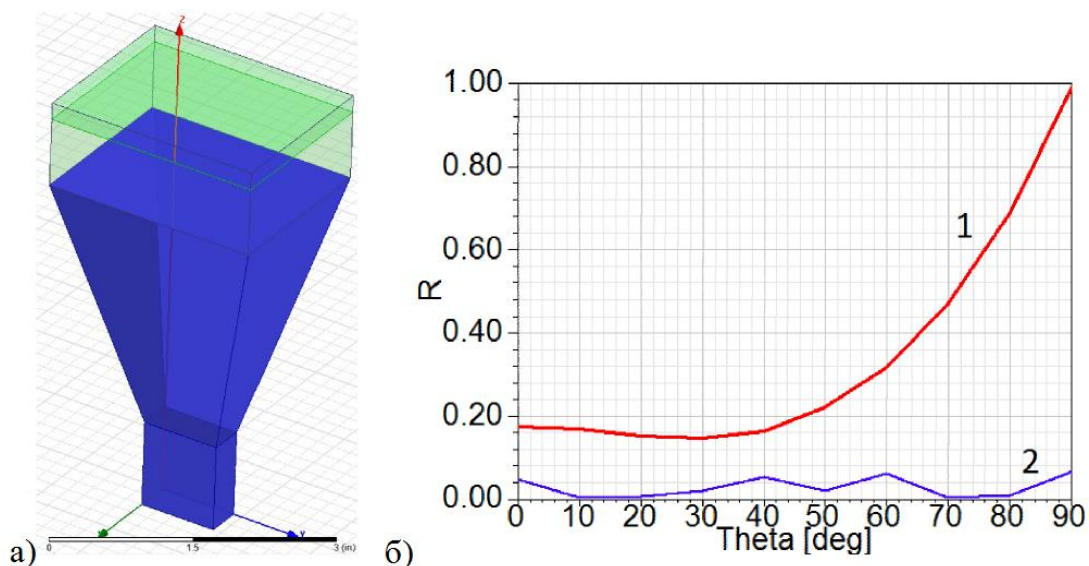


Рисунок 1 – а) Модель однієї комірки фазованої антенної решітки (25x25 елементів) з прямокутних хвилеводів (розміри 22.86x10.16 мм) з металевими рупорами на кінці (розміри кінця рупора 63.5x50.8 мм; висота 76.2 мм; частота рішення 9.25 ГГц); б) Залежність  $|R|$  від кута сканування в Н-площині для антенної решітки з прямокутних хвилеводів: 1 – без використання рупорів (середнє значення  $|R|=0.324$ ); 2 – з рупорами (середнє значення  $|R|=0.027$ )

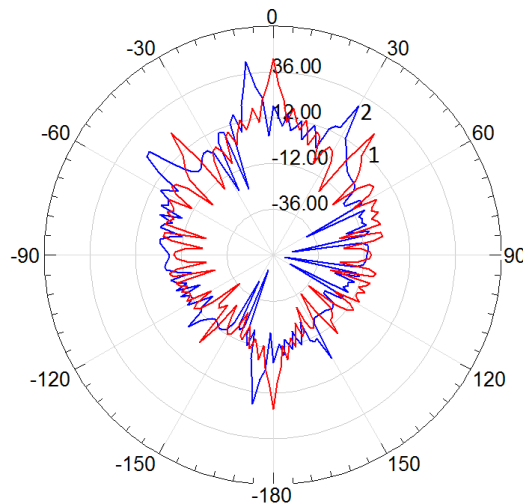


Рисунок 2 – Діаграма спрямованості для фазованої антенної решітки (25x25 елементів) з прямокутних хвилеводів з рупорними випромінювачами (в децибелах): 1 – кут сканування 0°; 2 – кут сканування 30°

Якщо взяти інші розміри рупора для зменшення його розміру – 43.18×30.48 мм і висоту 43.18 мм, то середнє значення  $|R|=0.054$ .

Були розглянуті рупори різних конфігурацій. Встановлено, що Н-секторіальний рупор, який розширюється тільки в Н-площині, дозволяє зменшити значення  $|R|$  лише для малих кутів сканування ( $\theta < 40^\circ$ ). Е-секторіальний рупор, який розширюється тільки в Е-площині, узгоджує краще, ніж Н-плоскостний, середній середнє значення  $|R|=0.112$ , але це все одно в декілька разів більше, чим у разі пірамідального рупору, для якого середнє значення  $|R|=0.027$ .

- [1] Wang J., Tian C., Luo G., Chen Y., Ge D. Four-element TEM horn array for radiating ultrawideband electromagnetic pulses. *Microw. Opt. Technology Lett.* Vol. 31. (2001). P. 190 – 194.
- [2] Keskin A.K., Senturk M.D., Turk A.S. Quasi TEM horn antenna array for rescue radar buried victims under rubble. 8th International Workshop Advanced Ground Penetrating Radar (IWAGPR). Florence, Italy, 2015, pp. 1-3.
- [3] Morozov V.M., Magro V.I., Trakhtman E.Yu. Study of electromagnetic wave diffraction by a dielectric coating and metal diaphragm over an endless waveguide antenna array. *Journal of Physics and Electronics.* Vol. 30(1). (2022). P. 65–70.

## IMPROVING THE CHARACTERISTICS OF THE PHASED ANTENNA ARRAY BY USING HORNS

**Ye. Trakhtman, D. Saltykov**

*Oles Honchar Dnipro National University  
genya.trakhtman@gmail.com*

A two-dimensional phased antenna array consisting of rectangular waveguides and horn emitters is considered. The research of scanning in the H-plane was carried out using the finite element method. The dependence of the module of the reflection coefficient of the incident wave on the scanning angle is calculated. The optimal geometric dimensions of the horn were obtained.

# СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ АНТЕН НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ПРИСТРОЮ

**І. Прокопенко, Д. Чернетченко**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
ivanprokopenko567@gmail.com*

Мікроконтролер - це портативний програмно-керований пристрій для обробки інформації на одній інтегральній схемі, який призначений для управління конкретними завданнями в електронних системах. Він поєднує в собі функції центрального процесора, пам'яті та інтерфейсів вводу/виводу на одній мікросхемі. Мікроконтролери широко використовуються у вбудованих та промислових системах управління, таких як: ігрові системи, цифрові камери, системи розумного дому, автоматизація промислових об'єктів, тощо.

Ключова особливість полягає в тому, що їх можна програмувати, а це означає, що ми маємо змогу налаштувати систему з використанням мікроконтролерів для виконання конкретних завдань. Мови програмування, що використовуються для написання коду для мікроконтролерів, залежать від виробника і типу мікроконтролера. Найбільш популярними є C, C++ та мова асемблер [1]. Своє місце мікроконтролери знайшли і в області обробки прийнятих та переданих сигналів, аналізу їх параметрів та зображення графічних сигналів. Пристрій який поєднує весь перерахований функціонал має назву векторний мережевий аналізатор.

Векторний мережевий аналізатор (VNA) дуже схожий на мультиметр, який вимірює опір. Але якщо мультиметр вимірює опір при постійному струмі (DC, 0 Гц), то VNA вимірює опір радіочастотного або мікрохвильового ланцюга на їх робочій частоті, вимірюючи як опір, так і фазу (вони складають вектор) ланцюга. Крім того, VNA може також вимірювати коефіцієнт підсилення або втрати між двома портами ланцюга, знову ж таки за величиною і фазою. А вимірюючи діапазон частот, вони надають графік імпедансу і коефіцієнта підсилення в діапазоні частот.

Радіочастотна система працює найкраще, коли її компоненти узгоджені між собою, а вихідний імпеданс відповідає вхідному імпедансу наступного компонента. Особливо антени можуть мати широкий діапазон імпедансів, і їх потрібно вимірювати та узгоджувати з пристроями, до яких вони підключаються [2].

Основою для розробленої системи було обрано комп'ютер Raspberry Pi 4 Model B. Raspberry Pi працює в екосистемі з відкритим вихідним кодом: він працює під управлінням Linux (різні дистрибутиви), а його основна підтримувана операційна система, Pi OS, має відкритий вихідний код і працює з набором програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом. Raspberry Pi 4B є значним покращенням у порівнянні зі своїми попередниками, з різним об'ємом оперативної пам'яті від 2 ГБ до 8 ГБ оперативної пам'яті. Він також має швидший процесор з тактовою частотою 1,5 ГГц і гарне поєднання портів USB 2.0 і 3.0 [3].

Raspberry Pi 4 Model B займається управлінням системою та корегуванням точності наведення антен. Відповідає за з'єднання та передачу даних для віддаленого керування за допомогою стандарту ширококугової бездротової мережі IEEE 802.11ac Wireless (2.4 ГГц 5.0 ГГц). Віддалене керування забезпечується мобільним пристроєм на якому встановлено мобільний додаток оригінальної розробки.

Також Raspberry Pi 4 Model B займається відправкою отриманих характеристик від векторного аналізатора NanoVNA, на мобільний пристрій.



Мобільний додаток дозволяє вдало скомпонувати відображення роботи всіх систем на одному пристрої для більш наглядної та комфортної роботи користувача при використанні даної системи. Сам додаток розроблено за технологією фреймворка Flutter та мови програмування Dart. За допомогою вбудованих алгоритмів можливо досягти точного наведення антени як в автоматичному так і в ручному режимах.

Програмне налаштування поворотного механізму реалізовано з використанням алгоритму ПІД-регуляції. Цей спосіб дозволяє налаштувати крокові двигуни з достатньою для системи точністю.

Коректне поєднання роботи перерахованих вище функціональних вузлів дає можливість точного налаштування антен у просторі. А використання векторного мережевого аналізатору надає точні параметри вимірювання роботи антен.

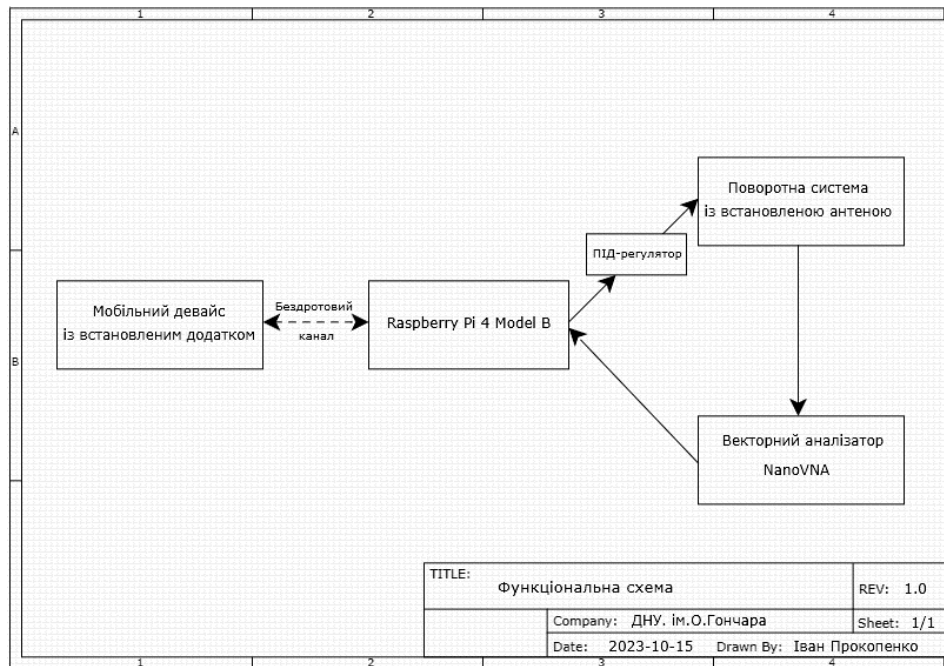


Рис.1. Функціональна схема роботи системи

- [1] Microcontroller and its Types [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.geeksforgeeks.org/microcontroller-and-its-types/>.
- [2] Vector Network Analyzer FAQ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.megiq.com/resources/vector-network-analyzer-faq>.
- [3] What is a Raspberry Pi? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://opensource.com/resources/raspberry-pi>.

## SYSTEM FOR AUTOMATIZED MEASUREMENT OF ANTENNA PARAMETERS BASED ON A MICROCONTROLLER DEVICE

**I. Prokopenko, D. Chernetchenko**

*Oles Honchar Dnipro National University*

A vector network analyzer is utilized to measure the productivity of circuits or networks such as amplifiers, filters, attenuators, cables, and antennas. For that, it applies a test signal to the network, measures the reflected and transmitted signals, and compares them to the test one. Such parameters as signal amplitude and phase are also measured.

## ЛОГОПЕРІОДИЧНА АНТЕНА НА БАЗІ ШИРОКОСМУГОВОГО ВІБРАТОРА

**С. Бухаров, В. Усатенко**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
sergeyvbuharov@gmail.com*

Логоперіодичні антени широко використовуються у телекомунікаціях, радарних застосуваннях, системах радіоелектронної боротьби [1]. Класична ЛПА будується на базі циліндричних дровових вібраторів. В роботі досліджуються властивості друкованої ЛПА, що побудована на базі широкосмугового вібратора (рис.1).

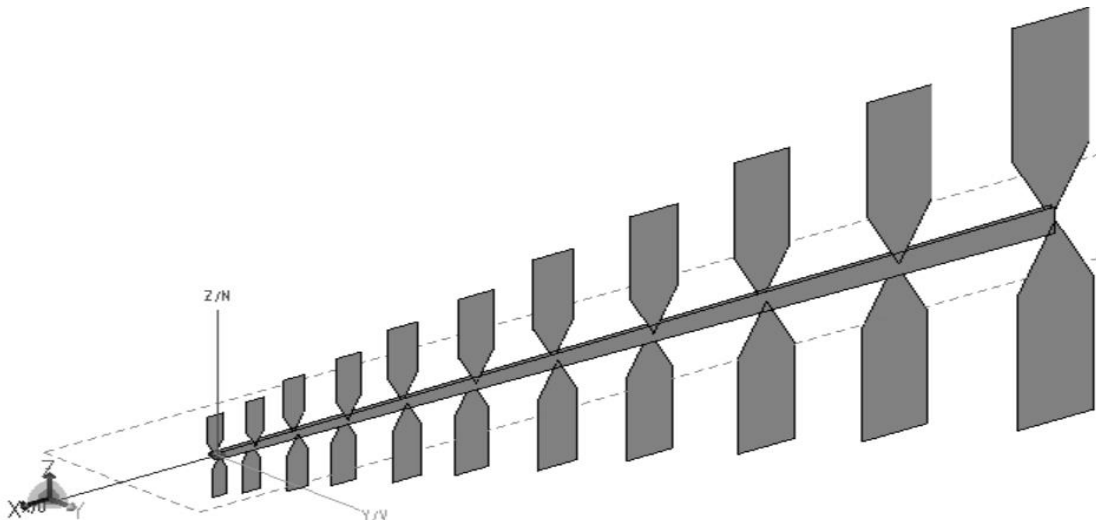


Рис.1 ЛПА на базі широкосмугового вібратора.

Для моделювання задачі було використано середовище FEKO, в якому реалізовано метод моментів (МоМ). Отримано робочий діапазон частот 800-2700 МГц, покращено узгодження у верхній тритині робочої смуги, коефіцієнт підсилення 6.5-8 дБ.

[1] Дубровка Ф.Ф., Василенко Д.О., Овсяник Ю.А. Ультраширокопосмугові планарні антени. Вісник Національного технічного університету України "КПІ". Серія - Радіотехніка. Радіоапаратобудування. Вип. 33 (2006).

## LOGO-PERIODIC ANTENNA BASED ON A BROADBAND VIBRATOR.

**S. Bukharov, V. Usatenko**

*Oles Honchar Dnipro National University  
sergeyvbuharov@gmail.com*

The properties of the printed LPA built on the basis of a broadband vibrator were investigated. The working frequency range of 900-2700 MHz was obtained, the agreement in the upper third of the working band was improved, the amplification factor was 6.5-8 dB in the entire working band.

## УПРАВЛІННЯ ШВИДКІСТЮ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ПО ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ КАНАЛАХ З АДТИВНИМ ШУМОМ

**В. Корчинський**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
korchins50k@i.ua*

У роботі пропонується метод управління швидкістю передачі сигналів у каналах з адитивним шумом та обмеженою частотною смугою пропускання каналу. Метод базується на компресії даних оптимізованих за критеріями: 1) мінімізація інформаційної відстані між скомпресованим та вихідним сигналами; 2) максимізація відношення сигнальної енергії інформативного сигналу, збереженої у скомпресованому зображенні, до сигнальної енергії залишкового шуму (SNR).

В основу пропонованого методу покладено компресію інформаційного сигналу з адитивним шумом шляхом подання в одному з ортонормованих дискретних функціональних базисів:

$$s(n) = \sum_{k=1}^{N-1} c_k \cdot u_k(n), \quad (1)$$

де  $u(n, k)$  - базисні функції.

Здійснюємо обнуління частини коефіцієнтів розкладу (1), починаючи з номеру  $K$ :  $C_k = c_k$  при  $k = \overline{0, K}$ ;  $C_k = 0$  при  $k \geq K$ . Відновлення скомпресованих сигналів реалізується перетворенням, оберненим до (1).

За варіювання порогу обнуління  $K$  змінюються як відношення «сигнал/шум» (SNR), так й відмінність між відновленим та вихідним інформаційними сигналами (відповідно  $S_n$  та  $s_n$ ), за міру якої прийнято відстань Махаланобіса між ними як таку, що враховує кореляцію між сигналами, що аналізуються [1]. Визначення порогу обнуління  $K$  формулюємо як однопараметричну двокритеріальну оптимізаційну задачу досягнення мети з цільовими функціями  $F_1(K)$  - залежність від  $K$  відстані Махаланобіса між вихідним та відновленим сигналами;  $F_2(K)$  - залежність від  $K$  відношення «сигнал/шум» у відновленому сигналі. Значення мети оптимізації:  $G_1$ ,  $G_2$  - задані значення відстані Махаланобіса та SNR відповідно.

Для розв'язання поставленої оптимізаційної задачі використано метод, відомий під назвою «goal attain method» [2], який у наведеній постановці зводиться до визначення порогу  $K$ , за якого мінімізується допоміжний параметр  $\gamma$  при обмеженнях

$$F_1(K) - w_1 \cdot \gamma \leq G_1; F_2(K) - w_2 \cdot \gamma \leq G_2. \quad (2)$$

Тут через  $w_1, w_2$  позначені вагові коефіцієнти значущості критеріїв, які належать інтервалу  $[0, 1]$ . Надалі приймаємо  $w_1 = 1$ ,  $w_2 = 1$  (однакова значущість обох критеріїв). З означення процедури компресії випливає, що відстань Махаланобіса та SNR відновленого сигналу збільшуються при збільшенні порогу обнуління.

На рисунку 1 подано фрагмент залежностей від номеру відліку вихідного та відтвореного інформаційних сигналів за оптимальних значень відстані Махаланобіса та SNR для каналного шуму з гаусівським розподілом. На рисунку 2 наведено аналогічну залежність для релеєвського статистичного розподілу шуму. Суцільні криві – динаміка вихідного сигналу, штрих-пунктирні криві – динаміка реконструйованого сигналу. Для компресії сигналів використано

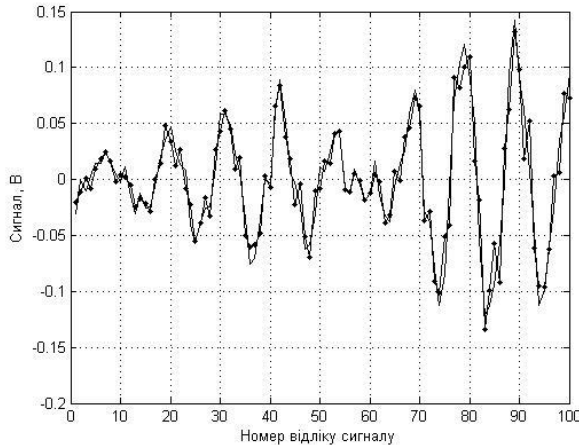


Рисунок 1. Динаміка вихідного та відтвореного сигналів для гаусівського каналного шуму

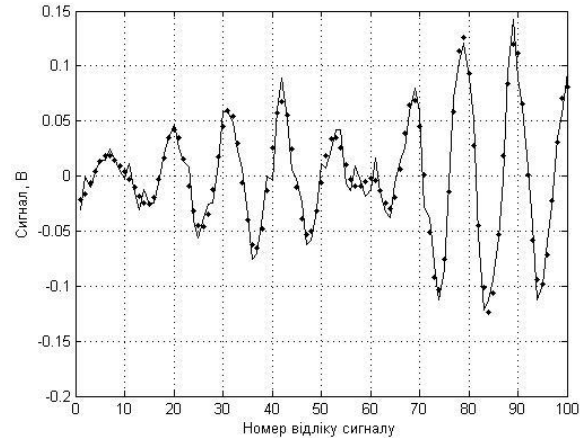


Рисунок 2. Динаміка вихідного та відтвореного сигналів для релеєвського каналного шуму

Показано, що інформаційна відстань Махаланобіса між первинним (вихідним) та відтвореним сигналами для гаусівського каналу менша, ніж для релеєвського каналу.

Встановлено, що за використання запропонованого методу взаємна швидкість передавання набуває максимального значення при оптимальному значенні SNR.

За результатами порівняльного аналізу використання різних дискретних функціональних базисів (Уолша, Хаара, Хартлі, дискретного косинусного перетворення) як основи для компресії інформаційних сигналів показана найбільша ефективність за зазначеними оптимізаційними критеріями дискретного функціонального базису Хартлі.

[1] Proakis J.G. Digital Communications. N.-Y.: McGraw-Hill (2004). 928 p.

[2] Steur R.E. Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation and Application. New York: John Wiley & Sons Inc. (1986). 546 p.

## CONTROL OF DATA TRANSFER RATE OVER TELECOMMUNICATION CHANNELS WITH ADDITIVE NOISE

**V. Korchynskyj**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*korchins50k@i.ua*

A method for controlling the speed of signal transmission by channels with additive noise is proposed, which is based on data compression according to the criteria of minimizing the information distance between the compressed and output signals and maximizing the signal-to-noise ratio.

## ЧАСОВА ДИНАМІКА ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕДАЧІ ТРАНЗАКТІВ У БАГАТОСЕРВЕРНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

**М. Резнік, В. Корчинський**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
korchins50k@i.ua*

Кількісні характеристики якості передачі транзактів у багатоканальних телекомунікаційних системах (ймовірність передачі, середня кількість зайнятих серверів та коефіцієнт їх використання) залежать від часу. Відомо, що з плином часу ці характеристики стабілізуються. Суттєвим у прикладному відношенні є питання щодо визначення інтервалу часу, протягом якого відбувається така стабілізація.

Мета даної роботи полягає у визначенні часової динаміки основних характеристик передачі транзактів у багатосерверних телекомунікаційних системах (ТКС) при експоненціальному статистичному розподілі потоку вхідних транзактів.

Як відомо, функціонування багатосерверних ТКС описується системою диференціальних рівнянь А.М. Колмогорова відносно ймовірностей перебування системи у різних станах [1]. У середовищі системи автоматизації науково-технічних розрахунків MATLAB було отримано числовий розв'язок системи А.М. Колмогорова.

На рисунку 1 наведено часові залежності ймовірності передавання транзактів у двосерверній ТКС при трафіках 2.0 ерл (суцільна крива), 4.0 ерл (пунктирна крива) та 6.5 ерл (кола).

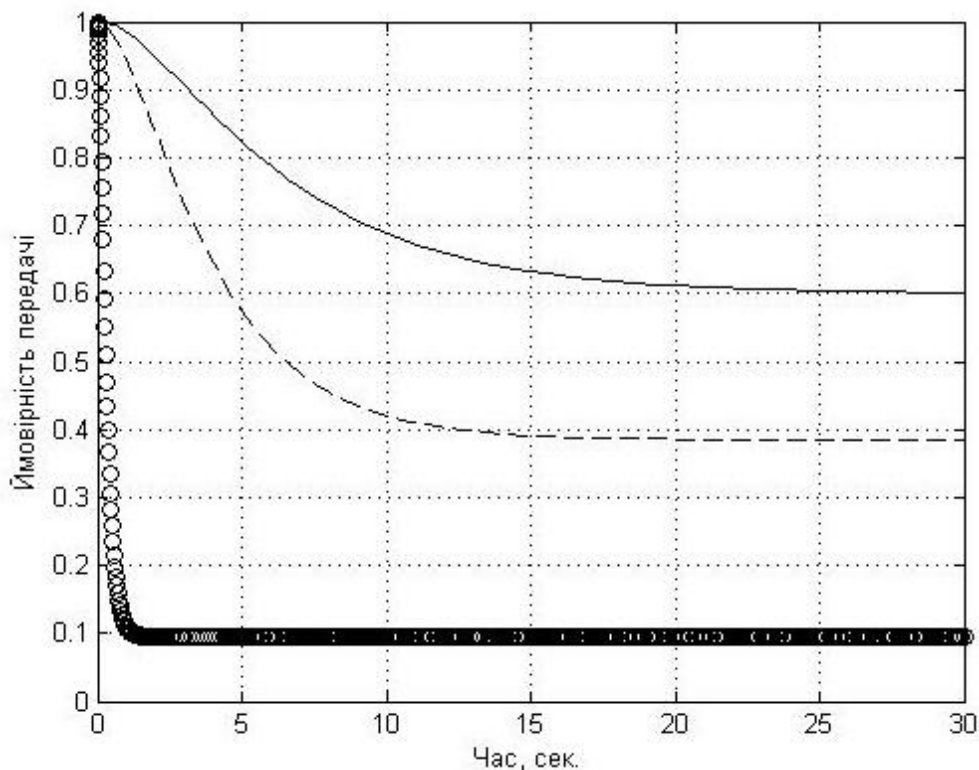


Рис. 1. Часова залежність ймовірності передачі для двосерверної телекомунікаційної системи

Рисунок 2 ілюструє часові залежності коефіцієнту використання серверів, який визначається співвідношенням  $K(t) = \frac{1}{m} \cdot \sum_{k=1}^m k \cdot P_k(t)$ , де  $m$  – кількість серверів,  $P_k(t)$  – ймовірність зайнятості  $k$ -го серверу для двосерверної ТКС при трафіках 2.0 ерл (суцільна крива), 4.0 ерл (пунктирна крива) та 6.5 ерл (кола).

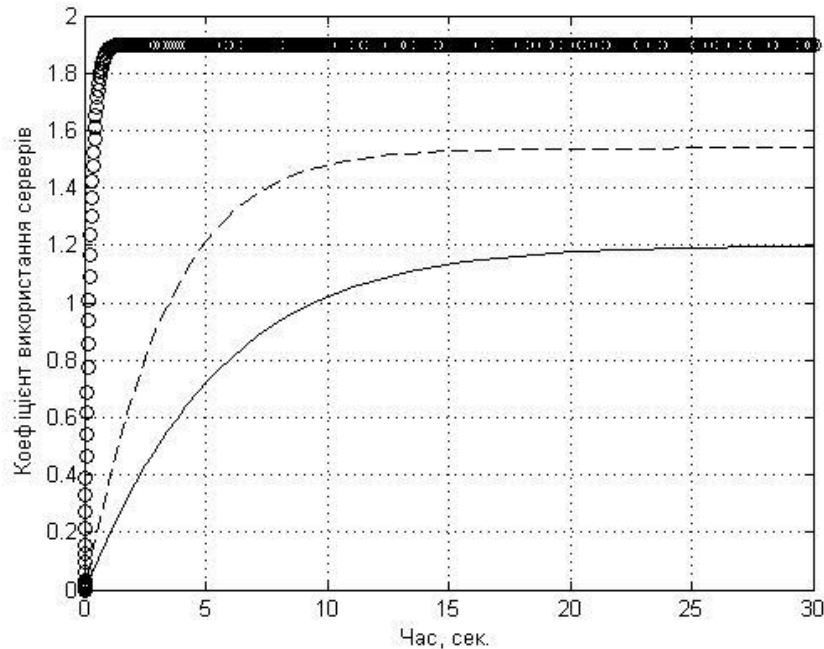


Рис.2. Часова залежність коефіцієнту використання серверів для двосерверної ТКС

Як випливає з наведених залежностей, інтервал часу, протягом якого відбувається стабілізація кількісних характеристик передачі транзактив, зменшуються при збільшенні трафіку. Показано, що така залежність має місце для довільної кількості серверів.

[1] Ложковский А.Г. Теория массового обслуживания в телекоммуникациях. Одесса: ОНАС им. А.М. Попова (2012). 112 с.

## TIME DYNAMICS OF TRANSACTION TRANSMISSION CHARACTERISTICS IN MULTI-SERVER TELECOMMUNICATION SYSTEMS

**M. Reznik, V. Korchynskyj**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*korchins50k@i.ua*

The temporal dynamics of the characteristics of transaction transmission in multi-server telecommunication systems is investigated. The time of stabilization of the probability of transmission and the utilization rate of servers is determined.

## СПЕКТРАЛЬНО-ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ ВКР ПІДСИЛЕННЯ СИГНАЛІВ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ВОЛОКНАХ НА ОСНОВІ КВАРЦОВОГО СКЛА

**А. Кононенко, С. Фелінський, М. Рєзніков, Г. Фелінський**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

*kononenkoartem267@gmail.com*

Сучасний прогрес у розвитку терабітних телекомунікацій шляхом освоєння повного вікна прозорості кварцового волокна значною мірою завдячує впровадженню нелінійно-оптичного підсилення світла на основі вимушеного комбінаційного розсіяння (ВКР). Серед останніх досягнень моделювання нелінійного підсилення світлових сигналів слід відзначити розробку методики аналітичної апроксимації профілів ВКР підсилення складного континуального типу [1]. Саме це надає можливість вирішити низку актуальних проблем динаміки розподіленого комбінаційного підсилення, які навіть у типових телекомунікаційних волокнах залишаються недостатньо вивченими [2, 3]. У роботі, що пропонується, надано результати моделювання спектрально-просторового розподілу ВКР підсилення сигналів із дослідженням його динаміки залежно від потужності помпування в активному одномодовому волокні (ОМВ) типу TrueWave<sup>RS</sup> у порівнянні з кварцовим ОМВ стандарту G.652.

В основу представлених розрахунків покладено модель заданої накачки, яка забезпечує достатню точність обчислень в умовах розподіленого підсилення відносно слабкого сигналу за рахунок більшої потужності помпування  $P_p$  (щонайменше на два порядки за величиною). За таких умов вираз для 2D коефіцієнта підсилення  $G_{on/off}(\lambda, L)$ , дБ, тобто спектральний розподіл за довжинами хвилі  $\lambda$  залежно від довжини волокна  $L$ , матиме вигляд:

$$G_{on/off}(\lambda, L) = 4,343 \cdot \{g_R(1/\lambda_p - 1/\lambda)P_0[1 - \exp(-\alpha_p L)]/\alpha_p - \alpha_s L\}, \quad \lambda > \lambda_p, \quad (1)$$

де  $P_0$  – потужність накачки;  $\alpha_s, \alpha_p$  – сталі загасання відповідно на стоксових частотах і на довжині хвилі накачки  $\lambda_p$ ; числовий коефіцієнт  $4,343 = 10 \lg e$ .

Профіль ВКР підсилення  $g_R$  обчислено як різницю відповідних хвильових чисел (обернених довжин хвилі). У табл. 1 надано числові результати розрахунку. На рис. 1 зображено 3D динаміку ВКР підсилення у вікні прозорості волокна.

*Таблиця 1*

**Динамічні параметри ВКР підсилення: характеристичні відстані максимального підсилення сигналу  $L_{max}$ , повної прозорості  $L_0$  і половинного загасання потужності сигналу  $L_{1/2}$  у волокні TrueWave<sup>RS</sup> у порівнянні з аналогічними даними для ОМВ стандарту G.652**

$P_0$ , мВт	TrueWave <sup>RS</sup> волокно					ОМВ стандарту G.652				
	$a_p = 0,26$ дБ/км; $a_s = 0,2$ дБ/км					$a_p = 0,4$ дБ/км; $a_s = 0,2$ дБ/км				
	$G_{max}$	$G_{max}$ , дБ	$L_{max}$ , км	$L_0$ , км	$L_{1/2}$ , км	$G_{max}$	$G_{max}$ , дБ	$L_{max}$ , км	$L_0$ , км	$L_{1/2}$ , км
100	1,1	0,4	8,0	17,5	39,5	1,1	0	-	-	27
300	5,63	7,51	26,5	80	95,5	1,38	1,41	10,5	25,5	43
500	45,1	16,5	35	134	149	2,55	4,07	16,0	46,5	62
800	$P_s > P_s^{cr} = 76$ мВт – модель незастосовна					7,43	8,71	21	75,5	90,5
<b>Примітки:</b>										
1. Використано такі розрахункові параметри: $\lambda_p = 1425$ нм; $\lambda_s = 1525$ нм;										
2. $P_s$ – потужність сигналу; $P_s^{cr}$ – критична потужність сигналу [2].										

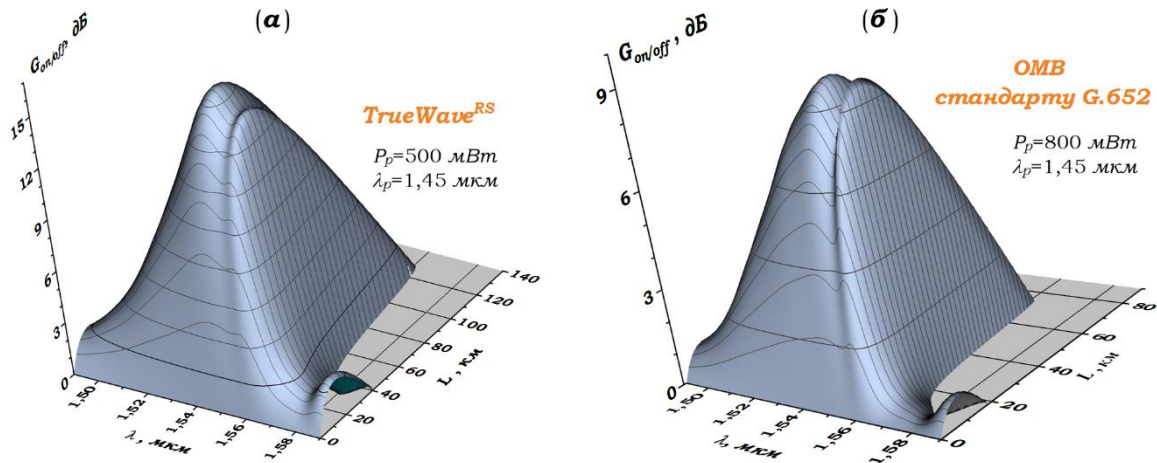


Рис. 1. 3D динаміка ВКР підсилення у вікні прозорості волокна із монохроматичною накачкою  $\lambda_p = 1,45$  мкм: а) у волокні типу TrueWave<sup>RS</sup> за умови  $P_p = 500$  мВт; б) ОМВ стандарту G.652 за умови  $P_p = 800$  мВт

Таким чином, обидва ОМВ на основі кварцового скла можна застосовувати як активне середовище для розподіленого ВКР підсилення оптичних сигналів із збільшенням довжини повної прозорості від декількох десятків до декількох сотень кілометрів. У волокні типу TrueWave<sup>RS</sup> можна отримати  $G_{on/off} \geq 15$  дБ і суттєво кращі інші параметри з огляду на ефективність використання потужності помпування. Водночас, у стандартному ОМВ G.652 допускається використання значно більшої потужності помпування із збереженням лінійності оптичного підсилення.

- [1] I.V. Serdeha, V.I. Grygoruk, G.S. Felinskyi. Spectroscopic features of Raman gain profiles in single-mode fibers based on silica glass // Ukr. J. Phys. 2018. Vol. 63, No. 8, p. 683-700.
- [2] A.A. Kononenko, G.B. Zhiron, G.S. Felinskyi, O.I. Tytova. Dynamics of distributed Raman gain in telecommunication TrueWave<sup>RS</sup> and G.652 fibers. Proc. XXIII Int. Young Scientists' Conf. on Applied Physics, ICAP 2023, May, 16-20, 2023, Kyiv, Ukraine, p. 141-142.
- [3] Григорук В.І., Коротков П.А., Фелінський Г.С. Нелінійні та лазерні процеси в оптичних волокнах. К.: ВПЦ "Київський університет", 2008. 576 с.

## SPECTRAL AND SPATIAL DISTRIBUTION OF FIBER RAMAN AMPLIFICATION IN TELECOMMUNICATION FIBERS BASED ON SILICA GLASS

**A. Kononenko<sup>\*</sup>, S. Felinskyi, M. Reznikov, G. Felinskyi**

*Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine*

*kononenkoartem267@gmail.com*

The modeling results of the spectral-spatial distribution of Raman signal amplification are presented in this work and its dynamics as function of the pumping power distributed in TrueWave<sup>RS</sup> type of an active fiber in comparison with a G.652 standard silica fiber was studied. It is shown, one can obtain the  $G_{on/off} \geq 15$  dB and significantly better parameters in terms of the pumping power efficiency may be achieved in the TrueWave<sup>RS</sup> type fiber, but the G.652 standard SMF allows to apply the much higher pumping power while maintaining the optical amplification linearity.



# ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗПРОВОДОВОГО КОНТРОЛЯ ДОСТУПУ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ RFID

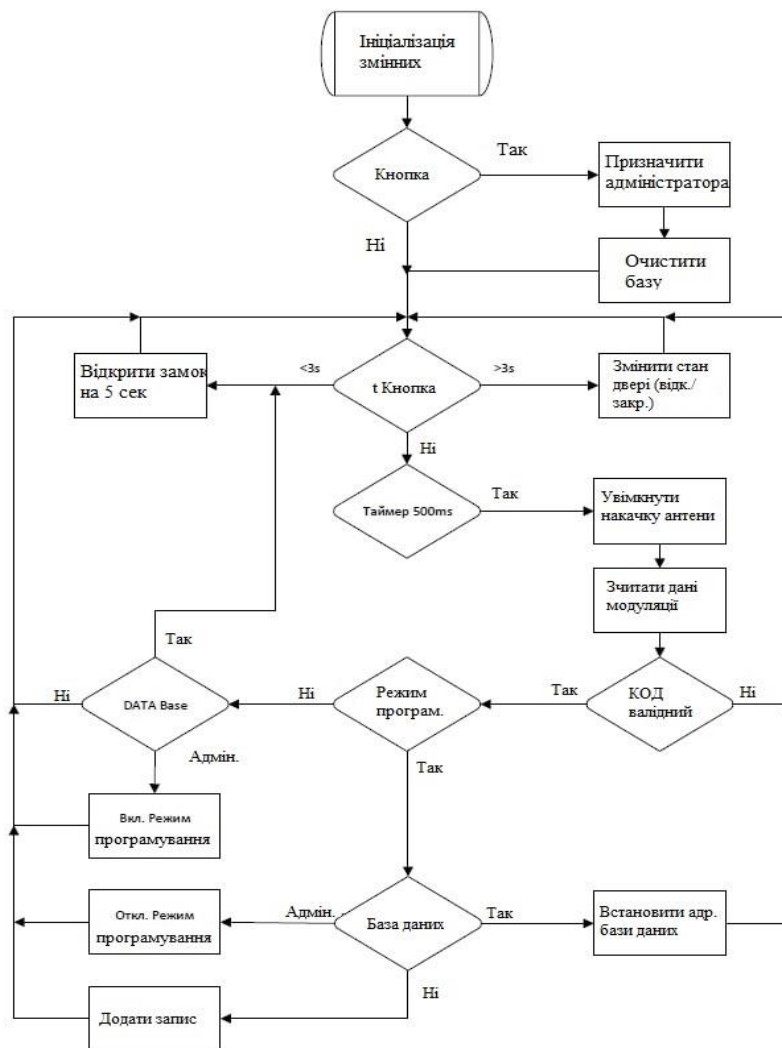
**Н. Бокачова, Д. Чернетченко**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
nadyasapphire@gmail.com*

У сучасному світі, безсумнівно, цінується можливість швидко та просто отримувати великі обсяги інформації. Щороку ведуться розробки для створення зручних та компактних носіїв для зберігання, передачі та захисту тих чи інших даних.

В останні роки можна споглядати зростання популярності радіочастотної ідентифікації RFID (Radio-frequency identification). Іншими словами, це спосіб пізнання об'єктів, у якому радіосигнали записують або зчитують інформацію, що зберігається на RFID-мітках. Так як RFID-система здатна стати корисним та вигідним вкладенням для компаній та організацій, що працюють практично у будь-якій сфері.

Розробляючи інноваційні продукти, ми хочемо зробити технології більш ефективними, розумнішими та доступними для всіх. Саме тому в якості основних компонентів було обрано мікроконтролер компанії Microchip - PIC16F688.



(Алгоритм роботи програми)

Засобами 8-бітного контролера необхідно реалізувати цілий перелік завдань реального часу. Взаємодія з мікросхемою приймачем-передавач RFID, інтерфейс взаємодії з керуючою системою, зберігання бази ключів та їх адміністрування, управління доступом (вхід/вихід). При включенні нашого пристрою до джерела живлення необхідно було в першу чергу ініціалізувати початкові дані та змінні в мікропрограмі управління процесом. Для взаємодії системи доступу з людиною достатньо мінімальних засобів: радіо канал та кнопка виходу.

Вбудоване програмне забезпечення було розроблено мовою високого рівня програмування C в середовищі розробки програм Microchip MPLAB X IDE із застосуванням компілятора мови C Microchip XC8. Проектування друкованих плат було здійснено за допомогою програми P-CAD Altium.

Розроблений прототип пристрою здатен зберігати у енергонезалежній пам'яті до 30 кодів доступу управління замком двері та код адміністративного ключа. Контролер здатен управляти електромагнітним замком згідно з алгоритмом внутрішньої програми. Інтерфейс взаємодії контролера з адміністратором спрощений до однієї кнопки та адміністративного ключа. Низький рівень споживання струму дозволяє використовувати дане рішення в енергоефективних системах з акумуляторним живленням 12 V. Обрані технології та транспондери масово виготовляються у промисловості і саме тому мають низьку собівартість.

З огляду на отримані результати тестування пристрою в усіх режимах, можна зробити висновок, що дане рішення є надійним та простим у використанні, а також довело можливість зниження собівартості подібних систем.

[1] Що таке радіочастотна ідентифікація [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki>

[2] Що таке мікроконтролер [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.fmuser.net/content/?11010.html>

[3] Що таке програмне забезпечення [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://translations.com.ua/programne-zabezpechennya.html>

## WIRELESS ACCESS CONTROL DEVICE BASED ON MICROCONTROLLER SYSTEM AND RFID TECHNOLOGY

**N. Bokachova, D. Chernetchenko**

*Oles Honchar Dnipro National University  
nadyasapphire@gmail.com*

An RFID system can be a useful and profitable investment for companies and organizations operating in almost any field. Radio frequency identification technology will be a way to improve the quality of work and reduce financial costs.

The developed prototype device is capable of storing up to 30 access codes for controlling the door lock and the administrative key code in non-volatile memory. The controller is able to control the electromagnetic lock according to the algorithm of the internal program. The interface between the controller and the administrator is simplified to one button and an administrative key.

## ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТОНКИХ ПЛІВОК GaN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ЛЕГОВАНИХ КРЕМНІЄМ

Л. Демчина, А. Міняйло, Д. Пекур, М. Вуйчик,  
П. Генцарь, О. Стронський, М. Заяць, О Власенко

*Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України  
rastneg@isp.kiev.ua, demid.pekur@gmail.com*

На основі нітриду галію створюються світловипромінюючі прилади для видимої області спектру (світлодіоди на основі GaN випромінюють всі кольори видимого діапазону, включаючи і білий колір). Сильний іонно-ковалентний зв'язок, велика ширина забороненої зони при прямому розміщенні енергетичних зон в просторі квазіімпульсів визначають його оптичні і люмінесцентні властивості. Одним із способів керування випромінювальними характеристиками приладів на основі нітриду галію є легування тонких епітаксійних плівок, тому дослідження впливу легування на оптичні властивості плівок і характеристики легованих плівок є актуальним.

Використовуючи кореляцію між феноменологічним параметром уширення оптичних спектрів  $\Gamma$  і рухливістю вільних носіїв заряду  $\mu$  визначають ефективну "оптичну" рухливість:

$$\mu_{opt} = \frac{eh}{m^*\Gamma} ,$$

де  $m^*$  - ефективна маса вільних носіїв заряду:

$$\frac{1}{m^*} = \frac{1}{m_e} + \frac{1}{m_p} ,$$

де  $m_e$  і  $m_p$  – ефективні маси електрона і дірки відповідно для даного оптичного переходу.

У даній роботі оцінено ефективну "оптичну" рухливість  $\mu_{opt}$ . Для розрахунку було взято наступні величини:  $\Gamma = 0,034$  еВ (експеримент - енергетичне уширення фундаментального оптичного переходу  $E_0$ );  $m_e = 0,20 m_0$ ;  $m_p = 0,60 m_0$ . Згідно наших експериментальних результатів час енергетичної релаксації вільних носіїв заряду  $\tau$  дорівнює  $1,936 \cdot 10^{-14}$  с, а ефективна „оптична” рухливість  $\mu_{opt}$  дорівнює  $0,0227 \frac{m^2}{Vc}$ . Нехтуючи дисперсією показника заломлення  $n$  в інтервалі довжин електромагнітних хвиль від  $\lambda_1$  до  $\lambda_2$  можна записати:

$$n = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2d(\lambda_1 - \lambda_2)}.$$

Нами отримано, що в діапазоні довжин електромагнітних хвиль 607 нм – 644 нм (сусідні мінімуми) показник заломлення  $n$  плівки GaN рівний 2,4 (при товщині плівки  $2,2 \cdot 10^{-6}$  м).

