

ВІДГУК

офіційного опонента про дисертаційну роботу

Смолякова Олександра Васильовича

«Формування аморфно-кристалічного та квазікристалічного станів у металевих сплавах при лазерних нагрівах»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – Фізика твердого тіла

Актуальність теми.

Робота Смолякова О.В. спрямована на розв'язання декілька важливих науково-практичних проблем, одна з них пов'язана з розробкою методів модифікації аморфних металевих сплавів із отриманням необхідних оптимізованих структурних та фізичних характеристик, друга проблема – це розробка нових способів створення зносостійких квазікристалічних покриттів, третя проблема спрямована на уніфікацію аналізу структури та дифракційних картин від квазікристалів. Вирішення перелічених проблем є важливим з погляду поглиблення фундаментальних фізичних уявлень щодо закономірностей структуроутворення та фазових перетворень у нерівноважних умовах. Сучасний підхід, запропонований дисертантом, продиктований як природним ходом розвитку фізики твердого тіла, фізики поверхні, так і потребами інженерної практики.

Дисертаційна робота присвячена вивченню процесів формування аморфно-кристалічного та квазікристалічного станів під впливом нагріву та охолодження в залежності від швидкості при імпульсній лазерній обробці аморфних сплавів або імпульсному лазерному легуванні. Це є актуальним завданням як фундаментальної науки, так і в плані розробки нових технологій. Здобувач ставив перед собою як мінімум дві мети: 1) встановлення фізичних зв'язків між кінетичними факторами термічного впливу та закономірностями формування дисперсних гетерофазних структур, включаючи аморфно-кристалічні та квазікристалічні структури, а також встановлення зв'язків між структурно-фазовим станом, який формується в нерівноважних умовах, та фізичними властивостями поверхневих шарів; 2) розробка нового підходу до опису структури квазікристалічних фаз на основі моделювання квазіперіодичних ґраток.

В роботі має місце тісне поєднання розв'язання чисто наукових задач із дійсно

прикладними проблемами фізики твердого тіла. Так, спираючись на отримані патенти, можна визнати, що результати роботи можуть бути використані для цілеспрямованого керування структурою та властивостями поверхневих шарів металевих матеріалів. Розроблений в дисертації метод моделювання оберненої ґратки квазікристалів також надає спрощений спосіб ідентифікації таких матеріалів та відкриває перспективи для актуальної класифікації квазіперіодичних структур та напрямків їх використання. Результати науково-практичних доробок, та розроблений метод моделювання квазіперіодичних структур, та модель кристалізації аморфних металевих стрічок впроваджені у навчальний процес підготовки магістрів та слугує потребам підготовки кваліфікованих кадрів. В такому плані сама робота та розроблені в ній методики, а також результати є дійсно проявленням однієї з актуальних проблем прикладної фізики твердого тіла та фізики і хімії фазових перетворень.

Актуальність теми роботи підтверджується ще й тим, що вона пов'язана з виконанням наукових досліджень, виконаних на кафедрі фізики твердого тіла Запорізького національного університету в рамках науково-дослідних робіт, що фінансувались МОН України: «Структура та властивості аморфних металевих сплавів системи Fe-Si-B після імпульсної лазерної обробки» (2001–2003 рр., № держреєстрації 0101U006346); «Структура та властивості нанокристалічних та лазерно-модифікованих матеріалів на основі заліза» (2004–2006 рр., № держреєстрації 0103U002179); «Формування нано- та мікрокристалічних структур при лазерній обробці сплавів на (Fe, Co, Al) – основі» (2007–2009 рр., № держреєстрації 0106U012639); «Фізичні основи формування квазікристалічних структур в сплавах на основі алюмінію при лазерному легуванні» (2010–2012 рр., № держреєстрації 0109U008187); «Розробка технології формування властивостей поверхні деталей газотурбінних двигунів з жароміцних титанових сплавів методом лазерної обробки» (2015-2016 рр., № держресстрації 0115U002239); «Формування дисперсних квазікристалічних та кристалічних фаз в умовах нерівноважної кристалізації при лазерному легуванні металевих сплавів» (2017–2019 рр., № держреєстрації 0117U000511).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в роботі Смолякова О.В., є високою та базується на ґрунтовному аналізі літературних джерел за даною проблематикою, гармонійній постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів формування об'єктів дослідження та методів вивчення особливостей їх структурно-фазового стану та окремих важливих фізичних властивостей, зіставленні отриманих результатів та критичному аналізі при порівнянні з результатами інших дослідників, і якісному формулюванні висновків. Використання різних методів дослідження, які взаємно доповнюють один одного, відповідність експериментальних, теоретичних та обчислювальних досліджень, обробка результатів з використанням методів математичної статистики забезпечують достовірність та обґрунтованість одержаних у роботі наукових результатів і висновків.