В даній роботі проведені оптичні (спектри пропускання в області фундаментального краю поглинання GaN, спектри оптичного відбивання у видимій і ІЧ- області спектру, спектри фотолюмінесценції при температурах 77 К і 300 К та спектри комбінаційного розсіювання світла) дослідження плівок GaN легованих кремнієм (рівень легування  $N_{Si} = 1,5 \cdot 10^{25} m^{-3}$ ) вирощених методом газофазної епітаксії із метал-органічних сполук на підкладках сапфіру, орієнтованих по кристалографічній осі с. Отримано наступні результати: експериментально визначено фізичні параметри плівок GaN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> -- енергія електронного переходу  $E_0$  при температурі 300 К ( $E_0 = 3,406$  еВ); коефіцієнт поглинання  $\alpha$  при  $E_0 = 3,406$  еВ ( $\alpha = 1,8 \cdot 10^6 m^{-1}$ ); показник заломлення  $n$  плівок GaN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в спектральному діапазоні довжин хвиль 607 нм - 644 нм; оцінено час енергетичної релаксації  $\tau$  вільних носіїв заряду (електронів) та ефективну "оптичну" рухливість

вільних носіїв заряду  $\mu_{opt}$ ; визначена енергія фундаментального оптичного переходу  $E_0$  плівок GaN на підкладці  $Al_2O_3$  при температурі 77 K, яка дорівнює 3,477 eV, визначено температурний коефіцієнт зміни ширини забороненої зони  $dE_0 / dT$  плівок GaN на підкладці  $Al_2O_3$ , який дорівнює  $3,184 \cdot 10^{-4} \frac{eV}{K}$ , встановлено співвідношення між енергією фундаментального оптичного переходу  $E_0$  для плівок GaN на підкладці  $Al_2O_3$  та температурою  $T$  в температурному діапазоні  $77 K \leq T \leq 300 K$ :  $E_0(GaN) = 3,477 \text{ eV} - 3,184 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{eV}{K} \cdot (T - 77 K)$ ; смуги ІЧ-відбивання на частотах  $534 \text{ cm}^{-1}$  і  $745 \text{ cm}^{-1}$ , смуги комбінаційного розсіювання світла при частотах  $569 \text{ cm}^{-1}$  і  $750 \text{ cm}^{-1}$  свідчать про монокристалічну структуру плівок GaN, а саме про гексагональну структуру в'юрцита симетрії  $\Gamma_1$ ; виявлено зсув частотного положення  $A_1$  (LO) фонуна GaN в спектрах ІЧ-відбивання в залежності від кута падіння світлової (електромагнітної) хвилі, цей ефект пояснено впливом двох фізичних процесів: наявністю механічних напружень в плівці GaN та неоднорідним легуванням кремнієм епітаксійної плівки GaN по товщині.

[1] П.І. Баранський, О.Є. Беляєв, Г.П. Гайдар. Кінетичні ефекти в багатодолинних напівпровідниках. Київ «Наукова думка» 2019. -448 с. ISBN 978-966-00-1616-3.

## OPTICAL PROPERTIES OF SILICON-DOPED GaN/ $Al_2O_3$ THIN FILMS

**L. Demchyna, A. Mynaylo, D. Pekur, M. Vuichyk,  
P. Gentsar, A. Stronski, M. Zayats, O. Vlasenko**

*V.E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine  
rastneg@isp.kiev.ua, demid.pekur@gmail.com*

Optical (transmission in the fundamental absorption region, reflection in the visible region, reflection in the spectral range  $(1.4 - 25) \cdot 10^{-6} \text{ m}$  at different angles of incidence of the electromagnetic wave, spectra of Raman scattering, photoluminescence at temperatures of 77 K and 300 K) study of GaN thin films doped with silicon (doping level  $N_{Si} = 1.5 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$ ) grown by gas-phase epitaxy from organometallic compounds on sapphire substrates oriented along the crystallographic  $c$ -axis. The following physical parameters were obtained from optical studies for the grown GaN films: electronic transition energy  $E_0$ , absorption coefficient, refractive index  $n$ . The energy relaxation time  $\tau$  of free charge carriers (electrons) and the effective "optical" mobility of free charge carriers were estimated. The energy of the fundamental optical transition  $E_0$  of GaN films on  $Al_2O_3$  substrate at 77 K was determined. The temperature coefficient of change of the band gap  $dE_0/dT$  of GaN films on  $Al_2O_3$  substrate was determined to be  $3.184 \cdot 10^{-4} \text{ eV/K}$ . The correlation between the energy of the fundamental optical transition  $E_0$  for GaN films on  $Al_2O_3$  substrate and the temperature  $T$  in the temperature range  $77 K \leq T \leq 300 K$  is established:  $E_0(GaN) = 3.477 \text{ eV} - 3.184 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{eV}{K} \cdot (T - 77 K)$ . The frequencies of transverse and longitudinal optical vibrations of the lattice of GaN/ $Al_2O_3$  films are typical for crystalline GaN films. A shift in the frequency of the  $A_1$  (LO) phonon of the GaN crystal lattice in the infrared reflection spectra has been recorded, which is explained by the influence of two physical processes: mechanical stresses in the GaN film and  $Al_2O_3$  substrate and doping of the GaN film with silicon.

## ІОНО-ПЛАЗМОВЕ НАПИЛЕННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ПЛІВОК ТИПУ «FINEMET» І «METGLAS»

**Р. Іщенко<sup>1</sup>, С. Рябцев<sup>1</sup>, О. Кушнерьов<sup>1</sup>, В. Башев<sup>2</sup>, С. Томін<sup>2</sup>, В. Фокін<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

<sup>2</sup>Дніпровський державний технічний університет

*siryabts@gmail.com*

Поглиблене вивчення фізичних властивостей тонких металевих плівок, що проводиться в останній час, стимульовано практичним використанням металевих конденсатів у численних галузях нової техніки, наприклад у мікроелектроніці, НВЧ-техніці. Перехід до плівок у радіоелектроніці обумовлений мікромініатюризациєю, яка дозволяє розміщувати в  $1 \text{ см}^3$  до 108 елементів.

Фізичні характеристики речовини у вигляді плівки суттєво відрізняються від властивостей матеріалів в масивному вигляді. Основні структурні характеристики тонких плівок: розмір, форма, орієнтування кристалітів, густина й розподіл дефектів кристалічної будови, поверхневий рельєф, щільно пов'язані з кінетикою утворення конденсату і вторинними процесами, які відбуваються в плівці під час та після конденсації. Таким чином, зміною умов конденсації (температури підкладки, густиною потоку, складом залишкових газів) можна цілеспрямовано змінювати структуру плівок у дуже широких межах.

Мікроелектроніка відчуває потребу як у нових плівкових матеріалах з поліпшеними експлуатаційними характеристиками, так і в удосконалюванні методів одержання таких матеріалів. Отже, дуже важливими є розробка і вивчення нових плівкових структур [1-2].

В роботі розглядається структура та властивості плівок типу Finemet (Fe+5,8%Si+7,2%B+2%Cu+2%Nb) і плівок зі схожим складом Fe+6%Si+13,5%B+1%Ni+1%Mo типу Metglas які були отримані за допомогою модернізованого трьохелектродного іонно - плазмового методу у щойно отриманому і термообробленому станах.

Показано, що в свіжонапиленому стані сплави мають аморфну та нанокристалічну структуру з розміром області когерентного розсіювання (ОКР) 2 нм та 14 нм, відповідно.

При дослідженні зміни електроопору підчас нагріву та охолодження у вакуумі визначені температури початку розпаду аморфної і нанокристалічної фаз та утворення твердого розчину заліза.

Методом Киссенжера [3] розраховані енергії активації початку фазових перетворень для плівок типу Finemet та Metglas, 9500 К (79000 Дж/моль) та 9900К (82000 Дж/моль) відповідно.

Для плівок типу Finemet і Metglas зареєстровані прецизійні значення температурного коефіцієнту опору які дорівнюють  $3,4 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ , та  $0,9 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ , відповідно.

Показано, що відпал плівок при температурах від  $T = 420 \text{ }^\circ\text{C}$  -  $590 \text{ }^\circ\text{C}$  на протязі 1 год. понижує коерцитивну силу приблизно у 3 рази, а сплав Finemet, після витримки на протязі 1 год. при  $T = 550 \text{ }^\circ\text{C}$  показує феромагнітні властивості у поперечному полі:

коерцитивну силу 250 А/м, що приблизно в 4 рази менше значення коерцитивної сили для сплаву Finemet у паралельному полі.

Результати дослідження можуть бути використані при розробці прецизійних плівкових резисторів.

- [1] Kruzina, T.V., Popov, S.A., Potapovich, Y.N. *et al.* Electrical properties of  $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$  thin films deposited on siall substrates. *Appl Nanosci* Vol 12, (2022). P. 957–963 <https://doi.org/10.1007/s13204-021-01831-6>
- [2] O. I. Kushnerov, S. I. Ryabtsev, V. F. Bashev. Metastable states and physical properties of Co-Cr-Fe-Mn-Ni high-entropy alloy thin films. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*. Vol. 750, No 1, (2022) P. 135-143 <https://www.tandfonline.com/loi/gmcl20>, DOI: 10.1080/15421406.2022.2073043
- [3] Kissinger H.E. Variation of peak temperature with heating rate / H.E. Kissinger / J. Research NBS. Vol. 57, No 4 (1956). P. 217-220

## ION-PLASMA SPUTTING OF MULTI-COMPONENT FILMS TYPE "FINEMET" AND "METGLAS"

**R. Ishchenko<sup>1</sup>, S. Ryabtsev<sup>1</sup>, O. Kushnerov<sup>1</sup>, V. Bashev<sup>2</sup>,  
S. Tomin<sup>2</sup>, V. Fokin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Oles Honchar Dnipro National University*

<sup>2</sup>*Dnipro State Technical University*

*siryabts@gmail.com*

The structure and properties of films of the Finemet type (Fe+5.8%Si+7.2%B+2%Cu+2%Nb) and films with a similar composition Fe+6%Si+13.5%B+1%Ni are considered +1%Mo of the Metglas type, which were obtained using a modernized three-electrode ion-plasma method in the freshly obtained and heat-treated state.

It is shown that in the freshly sputtered state the alloys have an amorphous and nanocrystalline structure with the size of the coherent scattering region (CSR) of 2 nm and 14 nm, respectively.

When studying the change in electrical resistance during heating and cooling in a vacuum, the temperatures of the beginning of the decomposition of amorphous and nanocrystalline phases and the formation of a solid solution of iron were determined. Using the Kissinger method [3], the activation energies of the beginning of phase transformations for films of the Finemet and Metglas types were calculated, 9500 K (79000 J/mol) and 9900 K (82000 J/mol), respectively. For films of the Finemet and Metglas types, low values of the temperature coefficient of resistance were recorded, which are equal to  $3.4 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  and  $0.9 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ , respectively.

It is shown that the annealing of films at temperatures from  $T=420 \text{ }^{\circ}\text{C} - 590 \text{ }^{\circ}\text{C}$  for 1 hour reduces the coercive force by approximately 3 times, and the Finemet alloy, after exposure for 1 hour at  $T=550 \text{ }^{\circ}\text{C}$  shows ferromagnetic properties in a transverse field: a coercive force of 250 A/m, which is approximately 4 times smaller than the value of the coercive force for the Finemet alloy in a parallel field.

## FABRICATION OF Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> FILMS ON POROUS-Si/Si AND SiC/Si SUBSTRATES

O. Sushko<sup>1</sup>, M. Derhachov<sup>1</sup>, V. Kidalov<sup>2</sup>, S. Ryabtsev<sup>1</sup>, Yu. Potapovych<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Oles Honchar Dnipro National University*

<sup>2</sup>*Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University*

*alex242414@gmail.com*

Gallium oxide (Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) has attracted a great attention as a promising material that could enlarge the possibilities of electronic and optoelectronic devices. It is a wide band gap material (4.7 eV) with high transparency up to 260 nm. Depending on the growth conditions, it can be either an *n*-type semiconductor or a dielectric. The widespread application of heterostructures based on Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> films, from high-temperature sensors, luminescent phosphors, and lithium batteries up to using in solar cell [1], causes an intensive search for the most effective growth conditions, especially using non-native substrates.

In this report we discuss the fabrication of gallium oxide films deposited on non-native porous-Si/Si and SiC/Si substrates.

The substrates were produced on the base of Si single crystal (100) oriented plates. The silicon carbide (SiC) layer was synthesized on Si samples by the method of atom substitution. To do this, the samples were annealed in an atmosphere of a mixture of gases of carbon monoxide (CO) and silane (SiH<sub>4</sub>) [2]. To obtain porous structure the (100)-oriented Si surfaces were subjected to the electrochemical etching in accordance with the standard technique [3].

The gallium oxide films were grown on SiC/Si and porous-Si/Si substrates by applying rf magnetron sputtering of the high-purity Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> powder at a chamber pressure of 3.5 mTorr with Ar/O<sub>2</sub> ratio of 2/1. The substrates were hold at a temperature of 473 K during the whole procedure. The obtained films were annealed at 1073 K for two hours in air ambient, and then were characterized with using X-ray diffraction technique and Raman spectroscopy technique.

XRD patterns were obtained in Debye-Scherrer geometry on a DRON-3 diffractometer with Cu K $\alpha$  radiation at  $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$ . Raman spectra measurements were performed under a 532 nm DPSS laser excitation in the backward scattering geometry. Diameter of the focused laser spot on a samples surface did not exceed 0.1 mm. Scattered radiation was collected by lens with an aperture of no more than  $0.17\pi$  sr. Spectral distribution of scattered light intensity was obtained by using double monochromator DFS-12 laser spectrometer equipped with a photon counting system at accumulation time of 1 second each point.

Based on the results of the measurements, it was found that the  $\beta$ -phase of Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> was formed in the samples obtained after high-temperature annealing in an air atmosphere.

- [1] Shi F., Qiao H. Preparations, properties and applications of gallium oxide nanomaterials – A review. *Nano Select.* Vol. 3. (2022). P. 348-373.
- [2] Kidalov, V., Dyadenchuk, A.F., Abbasova, C., Baturin, V., Karpenko, O., Gudimenko, O., & Kidalov, V.V. (2022). Synthesis and Characterization of SiC-Based Thin Film Heterostructures. 2022 IEEE 12th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP), 01-04.
- [3] Ulin, V.P., Ulin, N.V. & Soldatenkov, F.Y. Anodic processes in the chemical and electrochemical etching of Si crystals in acid-fluoride solutions: Pore formation mechanism. *Semiconductors.* Vol. 51. (2017). P. 458–472.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОКРИСТАЛІЧНОГО ZnO:Mn В ДІАПАЗОНІ НВЧ ЗА ДОПОМОГОЮ БІКОНІЧНОГО РЕЗОНАТОРА

**В. Воровський, О. Дробахін, О. Коваленко, Д. Салтиков**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
d.yu.saltykov@gmail.com*

Оксид цинку як функціональний матеріал давно знаходиться в колі уваги дослідників у зв'язку з різноманітними можливостями практичного застосування. Цей оптично прозорий широкозонний напівпровідник, в якому ширина забороненої зони дорівнює  $E_g \sim 3,4$  еВ, використовується для створення світлодіодів в блакитній та ультрафіолетовій області спектра, сонячних елементів, сенсорних пристроїв, оптичних фільтрів тощо. В останній час дослідження фізичних властивостей нанокристалів ZnO:Mn обумовили додатковий імпульс зацікавленості до цього матеріалу. У вигляді нанокристалів такий матеріал проявив феромагнітні властивості при кімнатній температурі, що, в свою чергу, обумовлює перспективи використання його в приладах спінтроники.

В даній роботі досліджувались нанокристали ZnO та ZnO:Mn (2 ат.%), які були отримані в нерівноважних умовах методом ультразвукового піролізу аерозолі [1]. Такі нанокристали мають структуру типу «ядро-оболонка» - бездефектне кристалічне ядро та дефектна оболонка із значною кількістю домішкових та власних дефектів. Виходячи з цього, виникає питання щодо зміни фундаментальних фізичних властивостей нанокристалів, наприклад діелектричної проникності, в порівнянні з класичним об'ємним матеріалом.

Експериментальне дослідження зразків нанокристалічного ZnO:Mn проводилось в діапазоні 8 – 12 ГГц. Вимірювання проникності досліджуваних зразків здійснювалось резонансним методом із застосуванням відкритого біконічного резонатора [2]. Вимірювальна установка була складена з генератора Г4-83, аналізатора спектра С4-27 і біконічного резонатора з максимальним діаметром  $2a_0 = 50,50$  мм і кутом при вершині конуса  $\Theta = 30^\circ$ . Резонатор підключався за допомогою стандартних прямокутних хвилеводів перерізом  $23 \times 10$  мм<sup>2</sup> за схемою «на прохід», радіуси отворів зв'язку складали  $r_1 = 4,00$  мм,  $r_2 = 3,25$  мм, що забезпечує зв'язок близький до критичного для коливань типу  $H_{011}$ . Порошок з досліджуваного матеріалу запресовувався в діелектричну трубку, яку через отвори в закритичних областях резонатора розташовували вздовж його осі таким чином, щоб зразок знаходився посередині резонатора (Рис. 1).

В режимі коливань типу  $H_{011}$  резонансна частота резонатора складала 9552 МГц, навантажена добротність – 15600. У разі розміщення діелектричної трубки з поліетилену із зовнішнім діаметром 5 мм, товщиною стінок 0,5 мм частота резонатора зменшувалась до 9523 МГц, добротність – до 14500. Точність вимірювання абсолютного значення частоти складала 0,5%, точність вимірювання різниці частот – 0,2 МГц.

Розташування досліджуваних зразків приводило до додаткового зменшення резонансної частоти і добротності біконічного резонатора. За зміною частоти і добротності здійснювалась оцінка діелектричної провідності й тангенсу кута втрат досліджуваного зразку.



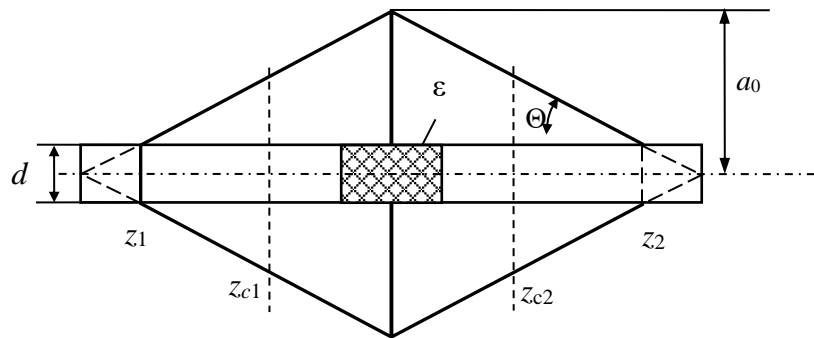


Рис. 1. Біконічний резонатор з досліджуваним зразком

Для зразку чистого нанокристалічного ZnO довжиною 6 мм оцінка діелектричної проникності становила  $8,3 \pm 0,2$ , що близько до даних наведених у довідниковій літературі [3]. У разі легування ZnO марганцем проникність матеріалу збільшується, наприклад, для зразку ZnO:Mn (2 ат. %), синтезованого методом ультразвукового піролізу аерозолу при  $T_3 = 550^\circ\text{C}$  оцінка проникності складала  $12,4 \pm 0,2$ . Добротність резонатора з розглянутими зразками зменшувалася до 13500 для чистого ZnO, що відповідає значенню  $\text{tg}\delta \sim 2 \cdot 10^{-3}$ , і до 8000 для зразку ZnO:Mn, що свідчить про суттєве (до  $\text{tg}\delta \sim 1,5 \cdot 10^{-2}$ ) зростання втрат при легуванні нанокристалів ZnO.

Результати досліджень свідчать про принципову можливість використання біконічних резонаторів для визначення діелектричної проникності порошкоподібних нанокристалічних матеріалів. Однак для підвищення точності вимірювань діелектричних втрат необхідно застосовувати зразки більших геометричних розмірів.

- [1] Kovalenko O.V., Vorovsky V.Yu., Khmelenko O.V. The effect of heat treatment on the magnetic properties of ZnO:Mn nanocrystals obtained by ultrasonic aerosol pyrolysis. *Functional Materials* 27(4), 687 (2020).
- [2] Andreev M.V., Drobakhin O.O., Privalov Ye.N., Saltykov D.Yu. Measurement of Dielectric Material Properties Using Coupled Biconical Resonators. *Telecommunications and Radio Engineering*. Vol. 73. (2014). P. 1017-1032.
- [3] CRC Handbook of Chemistry and Physics: 95-ed. Editor-in-Chief W.M. Haynes. CRC Press. (2014). 2664 p.

## INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF NANOCRYSTALLINE ZnO:Mn USING A BICONAL RESONATOR

V. Vorovskii, O. Drobakhiv, O. Kovalenko, D. Saltykov

*Oles Honchar Dnipro National University  
d.yu.saltykov@gmail.com*

The paper is devoted to the measurement of dielectric constant nanocrystalline materials at microwave frequencies using a biconical resonator. Estimates of the dielectric constant of nanocrystalline ZnO and ZnO:Mn in the range of 8-12 GHz were obtained. Dielectric constant estimates were  $8,3 \pm 0,2$  and  $12,4 \pm 0,2$ , respectively.

## АНАЛІЗ КІНЕТИКИ ОБМЕЖЕННЯ НАПРУГИ У ВАРИСТОРНО-ПОЗИСТОРНИХ СТРУКТУРАХ

**О. Іванченко, О. Тонкошкур**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
IvanchenkoAV@ukr.net*

Останнім часом встановлено придатність структури на основі послідовно з'єднаних шарів варисторної кераміки і позисторного нанокompозиту, що знаходяться в тепловому контакті, у якості обмежувача повільно змінюваних і постійних напруг, а також самовідновлюваного запобіжника від перенапруг [1].

Варисторний шар такої комбінованої структури підключений паралельно до об'єкта захисту, а позисторний – послідовно. У якості позисторного шару використовується полімерний композит з нановуглецевим наповнювачем технології PolySwitch, базовою функціональною властивістю якого є стрибкоподібне збільшення електричного опору при збільшенні температури за рахунок структурно-фазового переходу [2]. Різке збільшення (на кілька порядків) електричного опору шару позисторного нанокompозиту при передачі йому теплової енергії від варисторного шару нагрітого струмом, який протікає при перенапрузі, є основною функціональною властивістю такої структури. В результаті такого збільшення має місце перерозподіл вхідної перенапруги між шарами, що забезпечує обмеження вихідної напруги на варисторному шарі і відповідно включеного паралельно йому навантаженню.

Задача розробки розглянутих пристроїв як обмежувачів напруги для загального багатоцільового використання, так і для застосування в якості самовідновлюваних запобіжників від перенапруги, зокрема, у фотоелектричних системах сонячних батарей [3] вимагають детальних відомостей про їх електричні і теплові характеристики та їх поведінку в різних умовах, включаючи перехідні процеси.

У цій роботі наведено результати моделювання та аналізу часової залежності характеристик варисторно-позисторної структури при його спрацьовуванні та впливу на них режимів експлуатації та параметрів його структури.

При аналізі зазначеного перехідного процесу досліджувана структура розглядалася як система із зосередженими параметрами. Для опису теплообміну використовувалися нестационарні рівняння теплового балансу для обох шарів структури, де як джерела тепла приймалися електричні потужності розсіювання її варисторного та позисторного шарів. Враховувалося розсіювання теплової енергії у навколишнє середовище та теплообмін між шарами.

Вираз для електричного опору варисторного шару враховував його температурну залежність у слабких електричних полях (на омичній ділянці ВАХ). Для апроксимації температурної залежності опору позистора застосовано рівняння відоме для опису фазових переходів та яке можна використовувати для нанокompозитних матеріалів на основі технології PolySwitch [1].

Визначення величини електричної напруги на варисторному шарі у схемі з послідовним з'єднанням варисторного та позисторного шарів, до якого прикладено напругу джерела живлення з внутрішнім електричним опором, проводилося шляхом розв'язування нелінійного рівняння, яке може бути отримане з відомих законів Кірхгофа. Його розв'язок був чисельним (у вигляді двовимірного масиву). Інтегрування системи диференціальних рівнянь, що описує нестационарний теплообмін, проводилося з використанням стандартних вбудованих функцій пакету Mathcad.

Знайдені часові залежності температур варисторного та позисторного шарів структури дозволили проаналізувати кінетику основних параметрів, що характеризують процеси обмеження напруги.

Зокрема показано, що після прикладання до структури (вхідної) постійної перенапруги має місце синхронне зменшення вихідної напруги на варисторі та збільшення температури всієї структури до досягнення стаціонарних значень. Релаксація струму структури має вигляд експоненціально спадаючої функції. Зі зростанням перенапруги амплітуда імпульсу перехідного струму зростає, а його тривалість і енергія перехідного процесу зменшуються. При використанні варисторних керамік із сильною залежністю низьковольтного опору від температури (великі енергії активації його температурної залежності) має місце зменшення вихідної напруги (до значень порядку одиниці вольт).

Визначено наявність діапазону інтенсивностей теплообміну структури з навколишнім середовищем, де може реалізуватися стійке функціонування структури як обмежувача напруги або самовідновлювального запобіжника від перенапруги.

Аналіз впливу внутрішнього опору джерела перенапруги показав, що з його зростанням можливо зменшення амплітуди і збільшення тривалості перехідних струмів.

Отримані результати дають змогу підібрати необхідні параметри вказаних структур для забезпечення необхідних режимів роботи обмежувача напруги для різних застосувань.

- [1] Tonkoshkur A.S., Ivanchenko A.V. Electrical properties of structures based on varistor ceramics and polymer nanocomposites with carbon filler. *Journal of Advanced Dielectrics*. Vol. 9. No. 3. (2019). P. 1950023.1–1950023.6.
- [2] Cheng S., Tom K., Pecht M. Failure precursors for polymer resettable fuses. *IEEE Transactions on Device and Materials Reliability*. Vol. 10, No. 03. (2010). P. 374–380.
- [3] Tonkoshkur A.S., Ivanchenko A.V., Nakashydzhe L.V., Lyashkov A.Yu., Gomilko I.V. Application of polymer posistor nanocomposites in systems for protecting photovoltaic components of solar arrays from electrical overloads. Monograph. USA, Boston: Primedia eLaunch. (2021). 172 p.

## **ANALYSIS OF VOLTAGE LIMITATION KINETICS IN VARISTOR-POSISTOR STRUCTURES**

**A. Ivanchenko, A. Tonkoshkur**  
*Oles Honchar Dnipro National University*  
*IvanchenkoAV@ukr.net*

The time dependences of the characteristics of a voltage limiter based on the combined structure of layers of metal oxide varistor ceramics and posistor polymer nanocomposite of PolySwitch technology were analyzed by modeling depending on operating modes and physical parameters. The ranges of values for the activation energy of conduction of the varistor layer in weak electric fields, the intensity of heat exchange between the structure under study and the environment are determined to ensure the stable operation of this structure as a limiter of slowly changing and constant voltages or a resettable fuse from overvoltage. The results obtained make it possible to select the necessary parameters of these structures to ensure the required operating modes of the voltage limiter for various applications.

## ДИЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА СТАРІННЯ СТЕКОЛ НА ОСНОВІ СЕЛЕНУ

**А. Горват, О. Молнар, В. Мінкович**

*Ужгородський національний університет  
ahorvat@ukr.net*

Халькогенідні скла, які можуть багаторазово перемикатися між твердою кристалічною та аморфною фазами, становлять особливий інтерес, як матеріали з фазовими змінами (МФЗ). Вони привертають увагу як перспективні системи для електронних застосувань, оскільки при цьому їхня електропровідність змінюється на кілька порядків [1,2]. Більшість халькогенідних стекол базуються на елементарному селені, тому представляє інтерес дослідження їх стабільності та впливу на неї домішок, зокрема елементів III і V груп, а саме невеликих добавок (до 5 молярних процентів миш'яку та індію).

Скла на основі селену отримувались методом гартування розплаву, аморфність зразків перевірялася за допомогою рентгеноструктурного та термічного аналізу. Значення дійсної  $\epsilon'$  та уявної  $\epsilon''$  частин складових комплексної діелектричної проникності  $\epsilon^* = \epsilon' + i\epsilon''$  розраховувались з використанням схеми паралельного заміщення діелектриків. Досліджено діелектричні параметри склоподібних зразків як функцію температури на різних частотах в діапазоні 10 Гц - 100 кГц. З цих досліджень можна зробити однозначний висновок, що на вищезгадані діелектричні параметри суттєво впливає уведення добавок As та In. А саме, додавання індію призводить до вищих значень діелектричних параметрів і більш різкого кристалізаційного ефекту, в той час як миш'як сприяє більшій стабільності склоподібного стану (рис. 1).

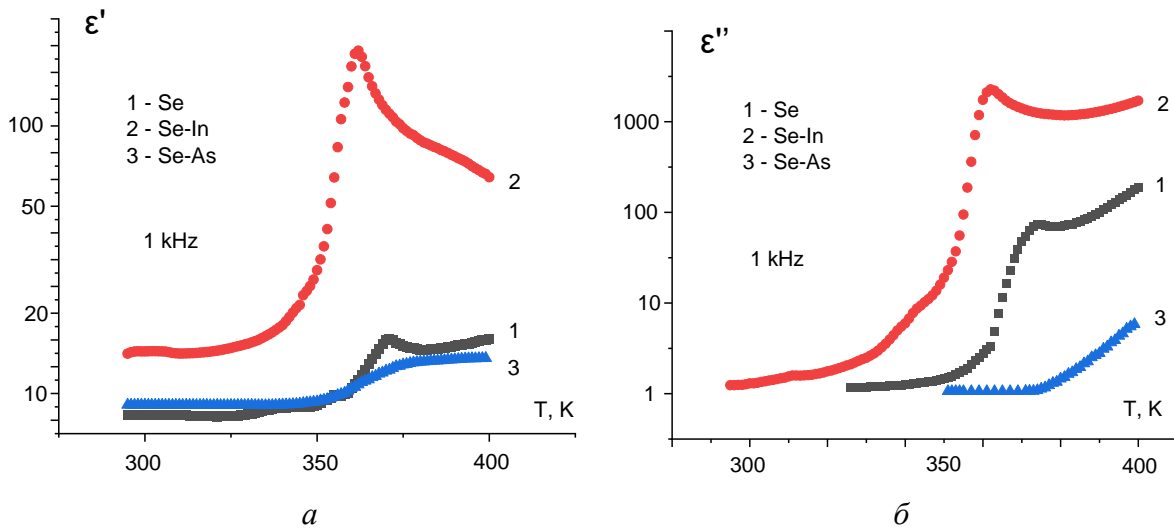


Рис.1. Температурна залежність дійсної  $\epsilon'$  (а) та уявної  $\epsilon''$  (б) частин комплексної діелектричної проникності стекол на основі селену.

Підвищена кристалізаційна здатність спостерігається також в чистому склоподібному селені, витриманому десятиліттями в темряві при кімнатній температурі, тобто у зістарених зразках, в яких аномалії, як при діелектричних дослідженнях (рис. 2) так і на кривих диференціально-термічного аналізу спостерігаються при значно нижчих температурах і мають дуже різку форму в порівнянні зі "свіжими" склоподібними зразками.

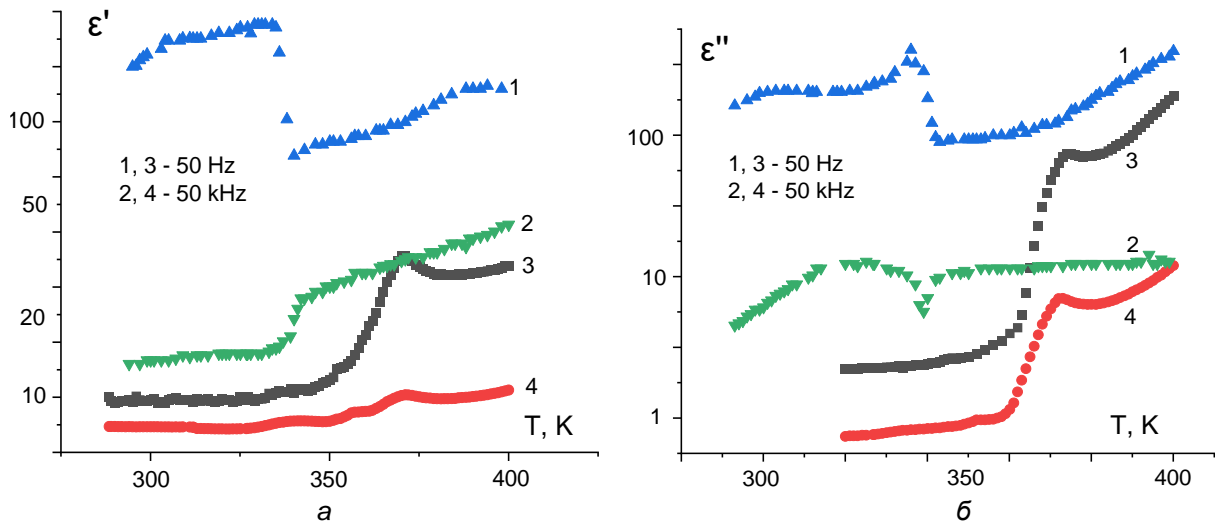


Рис. 2. Діелектрична проникність зістареного (1, 2) та щойно одержаного (3, 4) склоподібного селену.

Можна допустити, що In та структурна релаксація при старінні призводять до появи зародків кристалічної фази в аморфній матриці скла тобто мікронеоднорідності, що, у свою чергу, обумовлює появу додаткового механізму поляризації. Наявність перехідних областей між структурними кластерами зумовлює суттєву різницю у поведінці діелектричних параметрів під час кристалізації досліджуваних стекл.

- [1] Golovchak, R., Plummer, J., Kovalskiy, A. *et al.* Phase-change materials based on amorphous equichalcogenides. // *Scientific Reports*. – 2023. Vol. 13. 2881. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30160-7>.
- [2] Avik Mandal, Yihao Cui, Liam McRae and Behrad Gholipour. Reconfigurable chalcogenide phase change metamaterials: a material, device, and fabrication perspective. // *J. of Physics: Photonics*. -2021. - Vol. 3, No 2. 022005. <https://doi.org/10.1088/2515-7647/abe54d>.

## DIELECTRIC PROPERTIES AND AGING OF SELENIUM-BASED GLASSES

A. Horvat, A. Molnar, V. Minkovych

*Uzhhorod National University*

*ahorvat@ukr.net*

The temperature dependence of the complex dielectric constant  $\epsilon^* = \epsilon' + i\epsilon''$  for the selenium-based glass samples at different frequencies in the range 10 Hz – 100 kHz has been studied. The dielectric parameters of the glasses are significantly affected by the substitution of As and In additions. Namely, the addition of indium leads to higher values of the dielectric parameters and a sharper crystallization effect, while arsenic contributes to greater stability of the glassy state.

We suggest that In and structural relaxation during aging leads to the appearance of an additional polarization mechanism which is probably due to the microheterogeneity and associated with the transition regions between the amorphous matrix and clusters of crystalline phase nuclei.

## PRODUCTION TECHNOLOGY AND STUDY OF GAS SENSITIVE PROPERTIES OF SENSORS BASED ON ZnO FOR MONITORING AIR QUALITY

**A. Lyashkov, A. Kovalenko, V. Vorovsky, V. Horyslavets**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*alexndnu@ukr.net*

Air quality monitoring is becoming an increasingly urgent task in connection with the deterioration of the environment in many countries and the increase in the volume of industrial production. To control the content of harmful impurities in the air, various control methods are used - spectroscopic, chromatographic, chemical, analysis using catalytic and semiconductor sensors. Recently, the use of autonomous measurement sensors for air condition monitoring has become widespread. For them, it is important to increase sensitivity and reduce energy consumption. The lack of such sensors limits the possibilities of monitoring in real time and with significant detail [1]. The purpose of this work was to create multi-section sensors based on ZnO.

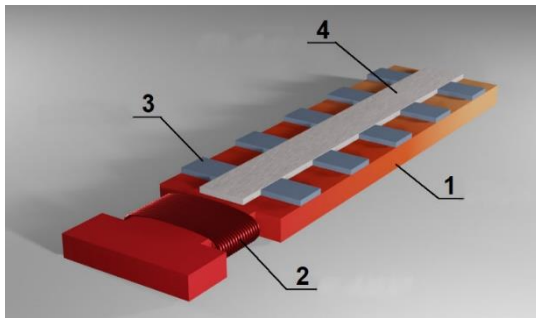


Fig. 1. Sensor model substrate (1), heating element (2), electrodes (3), gas-sensitive layer (4)).

The asymmetric arrangement of the heating element makes it possible to obtain different temperatures in different sections of the sensor. The technology of manufacturing sensors in which there is a temperature gradient along the gas-sensitive layer is promising, as it allows manufacturing the sensitive element of the sensor within a single technological cycle. Due to the fact that all sections of the sensor are at different temperatures, it is possible to selectively determine certain active gases in the environment [2-3]. Photographs of the sensor in the infrared range were taken using the 'Seek thermal' device, which made it possible to control the temperature distribution on its surface (fig. 2).

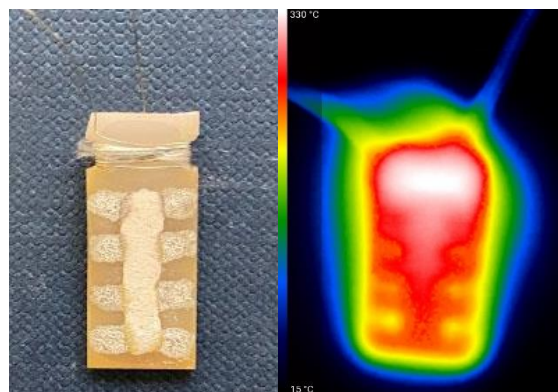


Fig. 2. Appearance (left) and temperature distribution (right) of the sensor.

The measuring setup was created on the basis of ARDUINO UNO (microcontroller ATmega328). In fig. 3 shows the time dependences of the response ( $S(t)$ ) of the sensor in air when the source of acetone ( $C_3H_6O$ ) (a) or ammonia ( $NH_3$ ) (b) vapors is introduced and removed. Similarly, dependences were also obtained for other gases.

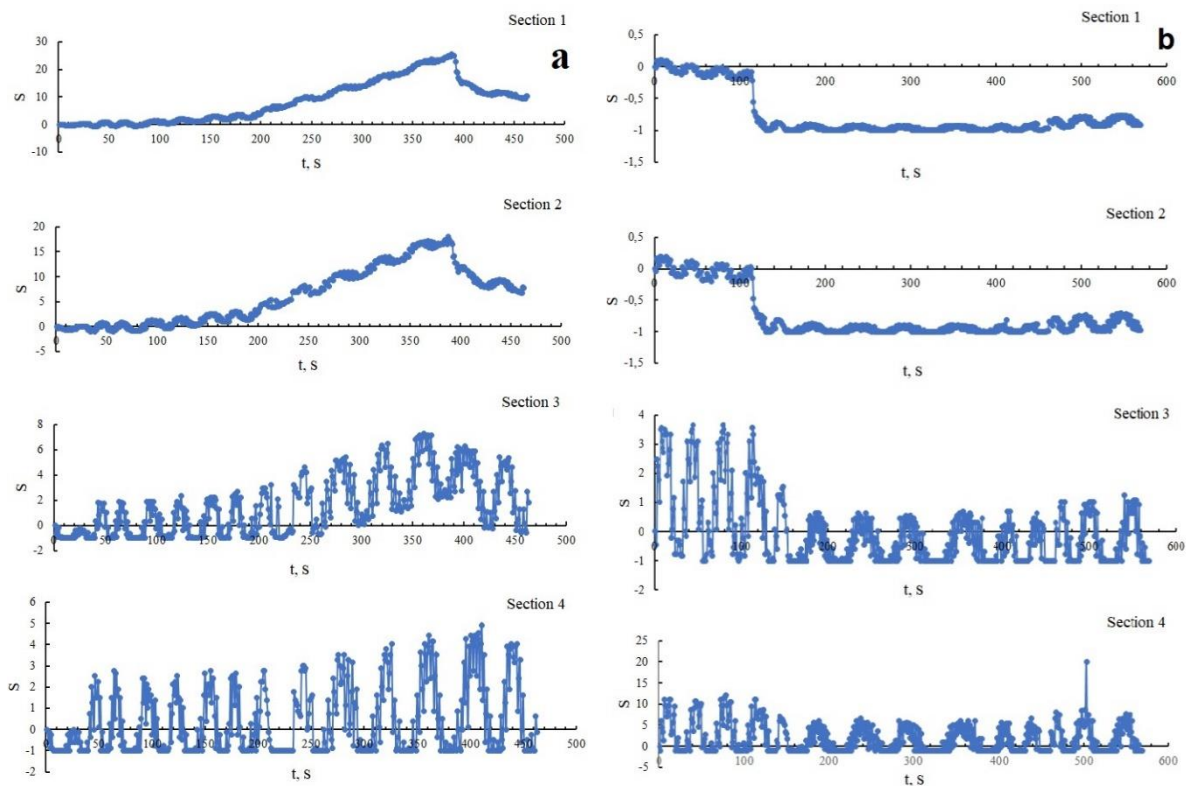


Fig. 3. Time dependences of the response of the sensor in the air when introducing and removing the source of acetone vapors (a) or ammonia (b).

Vapors of amyl alcohol, turpentine and acetone lead to an increase in the electrical conductivity of the sensor, ammonia vapor to a decrease. More heated sections of the sensor give a greater response, less heated sections give a lesser response. This indicates different mechanisms of their interaction with the sensor material and enables their selective detection in the air.

- [1] Shelestov A., Kolotii A., Borisova T., Turos O., Milinevsky G., Gomilko I., ... & Choliy V. Essential variables for air quality estimation. *International Journal of Digital Earth*. Vol. 13(2). (2020). P. 278–298.
- [2] Kupriyanov L.Y. *Semiconductor Sensors in Physico-Chemical Studies*. Amsterdam: Elsevier, (1996). 412 p.
- [3] Dhall S., Mehta B.R., Tyagi A.K., Sood K. A review on environmental gas sensors: Materials and technologies. *Sensors International*. Vol. 2. (2021). P. 100116.

Funding received for the project “Support for improving the quality of teaching, research and international activities at Oles Honchar Dnipro National University (DNU)” supported by Charles University in Prague and funded by the Ministry of Foreign Affairs of the Czech Republic.

## СИСТЕМА РОЗУМНОГО ОСВІТЛЕННЯ З ФУНКЦІЄЮ АВТОНОМНОГО ЖИВЛЕННЯ

**О. Іванченко, В. Ліціук**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
IvanchenkoAV@ukr.net*

В сучасному світі, де ефективне використання ресурсів та збереження енергії набувають все більшої актуальності, розробка систем розумного освітлення стає ключовою складовою для поліпшення якості життя, праці та забезпечення збереження природи. Сучасні системи розумного освітлення інтегрують в себе передові технології, такі як сенсори руху та IoT-зв'язок. Це дозволяє системі реагувати на потреби користувачів, автоматично регулюючи інтенсивність освітлення та вимикання відповідно до контексту. Наприклад, система може вимикати освітлення в приміщенні, якщо воно не використовується, що допомагає знизити витрати електроенергії. Розумне освітлення будинку використовується не тільки через економію коштів та практичність використання, але це є також відмінним дизайнерським рішенням, оскільки яскравість і час освітлення може змінюватися в зручний час доби, в різних куточках будинку або підприємства з урахуванням індивідуальних уподобань мешканців або співробітників. Багато систем управління здатні зафіксувати найбільш приємний для користувача рівень освітленості, колірну температуру світла і включатимуться вже в цьому режимі. Однією з великих переваг розумних систем освітлення є їх вплив на здоров'я та продуктивність користувачів. Дослідження показують, що якісне освітлення може покращувати настрої, збільшувати продуктивність та навіть покращувати сон. Однією з важливих характеристик сучасних систем освітлення є їх автономне живлення, що дає змогу забезпечувати освітлення навіть під час перебоїв у постачанні електроенергії. У цьому контексті, акумулятори стають важливим компонентом, який дозволяє зберігати та використовувати енергію ефективно.

У роботі запропоновано систему освітлення базовим пристроєм якої є джерело світла з функцією автономного живлення. Кожний такий пристрій має також багато додаткових функцій та режимів роботи. Його основним елементом є різнокольорова світлодіодна стрічка WS2812B RGB IC (напруга – 5 В, кількість світлодіодів на метр – 60, ступінь захисту – IP65, тип світлодіодів – SMD 5050 WS 2812, споживання енергії – 14.4 Вт/м, ресурс – до 50 000 годин, коефіцієнт передачі кольору – 80 CRI, світловий потік одного світлодіоду – 6 лм), яка має адресне управління, тобто кожен світлодіод може управлятися окремо певною програмою за допомогою RGB контролера. Пристрій дозволяє у режимі сталого освітлення встановлювати як яскравість світлового випромінювання так і колірну гаму світіння, крім цього можна налаштувати швидкість та межі зміни кольорів та яскравості випромінювання. Також цей пристрій може забезпечувати біодинамічне освітлення (Human Centric Lighting – HCL), яке являє собою інтелектуальну систему організації внутрішнього освітлення, що відтворює найбільш комфортну для людини сонячну динаміку світла. Технологія HCL передбачає використання програмованих освітлювальних приладів, які протягом дня функціонують у різних режимах. Залежно від часу доби, сезону або інших факторів, система біодинамічного освітлення дозволяє змінювати світловий потік (потужність світлового випромінювання), колірну температуру світла. Кожна зміна фізичних характеристик світла за певною програмою впливає на біоритми людей, які перебувають у приміщенні. Цей прилад має 26 режимів автоматичного освітлення, включаючи режими релаксації, засинання, сну, пробудження, активної розумової діяльності та інші, також має таймер



відключення, функцію будильника, вмикання та відключення за розкладом, можливість увімкнення та відключення за допомогою датчика руху.