Робота, яка опонується, є закінченою, цілісною, фундаментальною працею, що являє добротний всеохоплюючий огляд літератури (від синтезу до впровадження) поєднаний з оригінальними розробками, та таку, яку за бажанням можна було би представити як корисну монографію цінну як в фундаментальному, так і прикладному аспекті. Згідно з викладеним вище обґрунтованість наукових положень, висновки результатів дослідження та рекомендації, що сформульовані в дисертації, не підлягають сумніву.

Достовірність результатів досліджень.

При виконанні поставленої мети досліджень було коректно використано комплекс сучасних експериментальних методів дослідження структурного стану, фазових перетворень та формування властивостей електрофізичних, механічних та магнітних. Результати структурних досліджень плівок доповнюються та підтверджуються даними металографічного, растрового електронно-оптичного аналізів та кількісного рентгеноспектрального аналізу. Застосування комплексу незалежних експериментальних та аналітичних методів, які взаємно доповнюють

одне одного, забезпечило достовірність отриманих результатів.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне.

Для досягнення поставленої мети у дисертації були поставлені шість завдань й всі вони успішно були вирішені. Це дало змогу дисертанту сформулювати вісім пунктів наукової новизни одержаних результатів. Я практично згоден зі всіма ними, за виключенням стилю формулювання деяких.

1. Вперше встановлено, що при імпульсному лазерному нагріві аморфних сплавів системи Fe-B кристалізація може відбуватись за вибуховим механізмом, та запропонований емпіричний критерій перебігу такої кристалізації.
 2. Вперше показано, що підвищення швидкості нагріву АМС знижує ймовірність формування метастабільних фаз в таких сплавах, що обумовлено зростанням температури початку кристалізації та її наближенням до рівноважної.
 3. На основі магнітометричних досліджень немонотонної зміни магнітних властивостей сплаву системи Fe-Si-B під дією лазерних нагрівів уперше встановлено, що в АМС відбувається зміна кластерної будови та перерозподіл об'ємних часток двох видів атомних кластерів зі структурами, близькими до структури кристалічних фаз α -Fe та Fe₂B.
 4. Вперше показано, що імпульсне лазерне легування алюмінію сумішами порошоків міді та заліза, міді й кобальту та кобальту і нікелю приводить до формування термічно стійкої дисперсної гетерофазної (композитної) структури, одним з компонентів якої є стабільна квазікристалічна фаза.
 5. Вперше встановлено, що факт формування квазікристалічної D-фази при імпульсному лазерному легуванні силуміну сумішшю міді та кобальту пов'язаний з кристалізацією її безпосередньо з розплаву, а не з утворенням внаслідок перитектичної реакції. Такий процес забезпечується зміною співвідношень між легуючими компонентами у бік збагачення міддю відносно рівноважної стехіометрії D-фази.
- Пункти 7 та 8 також вважаю дуже вагомими в цій дисертації та такими, що суттєво прикрашають її.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Встановлення фізичних закономірностей процесів формування метастабільних аморфно-кристалічних, кристалічних та квазікристалічних станів в умовах швидкого поверхневого нагріву металевих сплавів при імпульсних лазерних обробках та їх зв'язок із швидкостями нагріву та охолодження, тривалістю теплової дії, хімічним складом сплавів та легуючих компонентів є дуже важливим для науки та практичного використання отриманих результатів. По-перше, винайдення способу модифікації магнітних властивостей аморфних феромагнітних не крихких стрічок може використовуватися для оптимізації магнітних властивостей локальних ділянок з високою швидкістю процесу. Розроблений спосіб створення на поверхні алюмінієвих сплавів твердого покриття, що містить QC-фази, який має високу адгезію з матрицею, може використовуватись для підвищення зносостійкості виробів із алюмінієвих сплавів. Важливе значення для науки має також розроблений в дисертації метод моделювання оберненої ґратки квазікристалів, який суттєво спрощує ідентифікацію фази з дифракційних картин та відкриває перспективи для широкого практичного впровадження квазіперіодичних структур.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані в 21 статті у провідних наукових журналах, зокрема, 16 у виданнях, що входять до наукометричної бази Scopus, 4 – у фахових виданнях України; 5 патентах України та 27 тезах доповідей на міжнародних конференціях. У цілому, рівень і кількість публікацій та апробація матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