Управління світінням світлодіодної стрічки здійснюється за допомогою мікроконтролера ESP8266. Він має вбудований Wi-Fi чіп з підтримкою стандартів 802.11 b/g/n що дає змогу підключитися до приладу по мережі за допомогою смартфона або iPhone.

Пристрій містить три акумуляторні елементи LiitoKala 18650 Li-Ion Lii-25R (типорозмір – 18650, номінальна напруга – 3.7 В, ємність – 2500 мА · год), що дозволяє працювати адресній світлодіодній стрічці довжиною 3 метра автономно до 6 годин. Світловий потік такої стрічки у режимі живлення від електромережі 220 В складає 1080 лм. У разі відсутності напруги в мережі пристрій автоматично переходить в один із задалегідь вибраних режимів: енергоефективний режим роботи при якому світловий потік складає 750 лм, цей режим встановлюються за замовчуванням; режим максимальної яскравості випромінювання; енергозберігаючий режим – світловий потік 400 лм; режим користувача при якому можна налаштувати та встановити найбільш комфортний та оптимальний режим освітлення. Зарядження акумулятора відбувається автоматично під час роботи пристрою від електромережі 220 В. Контроль стану акумуляторів, управління процесом заряду/розряду забезпечується контролером заряду-розряду NX-3S-FL20-A (напруга заряду – 11.1-12.6 В, струм заряду – 15 А).

Живлення пристрою здійснюється за допомогою блока живлення LedTech SJ-JJN-150 (вхідна напруга – 220 В, вихідна напруга – 5 В, вихідний струм – 30 А, потужність – 150 Вт) та знижувального перетворювача напруги 300W buck step down (вхідна напруга – 4.5-30 В, вихідна напруга – 0.8-30 В, вихідний струм – 12 А).

Запропонована система освітлення з функцією автономного живлення дозволяє створити найбільш стабільні та комфортні умови для життя та роботи людини навіть під час перебоїв у постачанні електроенергії та при цьому використовувати всі переваги розумного освітлення.

## SMART LIGHTING SYSTEM WITH AUTONOMOUS POWER FUNCTION

**A. Ivanchenko, V. Litsiuk**

*Oles Honchar Dnipro National University  
IvanchenkoAV@ukr.net*

A lighting system is proposed in the work. Its basic device is a light source with a self-powered function. Each such device also has many additional functions and operating modes. The device contains three LiitoKala 18650 Li-Ion Lii-25R battery cells. This allows an addressable LED strip 3 meters long to operate autonomously for up to 6 hours. The luminous flux of such a strip is 1080 lm when powered from a 220 V power supply. The device automatically switches to one of the pre-selected modes when there is no voltage in the network: energy-efficient operating mode in which the luminous flux is 750 lm (default); maximum brightness mode; energy saving mode in which the luminous flux is 400 lm; user mode in which you can configure and set the most comfortable and optimal lighting mode. The battery is charged automatically while the device is operating from a 220 V power supply. The proposed lighting system with an autonomous power supply allows you to create the most stable and comfortable conditions for human life and work, even during interruptions in the power supply, and at the same time take advantage of all the advantages of smart lighting.

## МІКРОКОНТРОЛЕРНА СИСТЕМА ЗБОРУ ДАНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

**А. Гісь, І. Гомілко, С. Лягушин, С. Мазурик**  
*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*  
*his\_am@ffeks.dnu.edu.ua*

Одним із напрямків удосконалення технології виробництва сонячних елементів є створення ефективних автоматизованих систем контролю їх основних експлуатаційних параметрів. Особливо це важливо при проведенні випробувань працездатності та оцінці надійності. Перспективним для цих цілей є застосування мікроконтролерної техніки. До її переваг відносяться те, що функціональні можливості систем контролю можуть коригуватися за рахунок зміни програмного коду, закладеного в мікроконтролер, і те, що завдяки обробці даних у реальному часі існує можливість моментальної реакції на критичні зміни, які можуть призвести до небажаних результатів.

У роботі наведено результати розробки спеціалізованої системи, призначеної для вимірювань вольт-амперних характеристик і характеристик навантаження сонячних елементів, а також реєстрації кількості електроенергії, генерованої сонячними елементами протягом різних періодів часу, та багато іншого.

Розроблена система має три незалежні канали, кожний з яких вимірює силу струму та напругу. Отримані дані можуть передаватися до мобільного пристрою або персонального комп'ютера через інтерфейс Bluetooth для подальшої обробки. Також є можливість передавати отримані дані через інтерфейс WiFi до глобальної мережі Інтернет.

Система розроблена на базі сучасного мікроконтролера ESP32, який має вбудовані інтерфейси Bluetooth та WiFi. У якості вимірювального пристрою використовується мікросхема INA3221. Це триканальний монітор сили струму та напруги з інтерфейсом I2C та SBUS. Мікросхема здатна реєструвати напругу до 26 В та силу струму до 3.2 А.

Тестування розробленої системи показало, що пристрій дозволяє вимірювати всі заявлені характеристики.

## MICROCONTROLLER SYSTEM FOR COLLECTING DATA OF ELECTRICAL TESTS OF SOLAR CELLS

**A. His, I. Gomilko, S. Lyagushyn, S. Mazuryk**  
*Oles Honchar Dnipro National University*  
*his\_am@ffeks.dnu.edu.ua*

A system collecting current and voltage through three independent channels has been developed. The system can be used to analyze the performance and assess the reliability of solar cells. The hardware part uses a modern element base (Microcontroller ESP32 and current & voltage monitor INA3221).

Testing of the developed system has shown that the device allows measuring all the indicated characteristics.

## ВПЛИВ КРИСТАЛОГРАФІЧНОЇ ОРІЄНТАЦІЇ КРЕМНІЮ НА ПАРАМЕТРИ ЕЛЕМЕНТІВ ФОТОЕЛЕКТРОНІКИ

М. Кукурудзяк<sup>1,2</sup>, В. Ліпка<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>АТ «Центральне конструкторське бюро Ритм»

<sup>2</sup>Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

mykola.kukurudzyak@gmail.com

Особливу увагу дослідників в останні десятиліття викликають дослідження та виробництво фотопримачів для реєстрації ближнього ІЧ спектрального діапазону випромінювання. Виготовлення досконалих фотодетекторів для даної області довжин хвиль залишається актуальним науково-технічним завданням. Одним із перших питань, які варто вирішити при проектуванні та виробництві фотоприймачів є вибір базового напівпровідникового матеріалу. В сьогоднішній найчастіше використовують фотоприймачі з *p-n* переходом на основі сполук  $A_3B_5$ , зокрема GaAs, а також на основі Ge та все ж найпоширенішим матеріалом для елементів фотоелектроніки є кремній. Вибір базового матеріалу для виготовлення фотоприймачів не обмежується вибором напівпровідника, оскільки існує ще ряд параметрів напівпровідникових злитків чи пластин, які варто враховувати при проектуванні. До таких параметрів відноситься тип провідності, питомий опір, густина структурних дефектів, час життя неосновних носіїв заряду, кристаліграфічна орієнтація та ін. Можливість оцінити вимоги параметрів матеріалу, зокрема кремнію, для виготовлення конкретних типів фотодетекторів є важливим та актуальним науково-технічним завданням. Зокрема метою даної роботи є дослідження впливу кристаліграфічної орієнтації на параметри елементів фотоелектроніки на прикладі *p-i-n* фотодіодів (ФД).

Досліджено зразки орієнтацій [111] (ФД<sub>[111]</sub>) та [100] (ФД<sub>[100]</sub>). ФД виготовлялись згідно режимів наведених в [1] в єдиному технологічному циклі.

Поверхню виробів досліджено після обробки в селективному травнику Сіртля (Рис. 1). В обох досліджуваних випадках кремнієві підкладки легували однаковою концентрацією домішок. Однак, як видно з Рис. 1а поверхня ФД<sub>[111]</sub> мала значно меншу поверхневу густину дислокацій, ніж ФД<sub>[100]</sub>. Густина дислокацій ФД<sub>[111]</sub> в  $n^+$ -областях досягала  $N_{dis} \approx 2 \cdot 10^3 - 2 \cdot 10^3 \text{ см}^{-2}$ , а в *p*-областях  $N_{dis} \approx 50 - 90 \text{ см}^{-2}$ . У випадку  $n^+$ -областей ФД<sub>[100]</sub> (Рис. 1б) визначення  $N_{dis}$  ускладнене через високу густину дислокацій і їх злиття в лінії та сітки, але можна оцінити, що в цьому випадку  $N_{dis} \approx 10^9 - 10^{11} \text{ см}^{-2}$ . Що ж до *p*-областей ФД<sub>[100]</sub>, то тут  $N_{dis} \approx 1 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}$ . Зауважимо, що збільшення густини дислокацій провокує зростання значень темного струму та зниження фоточутливості за рахунок зниження часу життя неосновних носіїв заряду.

При вимірюванні глибини *p-n* переходу ( $x_{n+p}$ ) було виявлено, що в ФД<sub>[111]</sub>  $x_{n+p} = 4 - 4,2 \text{ мкм}$ , а в ФД<sub>[100]</sub>  $x_{n+p} = 5,8 - 6 \text{ мкм}$ . Відповідно, зі зменшенням глибини залягання  $n^+$ -*p* переходу зростає вплив фонового випромінювання на значення короткохвильової чутливості. Це пов'язано з тим, що зі зменшенням довжини хвилі випромінювання зменшується глибина його поглинання, а в *p-i-n* ФД формування фотоструму відбувається при генерації носіїв заряду в високоомній *p*-області. А у випадку ФД<sub>[100]</sub> більший діапазон довжин хвиль поглинається  $n^+$ -областю через більшу глибину *p-n* переходу. Зокрема, в деяких зразках типу ФД<sub>[100]</sub> спостерігався зсув короткохвильового мінімуму спектральної характеристики до 700 нм (порівняно із  $\lambda_{min} = 400 \text{ нм}$  для ФД<sub>[111]</sub>). Зауважимо, що різна глибина дифузійного шару в обох випадках може бути пов'язана з різницею в коефіцієнтах дифузії фосфору для різних кристаліграфічних орієнтацій.

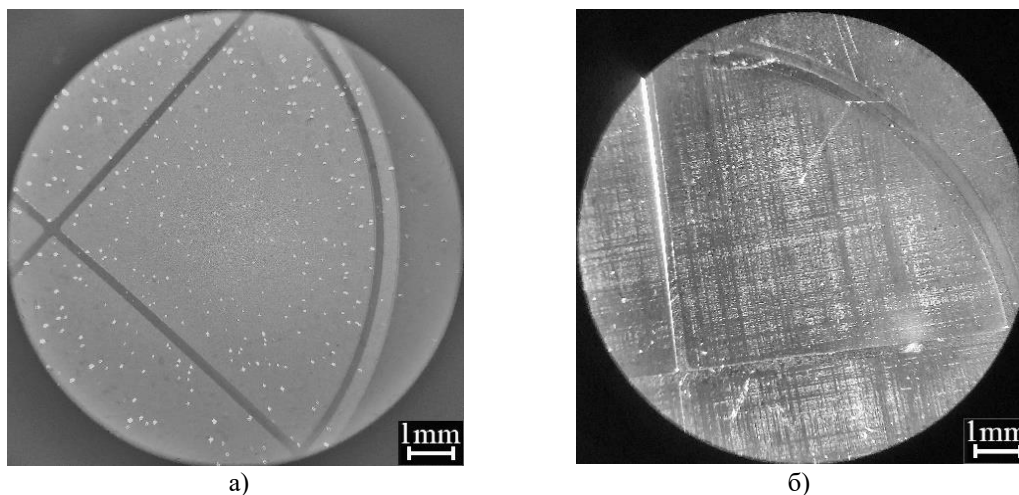


Рис. 1. Зображення поверхні ФД після селективного травлення: а) ФД<sub>[111]</sub>; б) ФД<sub>[100]</sub>

На поверхні фоточутливих елементів ФД вирощувався просвітлюючий діоксид кремнію, який відповідав умові мінімуму відбивання [2]. Для робочої довжини хвилі описаних фотодіодів просвітлюючий оксид повинен сягати  $d_{SiO_2} \approx 0,18-0,19$  мкм. При дослідженні товщини вирощеної противідбиваючої плівки в двох досліджуваних варіантах ФД було виявлено, що товщина  $SiO_2$  в ФД<sub>[111]</sub> сягає  $d_{SiO_2} \approx 0,183$  мкм, а в ФД<sub>[100]</sub> -  $d_{SiO_2} \approx 0,17$  мкм. Імовірно, різна швидкість росту оксидної плівки зумовлена різною поверхневою концентрацією атомів кремнію для різних кристалографічних орієнтацій ( $n_{[100]} = 6.78 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$ ,  $n_{[111]} = 7.83 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$ ), оскільки можна припустити, що швидкість росту оксиду зростатиме зі збільшенням поверхневої концентрації атомів.

- [1] Kukurudziak, M. S.. Problems of Masking and Anti-Reflective  $SiO_2$  in Silicon Technology. *East European Journal of Physics*, (2), 289-295 (2023). <https://doi.org/10.26565/2312-4334-2023-2-33>
- [2] Khan, S. B., Irfan, S., Zhuanghao, Z., & Lee, S. L.. Influence of refractive index on antireflectance efficiency of thin films. *Materials*, 12(9), 1483 (2019). <https://doi.org/10.3390/ma12091483>

## INFLUENCE OF CRYSTALLOGRAPHIC ORIENTATION OF SILICON ON THE PARAMETERS OF PHOTOVOLTAIC ELEMENTS

**M. Kukurudziak<sup>1,2</sup>, V. Lipka<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Rhythm Optoelectronics Shareholding Company*

<sup>2</sup>*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University*

*mykola.kukurudzyak@gmail.com*

The influence of the crystallographic orientation of silicon on the parameters of photovoltaic elements has been investigated. It has been shown that silicon of orientation [100] is more prone to the formation of surface dissociations than [111]. It was found that the material of different crystallographic orientation has different phosphorus diffusion coefficients. It has been experimentally established that the silicon oxide film grows faster on the surface of crystallographic orientation silicon [111] than on the surface of crystallographic orientation silicon [100]. This is due to the difference in the surface density of silicon atoms inherent in different crystallographic planes.

## РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

**О. Яценко, І. Гомілко, О. Гапонов**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
yatsenko\_ov@ffeks.dnu.edu.ua*

Якість атмосферного повітря є важливою умовою безпечного існування людини та збереження її здоров'я. Першочерговим завданням при створенні системи, що контролює кількість шкідливих домішок у повітрі, є підбір датчиків. На даний момент існує велика кількість типів газових сенсорів, які дозволяють визначати концентрацію того чи іншого газу в атмосферному повітрі. До таких типів належать термokatалітичні, напівпровідникові, електрохімічні, гальванічні, інфрачервоні, термоіндуктивні, інтерферометричні, фотоіонізаційні та піролітичні датчики. У кожного типу датчиків є свої переваги та недоліки. Найкращі результати по співвідношенню ціна / якість мають електрохімічні датчики.

Серед досить великої кількості електрохімічних датчиків моніторингу якості повітря, які з'явилися останнім часом, найкраще зарекомендували себе датчики ТВ600В виробництва EC Sense, що мають гарні сенсорні характеристики.

В даній роботі представлена розробка апаратно-програмного комплексу моніторингу якості атмосферного повітря на основі електрохімічних датчиків ТВ600В. Комплекс вимірює вміст газів NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub> в атмосферному повітрі та визначає концентрацію частинок пилу розміром до 2,5 і 10 мкм (PM2.5 та PM10). Додатково за допомогою приладу можна визначити основні кліматичні характеристики: температуру повітря, атмосферний тиск, вологість повітря, швидкість та напрямок вітру.

Заснований на базі сучасного мікроконтролера ESP32 розроблений комплекс має вбудовані адаптери Wi-Fi та Bluetooth, що дозволяє передавати отриману інформацію як в глобальну мережу Інтернет, так і до мобільних пристроїв.

Тестування виготовленої системи показало, що даний моніторинговий комплекс якості атмосферного повітря відповідає заявленим вимогам і за своїми характеристиками не поступається, а де в чому навіть має переваги над іншими аналогічними пристроями.

## DEVELOPMENT OF HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR MONITORING ATMOSPHERIC AIR QUALITY

**O. Yatsenko, I. Gomilko, O. Gaponov**

*Oles Honchar Dnipro National University  
yatsenko\_ov@ffeks.dnu.edu.ua*

An air quality monitoring system has been developed. The developed system determines the presence of the following harmful inclusions: NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, PM2.5, PM10. In addition, the system measures temperature, humidity, pressure, wind strength and direction. Modern electrochemical sensors were used as the main measuring elements.

Testing of the developed system showed that the device meets all the stated requirements and is not inferior to any other similar devices.

## ФОТОПРИЙМАЧІ НА ОСНОВІ НАПІВПРОВІДНИКІВ З ІЗОВАЛЕНТНОЮ ДОМІШКОЮ Mg

М. Сльотов<sup>1</sup>, О. Сльотов<sup>1</sup>, В. Чернівчан<sup>2</sup>, О. Кінзерська<sup>1</sup>,  
С. Борта<sup>1</sup>, А. Скрипничук<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

<sup>2</sup>Чернівецький індустріальний фаховий коледж  
m.slyotov@chnu.edu.ua, o.slyotov@chnu.edu.ua

Одним із важливих завдань сучасної електроніки та інформаційних систем є отримання ефективних фотоприймачів. Для них необхідним умовою є широкий спектральний діапазон. Тому при виготовленні фотоприладів важливо добрати відповідні матеріали, серед яких особливого значення набувають II-VI сполуки, які за своїми базовими параметрами відповідають широкому спектральному діапазону. У ньому особливе значення має мало опанований короткохвильовий діапазон. Для зазначених матеріалів існує низка особливостей – одностороннє відхилення від стехіометрії власних точкових дефектів, схильність до самокомпенсації. Вказані фактори обумовлюють труднощі зміни її типу та величини провідності при виготовленні на них  $p$ - $n$ -переходів. Тому важливим є добір легуючої домішки, яка б забезпечувала отримання шарів з відповідними для створення фотоприймачів (ФП) властивостями.

Для створення ФП на основі зазначених сполук використано ізовалентну домішку Mg, яка вводилася методом ізовалентного заміщення (ІВЗ) [1]. За ним проводився класичний метод дифузії ізовалентної домішки (ІВД) Mg. Встановлено відповідні режими легування ІВД, за яких виготовлено фотодіоди. Вони отримуються внаслідок утворення на поверхні базового матеріалу  $n$ -типу шару  $p$ -типу. В такий спосіб формується класичний  $p$ - $n$ -перехід. Формування  $p$ - $n$ -переходу дозволило виготовити за участю ІВД Mg фотосенсиори, зокрема на основі  $CdTe$ ,  $Cd_{0,8}Mg_{0,2}Te$  та  $Zn_{0,88}Mg_{0,12}Se$ . Проведені на них дослідження методом термозонда виявили вказаний вище поверхневий шар  $p$ -типу провідності. Інверсію типу провідності внаслідок легування Mg також підтверджується утворенням омичного контакту до дифузійних шарів при хімічному осадженні міді. Таким чином показано, що саме ізовалентний характер легуючої домішки Mg обумовлює інверсію типу електропровідності і формування  $p$ - $n$ -переходу при дифузії. Його електрофізичні властивості характеризуються класичною статичною вольт-амперною характеристикою для  $p$ - $n$ -переходів. Коефіцієнт випрямлення для  $p$ - $n$ -структур, сформованих на основі  $CdTe$  при  $V \approx 1,0$  В, а також 1,2 В для  $Zn_{0,88}Mg_{0,12}Se$  і 1,5 В для  $Cd_{0,8}Mg_{0,2}Te$  становить не менше  $10^5$ . Встановлено, що отримані  $p$ - $n$ -структури характеризуються високою фоточутливістю, рис. 1. Спектральний розподіл фотоструму охоплює широкий оптичний діапазон енергії фотонів –  $\Delta\hbar\omega = 1,5$ -

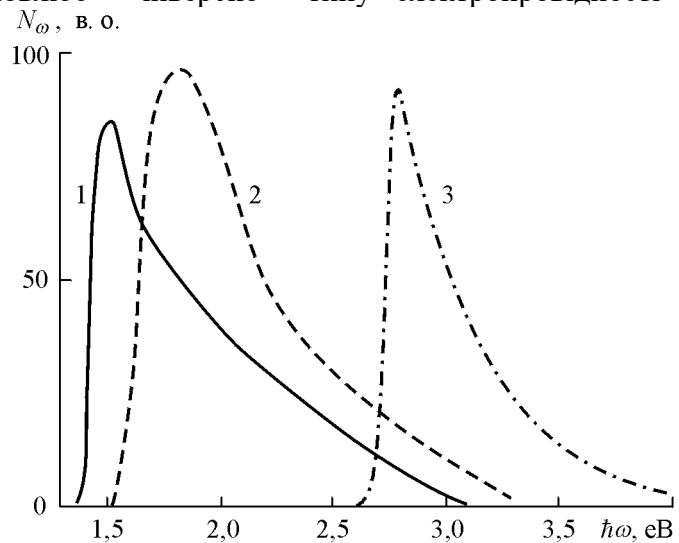


Рис. 1 Спектри фоточутливості фотосенсорів кристалів на основі  $CdTe$  (1),  $Cd_{0,8}Mg_{0,2}Te$  (2) та  $Zn_{0,88}Mg_{0,12}Se$  (3).

3,8 eV з максимумом фоточутливості при  $\hbar\omega_m \sim 1,52$  eV для  $CdTe$ , а також  $\hbar\omega_m \sim 1,82$  eV для  $Cd_{0,8}Mg_{0,2}Te$  та короткохвильову область  $\Delta\hbar\omega = 2,6 - 4,3$  eV з  $\hbar\omega_m \sim 2,80$  eV для  $Zn_{0,88}Mg_{0,12}Se$ . Необхідно зазначити, що при достатньо великій оберненій напрузі величина фотоструму визначається тільки інтенсивністю світла, а не умовами живлення структури. Спектральна область і положення максимуму не залежить від прикладеної напруги в області її невеликих значень (до  $V \approx 2,2$  V).

Важливим для практичного використання отриманих ФП є можливість варіації режимів отримання фоточутливого сенсора. Для отриманих на основі зазначених матеріалів ФП встановлено умови, що забезпечують великий фотострум внаслідок оптимальності товщини бази  $W$  до дифузійної товщини  $L_p - W < L_p$ . Відповідно генеровані світлом електронно-діркові пари дістаються бар'єру. Встановлено режими дифузії при виготовленні сенсорів за яких  $p-n$ -переходи формуються на глибині, що відповідає ОПЗ обернено зміщеного бар'єру. За цих умов отримується істотне збільшення фоточутливості без змін характеру спектра. На досліді для фотосенсорів на основі досліджуваних  $CdTe$ ,  $Cd_{0,8}Mg_{0,2}Te$  та  $Zn_{0,88}Mg_{0,12}Se$  спостерігається істотне збільшення фоточутливості у 4-5 рази. Це визначається в  $p-n$ -переході відповідними умовами фотогенерації електронно-діркових пар і підвищення ефективності їх розділення на окремі носії заряду. До того ж, істотно зменшується швидкість поверхневої рекомбінації внаслідок спаду густини поверхневих станів. Такий ефект "очищення" поверхні обумовлений саме легуванням ізовалентною домішкою. Це підтверджується також спостережуваною на досліді високою ефективністю люмінесценції з квантовим виходом  $\eta \sim 15-18\%$  для матеріалів, легованих  $Mg$ . Це свідчить про досконалість кристалічної структури отриманих шарів  $p$ -типу провідності. До того ж, отримані ФП за своїми характеристиками узгоджуються із властивостями та параметрами зазначених ефективних джерел короткохвильового випромінювання на основі  $CdTe$ ,  $Cd_{0,8}Mg_{0,2}Te$  та  $Zn_{0,88}Mg_{0,12}Se$  при введенні до них ІВД  $Mg$  [2]. Тому фотосенсори можуть відігравати важливу роль при створенні відповідних приладів сучасної електроніки шляхом легування ізовалентною домішкою.

[1] Slyotov M.M., Slyotov O.M. Preparation and luminescent properties of zinc sulfoselenide thin films. *Physics and Chemistry of Solid State*. Vol.20, № 4. (2019). P. 354-359.

[2] Slyotov M., Slyotov A. The sources of radiation in the short-wave range on the basis of II-VI heterolayers. *Journal IAPGOS*. V.4. (2018). P. 4-7.

## PHOTODETECTORS ON THE BASE OF SEMICONDUCTORS WITH AN ISOVALENT Mg IMPURITY

M. Slyotov<sup>1</sup>, O. Slyotov<sup>1</sup>, V. Chernivchan<sup>2</sup>, O. Kinzerska<sup>1</sup>, S. Borta<sup>1</sup>,  
A. Skripnichuk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University*

<sup>2</sup>*Chernivtsi Industrial Vocational College*

*m.slyotov@chnu.edu.ua, o.slyotov@gmail.com*

It was established that doping with an isovalent impurity of Mg makes it possible to obtain photosensors based on  $CdTe$ ,  $Zn_{0,88}Mg_{0,12}Se$  and  $Cd_{0,8}Mg_{0,2}Te$ . The spectrum of photosensitivity and the position of the maximum do not depend on the applied voltage. They are characterized by a significant increase in photosensitivity (4-5 times) without a change in character in the short-wavelength region  $\Delta\hbar\omega = 2.6 - 4.3$  eV. The rectification coefficient at  $V \approx 1.2$  V is at least  $10^5$  for  $p-n$  structures.

## МЕТОД ОЦІНКИ ЧАСУ ЖИТТЯ НЕОСНОВНИХ НОСІЇВ ЗАРЯДУ КРЕМНІЄВИХ *p-i-n* ФОТОДІОДІВ

М. Кукурудзяк<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>АТ «Центральне конструкторське бюро Ритм»

<sup>2</sup>Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
mykola.kukurudzyak@gmail.com

Кремній є основним матеріалом фотоелектроніки, зокрема його найчастіше використовують для виготовлення *p-i-n* фотодіодів (ФД). Одими із найважливіших електрофізичних параметрів вихідного кремнію є питомий опір ( $\rho$ ) та час життя неосновних носіїв заряду ( $\tau$ ). Від цих характеристик залежать кінцеві параметри готових виробів, зокрема від питомого опору залежить ємність фоточутливих елементів (ФЧЕ), а від часу життя неосновних носіїв заряду – темновий струм та фоточутливість. Відомо, що  $\tau$  та  $\rho$  кремнію після термічних операцій в процесі технологічного циклу деградують. Можливість оцінити та визначити кінцеві значення даних параметрів є актуальним науково-технічним завданням. Зокрема, важливою є можливість неруйнівного їх контролю. Так, метою даної роботи є розробка неруйнівного методу визначення часу життя неосновних носіїв заряду кремнієвих *p-i-n* ФД по відомих інших параметрах.

ФД виготовлялися за дифузійно-планарною меза-технологією згідно режимів наведених в [1]. Товщина фоточутливих кристалів сягала 490-500 мкм. При виготовленні використовувалася монокристалічний кремній *p*-типу з  $\rho \approx 18-24$  кОм·см та  $\tau \approx 1,8-2,2$  мс.

Для визначення часу життя неосновних носіїв заряду ( $\tau_n$ ) кінцевих виробів, потрібно знати питомий опір їх високоомної *i*-області, або концентрацію акцепторів ( $N_A$ ) в даній області. Значення  $N_A$  можна визначити, знаючи ємність ФЧЕ ( $C_{ФЧЕ}$ ). В досліджуваному випадку ємність вимірювалась при напрузі зміщення  $U_{зм} = 120$  В та сягала  $C_{ФЧЕ} = 12,1$  пФ. Із формули для бар'єрної ємності ФЧЕ (1) можна визначити  $N_A$  [2]:

$$C_{ФЧЕ} = A_{ФЧЕ} \left( \frac{\varepsilon \varepsilon_0 e N_A}{2(\phi_k - U_{зм})} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

де  $A_{ФЧЕ}$  – площа ФЧЕ;  $\varepsilon, \varepsilon_0$  – діелектричні сталі для кремнію і вакууму відповідно;  $e$  – заряд електрона;  $\phi_k$  – контактна різниця потенціалів.

В даному випадку  $N_A \approx 1,4 \cdot 10^{12}$  см<sup>-3</sup>.

Далі потрібно визначити напругу, при якій фоточутливість чи темновий струм ФД виходять в насичення. В даному випадку проводилось вимірювання залежності імпульсної монохроматичної фоточутливості від напруги зміщення (Рис. 1).

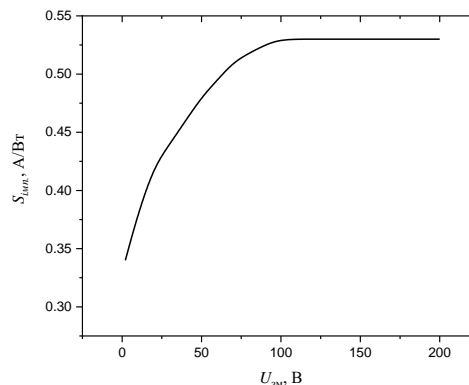


Рис. 1. Залежність фоточутливості ФД від напруги зміщення.



Вихід фоточутливості в насичення означає, що сума ширини області просторового заряду ( $W_i$ ) та дифузійної довжини неосновних носіїв заряду ( $L_n$ ) є рівною товщині високоомної області кристалу ФД, при чому подальше зростання чутливості не можливе:

$$W_i + L_n \approx 490 \text{ мкм} \quad (2)$$

З Рис. 1 можна побачити, що при  $U_{zm}=100$  В фоточутливість виходить в насичення. Знаючи  $N_A$  можна визначити  $W_i$  із формули (при  $U_{zm}=100$  В) [2]:

$$W_i = \left( \frac{2\epsilon\epsilon_0(\phi_k - U_{zm})}{eN_A} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

З формули (3)  $W_i \approx 310$  мкм, відповідно з формули (2)  $L_n \approx 180$  мкм. Тоді, знаючи  $L$  власне  $\tau$  визначити можна з формули [3]:

$$L_n = \sqrt{\tau_n D_n} \quad (4)$$

де  $D_n$  – коефіцієнт дифузії електронів в кремнію.

В досліджуваному випадку кінцевий час життя неосновних носіїв заряду кремнієвого  $p-i-n$  фотодіода сягає  $\tau_n \approx 10$  мкм. Тобто це підтверджує факт значної деградації часу життя неосновних носіїв заряду в технологічному циклі.

Зауважимо, що концентрація акцепторів  $N_A \approx 1,4 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$  відповідає питомому опору  $\rho \approx 10$  кОм. Це можна визначити із формули провідності напівпровідника  $p$ -типу (5), виразивши електропровідність через питомий опір, та вважаючи, що  $p=N_A$  та всі домішки іонізовані [2]:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = ep\mu_p \quad (5)$$

де  $\sigma$  – електропровідність напівпровідника;  $\mu_p$  – рухливість дірок.

Тобто деградація питомого опору під час термічних операцій також має місце, але міра даної деградації значно нижча порівняно із  $\tau_n$ . В даному випадку питомий опір деградує в два рази.

- [1] Kukurudziak M. S., & Maistruk E. V. High-responsivity silicon pin mesa-photodiode. *Semiconductor Science and Technology*, (38), 085007 (2023). <https://doi.org/10.1088/1361-6641/acdf14>
- [2] Kukurudziak M. S. Influence of Surface Resistance of Silicon pin Photodiodes  $n^+$ -Layer on their Electrical Parameters. *Physics and chemistry of solid state*, 23(4), 756-763 (2022). <https://doi.org/10.15330/pcss.23.4.756-763>.
- [3] Чирчик С. В. Дослідження рекомбінаційних параметрів нерівноважних носіїв заряду у технологічних пластинах Si тепловізієм методом. *Вісті вищих навчальних закладів. Радіоелектроніка*, 63(9), 570-579 (2020). <https://doi.org/10.20535/S0021347020090034>

## METHOD OF ESTIMATING OF MINORITY CHARGE CARRIERS LIFETIME OF SILICON $p-i-n$ PHOTODIODES

M. Kukurudziak<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Rhythm Optoelectronics Shareholding Company

<sup>2</sup>Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University  
[mykola.kukurudzyak@gmail.com](mailto:mykola.kukurudzyak@gmail.com)

A method for estimating the degradation of minority charge carriers lifetime in silicon photodiodes is proposed. It is established that this parameter reaches about 10  $\mu\text{s}$  at 2000  $\mu\text{s}$  of initial. It was also found that the resistivity of silicon also degrades during the production process, but to a much lesser extent (approximately two times).

## SUBSTRATE WITH SU-8 AND PMMA LAYERS AS MATERIALS FOR X-RAY ZONE PLATES FABRICATION

**D. Dmytriiev<sup>1,2</sup>, S. Achenbach<sup>2</sup>, G. Wells<sup>3</sup>, Y. Houmad<sup>2,4</sup>**

<sup>1</sup>*Oles Honchar Dnipro National University*

<sup>2</sup>*University of Saskatchewan, Canada*

<sup>3</sup>*Synchrotron Laboratory for Micro and Nano Devices (SyLMAND), Canadian Light Source*

<sup>4</sup>*University of Paris-Saclay*

*dmitriev.d12m@gmail.com*

Since X-rays were discovered in 1895, science went very far in understanding their nature and applying them for various of fields. However, there are still challenges to overcome and develop.

Refractive indexes of materials are known to be different depending on the incident wavelengths, in this case, refractive optics (i.e. refractive lenses) could be used for focusing a visible spectrum of light. However, when it comes to the beams with higher frequencies (e.g. X-rays) we observe a small impact of the single surface of the conventional lenses. That's why, focusing of X-rays is a task, which requires utilization of different approaches, such as diffractive optics. That's leading to lenses with different shapes, for example Fresnel zone plates, which have proven to be a good tool for manipulating X-rays for different applications.

Nevertheless, fabrication of the diffractive lenses at high quality constitutes a substantial technological challenge due to need of patterning sufficiently thick layers with deep sub-micrometer resolution, and with high ratio of features height to minimum lateral features dimensions. Parts of this challenge are tackled here using X-ray Lithography (XRL) as the high aspect ratio patterning technique for the samples.

Moreover, materials for zone plates templates should demonstrate high quality micro- and nano- patternability, as well as high absorption coefficient. SU-8 and PMMA photoresists patterned by X-ray lithography have been demonstrated to be capable of providing high-quality templates with deep sub-micrometer feature size at high aspect ratio. Such templates, subsequently, could be used for replication of actual zone plates into metals by electroplating. That's why the purpose of this work was to find best parameters, for these materials, in every step: preparation, exposure, development, and to determine the limits of the possible results, using capabilities of SyLMAND (Synchrotron Laboratory of Micro and Nano Devices).

The experimental process included: preparation of the substrate, mounting an X-ray lithography mask onto the sample, exposure to X-rays using synchrotron radiation at the Canadian Light Source (CLS, Saskatoon, Canada), wet-chemical development, and final analysis.

Preparation of the samples was performed using: 2-inch Si (<100> and <111>) wafers as a substrate, SU-8 3005 (Kayaku Advanced Materials) as a first, adhesion-promoting seed layer, and 950 PMMA A2 (Kayaku Advanced Materials) as a second layer to be patterned by XRL. The nominal thickness of the SU-8 layer is 5  $\mu\text{m}$  and the nominal thickness of PMMA is 100 nm.

Main fabrication steps included: cleaning and activation by reactive ion etching of the silicon wafer, coating with SU-8 3005, soft baking of the SU-8 layer, UV flood exposure of SU-8 layer, post exposure bake of the SU-8 layer, hard bake of the SU-8 layer, coating with 950 PMMA A2, bake of the PMMA layer.

X-ray masks used were made by Applied Nanotools Inc., Edmonton. Before mounting a mask, the test sample substrates were diced in four quarters. The mask was mounted on top

of 12.7  $\mu\text{m}$  kapton shims, serving as proximity gaps, and fixed with kapton tape on two parallel sides.

The samples were exposed with an X-ray spectrum between approx. 2 and 3.5 keV photon energy and a dose deposition value around 3.5  $\text{kJ}/\text{cm}^3$  at the resist bottom and 3.7  $\text{kJ}/\text{cm}^3$  at the resist top.

After exposure, the samples were dip-developed in GG developer.

Analysis included: optical microscopy, electron microscopy after gold sputtering, as well as white light interferometry.

During the experimental process, different challenges were faced, in response to which a variety of solutions were tested. Many issues circled around resists adhesion to each other, in response to which some samples were processed using a variety of alternative parameters. It was found that during preparation step, UV flood exposure of SU-8 for 100  $\text{mJ}/\text{cm}^2$  and 200  $\text{mJ}/\text{cm}^2$  could make a difference in adhesion, as well as bake time of the PMMA layer — 150 s instead of 90 s.

Some samples included an SU-8 base layer, while others omitted this intermediate layer. Some experiments were performed using 3 mm bulk PMMA blocks rather than a layered sample.

Additionally, for some samples, the actual X-ray mask with test patterns featuring deep sub-micrometer sizes at the cost of limited radiation opacity (i.e. mask contrast) was replaced by a more rugged test mask with larger structures, but extremely high mask contrast (steel stencil mask).

Best results were obtained using the following parameters:

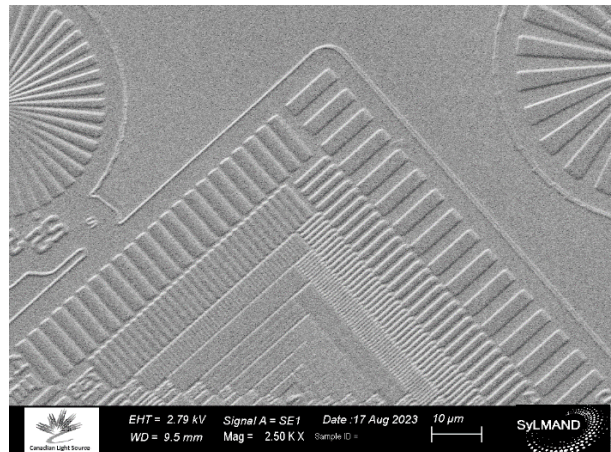
Dose (top to bottom): 3.7 – 3.5  $\text{kJ}/\text{cm}^3$

Dose expenditure: 160  $\text{mA}\cdot\text{min}/\text{cm}$

GG development time: 1 min

The smallest features we could clearly identify were between 300 – 400 nm (**Figure 1**).

Besides well-defined features in PMMA, we had found parameters for obtaining structures with the following depths of: 35 nm, 130 nm, 140 nm, 170 nm. This range safely, includes the original target depth of 100 nm.



**Figure 1.** SEM image of a test sample after development

Precise dose values were hard to determine, given the uncertainty of the applied double mirror high energy cut-off setup in grazing incidence mode. The spectrum applied for this work was set to softer spectral values than for routine operations, such that a range of exposure conditions had to be tested and verified. It was found that dose expenditures of 320  $\text{mA}\cdot\text{min}/\text{cm}$  are too high since they increase secondary defects, most notably adhesion. Likewise, 40  $\text{mA}\cdot\text{min}/\text{cm}$  is too low for reliable exposure of the PMMA. Respectively, GG development for 10 minutes for 100 nm thick PMMA is too much and 5 minutes is not optimal for the same PMMA thickness.

The structure accuracy was found to also be impacted by the feature orientation on the mask relative to the orientation of the horizontal synchrotron beam. Horizontally oriented features were defined better than vertically oriented ones. This could possibly be attributed to weak thermal contacting of the mask, leading to slight thermal deformations, or to a slight relative movement between mask and sample during exposure.

## ПОШИРЕННЯ ТЕРАГЕРЦОВИХ ВИХРОВИХ ПУЧКІВ В ВІЛЬНОМУ ПРОСТОРИ

**М. Дубінін, В. Маслов, К. Мунтян, О. Свистунов**  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
oleg.svistunov.98@gmail.com

Унікальність терагерцевих (ТГц) вихрових пучків полягає в особливій спіральній структурі хвильового фронту, що забезпечує наявність у них орбітального хвильового моменту з великою кількістю станів і відповідно додаткових ступенів свободи. Найбільш вивчені методи генерації ТГц вихрових пучків за допомогою двох принципів: модуляції хвильового фронту за допомогою спеціальних зовнішніх пристроїв та прямого збудження вихрових пучків на виході резонатора [1, 2]. Спіральна фазова пластина (СФП) з товщиною, що азимутально змінюється, є одним з найбільш відомих оптичних елементів для формування вихрових пучків.

Метою даної роботи є вивчення фізичних особливостей ТГц вихрових пучків  $EH_{11}$  та  $TE_{01}$  мод при їх поширенні у вільному просторі.

В роботі відображені результати чисельного моделювання на основі векторної теорії Релея-Зоммерфельда розповсюдження хвильових пучків, які збуджуються лінійно та азимутально поляризованими  $EH_{11}$  та  $TE_{01}$  модами при їх проходженні через СФП із топологічним зарядом  $n = 0, 1$ . СФП була розміщена на виході хвилевідного резонатора. Довжина хвилі випромінювання була обрана рівною  $\lambda = 0,4326$  мм, діаметр хвилевіда складав 35 мм. На рис. 1 зображені поперечний розподіл інтенсивності та фази  $EH_{11}$  та  $TE_{01}$  мод в зоні Френеля ( $z = 700$  мм). СФП для моди  $EH_{11}$  з структури із максимумом в центрі ( $n = 0$ ) формує кільцеву ( $n = 1$ ), а для  $TE_{01}$  моди навпаки. При цьому фазова структура променя лінійно поляризованої  $EH_{11}$  моди перетворюється із кільцевої в вихрову з точкою сингулярності на вісі, тоді як для фазової структури азимутально поляризованої  $TE_{01}$  моди з'являється область з двома точками фазової сингулярності.

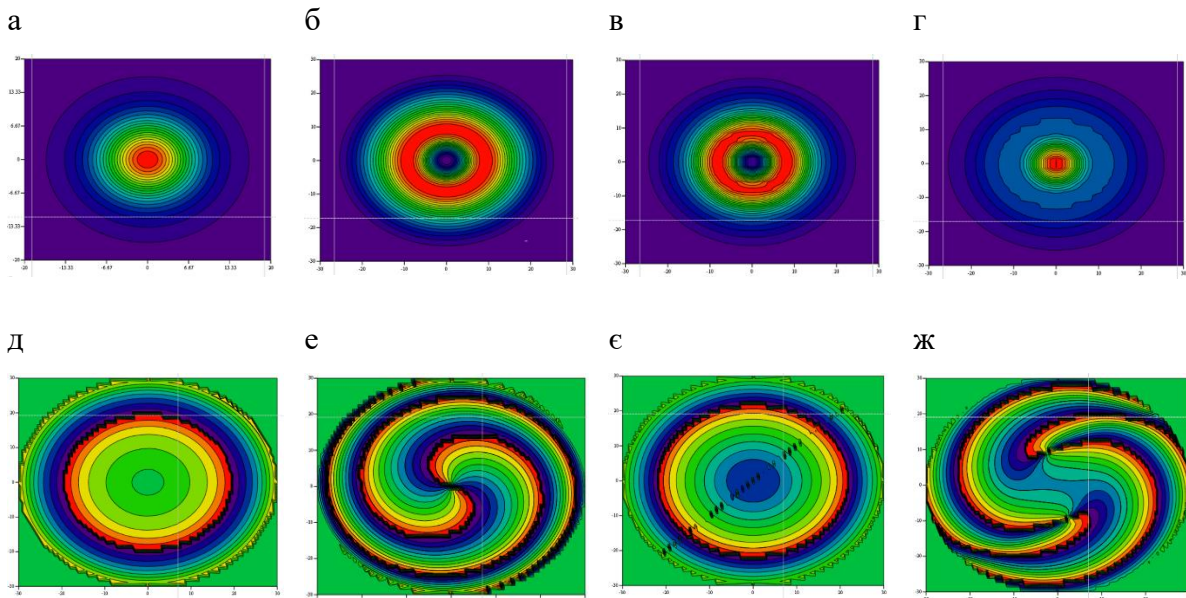


Рис. 1 Поперечний розподіл інтенсивності (а, б) і фази (д, е),  $EH_{11}$  моди та інтенсивності (в, г) і фази (є, ж)  $TE_{01}$  моди при  $n = 0$  (а, в, д, є) й  $n = 1$  (б, г, е, ж) на відстані 700 мм

На рис. 2 представлений поздовжній розподіл інтенсивності  $EH_{11}$  та  $TE_{01}$  мод в зоні Френеля. Для  $EH_{11}$  моди сформований вихровий пучок при поширенні зберігає кільцеву структуру, в той час як для  $TE_{01}$  моди початковий провал в центрі вихрового пучка поступово перетворюється в максимум.

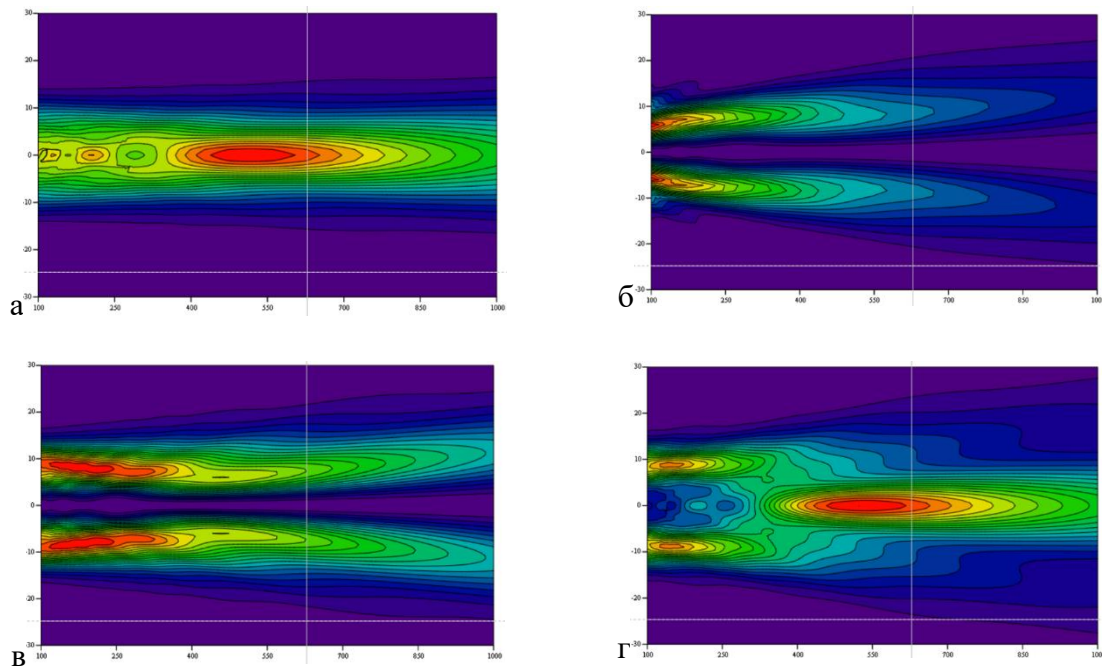


Рис. 2 Поздовжній розподіл інтенсивності  $EH_{11}$  (а, б) та  $TE_{01}$  (в, г) мод при  $n = 0$  (а, в) та  $n = 1$  (б, г) в зоні Френеля

Вивчено фізичні особливості ТГц вихрових пучків, сформованих СФП при їх поширенні у вільному просторі. Показано, що фазова пластинка для моди  $EH_{11}$  з структури із максимумом інтенсивності в центрі формує кільцеву, а для  $TE_{01}$  моди навпаки. Продемонстровано вплив СФП на фазовий розподіл вказаних мод.

- [1] Wang H., Song Q., Cai Y., Lin Q., Lu X., Shangguan H., Xu S. Recent advances in generation of terahertz vortex beams and their applications. *Chinese Physics B*, Vol. 29, (2020). P. 097404.
- [2] Petrov N. V., Sokolenko B., Kulya M. S., Gorodetsky A., Chernykh A. V. Design of broadband terahertz vector and vortex beams: I. Review of materials and components. *Light: Advanced Manufacturing*, Vol. 3, (2022), P. 640-652.

## PROPAGATION OF TERAHERTZ VORTEX BEAMS IN FREE SPACE

**M. Dubinin, V. Maslov, K. Muntean, O. Svystunov**

*V.N. Karazin Kharkiv National University  
oleg.svystunov.98@gmail.com*

The physical features of THz vortex beams formed by a spiral phase plate during their propagation in free space have been studied. It is shown that the phase plate for the  $EH_{11}$  mode from the structure with the intensity maximum in the center forms an annular one, and for the  $TE_{01}$  mode, the opposite is true. The effect of the spiral phase plate on the phase distribution of the specified modes is demonstrated.

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОРЕЗИСТОРІВ НА ОСНОВІ ДІОКСИДУ ВАНАДІЮ ДЛЯ ЕЛЕКТРОТЕПЛООВОГО ЗАХИСТУ ЕЛЕМЕНТІВ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

**В. Колбунов, О. Тонкошкур, С. Мазурик,  
О. Ляшков, Л. Накашидзе, Ю. Гладка**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
kolbunov\_vadim@i.ua*

Одним із найбільш небажаних джерел суттєвого погіршення надійності фотоелектричних компонентів сонячних батарей (СБ) є виникнення перегрівів, пов'язаних із електричними навантаженнями. Фізичними причинами таких ситуацій можуть бути пошкодження корозією в процесі експлуатації складових елементів, приховані виробничі дефекти, або результати деградації ізоляції під дією навколишнього середовища.

Найпоширенішим технічним рішенням цих проблем є використання додаткових елементів – байпасних діодів, які реагують на перенапругу. Однак практика встановлення паралельно ланцюжку сонячних елементів таких діодів показала, що «гарячі плями» все ж таки виникають і це призводить до прискореного погіршення характеристик СБ [1]. Підвищення температури не є для обвідних діодів вхідним контрольованим параметром. З цієї точки зору, є актуальною розробка елементів захисту, які реагують безпосередньо на підвищення температури. Одним із можливих рішень такого завдання є використання терморезисторів на основі матеріалів з фазовим переходом метал – напівпровідник (ФПМН) при температурі  $T_t=68^\circ\text{C}$ , яке розглянуто теоретично в [2].

У цій роботі наводяться результати експериментальних досліджень впливу температури на електричні характеристики моделі фотоелектричного модуля, який є системою послідовно з'єднаних 4-х фотоелектричних елементів з терморезисторним захистом від перегріву. Реалізація такого захисту фотоелектричних елементів СБ являла собою двошарову структуру з паралельно з'єднаних фотоелектричного елемента (PV) і терморезистора на основі склокераміки діоксиду ванадію з ФПМП [3], які знаходяться в тепловому контакті.

У дослідженнях використовувалися зразки PV-елементів із полікристалічного кремнію з геометричними розмірами 150×50 мм. Проводились вимірювання вольт-амперної  $I(U)$  характеристики та кривої потужності  $P(U)$  з використанням моделі СБ.

Роль навантаження виконував змінний резистор, а джерелом світла був імітатор сонячного випромінювання, який моделює умови АМ1,5. Для досліджень за підвищеної температури модель СБ поміщалася в розігрітій термостат, а після кожного такого вимірювання охолоджувалась до кімнатної температури у вільному режимі.

Встановлено, що при кімнатній (робочій) температурі наявність терморезисторних обвідних елементів у електричній схемі моделі СБ, які знаходяться у низькопровідному (ізолюючому) стані, не впливає на її фотоелектричні характеристики у разі справності всіх її PV-елементів.

На рис. 1 представлені характеристики моделі СБ без та за наявності відмови, тобто коли одне із кіл «PV-елемент – терморезистор» має температуру вищу за точку переходу терморезистора у високопровідний (металевий) стан.

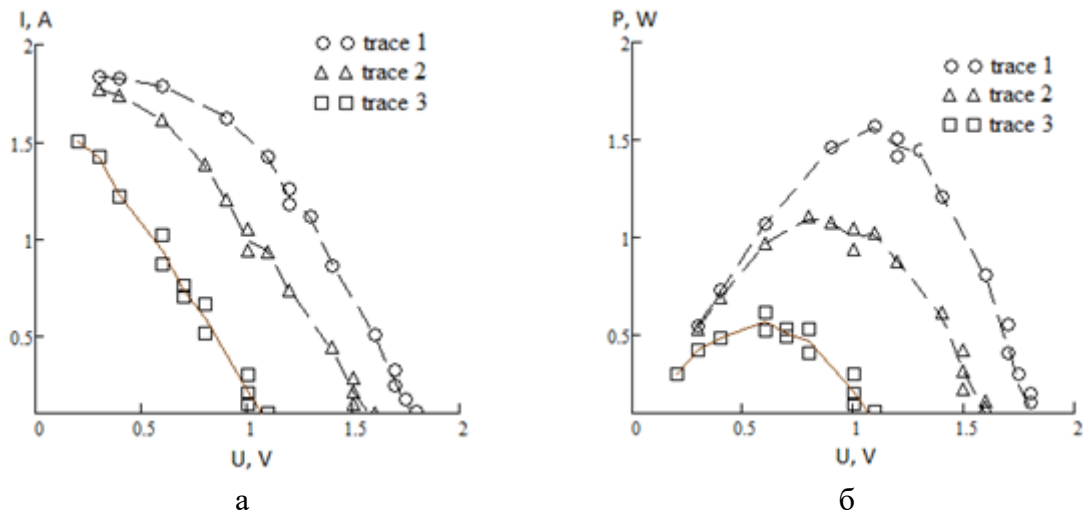


Рис. 1. Вольт-амперні характеристики (а) та криві потужності (б) моделі сонячного модуля без (1) та з обвідними терморезисторами (2, 3): 2 – один PV-елемент має температуру вищу за  $T_t$ ; 3 – два PV-елементи мають температуру вищу за  $T_t$

Як видно, ці результати проведених досліджень дозволяють зробити висновок, що елементи захисту на основі обвідних критичних терморезисторів з ФПМН можуть функціонувати як багаторазові (самовідновлювальні) запобіжники від електротеплових перевантажень в СБ. Їхня основна перевага – можливість реагування безпосередньо на досягнення граничної температури, небажаної при експлуатації фотоелектричних елементів.

- [1] Kim K. A., Krein P. T. Reexamination of photovoltaic hot spotting to show inadequacy of the bypass diode. *IEEE Journal of Photovoltaics*, 2015, vol. 5, iss. 5, pp. 1435–1441. <https://doi.org/10.1109/JPHOTOV.2015.2444091>.
- [2] Тонкошкур О.С., Іванченко О.В. Застосування шару на основі матеріалів з фазовим переходом «метал-напівпровідник» для електротеплового захисту сонячних елементів. *Технология и конструирование в электронной аппаратуре*, 2021, № 3-4, с. 57–64.
- [3] Колбунов В.Р., Тонкошкур О.С., Вашерук О.В. Електропровідність термочутливої склокераміки на основі нанорозмірного діоксиду ванадія. *Технологія та конструювання в електронній апаратурі*, 2022, № 1–3. С. 39-41.

## APPLICATION OF THERMORESISTORS BASED ON VANADIUM DIOXIDE FOR ELECTRO-THERMAL PROTECTION OF SOLAR BATTERY ELEMENTS

V. Kolbunov, O. Tonkoshkur, S. Mazurik,  
A. Lyashkov, L. Nakashydz, Yu. Hladka

*Oles Honchar Dnipro National University*

*kolbunov\_vadim@i.ua*

The possibilities of using bypass elements of the type of critical thermistors, which are in thermal contact with photovoltaic elements, for the electrothermal protection of solar batteries have been studied. It has been established that such protection elements have the prospect of being used as reusable (self-healing) fuses that respond directly to an increase in the temperature of photovoltaic elements to undesirable values.

# МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕРМОПАРНОГО ВАКУУМЕТРА ВТ-3 З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛУ АЦП

С. Чупира, С. Білічук, О. Грушка

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
s.chupyra@chnu.edu.ua

Сучасний розвиток електроніки і компонентної бази дозволяє розробляти і виготовляти вимірювальні прилади для промисловості і наукових досліджень використовуючи схеми із залученням мікроконтролерів, інтегрованих аналого-цифрових перетворювачів, цифро-аналогових перетворювачів та рідкокристалічних дисплеїв з вбудованими контролерами керування.

Вакуумні установки широко використовуються у наукових установах для дослідження фізичних явищ, контролю технологічних процесів як у науці, так і у промисловості, для запуску і обслуговування кліматичної техніки тощо. Вимірювання попереднього вакууму здійснюється в основному з використанням термопарних та резистивних вакуумних ламп. Особливістю цих ламп є нелінійна залежність вихідного параметру від рівня вакууму.

У даній роботі розроблено вакуумметр на основі термопарної лампи з використанням мікроконтролера ATmega328, аналого-цифрового перетворювача ADS1015 [1], цифро-аналогового перетворювача MCP4725 [2] та рідкокристалічного дисплея LCD1602. Аналогова частина одного каналу електричної принципової схеми пристрою зображена на рис. 1.

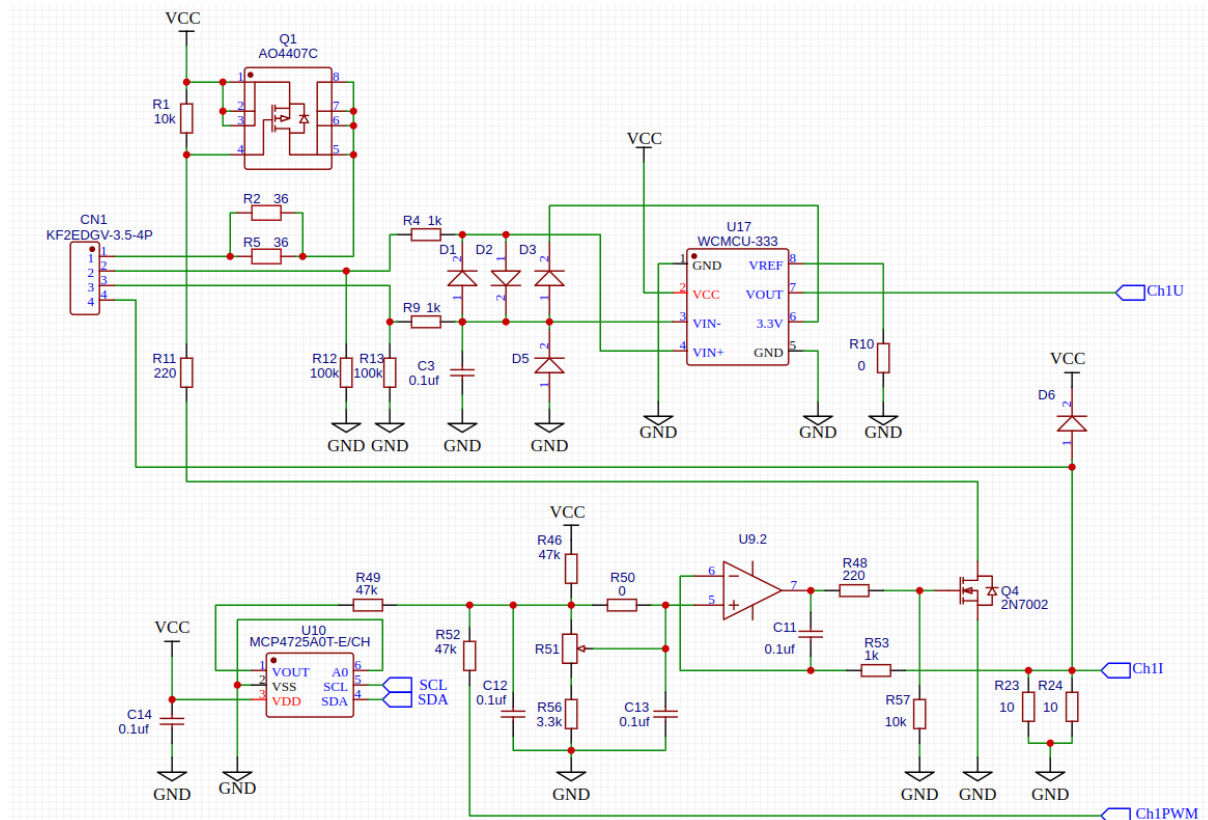


Рис.1. Електрична принципова схема аналогової частини одного каналу вимірювання



Пристрій дозволяє задавати і стабілізувати струм лампи в межах 50-200 мА з дискретністю близько 1 мА, вимірювати сигнал з лампи з дискретністю 10 мкВ, проводити автоматичне детектування підключення лампи, можливість програмного калібрування лампи. Криві залежності рівня вакууму від вихідної напруги таких ламп, як ПМТ-2, ПМТ-4 та LT4М занесені в ПЗП мікроконтролера, що дозволяє використовувати різні типи ламп в одному пристрої з доволі точним, для даного типу пристрою, вимірюванням рівня вакууму. Використання мікроконтролера дозволило додати в пристрій ряд додаткових корисних функцій, таких як релейні виходи з включенням по досягненню заданого рівня вакууму, відображення на LCD дисплеї рівня вакууму у трьох варіантах одиниці вимірювання – Па, мм. рт. ст, мБар (вибирається в меню приладу). Передбачена також можливість збереження в енергонезалежній пам'яті мікроконтролера налаштувань, обраних користувачем.

- [1] Texas Instruments – ADS101x Ultra-Small, Low-Power, I2C-Compatible, 3.3-kSPS, 12-Bit ADCs With Internal Reference, Oscillator, and Programmable Comparator [Електронний ресурс]. Режим доступу:  
<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1015.pdf?ts=1698327225711>
- [2] Microchip – 12-Bit Digital-to-Analog Converter with EEPROM Memory in SOT-23-6 [Електронний ресурс]. Режим доступу:  
<https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/22039d.pdf>
- [3] Horowitz P., Hill W. The art of electronics. Cambridge: Cambridge University Press; 3rd edition. (2015). 1220 p.

## MODERNIZATION OF THERMOCOUPLE VACUUM METER VT-3 USING MICROPROCESSOR PROCESSING OF ADC SIGNAL

**S. Chupyra, S. Bilichuk, O. Grushka**  
*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University*  
*s.chupyra@chnu.edu.ua*

A vacuum gauge based on a thermocouple lamp using an ATmega328 microcontroller, and such converters as ADC ADS1015 and DAC MCP4725 had developed.

The device allows to set and stabilize the current of the lamp in the range of 50-200 mA with a discreteness of about 1mA, measure the signal from the lamp with a discreteness of 10  $\mu$ V, carry out automatic detection of the connection of the lamp, the possibility of software calibration of the lamp. The curves of the dependence of the vacuum level on the output voltage of such lamps as PMT-2, PMT-4 and LT4M are stored in the EEPROM of the microcontroller, which allows the use of different types of lamps in one device with a fairly accurate, for this type of the device, measuring the vacuum level.

## MOISTURE DEPENDENCE ISOTHERMS OF RESISTANCE FOR POROUS GLASS WITH NANOPARTICLES

**Ya. Lepikh, I. Doycho, I. Brytavskii, A. Balaban**

*Interdepartmental educational and scientific physical and technical center of Ukrainian MES  
and NAS at I.I. Mechnikov Odesa National University  
ndl\_lepikh@onu.edu.ua*

Traditional capacitive humidity sensors require the use of complex technological processes to form a sensitive part of sensors of various types that intersect, but do not come into contact with each other. This is a condition for the functionality of the sensor in a wide range of humidity. In order to improve its metrological and constructive-technological characteristics in this work, the task was to identify and investigate the possibility of using porous silicate glass as a sensitive element of a humidity sensor. Any of the types of the specified material is a system of interpenetrating cavities of various sizes in the range from 10 to more than 100 nanometers. Therefore, for any range of humidity, due to the very structure of the slotted plate, there will always be a system of slots inside it, the sizes of which fit exactly for this range. However, an ordinary sample of spongy silicate glass cannot play the role of an active element of a resistive humidity sensor, since this is hindered, firstly, by the significant roughness of the surface of the corresponding plate, which makes it impossible to create ohmic contact with it even with the help of conductive paste, and secondly, the silicate slotted glass plate itself of any type has a very high inherent resistance (up to hundreds of TOhms), against the background of which the influence of environmental humidity will remain practically imperceptible. The dependence of the sensor characteristics on temperature was studied, which is fundamentally important for a humidity sensor of any type.

The principle of operation of the resistive humidity sensor is based on the property of porous or powdery conductive materials to change their electrical resistance under the influence of environmental moisture. The active element of a humidity sensor of this type, due to the availability of the material and the simple technology of creation without the use of expensive and cumbersome devices, has a number of advantages compared to those used in traditional capacitance sensors. An important advantage of the specified material is its ability to work in a fairly wide range of temperatures, from close to room temperature to negative ones. The latter is related to the fact that at negative temperatures, humidity is determined by the number of water molecules sublimated into the air.

Isotherms of the dependence of the resistance of the porous silicate glass of the environment increases, the resistance of the plate synchronously decreases, because an additional conductive phase of water molecules is gradually formed inside it. The specified curves are the result of thermodynamic equilibrium between water particles that determine air humidity and those that form an ensemble of nanoparticles inside the pores. The conditions of such equilibrium are maintained at different temperatures. This fact connected with the simultaneous increase in the number of water molecules outside the active element of the sensor and inside of the pores with increasing humidity and with a stable configuration of a specific porous sample, on the basis of which the sensitive element is made, regardless of temperature.

Moisture adsorption-desorption by silica porous glass wafer with a built-in conductive phase on the graphite base was investigated. A hysteresis phenomenon of porous glass resistance dependence by environment temperature change was detected. An explanation of this phenomenon was proposed. The temperature ranges for its minimization were estimated. The ways of intellectualization of such kind of sensors with using of microprocessor techniques was demonstrated. The usage areas of such sensor were specified.

## COMPOSITES BASED ON SYNTHETIC OPALS AND NANOCRYSTALLINE PHASES OF ACTIVE DIELECTRICS

V. Moiseienko<sup>1</sup>, M. Derhachov<sup>1</sup>, B. Abu Sal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Oles Honchar Dnipro National University*

<sup>2</sup>*Tafila Technical University*

*vnmois@ukr.net*

One of the main trends of modern solid-state physics is the increasing interest in the properties of low-dimensional objects in which one, two, or three dimensions are confined on the nanometer scale. Spatial confinement significantly affects the energy spectrum of electronic and vibrational states and leads to the dominant impact of the nanocrystal surface on its properties.

To date, methods of growing dielectric nanocrystals are known and technologies for the formation of nanocrystalline dielectric materials with impurities of rare-earth and transition metal ions have been developed: sol-gel technology [1], condensation after laser sputtering ("ablation") [2], organometallic reactions, precipitation of crystallites in glass [3].

This work presents the melt- and solution-based technologies of growing nanocrystals of complex oxides on the surface and in the pores of synthetic opals. The growth is carried out by infiltrating the dielectric melt or solution into synthetic opal pores with the size of about 100 nm due to capillary forces. It is known that submicron and nanometer spherical particles of amorphous silica have a complex internal hierarchical structure of fractal type and consist of primary silica particles with a diameter of 5–20 nm. Thus, the nanostructured surface of silica globules can serve as centers of melt crystallization on the surface and in the pores of synthetic opals at slow cooling of the sample when the melt-based technology being used.

By this method, bulk samples of matrix nanocomposites opal–Bi<sub>12</sub>Si(Ge)O<sub>20</sub>, opal–Bi<sub>2</sub>TeO<sub>5</sub>, opal–NaBi(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, opal–Pb<sub>3</sub>(P<sub>0.5</sub>V<sub>0.5</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, opal–TeO<sub>2</sub>, and opal–β-BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, containing dielectric nanocrystals on the surface and in the pores of opal, were fabricated. SEM images of the untreated surface of some of them are presented in Fig. 1.

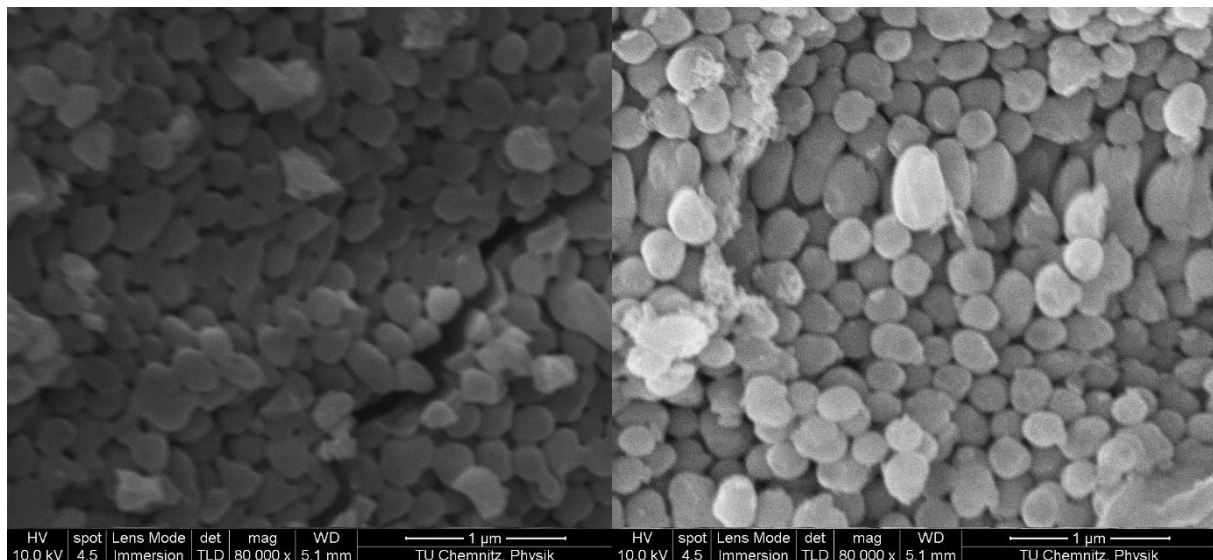


Fig. 1. SEM images of the surfaces of the as-prepared opal–TeO<sub>2</sub> (left) and opal–Bi<sub>12</sub>GeO<sub>20</sub> (right) nanocomposites.

It was found that the melts of nonlinear dielectrics  $\text{Pb}_5\text{Ge}_3\text{O}_{11}$ ,  $\text{LiB}_3\text{O}_5$  poorly wet the opal surface and practically did not enter the pores located in the volume, crystallizing on the sample surface. In all cases, except  $\text{LiB}_3\text{O}_5$ , the presence of nanocrystalline phase was confirmed by the results of X-ray phase analysis, as well as measurements of Raman spectra, which demonstrated the presence of high-quality resonance bands.

The facts of interaction of the injected dielectric melt with the surface of silica globules have been revealed. In the case of soaking opal matrix with  $\text{TeO}_2$  melt, a rare crystalline modification of this compound,  $\gamma\text{-TeO}_2$ , non-formed under usual crystallization conditions, was revealed in the pores of the nanocomposite together with  $\alpha\text{-TeO}_2$  phase.

In the case of embedding bismuth silicate (germanate)  $\text{Bi}_{12}\text{Si}(\text{Ge})\text{O}_{20}$  or bismuth tellurite  $\text{Bi}_2\text{TeO}_5$ , the nanocrystalline phase  $\text{Bi}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$  together with one of the  $\text{SiO}_2$  crystalline modifications are formed. Meanwhile, no stoichiometry deviations and new phases are detected in opal- $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$  composite. The observed changes are explained by interaction of the broken Si-O bonds on the silica globule surface with Bi ions, considering their charge state and concentration.

Besides, time evolution of the Raman spectrum of opal matrices soaked with the  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  melt was found (Fig. 2). For the shortest soaking time (0.5 min) the spectrum contains broadened bands shifted to the low-frequency range compared with those in the  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  single crystal spectrum. For a longer soaking duration the bands assigned as the shifted disappear and the spectrum becomes identical to the  $\alpha$ -quartz spectrum. The X-ray diffraction pattern proves the formation of  $\alpha$ -quartz phase with the remains of amorphous phase of initial opal. The mechanism of the  $\alpha$ -quartz phase formation in opals soaked with the  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  melt is most probably due to the local melting of silica globule's surface due to lithium-oxygen exothermic reaction with the following crystallization.

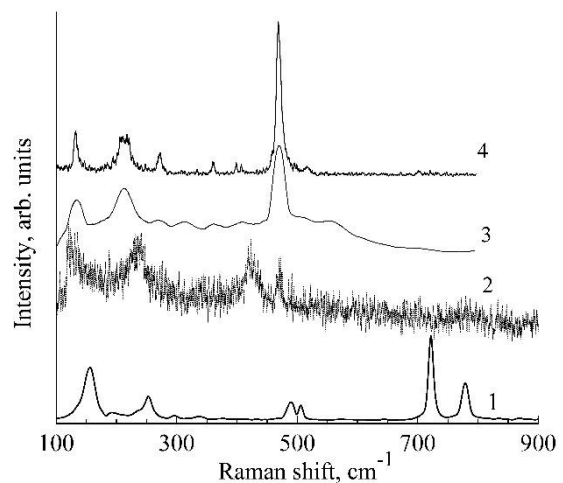


Fig. 2. Raman spectra of  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  single crystal (1), opals with the soaking duration for 0.5 min (2) and for 3 min (3), and  $\alpha$ -quartz (4).

In addition to the embedding of active dielectric melts into the pores of synthetic opals, impregnation of opal samples with saturated solutions of water-soluble compounds  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{LiIO}_3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  was carried out to form nanocrystalline dielectric phase. In this case the processes of nucleation of nanocrystals on the developed system of crystallization centers also took place on the surface and in the volume of opal matrix. Characterization of such samples was carried out by reflection and Raman spectroscopy technique.

Finally, the most stable components for the melt- and solution-based infiltration techniques and ways to vary chemical content of the opal-based composites have been found.

- [1] Zakharchenya R.I., Influence of Peptization on the Properties of Alumina Produced from Boehmite Sols II J. Sol-Gel Sci. Technol. 6. (1995). P. 179-186.
- [2] Williams D.K., Bihari B., Tissue B.M., McHale J.M. Preparation and Fluorescence Spectroscopy of Bulk Monoclinic  $\text{Eu}^{3+}:\text{Y}_2\text{O}_3$  and Comparison to  $\text{Eu}^{3+}:\text{Y}_2\text{O}_3$  Nanocrystals J. Phys. Chem. B102, 6. (1998). P. 916-920.
- [3] Dejneka M.J. The luminescence and structure of novel transparent oxyfluoride glass-ceramics. J. Non-Cryst. Sol. 239, (1-3). (1998). P. 149-155.

## ВПЛИВ ВІДПАЛІВ НА СТРУКТУРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕТЕРОПЕРЕХОДІВ ZnO/NiO, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ РОЗПИЛЕННЯ НАНОЧОРНИЛ

С. Кахерський<sup>1</sup>, А. Опанасюк<sup>1</sup>, М. Єрмаков<sup>1</sup>,

Р. Пшеничний<sup>1</sup>, О. Климов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сумський державний університет

<sup>2</sup>Університет Валенсії

s.kacherski@ekt.sumdu.edu.ua

Прозорі сонячні елементи (СЕ) є перспективною технологією, яка спрямована на генерацію електронно-діркових пар в широкозонних матеріалах. При цьому видиме світло без перепон проходить через подібні прилади, роблячи їх потенційно «невидимими» джерелами електроенергії. Як результат, прозорі тонкоплівкові СЕ можна інтегрувати у мобільні телефони, ноутбуки, вікна будівель, транспортні засоби, тощо. Не зважаючи на малу ефективність таких перетворювачів, що не перевищує декількох відсотків, у разі успішного впровадження, ця технологія може забезпечити масове виробництво електроенергії на місцях без суттєвих змін у зовнішньому вигляді будівель, транспортних засобів або інших об'єктів, де вони використані.

Матеріали для створення таких прозорих СЕ повинні мати ширину забороненої зони (ЗЗ) достатню для пропускання видимого світла та поглинання ультрафіолетового. До таких матеріалів зокрема відноситься оксид цинку (ZnO), який має електронний тип провідності та ширину ЗЗ, що складає  $E_g = 3,27$  еВ при кімнатній температурі. Для створення віконного шару прозорих СЕ може бути використаний оксид нікелю (NiO) оскільки це один з небагатьох хімічно стабільних широкозонних матеріалів ( $E_g = (3,6-4,0)$  еВ), що має *p*-тип провідності. Окрім виготовлення прозорих СЕ плівкові гетеропереходи (ГП) *p*-NiO/*n*-ZnO можуть бути також використані, для розробки портативних ультрафіолетових та газових детекторів. Слід відзначити, що оксиди металів, на основі яких створено ці ГП є стійкими в атмосфері та можуть бути одержані з використанням великої кількості технологічно простих методів, а складові, що входять у їх склад є нетоксичними і широко розповсюдженими в земній корі.

Метою роботи є оптимізація структурних характеристик і фазового складу шарів оксидів в плівкових ГП скло/*n*-ZnO:In/*n*-ZnO/*p*-NiO шляхом їх відпалів.

У цьому дослідженні шари ZnO та NiO отримували за допомогою розпилення наночорнил на основі суспензій наночастинок (НЧ) на скляні підкладки. Синтез НЧ проводили золь-гель методом. В якості фронтального струмопровідного шару використано ZnO легований індієм (*n*-ZnO:In-1%). Для покращення структурних характеристик та видалення органічних домішок ГП відпалювали у вакуумі при температурах (300 – 500) °С з інтервалом 50 °С протягом 60 хвилин. Структурні дослідження плівок були виконані за допомогою рентгенівського дифрактометра Bruker D8. Діапазон брегівських кутів  $2\theta$  при дослідженні складав 20° - 80°.

Рентгенограми від двошарових структур NiO/ZnO, відпалених при різних температурах наведені на рис. 1. На відповідних дифрактограмах можна спостерігати два набори дифракційних піків, що належать кубічному NiO (піки (111), (200)) та гексагональному ZnO (піки (100), (002), (101)). Піки вторинних фаз рентгendifрактометрично не виявлялися. В результаті досліджень встановлено вплив відпалів на період ґратки (*a*, *c*), розміри областей когерентного розсіювання (ОКР) (*L*) та рівень мікродеформацій ( $\epsilon$ ) шарів оксидів.

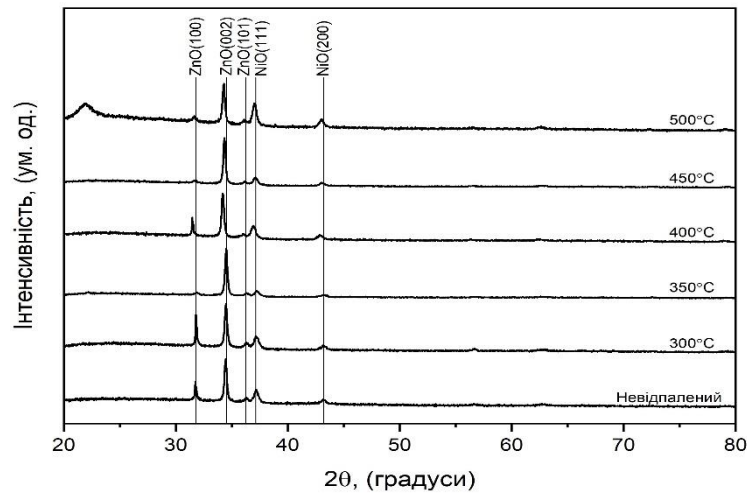


Рис. 1. Дифрактограми гетероструктури ZnO та NiO відпалених за різної температури

Показано, що період ґратки плівок NiO у складі ГП, визначений за відбиванням від кристалографічної площини (111), змінювався в інтервалі значень  $a_{(111)} = (0,41752-0,42132)$  нм. При цьому він збільшувався при підвищенні температури відпалу вище 350 °С. Аналогічно вище цієї температури збільшувався розмір ОКР тонких шарів з  $L_{(111)} = 16,5$  до 21,2 нм і зменшувався рівень мікрдеформацій з  $\varepsilon_{(111)} = 2,19 \cdot 10^{-3}$  до  $1,71 \cdot 10^{-3}$ . Для плівок ZnO період ґратки матеріалу лежав в інтервалі  $a_{(100)} = (0,32395-0,32805)$  нм,  $c_{(002)} = (0,51990-0,52412)$  нм, а розмір ОКР та рівень мікрдеформацій -  $L_{(002)} = (31,8-37,7)$  нм,  $\varepsilon_{(002)} = (0,96-1,14) \cdot 10^{-3}$ .

Встановлено температуру відпалу оптимальну для покращення структурних характеристик матеріалів ГП.

## FLUENCE OF ANNEALING ON THE STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF ZnO/NiO HETEROJUNCTIONS OBTAINED BY METHOD OF SPRAYING NANOINK

S. Kakherskyi<sup>1</sup>, A. Opanasyuk<sup>1</sup>, M. Yermakov<sup>1</sup>,  
R. Pshenychnyi<sup>1</sup>, O. Klymov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sumy State University

<sup>2</sup>University of Valencia

s.kacherski@ekt.sumdu.edu.ua

The work aims to optimize the structural characteristics and phase composition of the oxide layers in the film heterojunctions glass/n-ZnO:In/n-ZnO/p-NiO by annealing them. It was shown that the lattice period of NiO films in the composition of heterojunctions, determined by reflection from the (111) crystallographic plane, varied in the interval of values  $a_{(111)} = (0.41752-0.42132)$  nm. At the same time, it increased with an increase in the annealing temperature above 350°C. Similarly, above this temperature, the sizes of coherent scattering regions of thin layers increased from  $L_{(111)} = 16.5$  to 21.2 nm, and the level of microdeformations decreased from  $\varepsilon = 2.19 \cdot 10^{-3}$  to  $1.71 \cdot 10^{-3}$ . For ZnO films, the lattice period of the material was in the interval  $a_{(100)} = (0.32395-0.32805)$  nm,  $c_{(002)} = (0.51990-0.52412)$  nm, and the sizes of coherent scattering regions and the level of microdeformations -  $L_{(002)} = (31.8-37.7)$  nm,  $\varepsilon_{(002)} = (0.96-1.14) \cdot 10^{-3}$ .

## ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТОНКИХ ПЛІВОК GaSe ТА InSe В ОБЛАСТІ ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО ЕЛЕКТРОННОГО ПЕРЕХОДУ $E_0$

П. Генцарь, М. Міняйло, Д. Пекур, Л. Демчина, М. Вуйчик,  
М. Киселюк, М. Заяць, О. Стронський, О. Власенко

*Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України*  
*rastneg@isp.kiev.ua, demid.pekur@gmail.com*

Проблема отримання високоякісних тонких плівок (оскільки властивості монокристалів вже добре відомі)  $A_3B_6$ , що за своїми фізичними параметрами та характеристиками аналогічні до монокристалів є актуальною. В зв'язку з інтенсивним розвитком нанofізики та наноелектроніки дослідження тонких плівок є актуальним. В плівках, товщина яких співмірна з довжиною хвилі де Бройля, спостерігаються квантово-механічні ефекти, вивчення яких є актуальним, поряд із вивченням фізичних механізмів і процесів формування тонких плівок (довжина хвилі де Бройля,  $\lambda_{d-B} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{2m_e^*kT}{\hbar^2}}}$ , де  $m_e^*$  - ефективна маса електронів стає співмірною з приповерхневим шаром плівки, який визначає сигнал оптичного відбивання).

Кількісною характеристикою оптичного явища відбивання електромагнітних хвиль є енергетичний коефіцієнт відбивання  $R(\lambda)$ . Коефіцієнт відбивання  $R(\lambda)$  при нормальному падінні, або оптичне відбивання  $R(\lambda)$  напівнескінченного ізотропного середовища (напівпровідника, твердого тіла) визначається наступним співвідношенням:

$$R = \frac{(n-n_0)^2 + \chi^2}{(n+n_0)^2 + \chi^2},$$

де  $n_0$ ,  $n$  - показник заломлення зовнішнього середовища та напівпровідника відповідно,  $\chi$  коефіцієнт екстинкції напівпровідника. Оскільки, оптична глибина проникнення електромагнітної хвилі в зразок  $d_{opt}$  дорівнює  $\alpha^{-1}$  (де  $\alpha$  показник поглинання досліджуваного матеріалу), а для напівпровідників в типових випадках  $\alpha$  вище краю поглинання має порядок  $10^4 \div 10^6 \text{ см}^{-1}$ , тому при таких великих коефіцієнтах поглинання  $\alpha$  електромагнітна хвиля буде зондувати тільки дуже тонкий шар біля поверхні зразка (1 мкм або менше). Монокристалічний кремній орієнтацій n-Si (100) і n-Si (111) відрізняється площею елементарних комірок, числом атомів на площу елементарної комірки, числом вільних зв'язків на площу елементарної комірки, поверхневою густиною атомів, поверхневою густиною вільних зв'язків. Поверхня (111) характеризується більшим числом вільних зв'язків на квадратний сантиметр, ніж поверхня (100). Крім того, швидкість окислення поверхні (100) також буде меншою. Густина поверхневих станів також залежить від орієнтації (оскільки при меншій швидкості окислення в окислі  $\text{SiO}_2$  виникає менше надлишкових атомів кремнію, а за поверхневі стани відповідають саме надлишкові атоми кремнію в окислі). Враховуючи вищесказане, в залежності від орієнтації поверхні n-Si по різному будуть формуватись плівки, а отже будуть відрізнятись оптичні властивості даних плівок.

На основі викладених експериментальних результатів по дослідженню оптичних спектрів відбивання в спектральному діапазоні 400 нм - 750 нм тонких плівок GaSe товщиною 15 нм – 60 нм на підкладках із монокристалічного кремнію n-Si (100) і

n-Si (111), вирощених методом термічного напилення; результатів по дослідженню оптичних спектрів відбивання в спектральному діапазоні 800 нм - 1100 нм тонких плівок InSe товщиною 15 нм – 45 нм на підкладках із монокристалічного кремнію n-Si (100) і n-Si (111), вирощених методом термічного напилення та результатів по дослідженню оптичних спектрів відбивання в спектральному діапазоні 400 нм – 750 нм тонких плівок GaSe товщиною 350 нм - 400 нм на підкладках із монокристалічного кремнію p-Si (100), вирощених методом термічного напилення зроблено наступні висновки: показано зміну фізичних параметрів тонких плівок GaSe/n-Si і InSe/n-Si та наближення кристалічної і енергетичної зонної структури тонких плівок до монокристалів; для плівок товщиною 60 нм максимумами смуг оптичного відбивання пояснено непрямыми оптичними переходами (оптична ширина забороненої зони  $E_0$  плівок GaSe) підсиленими внаслідок відбивання світлової (електромагнітної) хвилі від тильної сторони плівки, тобто від тієї сторони, яка знаходиться на інтерфейсі плівка – підкладка; зміщення максимумів смуг оптичного відбивання для плівок GaSe товщиною 60 нм в порівнянні з монокристалами на величини  $\Delta E=0,24$  eV (для GaSe/n-Si (100)) та  $\Delta E=0,29$  eV (для GaSe/n-Si (111)) відповідно пояснено квантово-розмірними ефектами в тонких плівках і внутрішніми механічними напруженнями в плівках, які відповідають внутрішнім механічним напруженням стиску приповерхневого шару плівок; в оптичних дослідженнях виявлено прояв квантових ефектів в приповерхневій області тонких плівок, а саме квантування вільних носіїв заряду у приповерхневій області тонких плівок.

## OPTICAL PROPERTIES OF GaSe And InSe THIN FILMS IN THE REGION OF THE FUNDAMENTAL ELECTRONIC TRANSITION $E_0$

**P. Gentsar, M. Mynaylo, D. Pekur, L. Demchyna, M. Vuichyk,  
M. Kysselyuk, M. Zayats, A. Stronski, O. Vlasenko**

*V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics, National Academy of Sciences of Ukraine  
rastneg@isp.kiev.ua, demid.pekur@gmail.com*

**Abstract.** This paper presents the experimental results of studying the optical reflection spectra in the spectral range 400 nm - 750 nm of GaSe thin films with thicknesses of 15 nm - 60 nm on n-Si (100) and n-Si (111) single crystal silicon substrates, grown by thermal sputtering and the results of the study of optical reflection spectra in the spectral range 800 nm - 1100 nm of thin InSe films with a thickness of 15 nm - 45 nm on substrates of single crystal silicon n-Si (100) and n-Si (111) grown by thermal sputtering; optical studies of the reflection spectra in the spectral range 400 nm - 750 nm of GaSe films on p-Si (100) monocrystalline silicon substrates with a resistivity of 2 Ohm·cm - 10 Ohm·cm and a thickness of 350 nm - 400 nm, obtained by thermal sputtering, were carried out. The change in the physical parameters of GaSe and InSe thin films and the approximation of the crystal and energy band structure of thin films to single crystals are shown. The shift of the maximum optical reflection bands for GaSe films with a thickness of 60 nm compared to single crystals by  $\Delta E=0.24$  eV (for GaSe/n Si(100)) and  $\Delta E=0.29$  eV (for GaSe/n Si(111)), respectively, is explained by quantum-dimensional effects in thin films and internal mechanical stresses in the films, which correspond to the internal mechanical compressive stresses of the near-surface layer of the films. Optical studies have revealed the manifestation of quantum effects in the near-surface region of thin films, namely, quantisation of free charge carriers in the near-surface region of thin films.



## ТОНКОПЛІВКОВІ СОНЯЧНІ ЕЛЕМЕНТИ НА ОСНОВІ CdTe

**М. Скіпальський<sup>1</sup>, О. Замуруєва<sup>1</sup>, Р. Яворський<sup>2</sup>, І. Вакалюк<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Волинський національний університет імені Лесі Українки

<sup>2</sup>Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника  
zaturuyeva.oksana@vnu.edu.ua

За останнє десятиліття сонячні елементи CdTe зазнали значного вдосконалення, враховуючи нові характеристики, градацію забороненої зони, включення міді та більш прозорий n-шар [1], що призвело до підвищення ефективності. Для підвищення ефективності елемента на основі телуриду кадмію зменшують шорсткість поверхні, використовуючи провідний шар TCO (ZnO) [2]. З цими коригуваннями First Solar розробила пристрій з ККД 21,5%, який дещо пізніше становив 22,1%.

ФЕ на основі тонкоплівкових CdTe, відомі своєю високою ефективністю, дешевими матеріалами, надійною та стабільною роботою елемента. Сонячні елементи CdTe мають такі переваги, як:

- економічно ефективні виробничі процеси виготовлення [2];
- напilenня матеріалу на підкладки, як із скла, так і з полікристалічних матеріалів;
- висока ефективність і попит на виробництво [3];
- оптимальна пряма ширина забороненої зони (1,54 eV) з високим коефіцієнтом поглинання.

Тонкоплівкові сонячні елементи характеризуються двома типовими конфігураціями: «substrate» та «superstrate» (рис. 1).

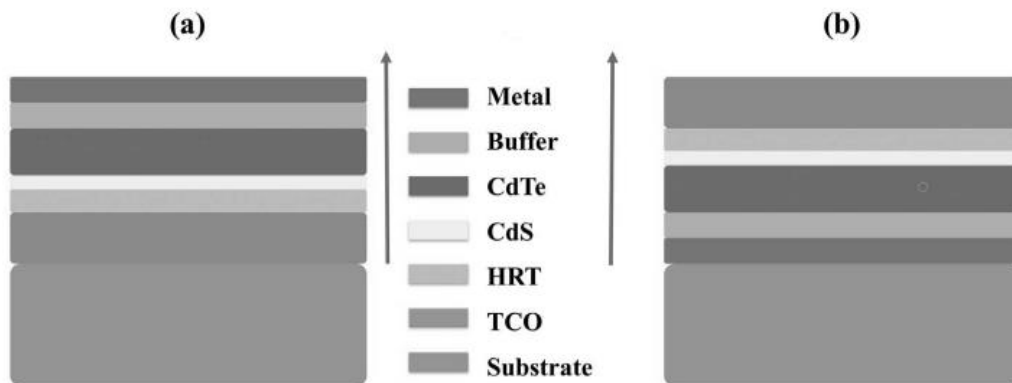


Рис. 1. Схема будови тонкоплівкового сонячного елемента CdTe з порядком осадження: (а) конфігурація «superstrate», (б) конфігурація «substrate» [4].