Автореферат є ідентичним за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні її наукові результати, що отримані здобувачем.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження.

1. У Розділу 2 як в авторефераті, та і в дисертації для довжини хвилі випромінювання лазера вказані різні дані – 1,064 мкм та 1,079 мкм.
 2. На рисунках та в таблицях Розділу 3 один із боридів позначено по різному – Fe_2B або $(\text{Fe},\text{Si})_2\text{B}$, хоча кремній входить до складу всіх досліджених сплавів.
 3. Такі ж самі непорозуміння є що до періоду ґратки c бориду $(\text{Fe},\text{Si})_2\text{B}$. В таблиці 3.7 вказано то 0,422 нм, то 4,22 нм, або взагалі 422 нм.
 4. В Розділі 6 значну увагу приділено моделюванню квазіперіодичних структур з осями симетрії 8 та 12 порядків, які експериментально не було одержано в роботі, а запропонований спосіб моделювання для квазікристалічних структур із симетрією ікосаедра, які були експериментально одержані в Розділі 5, не був апробований.
 5. Зауваження до якості оформлення. На Рис.3.1 та 3.2, як і на деяких інших, нема розмірності для дифракційного кута 2θ . На Рис. 3.15...3.18 взагалі відсутні підписи на координатних осях.
 6. Зауваження лінгвістичного характеру. Пункт 6 наукової новизни, що до моєї думки, викладено дещо громіздко, і основну, важливу думку потрібно виокремлювати з купи другорядних слів.
- Вказані недоліки тем не менше не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

ВИСНОВОК

Робота Смолякова Олександра Васильовича «**Формування аморфно-кристалічного та квазікристалічного станів у металевих сплавах при лазерних нагрівах**» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 01.04.07 – фізика твердого тіла. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв’язує важливу наукову проблему, суть якої полягає у вивченні закономірностей впливу швидкості нагріву та охолодження при імпульсній лазерній обробці аморфних сплавів або імпульсному лазерному легуванні металічних матеріалів на процеси формування аморфно-кристалічного та квазікристалічного станів та керування

фізичними властивостями. Дисертаційна робота відповідає вимогам п. п. 9, 10, 12 "Порядку присудження наукових ступенів", щодо докторських дисертацій, а здобувач Смоляков Олександр Васильович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора фізико - математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент

завідувач кафедри фізики металів та напівпровідників

Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут»

доктор фізико-математичних наук, професор



Сергій МАЛИХІН

Підпис зав. каф. ФМН, доктора фіз.-мат. наук, проф. Малихіна С.В.

ЗАСВІДЧУЮ

вчений секретар Національного технічного університету

"Харківський політехнічний інститут"

Олександр ЗАКОВОРOTНИЙ