Основна відмінність між цими двома поняттями полягає в послідовності нанесення окремих тонких шарів. У конфігурації «superstrate» тонкі плівки наносяться на підкладку в напрямку від освітленої до затемненої сторони, тому можна використовувати лише прозорі підкладки. Згідно структури SE типу «substrate» шари наносяться в протилежній послідовності, тобто в напрямку від затемненої до освітленої сторони. З цієї причини зазвичай використовуються непрозорі підкладки, включаючи гнучку тонку металеву фольгу, полімери. Історично склалося так, що найкращі комірки

виготовлялися в конфігурації «superstrate». Велика різниця між світовими рекордами ефективності сонячних елементів, виготовлених у конфігурації «superstrate» або конфігурації «substrate», в основному залежить від зворотного контакту, який утворюють металеві фольги з CdTe р-типу. Вибір матеріалів підкладки обмежений відповідністю коефіцієнта розширення та роботи виходу. Крім того, під час активаційної обробки дифузія домішок, що надходять з підкладки, змінює електричні властивості контакту.

Базова структура сонячного елемента на основі CdTe зображена на рис. 2. Структура містить скляну підкладку, шар прозорого провідного оксиду (TCO), віконний шар сульфіду кадмію n-типу (CdS), поглинач CdTe р-типу та задній контакт.

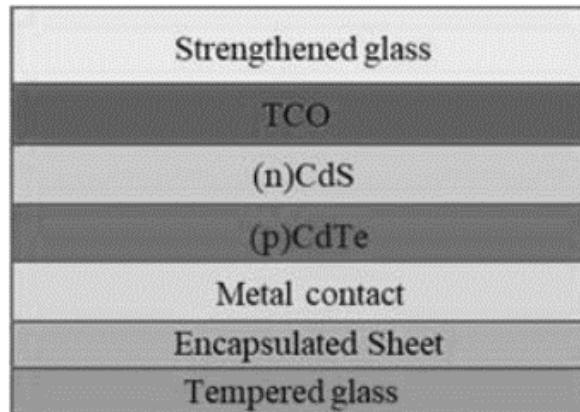


Рис. 2. Схема шарів сонячного елемента CdTe/CdS (Romeo, 2007).

- [1] Wilson G.M., Al-Jassim M., Metzger W.K., et al. The 2020 photovoltaic technologies roadmap. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2020. Vol 53, No49. P. 493001.
- [2] Dhere R.G., Bonnet-Eymard M., Charlet E., et al. CdTe solar cell with industrial Al: ZnO on soda-lime glass. *Thin Solid Films*. 2011. Vol. 519, No21, 7142-7145.
- [3] Bosio A., Rosa G., Romeo N. Past, present and future of the thin film CdTe/CdS solar cells. *Solar Energy*. 2018. Vol.175. P.31-43.

## THIN FILM SOLAR ELEMENTS BASED ON CdTe

**M. Skipalskiy<sup>1</sup>, O. Zamurueva<sup>1</sup>, R. Yavorskiy<sup>2</sup>, I. Vakaliuk<sup>2</sup>**

*Lesya Ukrainka Volyn National University*

*Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*

*zamuraeva.oksana@vnu.edu.ua*

Throughout the long history of photovoltaic development, many efforts have been made to develop thin film solar cells with their unique technical characteristics such as lightness, flexibility and affordability. An overview of promising technologies of photovoltaic converters in the field of solar energy was presented. The dynamic trend of efficiency, stability and degradation mechanism of thin-film solar cells shown. The trend of changing the efficiency of thin-film solar cells over many years shown.

## ВПЛИВ УМОВ СИНТЕЗУ НА ПРОЦЕС ЛЕГУВАННЯ НАНОКРИСТАЛІВ ZnO:Mn

**О. Коваленко, В. Воровський, В. Славний, А. Веклич**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*  
*kovalenko.dnu@gmail.com*

Аналіз літературних джерел вказує на те, що значення структурних параметрів у нанокристалах (НК) ZnO та ZnO:Mn в значній мірі залежать від умов синтезу. Рівноважні умови синтезу приводять до утворення сталої кристалічної ґратки з параметрами  $a$  та  $c$  близькими до параметрів монокристалічного ZnO. При цьому домішка Mn рівномірно розташовується в об'ємі НК. Метод ультразвукового піролізу аерозолі (УПА), яким було синтезовано НК для дослідження, заснований на термічному розкладі крапель аерозолі вихідної речовини при проходженні через термічну зону [1]. Такі нерівноважні умови формування НК ускладнюють процес легування ZnO марганцем. Домішка Mn при цьому розміщується у приповерхневому шарі НК, утворюючи НК з структурою типу «ядро – оболонка» - бездефектне ядро та дефектна оболонка [2]. Крім того, домішка Mn утворює у міжкристалічному середовищі атомні кластери та вторинні фази, параметри кристалічної ґратки набувають значних змін, що призводить до появи в ній деформаційних напружень. Температура синтезу є основним фактором, який визначає умови формування НК.

Метою роботи є дослідження впливу температури синтезу на процес легування НК ZnO домішкою Mn при синтезі НК методом УПА. Досліджувались зразки НК з концентрацією Mn 0, 2, 4, 8 ат.% при температурах синтезу  $T = 650^{\circ}\text{C}$  та  $T = 750^{\circ}\text{C}$ . Дані рентгенофазового аналізу (РФА) зразків приведені на рис.1.

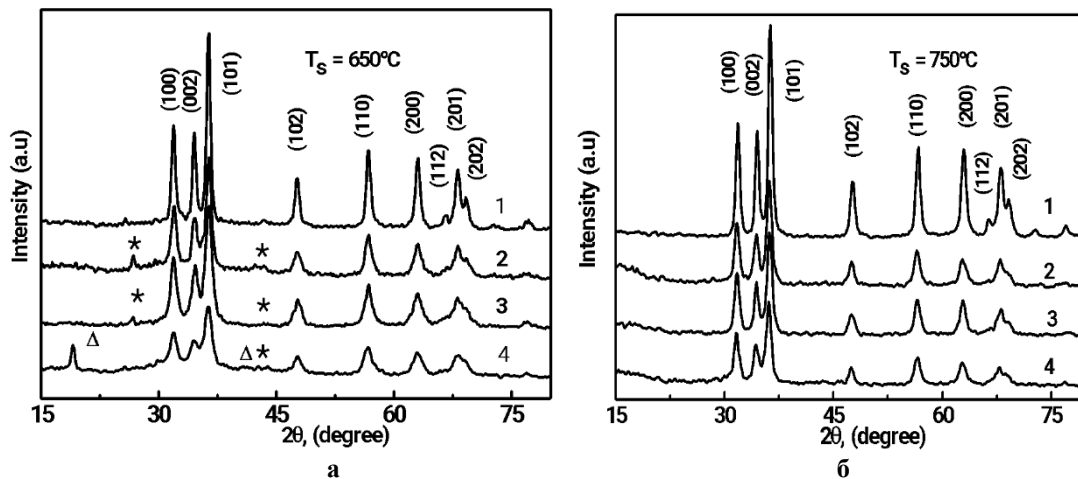


Рис. 1. РФА НК ZnO та ZnO:Mn, отриманих при температурі синтезу  $T = 650^{\circ}\text{C}$  (а) та  $T = 750^{\circ}\text{C}$  (б): ZnO – (1), ZnO:Mn (2 ат.% (2); 4 ат.% (3); 8 ат.% (4)). Символ\* - фаза  $\text{ZnMn}_2\text{O}_4$ , символ  $\Delta$  - фаза  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ .

Аналіз даних РФА показує на те, що температура синтезу  $T = 650^{\circ}\text{C}$  недостатня для отримання однорідної фази ZnO:Mn, при цьому в результаті синтезу відбувається утворення вторинних фаз  $\text{ZnMn}_2\text{O}_4$  та  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ . По зміні параметрів кристалічної ґратки та об'єму ( $V$ ) елементарної комірки НК ZnO:Mn при зростанні концентрації Mn (табл.1) встановлено межу розчинності домішки в НК ZnO. Було зроблено висновок, що межа розчинності Mn при температурі синтезу  $T = 650^{\circ}\text{C}$  не перевищує 2 ат.%. Синтез при  $T = 750^{\circ}\text{C}$  приводить до утворення однорідної фази ZnO:Mn при всіх концентраціях домішки Mn з межею розчинності більшою ніж 8 ат.%.

Таблиця 1. Параметри кристалічної ґратки, об'єм елементарної комірки та середній розмір НК ZnO:Mn при температурах синтезу  $T = 650^\circ\text{C}$  та  $T = 750^\circ\text{C}$ 

Тип зразків	Параметри, $T = 650^\circ\text{C}$ .				Параметри, $T = 750^\circ\text{C}$			
	a, Å	c, Å	V, Å <sup>3</sup>	d, нм	a, Å	c, Å	V, Å <sup>3</sup>	d, нм
НК ZnO	3,2415	5,1946	47,290	56,4	3,2405	5,2116	47,593	58,5
Mn 2ат.%	3,2431	5,1972	47,337	36,2	3,2494	5,2073	47,761	40,7
Mn 4ат.%	3,2403	5,1965	47,249	31,2	3,2573	5,2055	47,829	40,2
Mn 8ат.%	3,2389	5,1983	47,225	30,0	3,2538	5,2196	47,856	36,0
Кристал ZnO	3,2492	5,2053	47,590	-	3,2492	5,2053	47,590	-

Збільшення об'єму елементарної комірки у зразках, синтезованих при  $T = 750^\circ\text{C}$ , свідчить про те, що в НК відбувається процес легування шляхом заміщення у вузлах кристалічної ґратки ZnO іонів  $\text{Zn}^{2+}$  іонами  $\text{Mn}^{2+}$ , які мають більший іонний радіус (радіус  $\text{Mn}^{2+} - 0,74 \text{ \AA}$ , а радіус  $\text{Zn}^{2+} - 0,67 \text{ \AA}$ ). При такому синтезі відбувається не тільки утворення НК ZnO:Mn, але й їх частковий відпал. Процес термодифузії забезпечує більш ефективне легування НК ZnO домішкою Mn.

При  $T = 650^\circ\text{C}$  збільшення концентрації Mn приводить до зменшення об'єму елементарної комірки та значної різниці цього параметра, порівняно із об'ємним кристалічним ZnO. Це є ознакою наявності деформаційних напружень у кристалічній ґратці. Також це свідчить про часткове легування НК ZnO домішкою Mn. Вона, в основному, розташовується на поверхні НК у вигляді окремих атомів або вторинних фаз -  $\text{ZnMn}_2\text{O}_4$  та  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ , що підтверджується результатами РФА.

- [1] Kovalenko O.V., Vorovsky V.Yu., Khmelenko O.V. The effect of heat treatment on the magnetic properties of ZnO:Mn nanocrystals obtained by ultrasonic aerosol pyrolysis. *Functional Materials* 27(4), 687 (2020).
- [2] Vorovsky V.Yu., Kovalenko A.V., Kushneryov A.I., Khmelenko O.V. Preparation of zinc oxide nanopowders doped with manganese which have ferromagnetic properties at room temperature.// *J. Functional Materials*, 25, 1, 2018, p. 1-6.

## INFLUENCE OF SYNTHESIS CONDITIONS ON THE ALLOYING PROCESS OF ZnO:Mn NANOCRYSTALS

A. Kovalenko, V. Vorovsky, V. Slavnyi, A. Veklych

*Oles Honchar Dnipro National University  
kovalenko.dnu@gmail.com*

The paper presents the results of studying the effect of temperature on the process of doping of ZnO:Mn nanocrystals during the synthesis by ultrasonic pyrolysis aerosol. ZnO:Mn samples with a Mn concentration of 0, 2, 4, 8 at.% were studied at synthesis temperatures  $T = 650^\circ\text{C}$  and  $T = 750^\circ\text{C}$ . By the method of X-ray phase analysis analysis, it was shown that the synthesis temperature of  $T=650^\circ\text{C}$  is insufficient for effective alloying. The synthesis is accompanied by the appearance of secondary phases  $\text{ZnMn}_2\text{O}_4$  and  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ , and the Mn solubility in ZnO does not exceed 2 at.%. At the synthesis temperature  $T = 750^\circ\text{C}$  the secondary phases disappear, and the solubility limit increases to 8 at.%. At high synthesis temperature, the influence of thermodiffusion on the formation of ZnO:Mn nanocrystals, not only their formation but also partial annealing occurs.

**ТЕНЗОЕФЕКТИ В *p*-ГЕРМАНІЇ****Г. Гайдар***Інститут ядерних досліджень НАН України**gaydar@kinr.kiev.ua*

Різномпланове використання сучасної мікро-, нано- та оптоелектроніки у вирішальних для технологічного прогресу галузях науки і техніки, а також зростаючі в часі вимоги до проектування та практичної реалізації найскладніших електронних систем із широкими функціональними можливостями, що виготовляються в промислових масштабах за допомогою планарної технології, безпосередньо пов'язані з усебічним вивченням властивостей таких стратегічно актуальних багатодолинних напівпровідників, як германій і кремній [1].

Мета роботи полягала у встановленні закономірностей впливу механічного напруження стиснення на ефект Холла і поздовжній магнітоопір кристалів *p*-германію.

Специфічні особливості валентної зони кубічних напівпровідників (зокрема, Ge) зумовлюють у матеріалах *p*-типу різноманітні деформаційні ефекти. У валентній зоні *p*-Ge є три гілки, що характеризують енергетичний спектр дірок. Дві гілки – легких і важких дірок – вироджені в точці фазового  $\vec{k}$ -простору, де хвильовий вектор  $\vec{k} = 0$ . Третя гілка "відщеплена" від перших двох за рахунок спин-орбітальної взаємодії. Для досліджуваної області температур ( $T \leq 300$  K) в Ge вона не вступає у взаємодію з механічними напруженнями, оскільки розташовується значно нижче (на 0,29 eV) двох інших гілок.

У недеформованих кристалах для двох верхніх гілок валентної зони, вироджених у точці  $\vec{k} = 0$ , енергія носіїв має складну залежність від хвильового вектора  $\vec{k}$ . У деформованих кристалах (Ge та Si) Бір і Пікус отримали загальну формулу для енергетичного спектру дірок залежно від деформації [2], яка значно спрощувалась у двох граничних випадках. У разі низьких температур і великих тисків (коли всі дірки знаходяться в околі малих значень  $k$ ) отримуємо вираз, який свідчить про те, що: а) одновісна пружна деформація призводить до зняття виродження зон легких і важких дірок, й енергетична щільність між ними визначається пружними сталими  $S_{11}$ ,  $S_{12}$ ,  $S_{44}$  [3], константами деформаційного потенціалу  $b$ ,  $d$  (компонентами тензора потенціалу деформації) і прикладеним механічним напруженням  $X$ ; б) поверхні сталої енергії зон, які розщепилися, поблизу мінімуму є еліпсоїдами, головні осі яких збігаються з головними осями тензора деформації. У такому випадку енергетична структура з тиском не змінюється, а отже, "насичуються" всі деформаційні ефекти.

Іншим граничним випадком зміни енергетичного спектру дірок є випадок високих температур, коли розщеплення зон унаслідок деформації значно менше порівняно з  $kT$ . У цьому випадку основна маса дірок знаходиться в області великих значень  $k$  і отриманий вираз для енергетичної структури валентної зони показує, що добавки в енергії за рахунок деформації будуть лінійними за деформацією, а величини їх не залежатимуть від абсолютних значень  $k$ , а лише від напрямку в  $k$ -просторі.

Таким чином, деформаційні ефекти в матеріалах діркової провідності визначаються змінами в енергетичному спектрі дірок, що тягне за собою зміни їхньої групової швидкості  $v_i \sim (dE/dk_i)$ , а, отже, й ефективної маси  $m_i^* \sim (d^2E/dk_i^2)^{-1}$  (з підвищенням тиску маса легких дірок збільшується, а маса важких зменшується). Істотним є також зняття виродження зон легких і важких дірок, що викликає перерозподіл носіїв між зонами.

В експериментах використано монокристали  $p$ -Ge з концентрацією дірок  $n_p \approx 2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$  ( $\rho_{300\text{K}} \approx 16 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ ). При температурах 300 і 77 К виміряно польові залежності ефекту Холла  $R_H/R_0 = f(H)$  на зразках різної кристалографічної орієнтації  $\vec{X} \parallel \vec{j} \parallel ([100] \text{ і } [111])$  за відсутності та за наявності одновісного механічного напруження стиснення  $X$ . На цих самих зразках у широкому інтервалі механічних напружень ( $0 \leq X \leq 1 \text{ ГПа}$ ) досліджено тензоопір і поздовжній магнітоопір. Отримані результати свідчать про наявність анізотропії гальваномагнітних ефектів у  $p$ -Ge не тільки при  $X=0$ , але також і за дуже сильних механічних навантажень. Показано, що ізоенергетичні поверхні валентної зони в  $p$ -Ge, які виникають у результаті одновісної деформації, не є еліпсоїдами обертання, а являють собою фігури складнішого вигляду (типу еліпсоїдів зі "вмятинами"). Тому для побудови теорії кінетичних ефектів у  $p$ -Ge, яка послідовно враховує анізотропію ефективних мас дірок та анізотропію їх розсіяння, необхідно мати інформацію про ізоенергетичні поверхні не тільки у вихідних кристалах  $p$ -Ge, але також і в умовах їх деформації.

- [1] Баранський П.І., Беляєв О.Є., Гайдар Г.П. Кінетичні ефекти в багатодолинних напівпровідниках. Київ: Наукова думка. (2019). 448 с.
- [2] Бир Г.Л., Пикус Г.Е. Симметрия и деформационные эффекты в полупроводниках. Москва: Наука. (1972). 587 с.
- [3] Баранский П.И., Буда И.С., Даховский И.В., Колмоєц В.В. Электрические и гальваномагнитные явления в анизотропных полупроводниках. Киев: Наукова думка. (1977). 270 с.

## TENSOEFFECTS IN $p$ -GERMANIUM

**G. Gaidar**

*Institute for Nuclear Research of the NAS of Ukraine  
gaidar@kinr.kiev.ua*

For Ge crystals with a hole concentration  $n_p \approx 2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  of two orientations  $\vec{X} \parallel \vec{j} \parallel ([100] \text{ и } [111])$  ( $\vec{j}$  is the current through the sample), the dependences of the Hall coefficient on the magnetic field strength  $H$  at different values of the mechanical compressive stress  $X$  were obtained at 77 and 300 K (wherein, in all cases,  $\vec{H} \parallel [1\bar{1}0]$ ). At  $T = 77 \text{ K}$ , a fine structure of the field dependences of the Hall coefficient was revealed, which is associated with the anisotropy of the band of heavy holes, which is significantly smoothed out with increasing pressure in the case of both crystallographic orientations.

The different behavior of the Hall coefficient with pressure in weak (up to 2 kOe) and stronger (5–20 kOe) magnetic fields was revealed.

The longitudinal tensomagneto-resistance was studied for the same  $p$ -Ge crystals at the deformation along the [100] and [111] directions and the temperature of 77 K. Significant anisotropic effects were revealed. It was found that with pressure ( $0 \leq X \leq 1 \text{ GPa}$ ) the longitudinal magneto-resistance (both at  $\vec{X} \parallel [111]$  and  $\vec{X} \parallel [100]$ ) does not disappear, as would be expected in connection with the rearrangement (under the influence of deformation) of isoenergetic surfaces of the valence band into figures such as ellipsoids of revolution. Hence it follows that the isoenergetic surfaces of the valence band of strongly deformed  $p$ -Ge crystals cannot be perfect ellipsoids of revolution.

## ЕЛЕКТРОННІ ВЛАСТИВОСТІ ПРИПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ МОНОКРИСТАЛІВ n-GaAs (100)

Л. Демчина, А. Міняйло, Д. Пекур, М. Вуйчик, П. Генцарь,  
О. Стронський, О. Власенко

*Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України*  
*rastneg@isp.kiev.ua, demid.pekur@gmail.com*

Важливою сполукою для практичного застосування в електронній техніці є арсенід галію завдяки своїм оптичним та електрофізичним властивостям. GaAs використовується для виготовлення приймачів випромінювання, світлодіодів, фотодіодів, лазерів, генераторів Гана, електрооптичних модуляторів, сонячних батарей, та ін. В даній роботі розглянуто сильнопольові спектри електровідбивання монокристалів n-GaAs, а саме встановлено зв'язок між осциляціями Франца – Келдиша  $\Delta E_m$  і електрооптичною енергією  $\hbar\theta$ . В сильнолегованому матеріалі діють фізичні механізми, такі як розширення домішкових зон, зміна густини станів, розсіювання носіїв заряду на заряджених домішках, на неоднорідностях легування по об'єму зразка та інші (власна концентрація носіїв заряду  $N_i$  в монокристалах GaAs дорівнює  $1,29 \cdot 10^{12} \text{ м}^{-3}$ ). GaAs використовується в якості підкладки для нанесення різних плівок, отримання наноструктур, гетероструктур, для виготовлення світлодіодів, сонячних елементів і інших електронних приладів сучасного покоління.

Метою даної роботи було отримання фізичних параметрів приповерхневого шару високолегованих кристалів GaAs (100) та з'ясування фізичних процесів, механізмів та природи формування електронних і оптичних явищ на поверхні і в приповерхневому шарі даного матеріалу із спектрів електровідбивання в області фундаментального оптичного переходу  $E_0$  в енергетичному діапазоні 1,3 eV– 1,6 eV і контроль структурної досконалості монокристалів n-GaAs (100) вирощених методом кристалізації із розчину, встановлення кількісного співвідношення між феноменологічним параметром уширення  $\Gamma$  і концентрацією  $N$  електронів в монокристалах n-GaAs.

На основі дослідження електронних властивостей приповерхневого шару монокристалів n-GaAs (100) вирощених методом кристалізації із розчину з метою встановлення кількісного співвідношення між феноменологічним параметром уширення  $\Gamma$  і концентрацією електронів  $N$  в монокристалах n-GaAs (100) методом модуляційної спектроскопії електровідбивання із концентрацією електронів  $N = 10^{21}$ -  $10^{24} \text{ м}^{-3}$  при кімнатній температурі в енергетичному діапазоні 1,3 eV – 1,65 eV зроблено наступні висновки:

1. Проведено аналіз зв'язку осциляцій Франца - Келдиша із електронними параметрами при сильнопольовому режимі вимірювань спектрів електровідбивання, зокрема між періодами осциляцій Франца - Келдиша  $\Delta E_m$  і електрооптичною енергією  $\hbar\theta$ .

2. Із кількісного аналізу спектрів електровідбивання для зразків із концентрацією електронів  $N = 7,5 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$  отримані значення фізичних параметрів і параметрів області просторового заряду приповерхневого шару досліджуваного матеріалу: енергія електронного переходу  $E_0$  (оптичний перехід  $\Gamma_{8v} - \Gamma_{6c}$ ); електрооптичної енергії  $\hbar\theta$ ; феноменологічного параметра уширення  $\Gamma$ ; поверхневого електричного поля  $F_s$ ; відносного фазового фактору  $\psi$ ; енергетичної віддалі від енергії електронного переходу  $E_0$  до екстремума останньої осциляції Франца - Келдиша; протяжності осциляції

хвильової функції квантово-механічної частинки  $\lambda_{\text{ФК}}$  із ефективною масою  $\mu$  при даному поверхневому електричному полі  $F_s$ ; класичної товщини шару збагачення  $L$  ( $L = \frac{2kT}{eF_s}$ ); глибини проникнення світлової (електромагнітної) хвилі  $d$  ( $d = \frac{\lambda}{4\pi|N|}$ ); глибини проникнення електричного поля  $L_D$  ( $L_D = \left(\frac{\varepsilon\varepsilon_0 kT}{e^2 N}\right)^{1/2}$ ).

3. Встановлено співвідношення між енергетичним положенням піків електровідбивання при сильнопольовому режимі вимірювань спектрів електровідбивання  $E_m$  та електрооптичною енергією  $\hbar\theta$  ( $E_m = f(\hbar\theta)$ )

$$E_m = E_0 + \Delta E = E_0 + \left(\frac{3}{4}(m\pi - \psi)\right)^{2/3} \cdot \hbar\theta = E_0 + \left(\frac{3}{4}(m\pi - \psi)\right)^{2/3} \cdot \left(\frac{e^2 F^2 \hbar^2}{2\mu}\right)^{1/3}$$

$$E_m = E_0 + \left(\frac{3}{4}\left(m - \frac{1}{2}\right)\right)^{2/3} \cdot \left(\frac{e^2 F^2 \hbar^2}{2\mu}\right)^{1/3}, \text{ де } m = 1, 2, \dots, E_0 - \text{енергія фундаментального}$$

оптичного переходу напівпровідника,  $\hbar\theta = \left(\frac{e^2 F^2 \hbar^2}{2\mu}\right)^{1/3}$  - електрооптична енергія,  $\psi$  - відносний фазовий фактор. Отримана емпірична залежність феноменологічного параметру уширення  $\Gamma$  від концентрації електронів  $N$ .

[1] П.О. Генцарь, О.І. Власенко, О.В. Стронський. Контроль структурної досконалості епітаксійних плівок n-GaP методом модуляційної спектроскопії електровідбивання, Фізика і хімія твердого тіла, 7(4), 780 (2006).

## ELECTRONIC PROPERTIES OF THE SUBSURFACE LAYER OF THE n-GaAs SINGLE CRYSTAL (100)

L. Demchyna, A. Mynaylo, D. Pekur, M. Vuichyk, P. Gentsar,  
A. Stronski, O. Vlasenko

V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NAS Ukraine  
rastneg@isp.kiev.ua, demid.pekur@gmail.com

The electronic properties of the subsurface layer of n-GaAs (100) single crystals grown by crystallization from solution were investigated using electroreflectance modulation spectroscopy in order to establish a quantitative relationship between the phenomenological parameter of extension  $\Gamma$  and the concentration of electrons  $N$  in n-GaAs (100) single crystals. The spectra of electroreflectance of the surface (chemically etched before measurement) of n-GaAs single crystals (100) with the concentration of electrons  $N = 10^{21} - 10^{24} \text{ m}^{-3}$  were obtained by the electrolytic method at room temperature in the energy range of 1.3 eV-1.65 eV. An analysis of the relation of Franz-Keldysh oscillations with electronic parameters in the high-field mode of measurement of electronegativity spectra was carried out, in particular between the Franz-Keldysh oscillation periods  $\Delta E_m$  and electro-optical energy  $\hbar\theta$ . The ratio between the energy position of the reflective peaks in the high-field mode of measurements of electroreflectance spectra and electro-optical energy  $\hbar\theta$  ( $E_m = f(\hbar\theta)$ , where  $m=1, 2, 3, \dots$ ) has been established. Physical parameters and parameters of the spatial charge region of the near-surface layer of the test material are obtained.



## ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ВІДПАЛУ НА СТРУКТУРНІ ТА ОПТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕТЕРОСТРУКТУР ZnO/CuO

В. Євдокименко<sup>1</sup>, Р. Пшеничний<sup>1</sup>, А. Опанасюк<sup>1</sup>,  
В. Юрченко<sup>1</sup>, О. Климов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сумський державний університет

<sup>2</sup>Університет Валенсії

v.yevdokymenko@ekt.sumdu.edu.ua

Оксиди металів є перспективними матеріалами для створення активних шарів сонячних елементів, датчиків поверхневих хвиль, газових детекторів та детекторів випромінювання внаслідок невисокої вартості формування, хімічної стійкості за умов окислювальної атмосфери та екологічної безпечності, як складових елементів, так і самих сполук. Зокрема, широке застосування у фотовольтаїці нового покоління отримали шари оксидів цинку (ZnO напівпровідник *n*-типу електропровідності із шириною забороненої зони  $E_g = 3,36$  еВ і провідністю  $\sigma \sim (10^{-7}-10^{-3})$  Ом<sup>-1</sup>·см<sup>-1</sup>) та міді (напівпровідники *p*-типу електропровідності,  $E_{gCuO} \sim 1,35-1,70$  еВ,  $E_{gCu_2O} \sim 2,2$  еВ,  $\sigma \sim 10^{-4}$  Ом<sup>-1</sup>·см<sup>-1</sup>). Перспективність застосування цих оксидів в основному пов'язана з відповідною структурою енергетичних зон, високою термічною стабільністю та дешевизною виготовлення плівок. Гетеропереходи (ГП) *n*-ZnO/*p*-CuO викликають значний інтерес, оскільки відповідно до особливостей кристалічних ґраток оксидів при їх визначеній орієнтації існує можливість створення практично бездефектного переходу.

Для отримання двошарової структури ZnO/CuO готувалися два водні розчини ацетату цинку та моногідрату ацетату міді. Ацетат цинку (Zn(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O) з концентрацією 0,1 М розчиняли в деіонізованій воді. Моногідрат ацетату міді (Cu(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O) з концентрацією 0,05 М теж розчиняли в деіонізованій воді. Для збільшення ступеня розчинності мідного прекурсору до початкового розчину додавалося декілька крапель соляної кислоти (HCl, 10 % водного розчину). Для одержання ГП методом розпилення на нагріту до 200 °С скляну підкладку спочатку наносили шар ZnO. Після чого отримане покриття сушили протягом 60 хв. при кімнатній температурі. Далі на підкладки з шаром ZnO, наносили шар CuO. Для нанесення оксидних шарів використовували аерограф з розміром сопла 0,3 мм. Висушені двошарові зразки, для покращення структурно-фазових характеристик шарів та випалювання залишкових хімічних домішок, відпалювали у середовищі аргону в діапазоні температур від  $T_a = 300$  °С до 500 °С (з кроком 50 °С).

Раманівські спектри плівок досліджували в діапазоні частот зміщення (100-700) см<sup>-1</sup> на спектрометрі Renishaw InVia 90V727 при кімнатній температурі. Збудження проводили випромінюванням з довжиною хвилі  $\lambda = 532$  нм. Оптичні характеристики багатошарових структур вимірювали на спектрофотометрі Jasco V-650 в діапазоні довжин хвилі  $\lambda = (50-1000)$  нм за кімнатної температури.

На Рис. 1 (а) наведено спектри раманівського розсіювання від отриманих ГП після відпалів. На них спостерігаються піки від двох фаз. Піки з частотами 278 см<sup>-1</sup>, 327 см<sup>-1</sup>, 615 см<sup>-1</sup> відповідають модам A<sub>g</sub>, B<sub>g</sub>, та B<sub>2g</sub> моноклінного оксиду міді, в той час як пік 431 см<sup>-1</sup> ( $E_2^{high}$ ) відповідає іншому матеріалу – гексагональній фазі ZnO. Встановлено, що раманівські моди на спектрах від гетероструктур ZnO/CuO дещо розширені, одночасно спостерігається їх синій зсув через напруження, що виникають під час процесу росту та сушіння нанокмполімерів.

Оптичні властивості багатошарових структур вивчали шляхом вимірювання їх спектрів пропускання. Ці спектри від ГП ZnO/CuO, відпалених при різній температурі, наведено на Рис. 1 (б). Як видно з рисунку, спектри містять дві ділянки різкого падіння пропускання, одну приблизно при 410 нм, а іншу приблизно при 580 нм, які відповідають краям смуг поглинання ZnO та CuO, відповідно. Найбільша пропускарна здатність (приблизно 60 % в діапазоні довжин хвиль (600–900) нм) спостерігалася для зразка, відпаленого при температурі 350 °С. Однак при збільшенні цієї температури вона зменшувалася. Це, очевидно, пов'язано з початком фазового переходу CuO → Cu<sub>2</sub>O, як і спостерігалася нами в попередніх роботах з відпалів одношарових структур на основі оксиду міді.

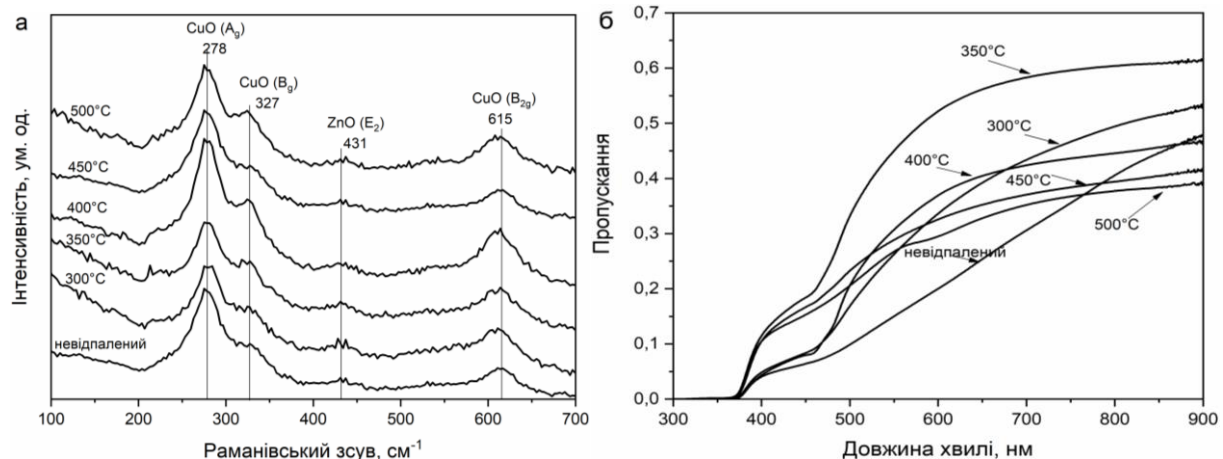


Рис. 1 Раманівський спектр (а) та спектр пропускання (б) від гетероструктур ZnO/CuO відпалених при різній температурі

Таким чином, у роботі простим хімічним методом створено ГП *n*-ZnO/*p*-CuO та досліджено вплив термічних відпалів на їх структурні й оптичні характеристики.

## ANNEALING TEMPERATURE ON ON STRUCTURAL AND OPTICAL PROPERTIES OF ZnO/CuO HETEROSTRUCTURE

V. Yevdokymenko<sup>1</sup>, R. Pshenychnyi<sup>1</sup>, A. Opanasyuk<sup>1</sup>,  
V. Yurchenko<sup>1</sup>, O. Klymov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sumy State University

<sup>2</sup>University of Valencia

v.yevdokymenko@ekt.sumdu.edu.ua

In the present article, *n*-ZnO/*p*-CuO GPs were obtained by a simple and inexpensive chemical method. The Raman method confirmed that the two-layer structures include copper oxide with a monoclinic structure and zinc oxide with a hexagonal structure. Using the Raman method, we confirmed that the two-layer structures include copper oxide with a monoclinic structure and zinc oxide with a hexagonal structure. The transmission spectra of the HP contain two regions of a sharp drop in transmission, corresponding to the edges of the absorption bands of ZnO and CuO, respectively. The highest transmittance (approximately 60% in the wavelength range (600–900) nm) was observed for the sample annealed at 350 °C.

## СТРУКТУРА ТА ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БАГАТОКОМПОНЕНТНОГО СПЛАВУ $\text{CoCr}_{0.8}\text{Cu}_{0.64}\text{FeNi}$ , ОТРИМАНОГО ГАРТУВАННЯМ З РІДКОГО СТАНУ

О. Кушнерьов<sup>1</sup>, С. Рябцев<sup>1</sup>, П. Галаган<sup>1</sup>, В. Башев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

<sup>2</sup>Дніпровський державний технічний університет

kushnrv@gmail.com

Традиційно вважалось, що для створення сплавів потрібно обирати один елемент як основу (наприклад, сплави на основі Fe, Cu, Al, Ni, Mg тощо). Але ця думка була спростована після винайдення нового типу сплавів - багатокомпонентних високоентропійних сплавів (ВЕС), які складаються з п'яти або більше елементів у рівних еквімолярних пропорціях. Особливістю ВЕС порівняно з звичайними сплавами є те, що вони мають велику ентропію змішування, яка визначає їх структуру і властивості [1]. Виявилось, що структури ВЕС можуть бути дуже різноманітними. Існують також ВЕС з нееквімолярним вмістом компонентів або більш складним фазовим складом, в яких також є впорядковані тверді розчини, інтерметалічні сполуки, та навіть аморфні фази [1]. ВЕС мають великий потенціал для застосування у різних сферах технології завдяки їх високим показникам твердості та зносостійкості, стабільності до радіації, антибактеріальним властивостям та стійкості до корозії [1,2].

Одним із широко розповсюджених методів покращення фізичних, хімічних, механічних та інших властивостей металів і сплавів є гартування з рідкого стану (ГРС). Розробка методів ГРС зумовила постійно зростаючий інтерес до матеріалів з термодинамічно нерівноважними структурами. У методах швидкості охолодження розплаву досягає значень понад  $10^4$  К/с, завдяки чому в сплавах формується широкий спектр метастабільних структурних станів з унікальними комплексами властивостей. Тому ГРС має перспективи для отримання ВЕС із покращеними характеристиками.

Останнім часом підвищився інтерес до можливого використання ВЕС не лише як конструкційних, але й як функціональних, зокрема магнітних матеріалів. Деякі з цих сплавів виглядають перспективними з точки зору поєднання високих механічних і магнітних властивостей. Метою даної роботи є дослідження впливу швидкості охолодження розплаву на структуру, мікротвердість та магнітні властивості сплаву  $\text{CoCr}_{0.8}\text{Cu}_{0.64}\text{FeNi}$ . Литі зразки сплаву були отримані за допомогою печі Таммана у потоці аргону. Після цього за допомогою технології ГРС, яка полягала в швидкому охолодженні крапель розплаву при їх зіткненні з внутрішньою теплопровідною поверхнею порожнистого мідного циліндра який швидко обертався ( $\sim 8000$  об/хв) були отримані плівки досліджуваного сплаву. Розрахункова швидкість охолодження становила до  $10^6$  К/с.

Аналіз рентгенограм дозволив встановити, що як в литих, так і в ГРС зразках сплаву  $\text{CoCr}_{0.8}\text{Cu}_{0.64}\text{FeNi}$  формується однофазна ГЦК структура, з параметрами кристалічної решітки що дорівнюють відповідно 0.3593 нм та 0.3589 нм. Таким чином, ГРС не змінює фазовий склад сплаву.

Дослідження мікроструктур зразків показало, що у литих зразках сплаву  $\text{CoCr}_{0.8}\text{Cu}_{0.64}\text{FeNi}$  спостерігаються типові дендритні структури. Водночас мікроструктура ГРС плівок є дрібнодисперсною. Спостережуване перетворення можна пояснити наступним: збільшення швидкості охолодження призводить до виродження дендритної структури та утворення плоского фронту кристалізації з появою дрібнодисперсної структури.

Магнітометричні дослідження показали, що і литі, і ГРС зразки досліджуваного сплаву характеризуються типовою феромагнітною поведінкою. За значеннями коерцитивної сили  $H_c$  (120 А/м для литих та 240 А/м для ГРС зразків) їх можна віднести до магнітом'яких матеріалів. В той же час значення питомої намагніченості насичення  $M_s$  практично не змінюється зі збільшенням швидкості охолодження (35 А·м<sup>2</sup>/кг та 33 А·м<sup>2</sup>/кг). Це пояснюється тим, що намагніченість сплаву в основному залежить від складу та кристалічної структури, які незмінні для обох зразків. При цьому значення коерцитивної сили зросло вдвічі. Очевидно, це пов'язано з внутрішніми напруженнями, що виникають у матеріалі під час загартування з розплаву, а також з утворенням мікрокристалічної структури, що містить багато дефектів і нанорозмірних включень, що ускладнює зміщення доменних стінок під час перемагнічування.

Вимірювання мікротвердості ГРС зразків сплаву  $\text{CoCr}_{0.8}\text{Cu}_{0.64}\text{FeNi}$  показало, що значення  $H_\mu$  для них вище, ніж для сплаву в литому стані. (2600 МПа та 2200 МПа відповідно). Цей результат не є несподіваним, оскільки в литому сплаві в процесі сегрегації утворюється мікроструктура з типовою морфологією дендритів і міждендритних з'єднань. В той же час у швидкоохолодженому сплаві спостерігається структура тонкого конгломерату фаз. Таким чином, властивості литого сплаву визначаються його більш рівноважним багатофазним станом, тоді як у швидкоохолоджених зразках спостерігаються вищі значення твердості за рахунок внутрішніх пружних напружень.

- [1] High entropy alloys. Innovations, advances, and applications. Ed. by T. S. Srivatsan, M. Gupta. Boca Raton : CRC Press. (2020). 758 p.
- [2] Polonsky V. A., Bashev V.F., Kushnerov O. I. Structure and corrosion-electrochemical properties of Fe-based cast high-entropy alloys. Journal of Chemistry and Technologies. Vol. 28. №2. (2020). P. 177–185.

## STRUCTURE AND PHYSICAL PROPERTIES OF MELT- QUENCHED $\text{CoCr}_{0.8}\text{Cu}_{0.64}\text{FeNi}$ MULTICOMPONENT ALLOY

O. Kushnerov<sup>1</sup>, S. Ryabtsev<sup>1</sup>, P. Galagan<sup>1</sup>, V. Bashev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Oles Honchar Dnipro National University

<sup>2</sup>Dniprovsky State Technical University

kushnrv@gmail.com

In this work, a  $\text{CoCr}_{0.8}\text{Cu}_{0.64}\text{FeNi}$  high-entropy alloy was obtained in the as-cast and splat quenched state. As-cast samples of the investigated alloy were prepared on a Tamman high-temperature electric furnace using a copper mold. Thereafter, the cast ingot was remelted, and films were obtained from the melt. The melt-quenching technique used in this work consisted of the rapid cooling of melt droplets when they collide with the inner surface of a rapidly rotating (~8000 rpm) hollow copper cylinder. The cooling rate, estimated from the film thickness, was ~ 10<sup>6</sup> K/s.

The studies carried out made it possible to establish that the alloy has an FCC structure, which is not affected by the cooling rate. The  $\text{CoCr}_{0.8}\text{Cu}_{0.64}\text{FeNi}$  alloy shows soft ferromagnetic properties, and quenching from a liquid state increases the coercivity practically without changing the magnetization value. An increase in the cooling rate also increases the value of the microhardness of the alloy. This can be explained by internal stresses arising during hardening.

## ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ВІДПАЛУ НА ШИРИНУ ЗАБОРОНЕНОЇ ЗОНИ ПЛІВОК ОКСИДУ ЦИНКУ ЛЕГОВАНОГО ІНДІЄМ

М. Єрмаков<sup>1</sup>, Р. Пшеничний<sup>1</sup>, А. Опанасюк<sup>1</sup>, В. Старіков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сумський державний університет

<sup>2</sup>Харківський політехнічний інститут

*m.yermakov@ekt.sumdu.edu.ua*

Сучасні темпи та масштаби розвитку електронної техніки вимагають пошуку новий дешевих матеріалів функціональних шарів приладових структур. Оксиди металів займають особливе місце при створенні компонентів електронної техніки через їх унікальні характеристики, а саме широкий діапазон зміни ширини забороненої зони (ЗЗ), низьке значення питомого опору та високу прозорість цих сполук. Серед оксидів металів найбільшу увагу привертає оксид цинку, проте можливості покращення його електричних характеристик у випадку нелегованого матеріалу вже вичерпані. З'ясувалося, що для таких шарів характерним є явище деградації, в результаті чого їх питома провідність обумовлена власними точковими дефектами з часом зменшується.

Для покращення оптико-електричних характеристик ZnO його легують металами III групи періодичної таблиці елементів. Серед цих елементів найбільшу увагу привертає індій, введення якого в ZnO має значно покращити провідність шарів даної сполуки. В результаті може бути отриманий матеріал, що стане дешевим аналогом дорогого оксиду індію-олова (ІТО), який використовується в електроніці та геліоенергетиці в якості прозорого провідного фронтального контакту.

Для створення плівок легovanого ZnO попередньо готували водні розчини цинк ацетату та індій(III) хлориду, з молярними концентраціями 0,50 та 0,25 моль/л, які в подальшому були змішані в мірній колбі. В результаті було отримано розчин солей з вмістом індію 1 %. Отриманий розчин наносили на скляні підкладки за допомогою методу спреї-піролізу. Для нанесення використовували аерограф з розміром сопла 0,3 мм. Підкладка розміщала на нагрівачі розігрітому до температури 400 °С. Для отримання більш якісних плівок нанесення шарів виконували циклічно. Кількість циклів для нанесення однієї плівки складала 100. Тривалість одного циклу 4 секунди, де 2 с – час нанесення та 2 с – пауза. Отримані плівки відпалювали у вакуумі в діапазоні температур від  $T_a = 300$  °С до 500 °С, з кроком 50°С. Відпали проводилися для покращення структурно-фазових характеристик шарів та випалювання залишкових хімічних домішок.

Структурні дослідження отриманих виконували за допомогою рентгенівського дифрактометра ДРОН 4-07 у діапазоні кутів  $2\theta$  від 20 до 80°, де  $2\theta$  – брегівський кут. Для аналізу дифрактограм використовували картку сполуки ZnO (JCPDS № 36-1451). Оптичні вимірювання проводилися за допомогою спектрофотометра СФ-26 в інтервалі довжин хвиль  $\lambda = (300-900)$  нм. Було проведено вимірювання коефіцієнтів пропускання та відбиття нанесених плівок з наступним розрахунком коефіцієнту поглинання.

На Рис.1 (а) наведено результати рентгендифрактометричного аналізу, згідно з якими отримані плівки ZnO легovanі Іп не містять вторинних фаз. На них виявлено тільки піки, які є характерними для гексагонального оксиду цинку і належать його кристалографічним площинам (100), (002) та (101).

Для визначення ширини ЗЗ матеріалу було використано метод апроксимації довгохвильового краю їх спектрів поглинання. На Рис.1 (б) представлені відповідні

залежності  $\alpha h\nu - h\nu$  від плівок ZnO:In відпалених при різній температурі. Аналіз одержаних результатів свідчить, що при збільшенні температури відпалу, спочатку спостерігається зростання ширини ЗЗ оксиду від 3,21 еВ (при  $T_a = 300^\circ\text{C}$ ) до 3,26 еВ (при  $T_a = 450^\circ\text{C}$ ), а потім її зменшення до значення 3,22 еВ (при  $T_a = 500^\circ\text{C}$ ). Збільшення ширини  $E_g$  матеріалу пояснюється покращенням його структурних характеристик та стехіометрії, тобто зменшенням числа структурних дефектів.

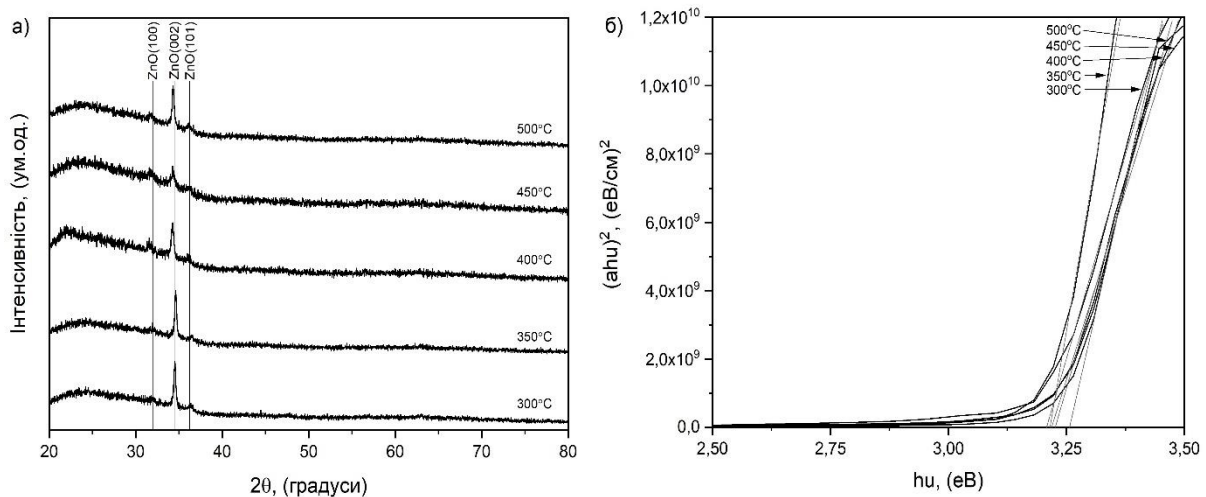


Рис. 1 Дифрактограми (а) та залежності  $\alpha h\nu - h\nu$  (б) від плівок ZnO легованих In та відпалених при різній температурі

Результати отримані в роботі свідчать, що плівки ZnO леговані In мають характеристики, які дозволяють використовувати їх в якості прозорого провідного контакту з можливістю контролю його оптико-електричних властивостей за допомогою низькотемпературного відпалу.

## INFLUENCE OF ANNEALING TEMPERATURE ON THE WIDTH OF THE BAND GAP OF INDIUM-DOPED ZINC OXIDE FILMS

M. Yermakov<sup>1</sup>, R. Pshenychnyi, A. Opanasyuk<sup>1</sup>, V. Starikov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sumy State University

<sup>2</sup>Kharkiv Polytechnic Institute

m.yermakov@ekt.sumdu.edu.ua

The current rates and scale of development of electronic equipment require the search for new, cheap materials for the functional layers of device structures. To improve ZnO's optical and electrical characteristics, it is alloyed with metals of the III group of the periodic table of elements. Among these elements, indium attracts the most attention, the introduction of which into ZnO should significantly improve the conductivity of the layers of this compound.

The analysis of the obtained results shows that with an increase in the annealing temperature, there is first an increase in the width of the oxide band gap from 3.21 eV (at  $T_a = 300^\circ\text{C}$ ) to 3.26 eV (at  $T_a = 450^\circ\text{C}$ ), and then its decrease to a value of 3.22 eV (at  $T_a = 500^\circ\text{C}$ ). The increase in the width of the material's band gap is explained by improving its structural characteristics and stoichiometry, that is, the decrease in structural defects.

## КОНТРОЛЬ СТРУКТУРНОЇ ДОСКОНАЛОСТІ НАПІВПРОВІДНИКІВ МЕТОДОМ МОДУЛЯЦІЙНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ ЕЛЕКТРОВІДБИВАННЯ

**П. Генцарь, М. Міняйло, Д. Пекур, Л. Демчина, М. Вуйчик,  
О. Стронський, О. Власенко**

*Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України  
rastneg@isp.kiev.ua, demid.pekur@gmail.com*

Феноменологічний параметр уширення  $\Gamma$  електронного переходу  $E_0$  пов'язаний з часом життя вільних носіїв заряду через взаємодію їх з коливаннями кристалічної ґратки, домішками, дефектами в тому числі і поверхневого характеру. Встановлення зв'язку між параметром уширення  $\Gamma$  електронного переходу  $E_0$  і рухливістю вільних носіїв заряду (концентрацією вільних носіїв заряду  $N$ ) в функціональних матеріалах електронної техніки є актуальним, оскільки контроль структурної досконалості напівпровідникових матеріалів є дуже важливою задачею.

Виходячи із принципу невизначеності Гейзенберга для енергії  $E$  і часу  $t$  ( $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$ ) релаксаційні ефекти в поглинанні світлових (електромагнітних) хвиль кристалом описують параметром уширення  $\Gamma = \hbar/\tau$ , де  $\tau$  - час енергетичної релаксації фотогенерованих носіїв заряду. Метою даної роботи було встановлення зв'язку рухливостей вільних носіїв заряду з феноменологічним параметром уширення  $\Gamma$  крайового оптичного спектру. Вихідний момент даної роботи полягає в припущенні про незалежність процесів розсіювання фотогенерованих електрона і дірки. Дане припущення повинно виконуватись для слабо зв'язаних пар (електрона і дірки), коли енергія зв'язку екситона  $E_{exc}$  задовільняє нерівність  $E_{exc} \ll \Gamma$ . В цьому випадку феноменологічний параметр уширення  $\Gamma$  записують у вигляді  $\Gamma = e\hbar \left[ (m_e \mu_e)^{-1} + (m_p \mu_p)^{-1} \right]$ , де  $m_e, m_p$  - ефективні маси електрона і дірки відповідно;  $\mu_e, \mu_p$  - рухливості електрона і дірки відповідно ( $\mu_e = \frac{e\langle\tau\rangle}{m_e}$ ;  $\mu_p = \frac{e\langle\tau\rangle}{m_p}$ ).

Розраховані значення  $\Gamma$  для напівпровідникових матеріалів групи  $A^2B^6$  (ZnSe, ZnTe, CdS, CdSe, CdTe) порівнюються в таблиці із найбільш надійними експериментальними даними, отриманими при 300 K на досконалих кристалах, для яких значення  $\Gamma_{експ.}$  мінімальні. Розрахований параметр уширення  $\Gamma$ , як правило, в 1,5 – 2 рази вищий виміряного. Разом із тим, при використанні теоретичних рухливостей, розрахованих для бездомішкового кристалу, досягається добра узгодженість із експериментом. Цей факт пов'язаний із тим, що в достатньо чистих матеріалах заряджені домішки не суттєво впливають на розсіювання фотогенерованих вільних носіїв заряду. В помірно і сильно легованих напівпровідниках, однак, вплив домішкового розсіювання на параметр уширення  $\Gamma$  суттєвий, і для оцінки рухливості вільних носіїв заряду в цьому випадку доцільно використовувати емпіричну залежність рухливості вільних носіїв заряду  $\mu$  від параметру уширення  $\Gamma$  ( $\mu(\Gamma)$ ). Таким чином результати досліджень показали, що чисельні розрахунки в припущенні про незалежність процесів розсіювання електрона і дірки добре описують напівширину крайових оптичних спектрів напівпровідникових сполук групи  $A^2B^6$  (ZnSe, ZnTe, CdS, CdSe, CdTe), де  $\Gamma^a$  розраховано по експериментальних рухливостях  $\mu_e$  і  $\mu_p$ ;  $\Gamma^b$  - розраховано по теоретичних рухливостях  $\mu_e^{th}$  і  $\mu_p^{th}$ ;  $\Gamma_{експ.}$  - експериментальні дані.

Приведене співвідношення для феноменологічного параметру уширення  $\Gamma$  може бути використане при аналізі оптичних спектрів напівпровідникових твердих розчинів. Отримані дані показують на можливість неруйнуючого контролю рухливості функціональних матеріалів електронної техніки оптичними методами. Це дуже важливо в тих випадках, коли використання звичайних методів по ряду причин ускладнено.

Таблиця. Ефективні маси, експериментальні і теоретичні рухливості ( $\text{в} \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ ) та параметр уширення оптичних спектрів напівпровідникових сполук групи  $A^2B^6$  ( $\text{в} \times 10^{-3} \text{ eV}$ )

	ZnSe	ZnTe	CdS	CdSe	CdTe
$m_e/m_0$	0,17	0,15	0,204	0,13	0,11
$m_p/m_0$	0,6	0,6	0,7	0,45	0,4
$\mu_e$	530	530	350	650	1050
$\mu_e^{th}$	600	910	350	630	1320
$\mu_p$	28	110	15	50	80
$\mu_p^{th}$	90	114	35	98	190
$\Gamma^a$	82	26	126	65	34
$\Gamma^e$	34	25	63	40	23
$\Gamma_{експ.}$	33	25	61	38	21

## CONTROL OF THE STRUCTURAL PERFECTION OF SEMICONDUCTORS BY MODULATION SPECTROSCOPY OF ELECTROREFLECTION

**P. Gentsar, M. Mynaylo, D. Pekur, L. Demchyna, M. Vuichyk,  
A. Stronski, O. Vlasenko**

*V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NAS Ukraine  
rastneg@isp.kiev.ua, demid.pekur@gmail.com*

Abstract. In this work, a connection is established between the phenomenological broadening parameter  $\Gamma$  of the electronic transition  $E_0$  and the mobility of free charge carriers in functional materials of electronic equipment. The broadening parameter  $\Gamma$  ( $\Gamma = e\hbar \left[ (m_e\mu_e)^{-1} + (m_p\mu_p)^{-1} \right]$ , where  $m_e, m_p$  - are the effective masses of the electron and hole, respectively;  $\mu_e, \mu_p$  - are the mobilities of the electron and hole, respectively ( $\mu_e = \frac{e\langle\tau\rangle}{m_e}$ ;  $\mu_p = \frac{e\langle\tau\rangle}{m_p}$ ) describes well the half-width of the edge optical spectra of functional materials of electronic engineering (ZnSe, ZnTe, CdS, CdSe, CdTe). The data obtained indicate the possibility of non-destructive control of the mobility of free charge carriers by optical methods. This is very important in cases where the use of conventional research methods is difficult for a number of reasons.



## ПОЗИТИВНИЙ ВПЛИВ ГАРТУВАННЯ З РІДКОГО СТАНУ НА ФОРМУВАННЯ ПЕРЕСИЧЕНИХ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ У СПЛАВАХ ЗАЛІЗО-МЕТАЛОЇДИ

**В. Башев<sup>1</sup>, О. Лисенко<sup>1</sup>, Т. Калініна<sup>1</sup>, С. Рябцев<sup>2</sup>, К. Микита<sup>1</sup>,  
О. Попиль<sup>1</sup>, К. Шевельова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Дніпровський державний технічний університет

<sup>2</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

bashev\_vf@ukr.net

Головною перешкодою для широкого впровадження у металургійну практику сталей з високим вмістом сірки та фосфору є їх негативний вплив на експлуатаційні пластичні характеристики матеріалів внаслідок: червоноламкості та холодноламкості. Відомо, що високі швидкості охолодження (метод гартування з рідкого стану, ГРС) дозволяють внаслідок наднерівноважної кристалізації отримувати сильно пересичені тверді розчини і аморфні метастабільні фази, що призводить до підвищення пластичних характеристик сплавів і, таким чином, відношення Хегга (0,59) щодо типу твердих розчинів може бути суттєво перевищено.

У роботі досліджено вплив швидкості охолодження (до  $5 \cdot 10^6$  К/с) при гартуванні розплавів Fe-S-P на холодну (метод 2) і підігріту до  $1180^{\circ}\text{C}$  теплопровідну поверхню з нержавіючої сталі (метод 1). Методом рентгеноструктурного аналізу у роботі показано утворення за таких умов нерівноважної кристалізації пересиченого подвійного змішаного (заміщено-проникненого) твердого розчину з областями когерентного розсіювання 50-60 нм. У сталях сірка та фосфор, як небажані елементи, існують одночасно, тому є практичний сенс дослідити вплив методу ГРС на формування метастабільних (у тому числі мікро- і нанокристалічних) станів у швидкозагартованих зразках сплаву залізо-металоїди. Встановлено, що за таких умов гартування з рідкого стану у структурі плівок кристалізується однофазний ОЦК-твердий розчин з підвищеним рівнем пластичності. За пластичність був обраний умовний коефіцієнт (K), який визначався відношенням кількості 180-градусних перегинів до товщини плівки. Для порівняння зразки ідентичних за складами сплавів Fe-S-P також швидко гартували з рідкого стану на нержавіючу поверхню, яка знаходилася при кімнатній температурі (метод 2). Пластичні властивості сталей з підвищеним вмістом сірки та фосфору, отриманих методами 1 і 2, наведені у таблиці.

Дані у таблиці вказують на те, що спосіб гартування (1) є перспективним для нейтралізації негативного впливу шкідливих домішок сірки та фосфору на пластичні характеристики сталей шляхом занурення у кристалічну при температурі кристалізації  $1180^{\circ}\text{C}$  ГЦК-решітку заліза додаткової кількості шкідливих домішок сірки і фосфору і утворення, одночасно із заміщеним і проникненого змішаного типу твердого розчину, що сприяє підвищенню пластичності отриманих залізних сплавів і зменшенню в них червоно- та холодноламкості. Занурення у кристалічну ГЦК-решітку атомів металоїдів обумовлено наявністю у ній при даній температурі більших за розміром октаедричних пор порівняно із тетраедричними порами в ОЦК-решітці заліза.

Аналіз результатів випробувань за способом (1) шляхом швидкого гартування розплаву залізо-сірка-фосфор на підігріту до  $1180 \pm 10^{\circ}\text{C}$  теплопровідну поверхню з нержавіючої сталі показує, що пластичність зразків при цьому зростає у 3,5-4 рази порівняно з гартуванням на поверхню при кімнатній температурі. З даних таблиці також

впливає, що запропонований спосіб дозволяє підвищити пластичність у сплавах з надвисоким сумарним вмістом сірки та фосфору.

Залежність коефіцієнта  $K$  від складу сплава і температури гартівної поверхні

	Сплав, (мас.%) сірка+фосфор	$K_2$ , за методом 2	$K_1$ , за методом 1	Температура поверхні підкладки, °C
1	Fe-0,1 S-0,1 P	0,011	0,042	1180
2	Fe-0,1 S+0,3 P	0,010	0,037	1180
3	Fe-0,2 S+0,2 P	0,015	0,036	1180
4	Fe-0,25S+0,1P	0,0091	0,033	1180
5	Fe-0,3 S+0,2 P	0,0091	0,030	1180
6	Fe-0,3 S+0,3 P	0,0089	0,025	1180
7	Fe-0,4S+0,4 P	0,0096	0,018	1190
8	Fe-0,2 S+0,2 P	0,015	0,036	1190
9	Fe-0,3S+0,2P	0,0080	0,022	1130
10	Fe-0,3S+0,2P	0,0086	0,026	1230
11	Fe-0,2 S+0,2 P	0,015	0,036	1170

Ефект, одержаний при використанні способу (1), дозволяє: а) за рахунок більшого ступеню пересичення ОЦК-твердого розчину нейтралізувати надмірну кількість постійно присутніх у залізних сплавах шкідливих домішок сірки та фосфору і знизити їх негативний вплив на пластичність зразків; б) виключити з технології отримання сталі та інших сплавів на основі заліза з металоїдами значні праце- та енергоємні витрати, які пов'язані з очищенням матеріалів від шкідливих домішок. Спосіб також дозволяє нейтралізувати підвищені, майже S і P у 10 разів, кількості шкідливих домішок у швидкозагартованих сплавах Fe-S-P.

На практиці підвищення швидкостей охолодження зразків можна здійснити використанням лазерної обробки поверхні матеріалів, яка супроводжується аналогічними з методом гартування з рідкого стану значеннями температури і швидкості охолодження і одержанням у неї підвищених величин пластичності поверхні.

## POSITIVE INFLUENCE OF RAPID QUENCHING ON FORMATION SATURATED SOLID SOLUTIONS IN ALLOYS FE-METALLOID

V. Bashev<sup>1</sup>, O. Lysenko<sup>1</sup>, T. Kalinina<sup>1</sup>, S. Ryabtsev<sup>2</sup>, K. Mykyta<sup>1</sup>,  
O. Popil<sup>1</sup>, K. Shevel'ova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dnipro State Technical University

<sup>2</sup>Oles Honchar Dnipro National University

bashev\_yf@ukr.net

The new method of rapid quenching (to  $5 \cdot 10^6$  K/s) of high-alloyed alloys Fe-S-P are obtained for receiving of saturated mixed single solid solution with improved plastic characteristics to 3,5-4 times as compared with usual method of splat-quenching. This method allows to neutralize negative influence high concentrations of bad impurities (S and P) in steels.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛІВОК $Cd_{1-x}Mn_xTe$ , НАНЕСЕНИХ ВАКУУМНИМ ВИПАРОВУВАННЯМ

**О. Писаний, А. Опанасюк**

*Сумський державний університет  
o.pysany@ekt.sumdu.edu.ua*

Останнім часом, для виготовлення детекторів рентгенівського та гамма випромінювання, що працюють при кімнатній температурі, як альтернатива твердому розчину  $Cd_{1-x}Zn_xTe$ , все частіше використовується розчин  $Cd_{1-x}Mn_xTe$ . На користь використання, як детекторного матеріалу, саме цієї сполуки свідчать такі її унікальні властивості: низький коефіцієнт сегрегації марганцю ( $k \sim 1$ ); зміна довжини міжатомних зв'язків при варіації складу твердого розчину є у два рази меншою ніж у  $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ; сполука має дуже високий питомий опір; існує можливість ефективного регулювання ширини забороненої зони розчину за рахунок зміни концентрації домішки (12-15 меВ на 1 атм % Mn в порівнянні із 6,7 меВ/атм. % Zn); в цьому матеріалі менша ймовірність утворення преципітатів телуру та двійників, які виступають ефективними рекомбінаційними центрами для згенерованих випромінюванням носіїв заряду. Все це робить твердий розчин  $Cd_{1-x}Mn_xTe$  перспективним матеріалом для створення детекторів жорсткого випромінювання.

Для зниження вартості детекторів випромінювання зараз запропоновано замість масивних монокристалічних зразків використовувати товсті монокристалічні або полікристалічні плівки. З цією ж метою можуть бути використані як шари твердих розчинів  $Cd_{1-x}Zn_xTe$  так і  $Cd_{1-x}Mn_xTe$ . Однак, в наш час, плівки сполуки  $Cd_{1-x}Mn_xTe$  досліджені слабо в наслідок складності одержання, оскільки тиск пари компонентів матеріалу суттєво відрізняється один від одного. Це обумовило мету роботи - вивчення впливу температури випаровування та підкладки на хімічний склад і структурні характеристики плівок твердих розчинів  $Cd_{1-x}Mn_xTe$ , отриманих методом випаровуванням шихти трикомпонентної сполуки.

Плівки твердого розчину наносили на скляні підкладки методом термічного вакуумного випарування у квазізамкненому об'ємі. Для цього використана модернізована вакуумна установка ВУП-5М, яка забезпечувала безмасляну відкачку робочого об'єму. Тиск залишкових газів у камері при одержанні шарів не перевищував  $5 \cdot 10^{-3}$  Па. Експеримент проводився наступним чином: спочатку при сталій температурі підкладки  $T_s = 300$  °С змінювалася температура випарника  $T_e = (500-600)$  °С, потім при сталій температурі випарника  $T_e = 500$  °С змінювалася температура підкладки  $T_s = (260-320)$  °С. Час конденсації шарів становив  $t = (10-50)$  хв.

Для дослідження хімічного складу нанесених плівок використано енергодисперсійний спектрометр AZtecOne (виробник Oxford Instruments plc, детектор X-MaxN20) сканувального електронного мікроскопу SEO-SEM Inspect S50-B. За отриманими даними знаходилися відношення Sn/Cm атомних концентрацій складових сполуки. Структурні дослідження шарів твердих розчинів виконані за допомогою автоматизованого рентгенодифрактометра ДРОН 4-07 у Ni-фільтрованому  $K\alpha$  випромінюванні мідного анода. Знімання дифрактограм проводилось у діапазоні кутів  $2\theta = 20^\circ - 80^\circ$ , де  $2\theta$  – брегівський кут. При дослідженнях використано фокусування рентгенівського випромінювання за Бреггом-Брентано. Фазовий аналіз проводився шляхом співставлення міжплощинних відстаней і відносної інтенсивності відбивань від кристалографічних площин досліджених зразків та еталона за даними JCPDS (картка

15-770). Розмір областей когерентного розсіювання (ОКР) визначався з використанням співвідношення Шерера.

Встановлено, що одержані плівки були полікристалічними, розмір їх кристалітів збільшувався при підвищенні температури підкладки та зменшенні різниці температур випарника та підкладки  $\Delta T = T_e - T_s$ . Розмір ОКР визначений за відбиванням від площини (311) складав (12,7-16,9) нм та зменшувався при збільшенні температури випаровування шихти. Плівки містили від 1,94 до 46,95 атомних відсотків марганцю. Шари з низьким вмістом Mn були однофазними та мали структуру сфалерита, а шари з великим містили дві фази. В плівках отриманих при різній температурі випарника  $T_e$ , однак при однаковій температурі підкладки  $T_s$ , концентрація атомів металів переважала над кількістю атомів халькогену. В шарах нанесених при однаковій температурі випарника, однак при різній температурі підкладки, навпаки концентрація атомів халькогену переважала над кількістю атомів металів. Таким чином, змінюючи ці дві температури можна отримувати плівки як з електронною так і дірковою провідністю.

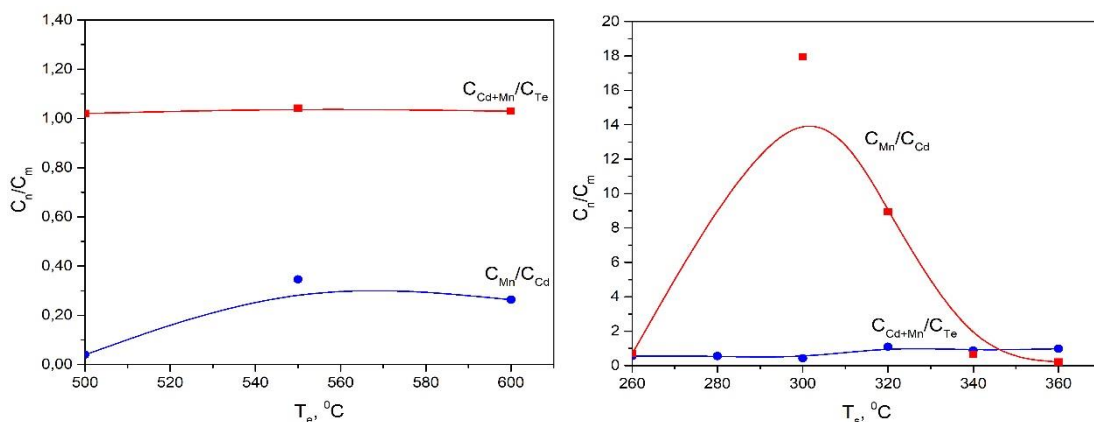


Рис. 1 Залежність відношення атомних концентрацій складових елементів плівок  $Cd_{1-x}Mn_xTe$  від температури випарника  $T_e$  та підкладки  $T_s$  (б).

Результати досліджень дають можливість оптимізувати режими нанесення плівок  $Cd_{1-x}Mn_xTe$  з керованими структурними характеристиками та контрольованим вмістом марганцю.

## OPTIMIZATION OF CHARACTERISTICS OF $Cd_{1-x}Mn_xTe$ FILMS APPLIED BY VACUUM EVAPORATION

**O. Pysanyi, A. Opanasyuk**  
*Sumy State University*

This work examines the influence of evaporation temperature ( $T_e$ ) and substrate temperature ( $T_s$ ) on the chemical composition and structural characteristics of  $Cd_{1-x}Mn_xTe$  films obtained by evaporating a three-component compound charge. It was established that the films were polycrystalline; the size of their crystallites increased with higher substrate temperature and a decrease in the temperature difference between the evaporator and the substrate ( $\Delta T = T_e - T_s$ ). The coherent scattering regions, determined by reflection from the (311) plane, measured  $L = (12.7-16.9)$  nm and decreased with higher charge evaporation temperature. The films contained from 1.94 to 46.95 atomic percent of manganese. The research results enable the optimization of deposition parameters for  $Cd_{1-x}Mn_xTe$  films with controlled structural characteristics and regulated manganese content.

# STABILIZATION OF MAGNETIZED PLASMA IN HIGH TEMPERATURE SU(2) GLUODYNAMICS

V. Skalozub

*Oles Honchar Dnipro National University*  
*Skalozub@ffeks.dnu.edu.ua*

Deconfinement phase transition (DPT) is intensively investigated for many years. Most results have been obtained in lattice simulations because of a large coupling value  $g \geq 1$  at the phase transition temperature  $T_c$ . But at high temperatures due to asymptotic freedom the analytic methods are also reliable. They give a possibility for investigation various phenomena in the high temperature plasma. Among them is the creation of gauge field condensates. The well known ones are the so-called  $A_0(T)$  condensate and the chromomagnetic field  $b(T)$ .

These condensates are generated at different orders in coupling constant or the number of loops for the effective potential (EP)  $W(A_0(T), b(T))$ . One of important problem is the mechanism of the magnetic field stabilization. In the present research we show that the spontaneous generation of both these fields results in the stable gluon plasma at high temperature.

A common generation of both fields was studied in [1]. Here, new integral representation, which generalized the known integral representation for the Bernoulli polynomials, was introduced and admitted taking into consideration either  $A_0$  or  $b$  fields. However, the spontaneous generation of chromomagnetic field up to two-loop order and the mechanism of its stabilization remained not clarified. The solution was found recently [2].

In what follows, we calculate the two-loop  $W(A_0(T), b(T))$  in SU(2) gluodynamics. Note that the spontaneous generation of a background field is meant in the sense, that for the corresponding field the effective action has a minimum below zero, which is energetically favorable. First we investigate the minima of the EP in the pure magnetic case and high temperature.

The effective potential reads

$$W_{gl}^{SU(2)} = \frac{b^2}{2g^2} - \frac{\pi^2 T^4}{15} - \frac{\alpha_1 b^{3/2} T}{2\pi} + \frac{11b^2 \log(4\pi T/\mu)}{24\pi^2} + g^2 \left( \frac{T^4}{24} - \frac{\alpha_2 b^{1/2} T^3}{12\pi} + \frac{\alpha_2^2 b T^2}{32\pi^2} \right). \quad (1)$$

The first term is the classical energy. The terms proportional to  $T^4$  constitute the gluon black body radiation. The contribution from the second loop is in the parenthesis. It has the T3 order. The numbers  $\alpha_1 = 0.828$ ,  $\alpha_2 = 1.856$  are calculated in [1], eq. (22).

In one-loop approximation, the energy (1) has a non-trivial minimum resulting from the term proportional to  $b^{3/2}T$ . The condensate and the EP in the minimum are

$$b_{\min}^{one} = \frac{9\alpha_1^2 \alpha_s^2 T^2}{16\pi^2}, \quad W_{\min}^{SU(2),one} = -\frac{\pi^2 T^4}{15} - \frac{27\alpha_1^4 \alpha_s^3 T^2}{512\pi^4}, \quad (2)$$

where  $\alpha_s = g^2/(1+(11g^2/12\pi^2)\log(4\pi T/\mu))$  is running coupling constant,  $\mu$  is a normalization point for temperature. In this approximation, the condensate  $b(T)$  always presents. Here an imaginary term presents also. The standard way to remove the imaginary term of one-loop effective potential is adding the daisy diagram contributions.

Now we turn to the two loop case. We take into consideration the  $\approx T^3$  term in (1). Denoting  $b^{1/2}=x$  we obtain the third-order polynomial equation for determining the condensate value:

$$x^3 - \frac{3}{4\pi} a_1 T a_s x^2 - \frac{g^2}{24\pi} a_2 T^3 a_s = 0, \quad (3)$$

The real root of it is

$$x = b_{\min}^{1/2} = \frac{1}{4} \left( \frac{2a_2 a_s}{\pi} \right)^{1/3} T + \frac{1}{4\pi} a_1 a_s T. \quad (4)$$

The most interesting is the change of the temperature dependence coming from  $\alpha s^{1/3}$ . Hence, the first term is dominant. For the field strength we get in this limit

$$b_{\min} = \frac{1}{16} \left( \frac{2a_2 a_s}{\pi} \right)^{2/3} T^2 \quad (5)$$

As a result, the role of the second loop is important. The cause of instability of gluon vacuum in magnetic field is the big gyromagnetic ratio  $\gamma=2$  of color charged gluons. That results in the unstable (tachyon) mode in the spectrum in magnetic field,  $-p_4^2 = p_0^2 = p_3^2 + (2n-1)b$  for the lower state  $n=0$ . In the presence of both condensates the charged gluon spectrum reads

$$\left( p_4 + (gA_0)_{\min} \right)^2 + p_3^2 + (2n-1)b_{\min}. \quad (6)$$

First, substituting the one loop minimum value (2) and the value  $(gA_0)_{\min}$  calculated in [1], for  $p_4 = 0$ ,  $p_3 = 0$ ,  $n = 0$  we find the relation ensuring vacuum stability

$$g^4 \geq 81 a_1^2 a_s^2. \quad (7)$$

Second, for the two loop case (5) we get

$$g^4 \geq (2a_2 a_s)^{2/3} \pi^{4/3}, \quad (8)$$

correspondingly. The vacuum consisting of two condensates is stable because of  $\alpha s(T)$  decreasing with temperature increasing. This is the crucial fact coming from asymptotic freedom. There are no unstable modes at high temperature. Thus, the mechanism of vacuum stabilization is clarified. It consists in the coexistence of the  $A_0(T)$  and  $b(T)$  condensates generated spontaneously.

[1] M. Bordag, V. Skalozub. Effective potential of gluodynamics in background of Polyakov loop and colormagnetic field. Eur. Phys. J. C. (2022). 82:390.

[2] Skalozub V Spontaneous magnetization of a vacuum in high temperature gluodynamics (two-loop approximation). ArXiv:2305.00757 v2 [hep-ph] 17 May 2023.

## МЕХАНІЗМИ ПРОХОДЖЕННЯ СТРУМУ В ГЕТЕРОСТРУКТУРІ $p\text{-CuNiO}_2/n\text{-Si}$

**І. Козярьський, Е. Майструк, Д. Козярьський,  
Г. Андрущак, В. Дроздик, А. Сірий**

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
i.kozarskyi@chnu.edu.ua*

$\text{CuNiO}_2$  належить до групи матеріалів, званих делафоситами, які відомі своїм широким спектром електричних властивостей. Провідність цих матеріалів може варіюватися від ізоляційної до металевої.  $\text{CuNiO}_2$ , як і інші делафосити, має хороші фотокаталітичні властивості. Оксид міді та нікелю у формі тонкої плівки використовується при виготовленні таких пристроїв, як: датчик газу  $\text{NO}_2$ , анод для паливних елементів, селективне покриття, сонячний елемент, електрохромні пристрої, світлодіоди, фотодіоди, затвор  $p$ -типу в польових транзисторах з гетеропереходом, прозорі провідні покриття  $p$ -типу, протигрибкові покриття та суперконденсаторні покриття. Тонкі плівки  $\text{Cu}_x\text{Ni}_{1-x}\text{O}$  можна отримати різними методами: піролізом, золь-гель, електроосадженням, імпульсним лазерним осадженням, імпульсним плазмовим осадженням, термічним випаровуванням, магнетронним напиленням на постійному струмі та магнетронним ВЧ розпиленням. Однак методи напилення у вакуумі дають плівки вищої якості. Тому було цікаво виготовити гетероструктуру  $p\text{-CuNiO}_2/n\text{-Si}$  магнетронним ВЧ розпиленням.

Гетероструктуру  $p\text{-CuNiO}_2/n\text{-Si}$  отримано методом радіочастотного магнетронного розпилення тонких плівок  $\text{CuNiO}_2$  (товщиною  $\sim 150$  нм) на плоскопаралельні пластини  $n\text{-Si}$ . Для виготовлення мішені використовувалася стехіометрична суміш  $\text{CuO}$  та  $\text{NiO}$ . Цю суміш пресували в спеціальну алюмінієву чашку, форма чашки підібрана так, щоб плазма не взаємодіяла з матеріалом чашки. Напилення проводили в універсальній вакуумній установці УВН-70, процес осадження проходив в атмосфері інертного газу – аргону. Робоча частота магнетрона становила 13,56 МГц. Для отримання плівки без домішок використовували турбомолекулярний насос ТМН-500. Температура підкладки становила 300 °С. Потужність магнетрона 180 Вт, час розпилення 30 хв. Виготовлення омічних контактів до плівок  $\text{CuNiO}_2$  та підкладок  $n\text{-Si}$  проводилось за допомогою провідної пасти на основі срібла. Питомий опір плівок вимірювали чотиризондовим методом. Коефіцієнт пропускання  $T$  досліджували на спектрофотометрі СФ-2000 у видимому та ближньому ІЧ-діапазоні 0,2 – 1,1 мкм. Отримані тонкі плівки  $\text{CuNiO}_2$  володіють опором 0,2 Ом·см і прозорістю  $T \sim 50$  %. Оптична ширина забороненої зони цієї тонкої плівки становить  $E_g = 2,29$  еВ.

Для визначення ВАХ гетероструктур  $p\text{-CuNiO}_2/n\text{-Si}$  використовували апаратно-програмне забезпечення на базі Arduino, цифровий мультиметр Agilent 34410A та програмований блок живлення Siglent SPD3303X, які керувалися персональним комп'ютером за допомогою програмного забезпечення, створеного авторами в середовищі LabView.

Результати вимірювання ВАХ в  $p\text{-CuNiO}_2/n\text{-Si}$  гетероструктури в діапазоні температур  $T = 293 - 343$  К представлені на рис. 1. З рис. 1 видно, що ця гетероструктура володіє випрямляючими властивостями. Коефіцієнт випрямлення струму визначений при  $T = 293$  К і напрузі  $|V| = 2$  В складає  $RR \sim 210$ .

Висоту потенційного бар'єру  $q\phi_k$  оцінювали екстраполяцією лінійних ділянок ВАХ в області прямих зсувів до осі напруг, оскільки це відповідає різкому збільшенню прямого струму. Висота потенційного бар'єру гетеропереходу  $p\text{-CuNiO}_2/n\text{-Si}$ , визначена при кімнатній температурі, дорівнює  $q\phi_k \sim 0,7$  еВ. Значення висоти потенційного бар'єру

при різних температурах наведено на рис. 1 вкладка, із якої було визначено температурний коефіцієнт зміни висоти потенційного бар'єру та його значення при 0 К, які дорівнюють відповідно  $d(q\phi_k)/dT = -4,2 \cdot 10^{-3}$  eV/K та  $q\phi_k(0 \text{ K}) = 1,93$  eV.

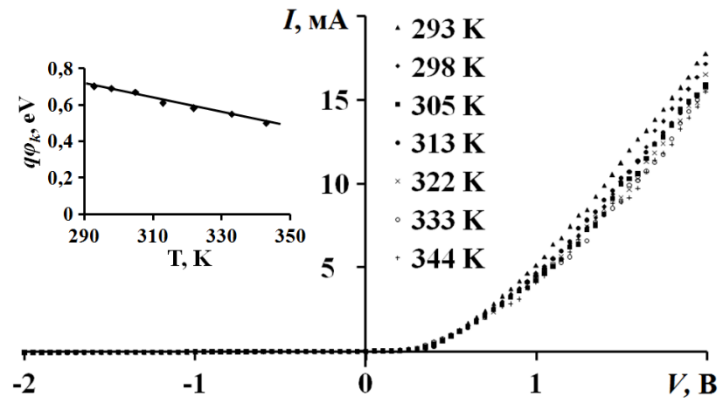


Рис. 1. ВАХ гетероструктури  $p\text{-CuNiO}_2/n\text{-Si}$  при різних температурах (вкладка -  $q\phi_k = f(T)$ )

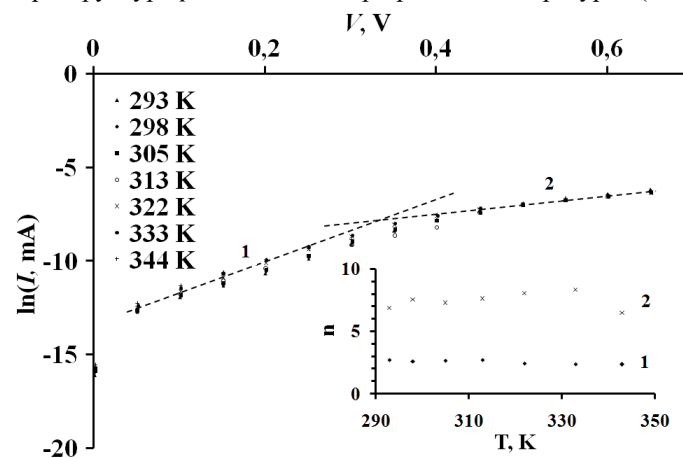


Рис. 2. Залежності  $\ln I = f(V)$  при прямих зміщеннях гетероструктури  $p\text{-CuNiO}_2/n\text{-Si}$  при різних температурах (вкладка -  $n = f(T)$ )

Для визначення механізмів проходження струму через гетероперехід  $p\text{-CuNiO}_2/n\text{-Si}$  при прямих зміщеннях побудовано ВАХ в координатах  $\ln I = f(V)$  (рис. 2). На рис. 2 видно дві прямі ділянки з різними кутами нахилу до осі напруги. За тангенсами цих кутів визначали коефіцієнт неідеальності  $n$  гетеропереходів (рис. 2 вкладка). Як видно з рис. 2, при невеликих прямих зміщеннях ( $0,04 \text{ В} < V < 0,4 \text{ В}$ ) домінує генераційно-рекомбінаційний механізм передачі струму за участю поверхневих станів ( $n \approx 2,5$ ), при  $0,4 \text{ В} < V < 0,7 \text{ В}$  переважає тунелювання ( $n \approx 6 - 8$ ).

## CURRENT TRANSFER MECHANISMS IN $p\text{-CuNiO}_2/n\text{-Si}$ HETEROSTRUCTURE

I. Koziarskyi, E. Maistruk, D. Koziarskyi, G. Andrushchak,  
V. Drozdyk, A. Siryi

*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University*

The electrical properties of  $p\text{-CuNiO}_2/n\text{-Si}$  heterostructures fabricated by radio frequency magnetron sputtering of  $\text{CuNiO}_2$  thin films on  $n\text{-Si}$  crystalline substrates were investigated. The mechanisms of current transfer are analyzed according to the temperature dependences of  $I$ - $V$ -characteristics.



## МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ПРОЦЕСІВ В ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ

**В. Наход, П. Сахнюк, О. Замуруєва**

*Волинський національний університет імені Лесі Українки  
zamuraeva.oksana@vnu.edu.ua*

Штучні гетероструктури Ван-дер-Ваальса з двовимірними (2D) атомними кристалами є перспективними як активний канал або як буферний контактний шар для пристроїв нового покоління. Основною проблемою у виготовленні цих структур є формування чистих границь між окремими двовимірними матеріалами, що впливає на ефективність пристроїв.

Зокрема у найбільш цитованій з моделювання гетероструктур роботі [1] розглянуто властивості нових двовимірних кристалів і вивчено, як їхні властивості використовуються в нових гетероструктурних пристроях. Робота [2] присвячена вивченню гетероструктури, що складається з двошарового графену, в якому два шари графену закручені відносно один одного на певний кут. Експериментально продемонстровано, що для кутів близьких до «магічного» кута, структура електронної зони поблизу нульової енергії Фермі стає плоскою через сильний міжшаровий зв'язок. Доступність плоских зон через електричну настроюваність і настроюваність смуги пропускання через кут закручування може прокласти шлях до більш нестандартних. Автори [3] розширюють діапазон гетероструктур на основі 2D кристалів до фотоактивних за допомогою напівпровідникових діхалькогенідів перехідних металів (TMDC)/графенових стеків. Сингулярності Ван Хофа в електронній щільності станів TMDC гарантують посилену взаємодію між світлом і речовиною, що призводить до посиленого поглинання фотонів і створення електронних дірок (які збираються в прозорих графенових електродах). Це дозволяє розробляти надзвичайно ефективні гнучкі фотоелектричні пристрої з фоточутливістю понад 0,1 А/Вт (ККД понад 30 %).

- [1] Novoselov K.S., Mishchenko A., Carvalho A., Castro Neto A.H. 2D materials and van der Waals heterostructures. *Science*. Vol. 353. (2016). 6298. aac9439.
- [2] Cao Y. et al. Correlated insulator behaviour at half-filling in magic-angle graphene superlattices. *Nature*. Vol. 556. (2018). P. 80–84.
- [3] Britnell L. et al. Strong light-matter interactions in heterostructures of atomically thin films. *Science*. Vol. 340. (2013). P. 1311–1314.

## MODELING OF COMPLEX PROCESSES IN HETEROSTRUCTURES

**V. Nahod, P. Sakhniuk, O. Zamurueva**

*Lesya Ukrainka Volyn National University  
zamuraeva.oksana@vnu.edu.ua*

The comparative analysis of world publications related to the study of modeling problems of the formation of heterostructures (and modeling of heterostructures) provides an opportunity to understand what modern challenges are facing scientists and what the possible ways to overcome them are.

## РОЗРАХУНОК КОЛИВАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ СПЕКТРА ПОГЛИНАННЯ 2,5-БІС(2-БЕНЗОКСАЗОЛІЛ)ГІДРОХІНОНУ

Є. Сетов

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
setov2003@yahoo.com*

Органічна сполука 2,5-біс(2-бензоксазоліл)гідрохінон (ВВНҚ) є речовиною, яка виявляє внутрішньомолекулярне фотоперенесення протона. Особливістю ВВНҚ є те, що енольна та кето-молекулярні структури знаходяться в рівновазі в збудженому стані. Ці структури обумовлюють дві смуги, що спостерігаються в спектрі флуоресценції – з нормальним та аномально великим стоксовим зсувом. Речовини з внутрішньомолекулярним фотоперенесенням протона вважають перспективними для деяких прикладних застосувань, таких як флуоресцентні сенсори, активні середовища для лазерів, оптична пам'ять, органічні світлодіоди.

Коливальна структура смуги поглинання 2,5-біс(2-бензоксазоліл)гідрохінону для переходів до першого збудженого електронного стану була розрахована в наближенні Франка-Кондона та гармонічної моделі коливань. Показано, що використання нормальних мод молекулярних коливань та величини енергії електронного переходу, розрахованих за допомогою функціоналу густини  $\omega$ B97X-D3 моделює спектр, який добре узгоджується з експериментальними даними, але завищує енергію переходу 0-0 на величину 0,13 еВ. Найбільшу інтенсивність вібронних переходів демонструють деформаційні коливання, що змінюють відстань між атомами оксигену та нітрогену водневих зв'язків, деформаційне коливання оксазолних кілець, деформаційне та валентне коливання гідрохінонового фрагмента.

## CALCULATIONS OF THE VIBRATIONAL STRUCTURE OF ABSORPTION SPECTRUM OF 2,5-BIS(2-BENZOXAZOLIL)HYDROQUINONE

Y. Syetov

*Oles Honchar Dnipro National University  
setov2003@yahoo.com*

The organic compound 2,5-bis(2-benzoxazolyl)hydroquinone (ВВНҚ) is a substance that exhibits the excited state intramolecular proton photon transfer. Vibrational structure of the absorption band of 2,5-bis(2-benzoxazolyl)hydroquinone for transitions to the first excited electronic state is calculated in the Franck-Condon approximation and the harmonic model for vibrations. The use of normal modes of molecular vibrations and the value of energy of the electronic transition, calculated with the density functional  $\omega$ B97X-D3, yields the spectrum that agrees well with the experiments, but overestimates the energy of the 0-0 transition by 0.13 eV. The largest intensity of vibronic transitions is demonstrated by deformation vibrations that change the distance between hydrogen and nitrogen atoms of hydrogen bonds, deformation vibration of the oxazole rings, deformation and stretching vibrations of the hydroquinone moiety.

## ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЯ ЦЕНТРІВ РЕКОМБІНАЦІЇ У КРИСТАЛАХ ZnS:Mn

**М. Буланий, Т. Булана, І. Гомілко, О. Коваленко, В. Славний**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

*bulanyi@ukr.net*

Люмінесценція кристалофосфорів продовжує залишатися в колі питань, що привертають увагу багатьох дослідників. Це пов'язано з тим, що до люмінофорів пред'являються різні вимоги щодо їх оптичних і електричних характеристик та інших властивостей. Щоб змінювати характеристики фосфорів відповідно до умов їх застосування, необхідно знати природу тих елементарних утворень в кристалічній ґратці (центрів світіння та захоплення), які відповідають за люмінесценцію.

Залишкові домішки, призводять до появи в їх забороненій зоні багатого спектру електронних станів; велике число макроскопічних дефектів (дислокації, границі блоків двійкування і т.п.) в кристалах ZnS:Mn приводить до виникнення сильних електричних і пружних полів, що супроводжується їх взаємодією з порушеннями кристалічної структури об'єкта дослідження.

Метою роботи було розкладення спектрів фотолюмінесценції на елементарні смуги та визначення відносної кількості центрів рекомбінації в елементарних смугах.

Процес зміни спектральних характеристик в ZnS зумовлений наявністю рухомих дислокацій, що мають сильний електричний заряд. Саме механічна деформація приводить до руху дислокацій, при взаємодії яких з полем УЗ коливань, відбувається збудження (іонізація) атомів домішки з наступними випромінювальними переходами. З фізичної точки зору цей процес можна пов'язати з явищем тунелювання електронів домішкових центрів світіння в електричному полі рухомих дислокацій, що виникають при пластичній деформації кристала.

У даній роботі досліджувалися кристали ZnS, вирощені з розплаву під тиском інертного газу. УЗ коливання збуджувалися в керамічному п'єзоперетворювачі із цирконата свинцю на резонансній частоті перетворювача, що становила 1 МГц.

Спостережувані зміни спектру ФЛ пояснюються процесами, пов'язаними з рухом дислокацій, викликаних пружними механічними коливаннями в кристалах при поширенні в них УЗ коливань.

Одержана інформація в спектрах люмінесценції, яка дозволяє визначити відносну кількість центрів випромінювання в елементарних смугах.

## LUMINESCENCE OF RECOMBINATION CENTERS IN ZnS:Mn CRYSTALS

**M. Bulanyi, T. Bulanaya, I. Gomilko, O. Kovalenko, V. Slavnyi**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*bulanyi@ukr.net*

The obtained information in the luminescence spectra allows to determine the relative number of radiation centers in the elementary bands.

**МЕХАНІЗМИ ПРОТІКАННЯ СТРУМІВ У  
ГЕТЕРОПЕРЕХОДАХ CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/n-CdTe****І. Орлецький, М. Ілащук, І. Козярьський, Е. Майструк,  
Е. Касс, Н. Саранчук***Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
i.kozjarskyi@chnu.edu.ua*

Ферит CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> є важливим та цікавим матеріалом як з практичної, так і з фундаментальної точки зору. Нанорозмірні плівки CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> привернули значну увагу завдяки своїй хімічній і термічній стабільності та унікальним структурним, оптичним, магнітним, електричним і діелектричним властивостям, і широким потенційним технологічним застосуванням. Ширина забороненої зони плівок CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>  $E_g \approx 2,3 - 2,7$  еВ [1] відповідає умовам їх застосування в якості буферного шару фотоперетворювачів на основі гетероструктур із фронтальним провідним оксидом та напівпровідником, який ефективно поглинає світло. Важливою вимогою є утворення якісного гетеропереходу між буферним шаром та поглиначем. Це спонукало дослідження електричних властивостей гетеропереходу CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> із добре зарекомендованим у фотовольтаїчному перетворенні енергії телуридом кадмію.

При виготовленні гетеропереходів CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/n-CdTe плівки CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (товщиною 0,3 мкм) наносили на поверхню сколотих із кристалу CdTe пластинок методом спреї-піролізу водних розчинів солей CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O і FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O із концентрацією 0,1 М у співвідношенні компонент Fe/Co = 2. Підкладки CdTe нагрівалися до 350°C. Процес нанесення плівок проходив в умовах атмосферного тиску. Для уникнення високого послідовного опору гетеропереходів застосовувалися підкладки n-CdTe із питомою електропровідністю  $\sigma = 3,3 \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$ , концентрацією електронів  $n = 2,7 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ , холлівською рухливістю  $\mu_n = 760 \text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ . В єдиному технологічному процесі сумісно із нанесенням на підкладки CdTe плівки CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> отримувалися на підкладках натрій-кальцієвого скла для дослідження оптичних властивостей. За даними оптичних досліджень на спектрофотометрі СФ-2000 у діапазоні довжин хвиль 0,7 — 1,1 мкм плівки володіли коефіцієнтом пропускання  $T \approx 20 - 35 \%$ . За аналізом коефіцієнта поглинання плівок CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> визначена оптична ширина забороненої зони  $E_g = 2,3$  еВ.

Для аналізу механізмів протікання струму використовувалися *I-V*-характеристики гетеропереходів CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/n-CdTe, які вимірювалися при температурах від  $T = 293 \text{ К}$  до  $T = 355 \text{ К}$ . Коефіцієнт випрямлення струму при  $T = 293 \text{ К}$  у виготовлених гетеропереходах становив  $3 \cdot 10^5$  (при напругах  $|V| = 1,5 \text{ В}$ ). Прямі гілки *I-V*-характеристик у координатах  $\ln I = f(V)$  при напругах  $3kT/q < V < 0,5 \text{ В}$  були лінійними із залежним від температури кутом нахилу до вісі напруг. Визначений за кутом нахилу діодний коефіцієнт дорівнював  $n \approx 1,35$ , що вказувало на надбар'єрний механізм протікання струму, який описується формулою:

$$I = I_0 \cdot \exp\left(\frac{qV}{nkT}\right), \quad (1)$$

де  $n$  – діодний коефіцієнт, а  $I_0$  визначається виразом:

$$I_0 = A^{**} T^2 \cdot \exp\left(-\frac{qV_b}{kT}\right), \quad (2)$$

де  $A^{**}$  – постійна Річардсона,  $qV_b$  – висота потенціального бар'єра на електричному переході.

Для визначення висоти потенціального бар'єра  $qV_b$  на гетеропереході екстраполяцією до вісі  $\ln I$  ділянок залежності  $\ln I = f(V)$  з діодним коефіцієнтом  $n \approx 1,35$  знаходили  $\ln I_0$  при кожному значенні температури  $T$ . Згідно виразу (2) за тангенсом кута нахилу залежності  $\ln(I_0/T^2) = f(10^3/T)$  отримана величина  $qV_b = 0,8$  eV.

При прямих напругах  $0,5 \text{ V} < V < 1 \text{ V}$  діодний коефіцієнт  $n \approx 6,3$ . Відсутність температурної залежності тангенса кута нахилу  $\ln I = f(V)$  вказувала на тунельний механізм прямого струму, який описується виразом:

$$I(V) = I_0 \cdot \exp(\alpha \cdot (V_b - V)), \quad (3)$$

де  $I_0 = B \cdot \exp(E_A/kT)$ ,  $B$  і  $\alpha$  – константи,  $E_A$  – енергія активації тунельного струму.

При зворотних зміщеннях у діапазоні  $-3 \text{ V} < V < -3kT/q$  лінійна залежність зворотного струму від напруги у координатах  $I = f((V_b - V)^{1/2})$  для гетеропереходу  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/n\text{-CdTe}$  вказувала на генераційний механізм струмоутворення (генерація носіїв заряду у збідненій області  $n\text{-CdTe}$ ):

$$I = \frac{n_i}{\tau} \sqrt{\frac{2q}{N_d}} (V_b - V), \quad (4)$$

де  $n_i$  – власна концентрація носіїв заряду в  $n\text{-CdTe}$ ,  $\tau$  – час життя носіїв заряду у збідненій області,  $N_d$  – концентрація донорів.

Проведені дослідження підтверджують утворення якісного гетеропереходу  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/n\text{-CdTe}$  при використанні нескладного із низькою собівартістю методу спреї-піролізу для нанесення плівок  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ .

[1] Jundale V.A, Chorage G.Y., Yadav A.A. Structural, morphological and optical properties of  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  thin film by spray pyrolysis technique. Materials Today: Proceedings. Vol.43. (2021). P. 2678–2681.

## MECHANISMS OF CURRENT FLOW IN $\text{CoFe}_2\text{O}_4/n\text{-CdTe}$ HETEROJUNCTIONS

**I. Orletskyi, M. Pashchuk, I. Koziarskyi, E. Maistruk,  
E. Kass, N. Saranchuk**

*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University  
i.koziarskyi@chnu.edu.ua*

$\text{CoFe}_2\text{O}_4/n\text{-CdTe}$  heterojunctions with a current rectification ratio of  $3 \cdot 10^5$  (at voltages  $|V| = 1.5 \text{ V}$ ) were produced using the spray pyrolysis method of aqueous solutions of cobalt and iron salts on  $n\text{-CdTe}$  substrates. The main mechanisms of current flow in  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/n\text{-CdTe}$  heterojunctions were established based on the analysis of the temperature dependence of the  $I$ - $V$  characteristics. At a forward bias in the voltage range of  $3kT/q < V < 0.5 \text{ V}$ , an over-barrier current flows, at forward bias of  $0.5 \text{ V} < V < 1 \text{ V}$ , electron tunneling occurs through the barrier heterojunction in the conduction band. At reverse biases  $-3 \text{ V} < V < -3kT/q$ , a generation mechanism of current generation due to thermal generation of charge carriers in the  $n\text{-CdTe}$  region depleted of the main charge carriers is observed. The energy parameters of the  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/n\text{-CdTe}$  heterojunction were determined.

**АКУСТИЧНЕ НАДВИПРОМІНЮВАННЯ  
ТА ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ****С. Лягушин, О. Соколовський***Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
lyagush.new@gmail.com*

Передбачене Дікке явище надвипромінювання вже майже 70 років викликає стійкий інтерес фізиків: спочатку як ключ до розуміння впорядкування поля в лазерних середовищах, потім як можливість побудови безрезонаторних генераторів когерентного випромінювання і весь час у якості пробного каменю для побудови теорії нерівноважних процесів у квантових системах. У системі Дікке велика кількість  $N$  однакових дворівневих атомів (різниця енергії рівнів  $\Delta\mathcal{E}$ ), взаємодіючих із електромагнітним полем, утворює колективний стан і генерує на частоті  $\omega_0 = \frac{\Delta\mathcal{E}}{\hbar}$  когерентний світловий імпульс, потужність якого пропорційна  $N^2$ , а її просторовий розподіл визначається геометрією системи. При цьому домінуючу роль відіграє саме спонтанне випромінювання атомів, тобто явище має суто квантову природу. Класичною мовою воно тлумачиться як фазоване випромінювання багатьох атомів у напрямках, для яких виконується умова просторового синхронізму. Математичний опис дворівневих випромінювачів у гамільтоніані Дікке здійснюється за допомогою матриць Паулі, і він має вигляд

$$\hat{H}_D = \frac{\hbar\omega_0}{2} \sum_n \hat{\sigma}_{zn} + \sum_k \hbar\omega_k a_k^+ a_k - \sum_n \hat{\mathbf{E}}(\mathbf{x}_n) \cdot \mathbf{d}_n \hat{\sigma}_{zn}, \quad (1)$$

де  $\hat{\mathbf{E}}(\mathbf{x}_n)$  – оператор напруженості хвильового електричного поля,  $\mathbf{d}_n$  – дипольний момент робочого переходу  $n$ -го випромінювача,  $a_k^+$ ,  $a_k$  – оператори породження та знищення фотонів. Оскільки гамільтоніан взаємодії спінових магнітних моментів атомів із зовнішнім магнітним полем має структуру  $-\sum_n \mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\mu}_n$ , кристал із парамагнітними домішками утворює скінченнорівневу систему, де домішкові центри взаємодіють із коливаннями ґратки, тобто з фононним полем. У випадку спіну  $\frac{1}{2}$  основний член у гамільтоніані такої системи набуває, аналогічно (1), вигляду  $\hbar\omega_0 \sum_n \hat{S}_{zn}$ , де тепер

$\omega_0 = \frac{\mu_B B_z}{\hbar}$ , квазіспін  $\frac{1}{2} \hat{\sigma}_{zn}$  замінено на реальний спін  $\hat{S}_{zn}$  (магнітне поле орієнтовано вздовж осі  $z$ ). Зміна напрямку поля на протилежне подібна до збудження дворівневих атомів коротким електромагнітним імпульсом, що створює інверсну заселеність рівнів випромінювачів у моделі Дікке. Це відкриває шлях до акустичного надвипромінювання – генерації потужного імпульсу резонансних фононів. Докладний аналіз цього явища здійснено У. Копвіллемом і співавторами [1]. Виведено загальний вигляд оператора спін-фононної взаємодії, що свідчить про застосовність доробку досліджень оптичного надвипромінювання в акустичній когерентній спектроскопії з урахуванням особливостей фононного поля в конкретних кристалах. У той же час важливо бачити суттєву різницю фізики процесів: світловий імпульс залишає кристал або інше генеруюче середовище без суттєвих змін, а макроскопічне заповнення резонансної фононної моди асоціюється з різким збільшенням відхилень атомів від рівноважних

положень і може спричинити фазовий перехід у твердому тілі. Час формування надвипромінювального імпульсу і характер змін у кристалі можуть дати змістовну інформацію про мікроскопічну структуру речовини.

Автори займались теоретичними дослідженнями акустичного надвипромінювання, а також впливу кристалічного середовища на кінетику електромагнітного когерентного спонтанного випромінювання з метою розкриття можливостей методів вилучення бозонних змінних і скороченого опису, пов'язаних з ідеями академіка М. Боголюбова. Розглядалися спінові моделі, в тому числі для випадку спіну 1. Аналогічна техніка застосовувалась для моделі Вагнера – кристала, де частинки в домішкових центрах можуть знаходитись у двох станах із різною енергією і тунелювання між ними забезпечує додатковий механізм релаксації [2]. У методі вилучення бозонних змінних використовується уявлення про бозонний термостат, будуються рівняння для змінних, які характеризують стан підсистеми випромінювачів (для спінових систем це  $z$ -проекція сумарного спіну), і за їх поведінкою робиться висновок про можливість виникнення і час затримки надвипромінювального імпульсу. Модель Вагнера зводиться до модифікованої моделі Дікке, у якій надвипромінювальний режим можливий за інверсної заселеності рівнів атомів домішки, що описується від'ємною температурою підсистеми випромінювачів. Метод стикається з проблемою розчеплення кореляторів вищих порядків. У методі скороченого опису у формулюванні Пелетмінського–Яценка [3] існує регулярна процедура вибору параметрів скороченого опису та побудови рівнянь еволюції для них і дослідження стану бозонного поля також можливе.

- [1] Kopvillem U.Kh., Nagibarov V.R., Samartsev V.V., Solovarov N.K. Acoustic superradiance: (Review). *Adv. Mol. Relax. Processes*. Vol. 8, No. 4. (1976). P. 653–694.
- [2] Боголюбов Н.Н. (мл.), Лягушин С.Ф. Применение метода исключения бозонных переменных к анализу эволюции некоторых модельных систем, взаимодействующих с бозонными полями. Дубна: Сообщение ОИЯИ Р17-88-436. (1988). 11 с.
- [3] Lyagushyn S.F., Sokolovsky A.I. Superradiation and condensed matter: reduced description method. III International Advanced Study Conference “Condensed Matter and Low Temperature Physics” CM&LTP 2023 (5–11 June 2023, Kharkiv, Ukraine). *Book of Abstracts*. P. 195.

## ACOUSTIC SUPERRADIANCE AND PHASE TRANSITIONS

**S. Lyagushyn, A. Sokolovsky**  
*Oles Honchar Dnipro National University*  
*lyagush.new@gmail.com*

The mathematical analogy of Dicke system of two-level emitter interacting via electromagnetic field and capable to generate coherent spontaneous radiation pulses and spin system in an external magnetic field is substantiated. The view of such system Hamiltonians is described. The connection between resonant phonon mode amplification and structure instability is pointed out.

Some results concerning acoustic superradiance investigations with Bogolyubov methods of eliminating boson variable and reduced description are discussed. Such process possibility was studied for a system with paramagnetic admixture with spin  $\frac{1}{2}$  and Wagner model with alternative relaxation mechanism (a crystal with tunneling in admixture centers).

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФОТОЛЮМІНЕСЦЕНЦІЇ НАНОЧАСТИНОК ОКСИДУ ЦИНКУ

**Ю. Ніцук, С. Гусейнова, Є. Мамоїленко, Ю. Ваксман**

*Одеський національний університет імені І.І. Мечникова*

*nitsuk@onu.edu.ua*

Наночастинки оксиду цинку можуть бути застосовані в якості люмінесцентних сенсорів важких металів та небезпечних бактерій та вірусів. Наявність широкої забороненої зони дозволяє реалізовувати ефективні випромінюючі структури в ультрафіолетовій, видимій та інфрачервоній областях спектру [1].

В роботі використаний хімічний метод синтезу наночастинок, що характеризується високою швидкістю отримання дослідних зразків, простотою і дешевизною. В якості джерела іонів цинку використовували 10% водний розчин сульфату цинку ( $ZnSO_4$ ). Джерелом іонів кисню слугував 10% водний розчин гідроксиду калію (KOH). Разом з тим, дослідження на скануючому електронному мікроскопі показали, що отримані таким методом наночастинок мають значні відмінності в розмірах.

При зміні концентрації прекурсорів від 2 до 30% ширина забороненої зони змінюється від 3.9 до 3.5 еВ. За величиною зсуву ширини забороненої зони в порівнянні з шириною забороненої зони об'ємних кристалів визначені середні розміри наночастинок.

Спектри фотолюмінесценції в видимій області характеризуються широкими смугами випромінювання в жовто-помаранчевій та синьо-блакитній областях спектру. Виділяються смуги на 2.1, 2.2, 2.65 та 2.82 еВ. Вони не змінювали свого розташування із зміною ширини забороненої зони наночастинок. Згідно [1], зазначені смуги можуть бути обумовлені випромінювальними переходами в межах донорно-акцепторних пар, до складу яких входять власні дефекти.

В короткохвильовій області зареєстровані лінії випромінювання, розташування яких корелює з шириною забороненої зони в досліджуваних наночастинках. Відстань порядку 60 меВ від краю поглинання дозволяє припустити, що вказані лінії обумовлені переходами за участю зв'язаних екситонів.

Показано, що із збільшенням концентрації прекурсорів збільшується питома вага смуг в жовто-помаранчевій області. Таким чином, зміною технологічних параметрів можна впливати на спектральний склад випромінювання.

[1] Kumar Jangir L. et.al. Investigation of luminescence and structural properties of ZnO nanoparticles, synthesized with different precursors. Mater. Chem. Front. Vol. 1 (2017). P. 1413-1421.

## INVESTIGATION OF ZINC OXIDE NANOPARTICLES PHOTOLUMINESCENCE

**Yu. Nitsuk, S. Guseinova, Ye. Mamoilenko, Yu. Vaksman**

*Odesa I.I.Mechnikov National University*

Zinc oxide nanoparticles with different sizes of crystallites were obtained by the method of colloidal synthesis. The average size of the nanoparticles is determined by the value of the bandgap shift. The nature of the radiative transitions determining the near-band and long-wave luminescence of zinc oxide nanoparticles has been established.



## INDUCED COLOR CHARGES IN QGP AT POLYAKOV'S LOOP AND CHROMOMAGNETIC FIELDS

V. Skalozub, I. Hamolskiy

Oles Honchar Dnipro National University  
skalozub@ffeks.dnu.edu.ua

Quark-gluon plasma (QGP) is the state of matter consisting of quarks and gluons liberated from nuclei at high temperature due to asymptotic freedom of non-Abelian gauge fields. A classical background of QGP is formed out of two type condensates – the  $A_0(T)$  (Polyakov loops (PL)) and the spontaneously generated temperature dependent chromomagnetic  $H^3(T), H^8(T)$ , where (3,8) are color indexes of  $SU(3)$  group, and usual magnetic  $H(T)$  fields. The first kind condensates result in the color  $Z(3)$  symmetry breaking and the Furry's theorem violation. The second ones considerably change the spectra of quarks and gluons as well. So, new phenomena have to be realized. In particular, the induced color charges  $Q_{ind}^3, Q_{ind}^8$  are expected. The PL and  $A_0(T)$  are the order parameters for the phase transition. At low temperature, PL and  $A_0$  equal zero. At high temperature they become nonzero. The same concerns the magnetic fields. Recently, on the principles of the Nielsen's identity method and new type integral and sum representations we derived the gauge invariant expression for the  $A_0$  condensate in the magnetic fields in two-loop approximation [1], [2]. This opens a possibility for calculating the induced color charges for this case.

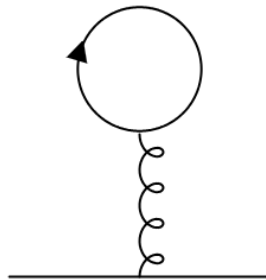


Figure 1. Tadpole diagram.

To realize that, we have calculated the contribution of the diagram depicted in the figure. Here, the solid line presents the quark propagator in the  $A_0$  and magnetic fields and the curvy line presents the zero component of gluon fields  $G_0^3$  or  $G_0^8$ . At finite temperature, in the Matsubara formalism one has to calculate the temperature sum over discrete momenta  $p_4 = 2\pi T \left( l + \frac{1}{2} \right)$ ,  $l = 0, \pm 1, \dots$ , integrate over momentum component  $p_3$  oriented along the space field direction, calculate the sum over spin variable  $\sigma = \pm 1$  and sum up over  $n = 0, 1, 2, \dots$ , in correspondence to the fermion spectrum in magnetic field  $H$ :  $(p_4 + gA_0)^2 = m^2 + p_3^2 + (2n + 1)gH \pm \sigma gH$ . That we have done in the low-level approximation,  $n = 0$ ,  $\sigma = +1$  giving a leading contribution for strong external fields.

As a result, we have obtained that the induced color charges are nonzero. The presence of the magnetic fields changes the values of them compared to the zero-field case. So that the QGP has to be magnetized and color charged. That will generate different new type processes for either photons or gluons.

[1] V. V. Skalozub, Phys. Part. Nucl. Letts 18 (7), 738 (2021). [Arxiv:2006.05737 hep-ph]

[2] M. Bordag, V. Skalozub, Eur. Phys. J. C. 82, 390 (2022).

## ONE-LOOP CORRECTION CONTRIBUTIONS IN THE DECOUPLING LIMIT OF GENERALIZED YUKAWA MODEL

**M. Dmytriiev, V. Skalozub**

*Oles Honchar Dnipro National University  
dmytriiev\_m@ffeks.dnu.edu.ua*

There exist many models of physics beyond the Standard model (SM), which introduce new heavy particles. Signals of such new states could be parametrized either within a complete model of new physics or its low-energy approximation. The latter consists of effective Lagrangian (EL), which describes the effects of interactions with heavy particles on the dynamics of light fields when heavy states decouple. Parameters of this EL should be constrained by an experimental data analysis. These constraints, in turn, are translated into some limits to the parameters of the corresponding complete model. This approach is employed in many researches [1, 2]. It is often assumed that the loop corrections to parameters of a heavy particle coming from the light and the heavy sectors of a corresponding UV-complete model are negligible small in the decoupling limit.

Contrary to this statement, we have shown that in the latter case the radiative corrections given by light fields are considerable for some values of model parameters.

We begin with the following Lagrangian of a UV-complete model:

$$L = \frac{1}{2}(\partial_\mu\phi)^2 - \frac{1}{2}\mu^2\phi^2 + \frac{1}{2}(\partial_\mu\chi)^2 - \frac{1}{2}\Lambda^2\chi^2 - \lambda\phi^4 - \rho\phi^2\chi^2 - \xi\chi^4 + \sum_{a=1;2} \bar{\psi}_a(i\hat{\partial} - m_a - g_\phi\phi - g_\chi\chi)\psi_a. \quad (1)$$

This model consists of two scalar fields  $\phi$  and  $\chi$  and two fermionic fields  $\psi_1$  and  $\psi_2$ .

We derived the low-energy EL for this model in the limit when  $\chi$  boson decouples. The obtained expression is as follows:

$$L_{eff} = \frac{1}{2}(\partial_\mu\phi)^2 - \frac{1}{2}\mu^2\phi^2 - \lambda\phi^4 + \sum_{a=1;2} \bar{\psi}_a(i\hat{\partial} - m_a - g_\phi\phi)\psi_a + \frac{g_\chi^2}{2\Lambda^2}(\bar{\psi}_1\psi_1 + \bar{\psi}_2\psi_2)^2. \quad (2)$$

Here the terms in the first line describe dynamics of the model light sector, while term in the second line describes the effective four-fermion interactions. The latter approximate contributions of heavy scalar in the model observables when  $\chi$  decouples. Two scattering processes were considered within the low-energy EFT (2) – these are  $\bar{\psi}_1\psi_1 \rightarrow \bar{\psi}_2\psi_2$  and  $\psi_1\psi_2 \rightarrow \psi_1\psi_2$ . These reactions take place in s- and t-channels, respectively. Contributions of radiative corrections into the cross-sections of these processes are estimated in the decoupling limit.

We find out that if  $|g_\phi|$  and  $|g_\chi|$  are small the loop corrections are negligible and the EL (2) is applicable for description of scattering processes at low energies. For our model we have that it is so if  $|g_\phi| < 0.4$  and  $|g_\chi| < 0.4$ .

If  $|g_\chi|$  is big, then loop corrections to  $\chi$  boson mass are to be considerable even at low energies. These corrections are shown in Fig. 1. In our model, we have that if  $|g_\chi| > 2.5$  then the corrections in Fig. 1 give more than 10% of the  $\chi$  boson mass. These corrections suppress the contribution of the heavy scalar in reaction cross-section. Hence, if  $|g_\chi|$  is big, then (2) significantly overestimates  $\chi$  boson contribution in the cross-sections when  $\chi$  decouples.

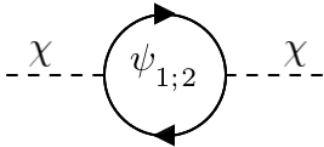


Fig. 1. One-loop correction to the  $\chi$  boson mass

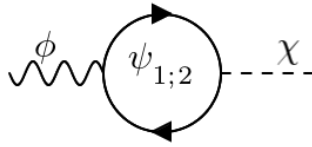


Fig. 2. Diagram of one-loop mixing of scalar fields

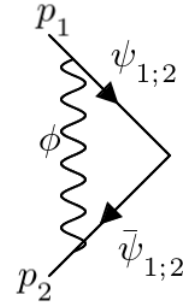


Fig. 3. One-loop correction to the Yukawa vertexes from the interaction with  $\phi$  boson

If  $|g_\phi|$  is not small, the contribution of the scalar field one-loop mixings is significant in either s- or t-channels. One-loop mixing of  $\phi$  and  $\chi$  is introduced by the diagram in Fig. 2. In our model, we get that if  $|g_\phi| \gtrsim 1.5$ , the contribution of one-loop mixing of scalars in the matrix elements of the considered reactions is bigger than 50% of the four-fermion interaction term for  $|g_\chi| < 0.4$ . Radiative corrections to Yukawa vertexes of  $\chi$  boson are also significant in this limit, since they are proportional to  $g_\phi^2$ . These corrections are depicted in Fig. 3.

To conclude, in our research we have derived the conditions when radiative corrections are negligible small in the decoupling limit in cross-sections of reactions within the generalized Yukawa model. According to these conditions, radiative corrections become significant if the interactions between light fermions and either light or decoupled scalar are not feeble. In such scenarios, expression (2) should not be used as the low-energy approximation of the model (1). The results obtained in this investigation could be applied to some models of new physics which extend the SM, such as the two-Higgs-doublet model (2HDM). The latter has a limit when new heavy particles decouple. So, low-energy EL could be derived for it [3]. Contributions of radiative corrections into cross-sections within the 2HDM should be estimated in the limit when heavy fields beyond the SM decouple. This is the problem left for the future.

- [1] CMS Collaboration Search for new physics using effective field theory in 13 TeV pp collision events that contain a top quark pair and a boosted Z or Higgs boson. CERN-EP-2022-172. Report number CMS-TOP-21-003
- [2] Ellis J., Madigan M., Mimasu K., Sanz V., Tevong Y. Top, Higgs, Diboson and Electroweak Fit to the Standard Model Effective Field Theory. JHEP. Vol. 4. (2021). 279.
- [3] Dmytriiev M., Skalozub V. Low-energy effective Lagrangian of the two-Higgs-doublet model. Journal of Physics and Electronics. Vol. 29(2). (2021). P. 8-20.

## ОПТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН МІКРОМАГНІТНОЇ СТРУКТУРИ ПЛІВОК ФЕРИТОВИХ ГРАНАТІВ У ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ

**В. Короновський, Ю. Вакула**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
frecs@knu.ua*

Чимало досліджень останніх років різноманітних матеріалів і композитних структур, в яких проявляються магнітоелектричні ефекти (МЕ), виявили ряд нових явищ та проявів магнітоелектричних взаємодій, зокрема і на рівні мікромагнітних структурних елементів доменних стінок (блохівські лінії та блохівські точки) у тонкоплівкових магнітних діелектриках. Вертикальні лінії Блоха (ВБЛ) у стінах Блоха наразі вивчаються з огляду на можливості їх застосування як елементів магнітної пам'яті. Спостереження магнітних доменів за допомогою магнітооптичної мікроскопії на основі ефекту Фарадея, є одним із методів візуалізації розподілу намагніченості в магнітних матеріалах, наприклад у епітаксійних плівках феритових гранатів. Зокрема, метод надає можливість візуалізації індукованих не лише магнітним, а й електричним полем (Е-полем) явищ у наноструктурованих магнітних матеріалах, що суттєво розширює методологію експериментальних досліджень у прикладному магнетизмі [1,2]. Однак, у магнітних плівках з перпендикулярною анізотропією, доменні стінки (ДС) і такі їхні топологічні дефекти як ВБЛ не візуалізуються (на відміну від магнітних доменів) при спостереженнях у світлому полі за допомогою поляризаційного мікроскопа. Подолати зазначені недоліки дозволяє використання методу оптичної мікроскопії темного поля [3], який дозволяє детектувати мікромагнітні утворення з характерним розміром в десятки і соті частки мікрона. Метод дозволяє безпосередньо візуалізувати як ДС, так і їх субструктурні елементи, зокрема ВБЛ, які мають більш складний розподіл намагніченості.

У представленій роботі повідомляється про дослідження МЕ властивостей ДС та ВБЛ у плівках феритових гранатів. Для цього ми адаптували метод оптичної мікроскопії темного поля для дослідження впливу зовнішнього Е-поля на мікромагнітні структурні елементи гранатових плівок з перпендикулярною анізотропією. Досліджувалась епітаксійна плівка залізо-ітрієвого гранату з вмістом вісмуту товщиною біля 8 мкм, яка була вирощена на підкладці  $Gd_3Ga_5O_{12}$  з орієнтацією (111). Експерименти проводились в геометрії  $E \parallel n$  де  $n$  — нормаль до поверхні плівки. Плівку розміщували між оптично прозорими електродами у Е-полі частотою 800 Гц. Один з електродів мав форму тонкої смужки (шириною 1 мм) і це давало змогу розміщувати його над різними локальними ділянками доменної структури плівки. При вказаному методі досліджень, підсвічування ДС візуалізуються як яскраві світлі лінії на загальному темному тлі (у разі, якщо вони зорієнтовані перпендикулярно до площини падіння світла). Тобто, у цьому методі магнітні домени з протилежним напрямом намагніченості візуалізуються як єдина темна область. У разі, якщо ДС містять ВБЛ, то ВБЛ можна побачити як області локальних змін (посилення чи ослаблення) яскравості на ділянках ДС. На Рис. 1 показані зображення однієї з окремих ділянок доменної структури досліджуваної плівки (після комп'ютерної обробки зображення), отримані з використанням методу темного поля. При цьому, на локальному сегменті ДС ("головка" домена) можна бачити область зміни яскравості ДГ при прикладанні Е-поля ( $E=1,7$  кВ/мм). Близька до показаної на Рис.1 реакція на інших ділянках доменної структури проявлялась лише на кількох "головках" ДС при розміщенні над ними електроду-смужки. Реакція прямих сегментів ДС на підключення

Е-поля візуально не спостерігалась. При вимкненні поля, відновлення початкової картини на “головках” ДС проявлялось принципово по різному. Спостерігалось як часткове відновлення початкового стану ДС на окремих “головках”, так і відсутність змін. Причини таких відмінностей потребують окремих досліджень.

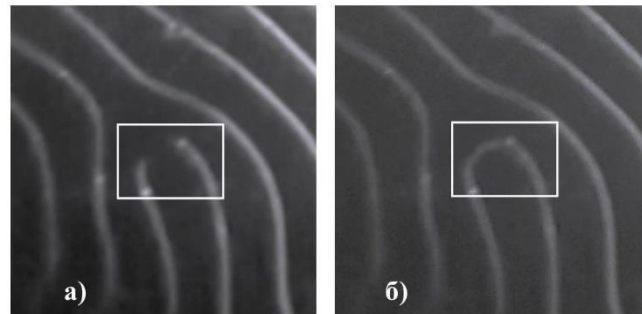


Рис.1 Зображення ділянки доменної структури досліджуваної плівки:  
(а) - при  $E=0$ ; (б) – при  $E= 1,7$  кВ/мм.

На нашу думку, причиною описаного ефекту може бути область локалізації чи генерації в Е-полі ВБЛ на вказаних ділянках ДС. Відбуваються додаткові деформування просторово не однорідного (через наявність ВБЛ і вигнутість стінки) вертикального профілю ділянки ДГ в Е-полі, що і призводить до ефекту, який спостерігався. Е-поле змінює магнітну анізотропію ферит-гранатових плівок. Зміна енергії анізотропії в Е-полі призводить до “дихання” локальної ділянки ДС, над якою розміщено електрод. Це “дихання”, у свою чергу, порушує на перехідній ділянці початковий баланс між обмінною енергією та локальною енергією розмагнічування, що виникає через наявність у ділянці ВБЛ магнітних полюсів, пов'язаних із відповідними компонентами намагніченості. Результатом порушення вказаного балансу і можуть бути явища, які нами візуально спостерігались.

- [1] V.E.Koronovskyy, S.M.Ryabchenko, V.F.Kovalenko. Electromagneto-optical effects on local areas of ferrite-garnet film. *Phys. Rev. B*. Vol. 71. (2005). P. 172402-172406.
- [2] V. Koronovskyy and Y. Vakyla. Magneto-electric response of iron garnet film micromagnetic structure on combined action of AC and DC electric field. *Electron. Mater. Lett.* Vol. 11 (6). (2015). P. 1028-1034.
- [3] Thiaville A., and Miltat J. Neel lines in the Bloch walls of bubble garnets and their dark-field observation. *J. Appl. Phys.* Vol. 68. (1990). P. 2883–2891.

## OPTICAL INVESTIGATIONS OF CHANGES IN THE MICROMAGNETIC STRUCTURE OF FERRITE GARNET FILMS IN AN ELECTRIC FIELD

**V. Koronovskyy, Y. Vakyla**

*Taras Shevchenko National University of Kyiv  
frecs@knu.ua*

The presented work reports on the study of the magnetoelectric properties of ferrite garnet epitaxial films with perpendicular anisotropy. We adapted the dark field optical microscopy method to study the influence of the electric field on the micromagnetic structural elements of the domain structure of garnet films. The sensitivity of vertical Bloch lines to changes in the electric field was revealed.

## X-RAY PHASE ANALYSIS OF $\text{LiNaGe}_4\text{O}_9$ MULTIPHASE COMPOUND

**A. Diachenko<sup>1</sup>, Ye. Skrypnik<sup>1</sup>, M. Trubitsyn<sup>1</sup>, M. Volnianskii<sup>1</sup>, O. Baskevich<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Energy Efficient Technologies and Materials Sciences, Oles Honchar Dnipro  
National University*

<sup>2</sup>*Ukrainian State University of Chemical Technology  
zhenya.skripnik.1997.2@gmail.com*

Solid electrolytes based on lithium-sodium tetragermanate  $\text{LiNaGe}_4\text{O}_9$  (LNG) are among the promising lithium ions conductors [1]. It is known that nanometer size structuring is actively used to increase ionic conductivity. So, we quenched the melt and obtained LNG glass. Then by using the data of differential scanning calorimetry (DSC) we heat treated amorphous-crystalline and polycrystalline LNG [2]. It is necessary to obtain complete information about phase composition and morphology of the samples. In this work we perform structural characterization of the obtained compounds by using X-ray phase analysis.

LNG glass was prepared by rapid quenching the melt between two massive copper plates. The partially crystallized amorphous-crystalline samples were prepared by isothermal heat treatment at  $T=794$  K. This temperature was chosen within the interval between the glass transition temperature  $T_g=783$  K and the point  $T_c=829$  K above which complete crystallization was detected in DSC experiment [2]. The totally crystallized samples were prepared by heating the glass to the temperatures ( $\sim 900$  K) notably above  $T_c$ . The structure of the obtained samples was studied by X-ray phase analysis, which was carried out on X-ray diffractometer DRON-2 operating with monochromatized  $\text{Co-K}\alpha$  radiation ( $\lambda=1.7902$  Å).

It was shown that in glassy samples amorphous phase occupy about 0.92 of the sample volume. The rest of the sample volume is occupied by the ordered region with LNG structure and structure of  $\text{Li}_4\text{GeO}_4$ ,  $\text{Na}_4\text{GeO}_4$  and  $\text{Na}_6\text{Ge}_2\text{O}_7$ . The ordered phases in amorphous-crystalline samples occupied about 0.55 from its total volume. The estimations indicate that the partially crystallized samples can be defined as nanocrystalline. In the polycrystalline sample ordered phases occupied about 0.96 of the whole volume. The size of the crystallites allowed to classify this state rather as microcrystalline.

The obtained data is compared with the results of lithium heptagermanate  $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$  performed in [3]. On the one hand increase of alkali metal fraction in the composition ( $\text{Li}_2\text{O} - x(\text{GeO}_2)$ ) is expected to stimulate increase of ionic conductivity. On the other hand, it means decrease of glass-forming germanium oxide fraction that worsens the conditions of the glass formation. So, preparation and study of amorphous, partially and totally crystallized compounds in the family  $\text{Li}(\text{Na})_2\text{O} - (\text{GeO}_2)$  should help to design ionic conductors with optimized chemical composition and phase content.

- [1] Volnianskii, M. D. Electric Properties of  $\text{LiNaGe}_4\text{O}_9$  Single Crystal / M. D. Volnianskii, M. P. Trubitsyn, O. A. Bibikova // *Ferroelectrics*. – 2013. – Vol. 443, No. 1. – P. 16 – 19.
- [2] Diachenko, A.O. Glass devitrification and electrical properties of  $\text{LiNaGe}_4\text{O}_9$  / A.O. Diachenko, M.P. Trubitsyn, M.D. Volnianskii, I. Jankowska-Sumara, Ye.V. Skrypnik / *Molecular Crystals and Liquid Crystals*. – 2021. – Vol. 721, iss. 1. – P. 10-16.
- [3] Trubitsyn, M. Ionic Conductivity in Single Crystals, Amorphous and Nanocrystalline  $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$  Doped with Cr, Mn, Cu, Al, Gd / M. Trubitsyn, M. Koptiev, M. Volnianskii // Chapter in book: Fesenko, O., Yatsenko, L. (eds) *Nanomaterials and Nanocomposites, Nanostructure Surfaces, and Their Applications*. Springer Proceedings in Physics. – Springer, Cham. – 2023. – Vol. 279. – P. 585 – 598.

## ДИНАМІКА МОДЕЛІ ДІККЕ З УРАХУВАННЯМ МАЛИХ КОРЕЛЯЦІЙ

**О. Соколовський, С. Лягушин**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
lyagush.new@gmail.com*

Дослідження явища надвипромінювання залишається актуальним напрямком фізики конденсованого стану. Серед проблем, які привертають увагу дослідників є проблема врахування впливу нерівноважних кореляцій на динаміку системи [1].

Нами розглядається система з дворівневих випромінювачів та поперечного електромагнітного поля. Гамільтоніан Дікке цієї системи в термінах операторів спіну  $\hat{s}_{in}$  і бозе-операторів фотонів  $a_k, a_k^+$  має вигляд

$$\hat{H} = \hat{H}_0 + \hat{H}_1, \quad \hat{H}_0 \equiv \hbar\omega_0 \sum_i \hat{s}_{iz} + \sum_k \hbar\omega_k a_k^+ a_k, \quad \hat{H}_1 \equiv -\sum_i \hat{E}_n(x_i) d_{in} (\hat{s}_i^+ + \hat{s}_i^-), \quad (1)$$

де  $x_i$  – радіус-вектор  $i$ -го випромінювача,  $\hbar\omega_0$  – енергія його збудження,  $d_{in}$  – дипольний момент відповідного переходу,  $\hat{E}_n(x)$  – оператор напруженості електричного поля (використовуються стандартні позначення спінових змінних).

Стан системи будемо описувати середніми значеннями операторів  $\hat{\eta}_a$

$$\hat{\eta}_k = \hat{n}_k \equiv a_k^+ a_k, \quad \hat{\eta}_1 = \hat{s}_z \equiv \sum_i \hat{s}_{iz}, \quad \hat{\eta}_2 = \hat{s}^+ \hat{s}^- \quad (\hat{s}^\pm \equiv \sum_i \hat{s}_i^\pm), \quad (2)$$

які позначаються через  $\eta_a$ :  $\eta_k = n_k$ ,  $\eta_1 = s_z$ ,  $\eta_2$  і називатимемо параметрами скороченого опису (ПСО). Величини  $n_k$  описують нерівноважний стан системи фотонів ( $n_k$  – кількість фотонів в  $k$ -му стані), величина  $s_z$  описує ступінь збудженості системи випромінювачів,  $\eta_2$  описує кореляції в системі випромінювачів. Вважається [1], що опис системи в моделі Дікке вказаними ПСО адекватно відображає перебіг явища надвипромінювання.

Всі оператори  $\hat{\eta}_a$  комутують між собою і з основним внеском у гамільтоніан

$$[\hat{\eta}_a, \hat{\eta}_b] = 0, \quad [\hat{H}_0, \hat{\eta}_a] = 0. \quad (3)$$

Це показує, що динаміку системи Дікке можна дослідити в рамках моделі Пелетмінського–Яценка [2], вважаючи взаємодію  $\hat{H}_1$  малою ( $\hat{H}_1 \sim \lambda$ ,  $\lambda \ll 1$ ). Її нерівноважний статистичний оператор (СО)  $\rho(\eta(t))$  залежить від часу тільки через часову залежність ПСО  $\eta_a(t)$ . Оператор  $\rho(\eta)$  в цьому виразі з урахуванням формул (3) з точністю до першого порядку теорії збурень включно має вигляд

$$\rho(\eta) = \rho_q + \int_{-\infty}^0 d\tau \frac{i}{\hbar} [\rho_q, \hat{H}_1(\tau)] + O(\lambda^2) \quad \hat{H}_1(\tau) \equiv e^{\frac{i}{\hbar}\tau\hat{H}_0} \hat{H}_1 e^{-\frac{i}{\hbar}\tau\hat{H}_0}, \quad (4)$$

де квазірівноважний СО  $\rho_q$  має вигляд  $\rho_q = e^{-\sum_a Z_a \hat{\eta}_a} \equiv \rho_{qF} \rho_{qM}$ ,  $\rho_{qF} = e^{-\sum_k Z_k \hat{n}_k}$ ,  $\rho_{qM} \equiv e^{-\Omega_M - Z_1 \hat{\eta}_1 - Z_2 \hat{\eta}_2}$ . Функції  $\Omega_F(Z_k)$ ,  $\Omega_M(Z_1, Z_2)$ ,  $Z_k(n_k)$ ,  $Z_1(\eta_1, \eta_2)$ ,  $Z_2(\eta_1, \eta_2)$  в цих формулах визначаються формулами

$$\text{Sp} \rho_{qF} = 1, \quad \text{Sp} \rho_{qM} = 1, \quad \text{Sp} \rho_{qF} \hat{n}_k = n_k, \quad \text{Sp} \rho_{qM} \hat{n}_1 = \eta_1, \quad \text{Sp} \rho_{qM} \hat{n}_1 = \eta_1 \quad (5)$$

Часова залежність ПСО  $\eta_a(t)$ , які описують стан системи, визначається рівнянням  $\partial_t \eta_a(t) = L_a(\eta(t))$ , де функція  $L_a(\eta)$  виражається через оператор (4).

Реалізація описаної програми вимагає розрахунку середніх із квазірівноважним СО  $\rho_q$ . Розрахунок слідів із фотонним СО  $\rho_{qF}$  проводиться за відомими правилами Віка (див, зокрема, [2]). Метод розрахунку слідів із СО  $\rho_{qM}$ , який містить в експоненті квадратичну форму від спінових операторів, відсутній [3]. У той же час розроблена діаграмна техніка розрахунку середніх із СО  $\rho_{qM}^0 = e^{\Omega_M^0 - Z^0 \hat{n}_1}$  ( $\text{Sp} \rho_{qM}^0 \equiv 1$ ,  $\text{Sp} \rho_{qM}^0 \hat{n}_1 \equiv \eta_1$ ) (див. [3]).

Нами узагальнено метод Пелетмінського–Яценка таким чином, що стало можливим у нашій задачі дослідити випадок малих кореляцій, які описуються ПСО  $\eta_2$ . Мала кореляція визначається формулою  $\delta\eta_2 = \eta_2 - \text{Sp} \rho_{qM}^0 \hat{n}_2$  ( $\delta\eta_2 \sim \mu$ ,  $\mu \ll 1$ ), тобто малим вважається відхилення кореляційної функції  $\eta_2$  від її значення в нерівноважному стані, що описується тільки параметром  $\eta_1$ . Встановлено, що квазірівноважний СО  $\rho_{qM}$  у теорії збурень за малим параметром  $\mu$  виражається через СО  $\rho_{qM}^0$  формулою  $\rho_{qM} = \rho_{qM}^0 + \Delta\rho$ ,  $\Delta\rho \equiv \rho_{qM}^0 (e^{F - A\hat{n}_1 - B\hat{n}_2} - 1)$ , де величини  $F, A, B$  задовольняють рівняння  $\text{Sp} \hat{n}_1 \Delta\rho = 0$ ,  $\text{Sp} \hat{n}_2 \Delta\rho = \delta\eta_2$ ,  $\text{Sp} \Delta\rho = 0$ , які розв'язуються в теорії збурень за степенями  $\delta\eta_2$ , починаючи зі внесків першого порядку. Отже, нами розроблена теорія нерівноважних станів моделі Дікке з урахуванням малих кореляцій величини з оператором  $\hat{n}_2 = \hat{s}^+ \hat{s}^-$ .

- [1] Lyagushyn S.F., Sokolovsky A.I. Superradiation and condensed matter: reduced description method. III International Advanced Study Conference “Condensed Matter and Low Temperature Physics” (5–11 June 2023, Kharkiv, Ukraine). Book of Abstracts. P. 195.  
[2] Ахиезер А.И., Пелетминский С.В. Методы статистической физики. Москва: Наука. (1977). 368 с.  
[3] Изюмов Ю.А., Кассан-оглы Ф.А., Скрыбин Ю.Н. Полевые методы в теории ферромагнетизма. М.: Наука. (1974). 225 с.

## DYNAMICS OF THE DICKE MODEL TAKING INTO ACCOUNT SMALL CORRELATIONS

**S. Lyagushyn, A. Sokolovsky**

*Oles Honchar Dnipro National University  
lyagush.new@gmail.com*

The Peletminskii–Yatsenko model is generalized to the case of the presence of small parameters of the reduced description of nonequilibrium processes. For this, a new approach to calculating averages with the quasi-equilibrium statistical operator is developed. In this approach, the theory of superradiance in the Dicke model is elaborated with account for correlations of the emitters.



## ВПЛИВ ПОЛІМОРФІЗМУ PbO НА ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КРИСТАЛІВ PbMoO<sub>4</sub>

Т. Бочкова, М. Волнянський, А.Кривченко, М. Трубіцин

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

*anastasiyareisman17041997@gmail.com*

Молібдат свинцю (PbMoO<sub>4</sub>) широко використовується у техніці. На основі кристалів PbMoO<sub>4</sub> виготовляють різні акустооптичні прилади: модулятори, хвилеводи, мікроскопи, що сканують. Кристали, леговані рідкісними землями, використовують у квантовій електроніці для створення Раманівських лазерів. Сцинтиляційні властивості кристалів застосовують для створення криогенних детекторів у фізиці елементарних частинок. Всі ці застосування вимагають великогабаритних кристалів високої якості та радіаційної стійкості. Як правило, для отримання великих кристалів використовують метод витягування з розплаву на затравку (метод Чохральського). Шихту для вирощування кристалів готують методом твердофазного синтезу. Велике значення мають чистота вихідних реактивів, температурний режим та час синтезу. Багато технологічних чинників впливають на якість одержуваних кристалів, їх фізичні властивості. Одним з таких чинників є поліморфізм PbO, тобто. здатність оксиду свинцю існувати у двох різних кристалічних модифікаціях ( $\alpha$  та  $\beta$ ), структуру яких наведено на рис.1.

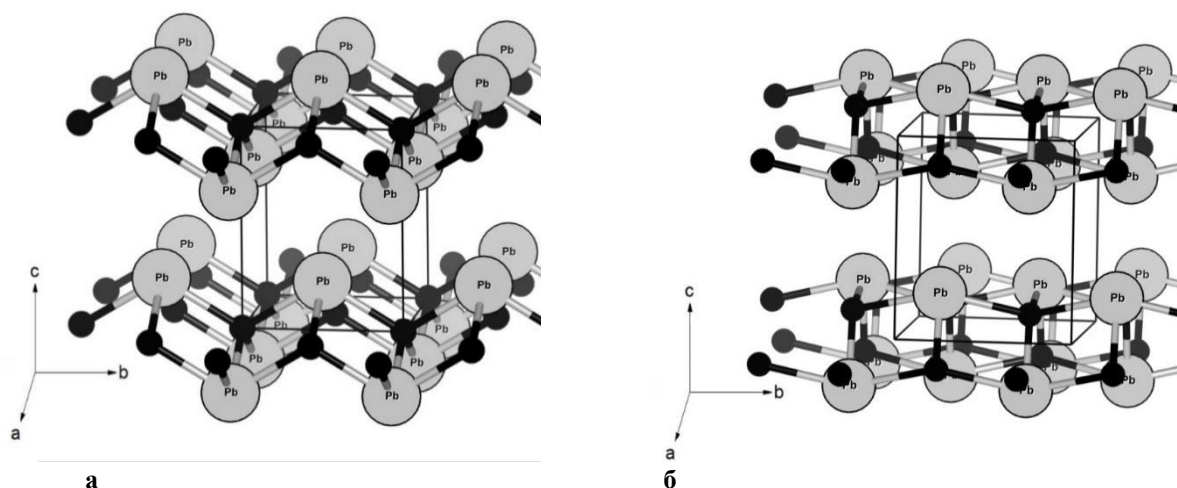


Рис.1. Структура кристалів PbO: а –  $\alpha$ - модифікація; б –  $\beta$ - модифікація.

Тетрагональна  $\alpha$ - PbO (червона, свинцевий гліт) має симетрію  $P4/nmm$ ,  $\beta$ - PbO (жовта, масикот) відноситься до орторомбічної кристалічної системи  $Pbma$  [1]. У обох модифікаціях атом свинцю сполучено з чотирма атомами кисню у формі піраміди, де атом Pb є вершиною цієї піраміди. В обох випадках ці піраміди утворюють шари в структурі цих модифікацій. Однак орієнтація цих пірамід всередині шарів відрізняється, і положення атомів O відносно атомів Pb також відрізняється.

Тетрагональна  $\alpha$ -PbO термодинамічно стабільна за нормальних умов, орторомбічна  $\beta$ -PbO є метастабільною за низьких температур. Температура фазового переходу складає 762 К.

Відомо, що  $\alpha$ - і  $\beta$ -модифікації PbO можуть переходити одна в іншу під впливом зовнішніх дій [2]. Як наслідок, вихідний реактив оксиду свинцю часто є сумішшю  $\alpha$ - і  $\beta$ -

модифікацій у будь-яких співвідношеннях. Як це впливає на властивості вирощених кристалів, по суті, невідомо. У науковій літературі, присвяченій технології вирощування кристалів  $\text{PbMoO}_4$ , це питання не висвітлювалося. Метою даної роботи є дослідження впливу поліморфізму  $\text{PbO}$  на електричні властивості кристалів  $\text{PbMoO}_4$ , зокрема на провідність на змінному струмі.

Для проведення експериментів професором ДНУ М. Волнянським були вирощені методом Чохральського із шихти зі стехіометричним співвідношенням  $\text{PbO}$  та  $\text{MoO}_3$  кристали  $\text{PbMoO}_4$  двох типів (А та Б). У першому випадку використовувалася  $\alpha$ -модифікація  $\text{PbO}$  (кристали А), у другому –  $\beta$ -модифікація  $\text{PbO}$  (кристали Б). Відразу після вирощування кристали мали однаковий світло-жовтий колір. Через деякий час під впливом звичайного денного світла кристали А сильно потемнішали. Повернути початкове забарвлення можна було нагріванням до 700 К, тобто. у кристалах А спостерігався значний фотохромний ефект, тоді як кристали Б зберігали початковий колір.

На зразках кристалів А та Б з нанесеними платиновими електродами були проведені вимірювання провідності на змінному струмі, використовуючи Keysight E4980AL LCR Meter на різних частотах ( $f=0,1\text{--}350$  kHz) у температурному інтервалі 300–900 К.

До основних результатів можна віднести наступні: механізм провідності в обох типах кристалів носить однаковий характер, спостерігається значне зростання провідності кристалів А у порівнянні з кристалами Б у всьому дослідженому температурному діапазоні, а також різке зростання аномалії, що з'являється на кривих температурної залежності провідності під дією УФ світла на кристали. Отримані дані обговорюються в рамках моделі стрибкового переносу заряду. Оскільки результати аналогічні даним, отриманим для кристалів  $\text{PbMoO}_4$ , вирощених з шихти з використанням  $\beta$ -модифікації  $\text{PbO}$ , але з надмірною кількістю  $\text{MoO}_3$ , можна припустити, що й у випадку з використанням  $\alpha$ -модифікації  $\text{PbO}$  ключову роль в утворенні структурних дефектів у кристалах  $\text{PbMoO}_4$  відіграють вакансії іонів свинцю.

[1] Wyckoff, R.W.G..Crystal Structures – Volume 1. *Interscience Publishers, New York*, 85–237. – 1963.

[2] Munson, M.J., Riman, R.E. Observed phase transformations of oxalate-derived lead monoxide powder. *Journal of Thermal Analysis* **37**, 2555–2566. – 1991.

## **PbO POLYMORPHISM IMPACT ON THE ELECTRICAL PROPERTIES OF $\text{PbMoO}_4$**

**T. Bochkova, M. Volnianskii, A. Krivchenko, M. Trubitsyn**

*Oles Honchar Dnipro National University  
anastasiyareisman17041997@gmail.com*

The effect of  $\text{PbO}$  polymorphism on electrical properties of  $\text{PbMoO}_4$  crystals has been studied. The crystals were grown by Czochralski method. The charge was prepared from  $\text{MoO}_3$  and  $\text{PbO}$  of  $\alpha$  - or  $\beta$  – structural modifications in a stoichiometric ratio. A significant increase in AC conductivity of crystals grown from the charge using the  $\alpha$  - modification of  $\text{PbO}$  in temperature range 300–900 K and a sharp increase in the magnitude of the photoinduced anomaly on the temperature dependence of conductivity were found. The results are discussed within the framework of the model of charge hopping transfer.

**CONDUCTIVITY OF  $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}:\text{Me}^{3+}$  SINGLE CRYSTALS****R. Safenkov, M. Trubitsyn***Oles Honchar Dnipro National University**djamonss@gmail.com*

Lithium heptagermanate ( $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$ ) is one of the promising materials for devices of solid-state ionics. Recently, it has been shown that variation of chemical composition, nanometer size structuring and doping with aliovalent impurities represent effective ways to increase ionic conduction in  $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$  [1-3]. In this work we report the data on studying ionic conductivity in  $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$  single crystals doped with trivalent metal ions  $\text{Me}^{3+}$  ( $\text{Me}^{3+}=\text{Cr, Al, Gd, Eu}$ ). The single crystals studied were grown by Czochralskii method, the dopants Cr (0.1 % wt), Al (0.15 % wt), Gd (0.03 % wt), Eu (0.05 % wt) were added to the initial mixture of reagents before the synthesis of the charge for the crystal growth. The samples were prepared as the plane parallel plates with dimensions of about  $5\times 5\text{mm}^2$  and widths near 1 mm. Pt electrodes were sputtered on the sample's main planes in an Ar atmosphere. Electrical conductivity was measured in AC field by using AC bridge E7-10 and LCR-Meter Keysight E4980AL.

Study of conductivity in  $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$  single crystals revealed that above  $\sim 500$  K  $\sigma$  became strongly anisotropic. Along [100] crystallographic direction  $\sigma$  was more than in one order of magnitude higher than conductivity along [001] and in two orders of magnitude higher as compared with  $\sigma$  measured along [010]. Study of conductivity in doped crystals  $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}:\text{Me}^{3+}$  shown that small amounts of the used dopants strongly changed the typical values and anisotropy character of conductivity. Doping with chromium and aluminum notably increased conductivity and vice versa, introducing Gd and Eu impurities significantly decreased  $\sigma$ . Representing the experimental data in Arrhenius coordinates  $\sigma(1/T)$  made it possible to calculate the activation energy  $U_a$  and attempting frequency  $\tau^{-1}$  of the charge transfer in the studied crystals. For pure and doped crystals  $U_a$  was in the range (0.94 – 1.27) eV.

The obtained results are explained by considering the crystal structure, the impurity centers charge state and location in the lattice. It was shown that the doping effects were determined by the nature of the charge compensating defects. If the doping was accompanied by appearance of charge compensating lithium interstitials  $A_{\text{Li}}$ , conductivity of the single crystals increased (Cr and Al dopants). When the charge imbalance introduced by impurity (Gd, Eu) was compensated by lithium vacancies  $V_{\text{Li}}$ , doping significantly decreased  $\sigma$ . The obtained data testify that charge transfer in  $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$  crystal is determined by mobile lithium interstitials moving through the structural channels.

- [1] Nesterov A.A., Trubitsyn M.P. Thermal and electrical properties of glass-ceramics based on lithium heptagermanate. *Physics of the Solid State*. Vol. 54. No. 5. (2012). P. 945–946.
- [2] Nesterov O.O., Trubitsyn M.P., Nedilko S.G., Volnianskii M.D., Plyaka S.M., Rybak Y.O. Ionic conductivity in multiphase  $\text{Li}_2\text{O}-7\text{GeO}_2$  compounds. *Acta Physica Polonica A*. Vol. 133. No. 4. (2018). P. 892-896.
- [3] Trubitsyn M., Koptiev M., Volnianskii M. Ionic Conductivity in Single Crystals, Amorphous and Nanocrystalline  $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$  Doped with Cr, Mn, Cu, Al, Gd. Chapter in Springer book: *Nanomaterials and Nanocomposites, Nanostructure Surfaces, and Their Applications*. Springer Proceedings in Physics. Vol. 279. (2023). P. 585–598.

**МОДЕЛЮВАННЯ ПОТЕНЦІАЛІВ ЗАТВОРІВ З  
ФРАКТАЛЬНО КОНФІГУРОВАНИМИ ДОМІШКАМИ У  
ГРАФЕНОВОМУ ТРАНЗИСТОРІ****В. Онуфрієнко, І. Килимник, Т. Слюсарова**Національний університет «Запорізька політехніка»  
onvm@i.ua

Для моделювання топологічного профілю розподілу домішок фрактально конфігурованого графенового транзистора [1] необхідним етапом є вимірювання геометричної протяжності досліджуваної множини (шару), що зображається точками, відрізками, плоскими та об'ємними компактами. Вводимо у розгляд покриття фрактального шару прямолінійними ланками  $l_{i(k)}$  ( $i$  – номер ланки у  $k$  – му поколінні покриття), при цьому довжина ланок  $(k+1)$  – го покриття менше довжини ланок  $(k)$  – го покриття:  $l_{i(k+1)} < l_{i(k)}$ . Кількість  $N$  ланок  $l_{i(k+1)} < l_{i(k)}$  покриття, що вкладаються на  $l_{i(k)}$

є деякою функцією їх відношення:  $N_{l_{i(k+1)}l_{i(k)}} = f(l_{i(k)}/l_{i(k+1)})$ . Сумою  $\gamma(\alpha) \left( \sum_{i=1}^{\infty} l_i \right)^\alpha$  апроксимується протяжність фрактальної множини, що виділена для моделювання топології. У загальному випадку можна передбачити побудову покриття діаметра  $L$  фрактально конфігурованої множини з кінцевої точки  $L_{(l_i)}$ .

Теорія фрактального шару [2] на межі розділу двох середовищ базується на визначенні дробового диференціала  $d^\alpha x = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \frac{dx}{(t-x)^{1-\alpha}}$ , його зв'язку з дробовою похідною  $d^\alpha L(x) = {}_a D_x^\alpha L(x) d_x^\alpha$ , де дробова похідна  ${}_a D_x^\alpha L(x)$  використана у формі Рімана-Ліувілля.

Розглянемо далі вплив фрактально конфігурованого зміщення атомних шарів на фрактальній топології двозатворного польового транзистора з управлінськими  $p-n$  переходами на величину потенціалів та обчислювану на їх основі крутизну характеристик.

У схемі  $n$  – канального польового транзистора з двома затворами [3] та керованим  $p-n$  переходом (позначимо: витік  $S$ , затвори  $G_1$  і  $G_2$ , стік  $D$ ) спрямуємо вісь  $OY$  вздовж, а вісь  $OX$  перпендикулярно  $n$  – каналу між  $G_1$  та  $G_2$  з фрактально конфігурованими домішками; вважаємо, що струм каналу тече в області  $x_{n1} < x < x_{n2}$ .

Значення потенціалів затвор – канал  $U^{(\gamma)}(y)$  визначаємо за методом моментів (порів. з [3])  $U^{(\gamma)}(y) = -\frac{q}{\epsilon_s} \int_{x_p}^{x_n} xN(x)d^\gamma x$ , де  $q$  – заряд електрона;  $\epsilon_s$  – діелектрична проникність напівпровідника;  $N(x) = N_D - N_A$  концентрація некомпенсованих донорів;  $U^{(\gamma)}(y)$  повний потенціал між затвором і каналом, причому у розглядуваному випадку  $U_{GS}^{(\gamma)} = u_{GS} + \psi$ , де  $\psi$  – контактна різниця потенціалів на  $p-n$  переході,  $d^\gamma x$  – диферінтеграл,  $\gamma$  – скейлінговий показник розподілу домішок у затворі. У транзисторах, що виготовлені методом подвійної дифузії, виявляються різні характеристики

управління по кожному із затворів. У зв'язку з цим будемо розглядати модель з різними скейлінговими показниками в розподілах домішок на першому і другому затворах.

Для переходу затвор1-канал та канал-затвор2 записуємо потенціали:

$$U_1^{(\alpha)}(y) = \frac{-qN_n}{\varepsilon_s} A(\alpha) x_{n1}^{\alpha+2}, \quad A(\alpha) = \frac{2}{\Gamma(\alpha + 3)}, \quad (1)$$

$$U_2^{(\beta)}(y) = \frac{-qN_n}{\varepsilon_s} \left[ A(\beta) \left[ (2a)^{\beta+2} + x_{n2}^{\beta+2} \right] - B(\beta) x_{n2}^{\beta+1} \right], \quad B(\beta) = \frac{1}{\Gamma(\beta + 2)}. \quad (2)$$

Рівняннями (1)-(2) визначаються координати границі областей просторового заряду біля витоку і стоку через прикладені напруги та бар'єрні потенціали, а також крутизни  $\alpha$  – характеристик по затворах польового транзистора. Розрахунками виявлено, що навіть у випадку, коли класичним підходом проявляється лінійність крутизни затворів, наявність фрактального розподілу при значеннях скейлінгу  $\alpha$  і  $\beta$  від 0 до 1 призводить до суттєвої нелінійності крутизни у широкому діапазоні зміни відносних параметрів потенціалів. Для випадку  $\alpha = \beta = 1$  формули (2)-(3) дають результати для крутизни характеристик, що збігаються з випадком класичних суцільних розподілів домішок на затворах [3].

- [1] Онуфрієнко В.М. Потенціали фрактальних зарядів і струмів у штучному середовищі. *Радіоелектроніка. Інформатика. Управління.* (2004). №1(1). С. 18–21.
- [2] Onufrienko V.M., Slyusarova T.I., Onufriyenko L.M. Modeling characteristics of field-effect fractal nanotransistor. 15<sup>th</sup> Intern. Conf. on advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering Proceedings (February 25-29,2020). Lviv-Slavske. P.586-589.
- [3] Cobbold R. Theory and applications of field-effect transistors. Wiley-interscience.1970.

## SIMULATION OF GATE POTENTIALS WITH FRACTALLY CONFIGURED IMPURITIES IN GRAPHENE TRANSISTORS

**V. Onufrienko, I. Kylymnyk, T. Slyusarova**

*National University "Zaporizhzhia Polytechnic"*

*onvm@i.ua*

The influence of the fractally configured displacement of atomic layers on the fractal topology of the two-gate field-effect transistor on the value of the potentials and the steepness of the characteristics calculated on their basis is considered. The theory of the fractal layer at the interface of two media and the fractional differential are used to analyze the circuit of the channel field-effect transistor with two gates and a controlled transition.

To calculate the control characteristics for each of the gates, a model with different scalings of the impurity distributions in the first and second gates is described. It was found that the presence of a fractal distribution of impurities with different scaling values leads to a significant nonlinearity of the slope in a wide range of changes in the relative potential parameters.

For the case of limiting values of scaling, the results of calculating the steepness of the characteristics coincide with the case of classical continuous distributions of impurities on gates.

## СИНТЕЗ ТА ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАМАЛИХ КВАНТОВИХ ТОЧОК

Д. Корбутяк, О. Косінов, Б. Кульчицький

*Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України  
dmytro.korbutyak@gmail.com*

В останні роки зростає зацікавленість до ультрамалих квантових точок (КТ) розміром порядку 2 нм. Ця підмножина КТ включає кластери магічного розміру (MSC), які зазвичай менше 2 нм у діаметрі та мають дискретні розміри, які відповідають чітко визначеному числу атомів. Їх електронна структура знаходиться на межі між молекулами і КТ, вони мають унікальні властивості, чіткі спектри поглинання, їх люмінесценція повністю визначається станом поверхні. Області застосування та переваги MSC включають світлодіоди білого світла, біологічні маркери, їх так само використовують як вихідні матеріали для створення більш складних наноструктур.

Для створення ефективно люмінесцентних КТ розроблено метод високо-температурного органічного синтезу з металоорганічними прекурсорами TOP/TOPО (три-октилфосфін/тріоктилфосфіноксид) [1]. Використовуючи цей підхід, були синтезовані монодисперсні квантові точки CdS, CdSe і CdTe, що демонструють екситону емісію.

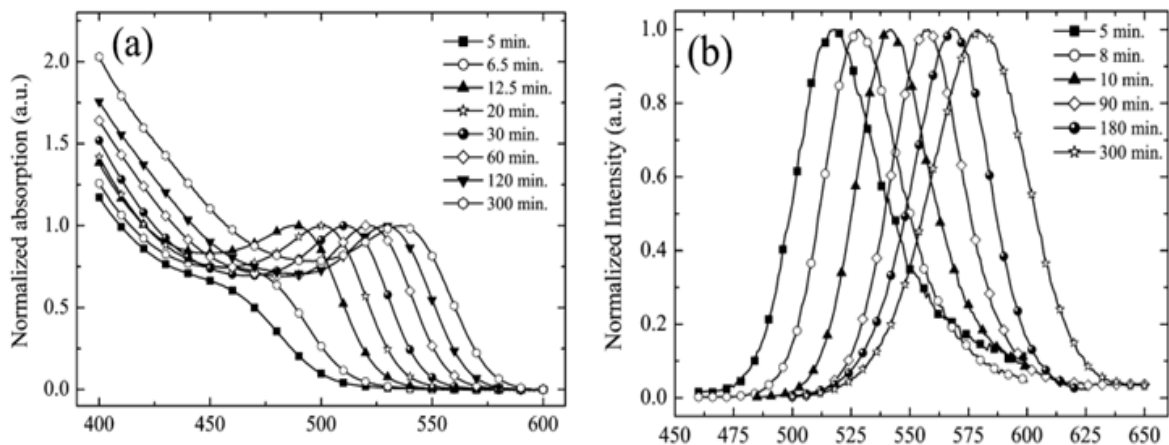


Рис. 1 (а) Спектри поглинання (нормовані на перший максимум поглинання, крім 5 і 6,5 хв), (б) спектри випромінювання (нормовані до максимуму випромінювання,  $\lambda_{ex} = 400$  нм)

У роботі [2] було запропоновано сонохімічний синтез надмалих та магічних КТ CdSe. Цей підхід забезпечує ефективний, прискорений та контрольований шлях до синтезу складних наноматеріалів.

В медицині наночастинки використовуються як для діагностики, так і у якості лікувальних засобів. Привабливість застосування напівпровідникових КТ пояснюється наявністю у них унікальних оптоелектронних властивостей, а саме: регульований за розміром вузький спектр випромінювання, високі квантові виходи, збудження у широкому діапазоні та висока фотостабільність. КТ розробляються для різних біологічно орієнтованих додатків, у тому числі імуноаналізів, біомедичної візуалізації, лікарської та фотодинамічної терапії. Однак для біологічних додатків поверхня КТ повинна бути пасивована іншими матеріалами, які дозволяють диспергувати та запобігати витоку токсичних важких металів.

Важливу роль у біомедицині відіграє вивчення високолюмінесцентних біологічних зондів на основі наночастинок у ближній інфрачервоній зоні (NIR) через мінімізацію автофлуоресценції біологічного фону та підвищеного проникнення збуджуючого і випромінюваного світла через тканини в діапазоні довжин хвиль NIR (650–900 нм).

У роботі [3] авторам вдалося синтезувати у водному розчині високофлуоресцентні та надмалі КТ (CdTe/CdS ядро/оболонка) з регульованим випромінюванням у ближній інфра-червоній ділянці. Такий підхід дозволив уникнути використання прекурсорів, які зазвичай використовуються у водних розчинах, що дозволило провести синтез безпосередньо у нормальних умовах. Подальші дослідження *in vivo*, враховуючи гостру токсичність, гістологічний аналіз та активну здатність зондів КТ націлюватися на пухлини, показали, що ці КТ-зонди дозволили отримати високочутливу візуалізацію пухлинних ділянок у живих тварин.

Створення сонячних батарей є однією з перспективних галузей застосування колоїдних квантових точок. Квантові точки можуть чудово виступати в ролі фотосенсибілізатора, оскільки дозволяють керувати положенням смуги поглинання. Іншими важливими перевагами є високий коефіцієнт екстинкції та стабільність. Контроль розміру КТ при їх синтезі дозволяє з високою точністю змінювати їх електронні та оптичні властивості. Крім того, оскільки КТ синтезовані з розчину, плівки, що складаються з подібних частинок, можуть легко наноситися на всілякі гнучкі або жорсткі підкладки.

Як кандидат на недорогу фотогальваніку популярні наночастки халькогенідів свинцю. Ці КТ мають надзвичайно великий борівський радіус об'ємного екситону (46 нм для PbSe і 20 нм для PbS), що створює сильне квантове обмеження в колоїдних нанокристалах і дозволяє налаштувати їх ширину забороненої зони і край поглинання у всьому видимому спектрі.

- [1] Murray C.B., Norris D.B. and Bawendi M.G. Synthesis and characterization of nearly monodisperse CdE (E = sulfur, selenium, tellurium) semiconductor nanocrystallites. *J. Am. Chem. Soc.* Vol. 115. (1993). P. 8706–8715.
- [2] Kastilani R. et al. On-Demand Sonochemical Synthesis of Ultrasmall and Magic-Size CdSe Quantum Dots in Single-Phase and Emulsion Systems. *Langmuir.* Vol. 35. (2019). P. 16583–16592.
- [3] Chen L.-N. et al. Aqueous one-pot synthesis of bright and ultrasmall CdTe/CdS near-infrared-emitting quantum dots and their application for tumor targeting *in vivo*. *Chem. Commun.* Vol. 48. (2012). 48. P. 4971-4973.

## SYNTHESIS AND PRACTICAL USE OF ULTRA-SMALL QUANTUM DOTS

**D. Korbutyak, O. Kosinov, B. Kulchytsky**

*V.E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine  
dmytro.korbutyak@gmail.com*

In recent years there has been a growing interest in ultrasmall quantum dots (QDs), on the order of 2 nm in size. This subset of colloidal nanocrystals includes clusters of magic sizes which correspond to a certain, well-defined number of atoms. Ultrasmall QDs exhibit unique properties, such as sharp light absorption and almost complete surface luminescence, while

exhibiting a nearly spherical shape. They show great potential for a wide range of uses, including dye-sensitized solar cells, white light LEDs, and biomedical sensing, thanks to their controllable electronic structure and significant surface area.

Ultrasmall quantum dots have a higher absorption efficiency than traditional materials due to their large surface-to-volume ratio. Therefore, they can convert a greater percentage of incident light into electricity in cells. Ultrasmall quantum dots are utilised in medicine due to their distinct characteristics. They possess numerous benefits over conventional imaging and sensing equipment, including increased brightness, extended fluorescence lifetimes, and adjustable emission spectra. Modern techniques for synthesising ultrasmall quantum dots include high-temperature organic synthesis, hot injection, and sonochemical synthesis of QDs with magical sizes.

Current research aims to enhance the stability and biocompatibility of quantum dots, whilst devising novel methods for their integration into diverse biomedical applications.

## **ПОБУДОВА КАЛІБРУВАЛЬНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ РЕЗОНАТОРНОГО СЕНСОРУ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ ЧИСЕЛЬНИМИ МЕТОДАМИ**

**С. Бухаров, Б. Шестаков**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
sergeyvbuharov@gmail.com*

У багатьох галузях контроль параметрів матеріалів є важливим завданням. Існує велика кількість непрямих методів вимірювань, що пов'язують параметри якості матеріалу та вимірювану фізичну величину. Більшість рідин можна розглядати як діелектрик з втратами. Для дослідження параметрів діелектриків можуть бути використані хвилеводні, резонаторні, антенні методи вимірювань [1]. Резонаторні методи повного заповнення є одними з найточніших, але при наявності значних втрат резонанс стає невизначеним, що призводить до необхідності методів часткового заповнення резонатора.

Побудова калібрувальної залежності, що пов'язує діелектричну проникність заповнення та резонансну частоту найчастіше всього відбувається з використанням чисельних методів розв'язання електродинамічних задач.

На рис.1,а показано перетин циліндричного резонатора, що заповнений фторопластом, на осі якого зроблена циліндрична порожнина, що заповнюється досліджуваною рідиною. Використовується найнижча мода  $H_{111}$ , яка збуджується штирем, що живиться коаксіальним кабелем. Типова резонансна крива коефіцієнту передавання від першого штиря до другого показана на рис.1,б.

Для моделювання задачі було використано середовище FEKO, в якому реалізовано метод моментів (MoM). Визначення резонансної частоти пустого та повністю заповненого діелектриком резонатора має добру збіжність з теорією та практичними вимірюваннями еталонних рідин. Були використані наступні параметри:



розміри резонатора  $R1 = 25$  мм,  $L1 = 80$  мм, повне заповнення – фторопласт з  $\epsilon_{ps1} = 2.1$ , розміри порожнини  $L2 = 40$  мм  $R2 = 5$  мм.

В результаті моделювання отримані дані, що представлені у таблиці 1.

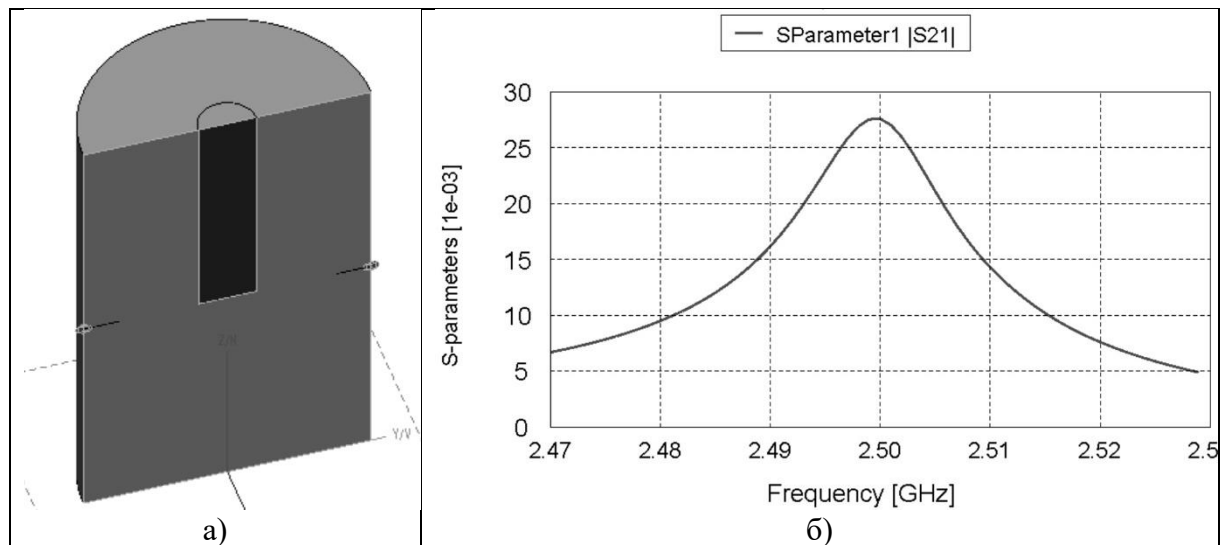


Рис.1 Резонаторний сенсор діелектричної проникності на базі циліндричного резонатора:  
а) будова сенсору; б) коефіцієнт передачі між портами

Таблиця 1 Резонансні частоти при різних рівнях заповнення та діелектричних проникностях досліджуваних рідин.

$\epsilon_1$	$f_1(L2 = 30 \text{ мм}), \text{ МГц}$	$f_1(L2 = 40 \text{ мм}), \text{ МГц}$
1	2768	2784
10	2708	2677
20	2690	2652
30	2680	2638
40	2670	2627
50	2657	2612
60	2635	2592
70	2594	2558
80	2524	2499

Слід зазначити, що моделювання частотної залежності коефіцієнта передачі здійснюється на певних дискретних точках частоти. Більшість сучасних засобів вимірювання типу VNA також здійснюють вимірювання на певній сітці частот. Таким чином для визначення точного положення резонансу необхідно використовувати інтерполяційні поліноми або інші моделі резонансної кривої.

Із аналізу результатів отриманої в результаті чисельного моделювання можна визначити чутливість вимірювань, вплив похибок вимірювання частоти, вимоги до смуги генератору, перехідне послаблення сигналу, кількість точок вимірювань, перевірити збіжність з теоретичними моделями.

- [1] Bukharov S.V., Filins'kyu L.A. Using of printed antennas to evaluate the permittivity of materials. 2017 11th International Conference on Antenna Theory and Techniques, ICATT 2017, (2017), pp 239–241, 7972631.

## CONSTRUCTION OF THE CALIBRATION DEPENDENCE OF THE RESONATOR SENSOR OF DIELECTRIC PERMITTIVITY USING NUMERICAL METHODS

**S. Bukharov, B. Shestakov**

*Oles Honchar Dnipro National University  
sergeyvbukharov@gmail.com*

The use of the method of moments to construct a theoretical calibration dependence for a resonator sensor of dielectric permeability is considered. A cylindrical resonator partially filled with a dielectric is used as a sensor. An example of the construction of the dependence for the dielectric permittivity of samples from 1 to 80 is shown.

## SEMICLASSICAL APPROACH TO LOGARITHMIC PERTURBATION THEORY

**A. Turinov<sup>1</sup>, M. Chyzhuk<sup>2</sup>**

*Oles Honchar Dnipro National University  
<sup>1</sup>andrii.turinov@gmail.com, <sup>2</sup>dyadya027@gmail.com*

Logarithmic perturbation theory is a technique of approximate calculation in theoretical and mathematical physics [1-2]. This theory is based on a method for solving quantum-mechanical problems, which involves substituting the wave functions by their logarithmic derivatives and going from the stationary Schrödinger equation to the nonlinear Riccati equation [3]. In this connection, there is no need to know the spectrum for an unperturbed problem, but the recurrent formulas have a convenient form only for the ground states.

Semiclassical treatment of logarithmic perturbation theory reduces the linear Schrödinger equation to the nonlinear Riccati equation. But in contrast to the logarithmic perturbation theory, solving the obtained Riccati equation is based on expanding energies and functions  $F(x) = \hbar \frac{\Psi'(x)}{\Psi(x)}$  in powers of  $\hbar$ , hereafter  $\Psi(x)$  are wave functions. While using this method, the difficulties of standard approach are eliminated, and obtained recurrent relations have a simple form both for the ground and perturbed states and provide, in principle, the calculation of perturbative corrections of arbitrary orders not only analytically, but also numerically.

Considering the convenient recurrent algorithm development for study of bound states of quantum mechanical equations, we studied the possibility of constructing a modified semiclassical perturbation theory with the choice of a wave function in the same form as in the standard logarithmic perturbation theory. Within the framework of the modified logarithmic perturbation theory, a new approach to the construction of recurrent relations was developed. Based on  $\hbar$ -expansions, we obtained new convenient relations for solving the problem of the bound state for an anharmonic oscillator in terms of the one-dimensional Schrödinger equation.

The developed procedure completely eliminates the limitations of the standard approach. The formulas take the same simple form both for the ground and perturbed states and provide, in principle, the computation of arbitrary order perturbation corrections in analytical, as well as in numerical form.

- [1] Imbo T., Sukhatme U. Logarithmic perturbation expansions in nonrelativistic quantum mechanics/ American Journal of Physics. Vol. 52. (1984). P. 140–146.
- [2] Royer A. Cumulant expansions for thermal density matrices and ground state logarithmic perturbation series. J. Math. Phys. Vol. 26. (1985). P. 1253–1260.
- [3] Rogers G.W. Riccati equations and perturbation expansions in quantum mechanics. J. Math. Phys. Vol. 26. (1985). P. 567–575.

## INTERBAND AND INTRABAND ELECTROMAGNETIC WAVES ABSORPTION OF NON-CONCENTRIC SPHERICAL CORE-SHELL QUANTUM DOTS

**R. Leshko, O. Leshko**

*Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University*  
*leshkoroman@dspu.edu.ua*

A significant number of modern nanotechnologies are based on the use of quantum dots (QDs). Thanks to their unique properties, they have permeated virtually every field of electronics and optoelectronics. These have been used to construct sources of radiation and electromagnetic wave detection, including white light sources. However, a common practical issue associated with quantum dots is blinking. This problem is being addressed by using core-shell quantum dots.

Most of the technologies that enable the production of such quantum dots are colloidal in nature. That's why QDs typically have a spherical shape, as most of the technologies for producing them are colloidal. However, it is challenging to create perfect conditions for obtaining core-shell quantum dots that are strictly concentric. Non-concentricity is inevitable. On the other hand, due to ion exchange, there may be ion transitions from one part of the material to another, which, in turn, can also lead to disruptions in concentricity.

Considering this, we have proposed a theory [1] for non-concentric spherical core-shell quantum dots within the framework of rectangular potential wells and barriers and the effective mass method. The calculations conducted allowed us to determine the dependence of electron energy on the displacement of the core from the common center. Relationships between electron energy and other geometric dimensions of core-shell quantum dots were also established.

By conducting analogous calculations for hole states, we were able to analyze the interband light absorption coefficient and demonstrate its clear dependence on the degree of non-concentricity. In particular, it is shown that in certain cases, the absorption peak can shift by 0.1-0.5 eV depending on the size and materials of the nanosystem.

In addition to interband transitions, intraband transitions have been calculated, which fall within the terahertz frequency range. Here, the absorption coefficient of electromagnetic

waves induced by the transition from the ground state to the first excited state is also determined. It is shown that absorption also depends on the non-concentricity parameter. Absorption bands in this case can shift to higher-energy regions. In particular, due to the splitting of energy levels caused by the violation of spherical symmetry, linearly polarized and circularly polarized electromagnetic waves are absorbed at different frequencies.

Averaging over possible non-concentricity deviations following a Gaussian and Lifshitz-Slezov distribution allowed us to determine the dependence of the absorption band width, which varies with the non-concentricity parameter.

- [1] R.Ya. Leshko, I.V. Bilynskyi, O.V. Leshko, M.A. Slusarenko. Electron energy spectrum of the non-concentric spherical core-shell quantum dot. *Micro and Nanostructures*. Vol. 181. (2023). P. 207615.

## PROPAGATION OF ELECTRON GAUSSIAN PULSES IN MAGNETIC FIELD

**V. Skalozub, A. Veres**

*Oles Honchar Dnipro National Univesity*  
*skalozub@ffeks.dnu.edu.ua*

Interesting phenomenon for pulse propagation through a quantum system is the Hartman effect [1] consisting in exceeding the speed of light velocity in transition. It is discussed for many years from different points of view (see, for instance, [2] and references therein). In [3] a simple analytic expression for the transition of the Gaussian pulse through a resonant quantum system has been obtained. It is possible to present any kind of pulses in terms of the Gaussian amplitudes and in this way solve the problem in a completely analytic form. In fact, the only restriction is the quasi-one-dimensionality of the problem.

One of one-dimensional motions is motion of a charged particle (in particular, electron) in a constant magnetic field. The particle moves freely along the field direction whereas the perpendicular motions are the well-known Landau levels  $n = 0, 1, 2, \dots$ . For an electron, the spectrum is  $(p_n)^2 = m^2 + p_3^2 + (2n + 1)eH \pm \mu eH$ , where  $p_3$  is momentum along the field  $H = H_3$ ,  $\mu = \pm 1$  is spin variable. So, it is possible to form a Gaussian pulse from the plane waves  $e^{ip_3 z}$  entering the electron wave function:  $\psi(x_0, x, y, z) = C(H)e^{ip_3 z}$ . Here the factor  $C(H)$  includes other information about the total wave function. This representation is the same for non-relativistic and relativistic particles. So both cases could be investigated as well. To describe the pulse transmission, the quantum system in the momentum space was presented in the scattering matrix form

$$S(p) = \sum_{i=1}^N S_0^i \frac{i\Gamma_i}{p - p_i + i\Gamma_i} + S_b^2, \quad (1)$$

where  $S_0^i$  and  $S_b$  are some number describing resonance levels and background of quantum system, correspondingly, and  $\Gamma_i$  are the width of the resonance levels. These parameters could be calculated by solving a Lippman-Schwinger equation.

The transmitted amplitude was calculated by using a saddle point asymptotic method in an analytic form. So that time delay for a number of quantum systems has been estimated. The most simple system is a potential barrier with one resonance level. The cases of different initial electron state pulses with  $n = 0, 1, 2$  have been considered and the dependence on the background parameter  $S_b$  investigated. Comparisons with other results and, in particular, the Hartman effect for these cases have also been done.

[1] T. E. Hartman, *J. App. Phys.* 33, 3427 (1962).

[2] H. G. Winful, *Phys. Rev. Lett.* 91 Numb. 26, 260401 (2003).

[3] U. Wulf, V. Skalozub and A. Zakharov, *Phys. Rev. B* 77, 045318 (2008).

## GENERATION OF PARAMETERS FOR 2HDM WITH FIXED MASS OF HIGGS BOSON

**P. Minaiev**

*Oles Honchar Dnipro National University*

*Minaevp9595@gmail.com*

The Standard Model is the modern theory of fundamental interactions. There are a number of open problems and some misunderstandings regarding modern experimental data from the LHC and other experiments. To explain the new results, some extensions to the model should be considered. One good extension is the Two Higgs Doublet Model, in which a new doublet of scalar particles is added.

The parameter space of the Two Higgs Doublet Model with  $m_h=125$  GeV (2HDM) is very rich [1]. The additional doublet of scalar fields introduces new phenomenology described in many papers. For numerical calculations, we should include theoretical conditions for the stability of the vacuum, experimental measurements for couplings, and more to determine the bounds for the masses of particles. We aim to supplement the known conditions with results from finite-temperature field theory for Electroweak Phase Transitions (EWPT) to establish new bounds for the parameter space. These theoretical restrictions can help reduce the parameter space in which the Sakharov conditions are satisfied and refine the region of allowed masses for new particles.

[1] Branco G.C., Ferreira P. M., Lavoura L., Rebelo M. N., Marc Sher, Joao P. Silva. Theory and phenomenology of two-Higgs-doublet models, *Physics Reports*. Vol. 516(1): (2012) p. 1–102

[2] Minaiev P., Skalozub V. The electroweak phase transition in a spontaneously magnetized plasma, *Ukr. Phys. J.*, Vol. 64, No 8, (2019) p. 706

## NONEQUILIBRIUM HEAT PROPAGATION IN HEAVY-ION PLASMA AT HIGH TEMPERATURE

**E. Reznikov**

*Oles Honchar Dnipro National University  
reznikovev1988@gmail.com*

Nonequilibrium heat propagation in heavy-ion plasma at high temperature is found in a wide range of phenomena, starting with the evolution of stars and ending with the process of inertial fusion.

When studying processes of high energy density in plasma, one should first of all take into account the radiation present in it and its interaction with the plasma [1]. To consider what happens in high temperature medium, the inverse cubic dependence of radiative thermal conductivity on temperature is important, which ensures the formation of significantly nonlinear heat waves in the environment [2].

The presence of multi-electron shells in heavy atoms further complicates the picture of the processes taking place. When we calculate propagation of heat in such a medium as a result we obtain the existence of the several (from two to five) temperature regions with distinct differences in the speed of heat waves.

The phenomena realized in heavy hot plasma allow not only describing the processes of the evolution of stars, but also having a practical application for the calculation of inertial fusion [3].

- [1] Kuznetsova, T. D. & Frank-Kamenskii, D. A. Radiative Thermal Conductivity of a Fully Ionized Plasma. *Soviet Astronomy*. Vol. 6. (1962) P. 191-197.
- [2] Drake, R.P. (2018). Properties of High-Energy-Density Plasmas. In: *High-Energy-Density Physics*. Graduate Texts in Physics. Springer, Cham. 2018 [https://doi.org/10.1007/978-3-319-67711-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-67711-8_3).
- [3] Atzeni, Stefano, and Jürgen Meyer-ter-Vehn, *The Physics of Inertial Fusion: Beam Plasma Interaction, Hydrodynamics, Hot Dense Matter*, International Series of Monographs on Physics (Oxford, 2004; online edn, Oxford Academic, 1 Jan. 2008), <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198562641.001.0001>.







Наукове видання

**Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і  
комп'ютерних систем (MEICS-2023)**

Тези доповідей  
на VIII Всеукраїнській науково-практичній конференції:  
22-24 листопада 2023 р., м. Дніпро

Українською та англійською мовами

Укладач О.В. Іванченко

Рекомендовано до друку на засіданні вченої ради  
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара  
21 вересня 2023 року протокол № 1

Підписано до друку 21.11.2023. Формат 60x90 1/8. Папір офсетний.  
Ум. друк. арк. 32,75. Наклад 40 прим. Зам. № 193

Видавництво та друкарня ПП «Ліра ЛТД»  
вул. Наукова, 5, м. Дніпро, 49107.  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до  
Державного реєстру видавців, виготовлювачів  
та розповсюджувачів видавничої продукції  
ДК № 6042 від 26.02.2018.

dnipro.lira@gmail.com | +38 (067) 561-57-05 | lira.dp.ua