

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Куровець Валентини Василівни

“Кристалічна та магнітна мікроструктури епітаксійних плівок

ферит-гранатів, імплантованих іонами гелію”,

представлену на здобуття наукового ступеня

кандидата фізико-математичних наук

за спеціальністю 01.04.18 – фізика і хімія поверхні

Актуальність теми виконаної роботи та її зв'язок з планами відповідних галузей

науки та народного господарства

Перспектива використання в електронній техніці епітаксійних ферит-гранатових плівок (ЕФГП) в якості функціональних матеріалів породжує розширення досліджень їх фізичних властивостей, кристалічної та магнітної мікроструктур у зв'язку з можливістю модифікацією приповерхневих шарів таких плівок різними методами.

Епітаксійні плівки залізо-ітрієвого гранату (ЗІГ) $Y_3Fe_5O_{12}$ та плівки ЗІГ із заміщенням магнітних іонів немагнітними, які вирощені на немагнітних підкладках гадоліній-галієвого гранату (ГГГ) $Gd_3Ga_5O_{12}$, є одними з найперспективніших матеріалів для створення планарних НВЧ-пристроїв, запам'ятовуючих пристроїв на основ циліндричних магнітних доменів (ЦМД), пристроїв магнітооптики тощо.

Крім цього, ЕФГП володіють низкою переваг над напівпровідниковими структурами, зокрема, радіаційною стійкістю, що робить їх незамінними для створення та експлуатації приладів електроніки в складних умовах.

Експлуатаційні характеристики пристроїв на основі ЕФГП визначаються, в першу чергу, магнітними властивостями їх приповерхневого шару товщиною одиниць мкм, які тісно пов'язані з дефектністю ЕФГП. У зв'язку з цим встановлення типів радіаційних дефектів і параметрів профілів деформацій та їх взаємозв'язку з магнітними параметрами є надзвичайно важливим завданням післяростової обробки плівок.

Іонна імплантація є одним з найзастосованішим методом зміни в певних межах властивостей плівкових структур, зокрема ЕФГП.

На сьогоднішній день вже досягнуто значне розуміння перебігу процесів цілеспрямованої модифікації властивостей робочих шарів ЕФГП з допомогою іонної імплантації різними іонами. Однак, ціла низка питань, зокрема, стосовно особливостей дефектоутворення в епітаксійних плівках ферит-гранатів під дією опромінення високоенергетичними іонами гелію та встановлення при цьому типів радіаційного дефектоутворення, впливу режимів імплантації на параметри магнітної та кристалічної мікроструктур, залишаються відкритими, що підтверджує важливість та науково-практичне значення досліджень, здійснених у даній дисертаційній роботі.

Отже, дослідження взаємозв'язку магнітної мікроструктури після іонної імплантації з параметрами набутої дефектності приповерхневих шарів ЕФГП є **актуальною** науковою задачею, спрямованою на поглиблення розуміння особливостей радіаційного дефектоутворення, що пов'язано з подальшою цілеспрямованою модифікацією фізичних властивостей епітаксійних ферит-гранатових плівок.

Найбільш істотні наукові результати, які містяться в дисертаційній роботі та їх наукова новизна

Результати дисертації мають **наукову новизну**, оскільки доповнюють у великій мірі знання про фізичні процеси, що відбуваються у поверхневих шарах ЕФГП під час їх імплантації високоенергетичними іонами, зокрема іонами гелію, у широкому діапазоні концентрацій .

Дисертантом застосовано вдало математичне моделювання процесу радіаційного дефектоутворення в ЕФГП при використанні в якості імплантанта іонів гелію. Вперше теоретично обґрунтовано, що при імплантації іонами гелію з енергією 100 кеВ плівок ЗІГ ефективність дефектоутворення, внаслідок збуджень електронної підсистеми мішені, співмірна з ефективністю дефектоутворення при ядерному гальмуванні. Розраховані профілі радіаційних дефектів, а, відповідно, і профілі деформацій, мають дві складові, одна з яких пов'язана з дефектоутворенням за рахунок ядерного, а друга – електронного гальмування іонів-імплантантів.

Варто відзначити, що в даній дисертаційній роботі також вперше розглядається залежність величини мікротвердості приповерхневих шарів плівок ферит-гранатів від дози опромінення іонами. Виявлене експериментально зменшення величини мікротвердості плівок ЗІГ та La,Ga:ЗІГ у порівнянні з її значенням у неімплантованих зразках теоретично дисертантом пов'язано із зменшенням ступеня ковалентності хімічних зв'язків в ЕФГП.

Серед отриманих істотних результатів дисертаційної роботи варто відзначити такі:

1. На основі *математичного моделювання процесу радіаційного дефектоутворення* у плівках ЗІГ при імплантації іонів гелію з енергією 100 кеВ отримано середній проєкційний пробіг іонів гелію та визначена максимальна глибина їх проникнення. Найбільш імовірним є процес утворення пар Френкеля. Теоретично розраховані профілі концентрації радіаційних дефектів виявили дві складові, одна з яких пов'язана з ядерними, а друга – з електронними енергетичними втратами іона-імплантанта.

2. Встановлено, що в епітаксійних плівках ферит-гранатів, імплантованих іонами гелію, профілі відносної деформації приповерхневих шарів є немонотонними і корелюють із теоретично розрахованими профілями радіаційних дефектів. Встановлена залежність величини мікротвердості приповерхневого шару плівок ферит-гранатів від дози опромінення.

3. Встановлено, що в плівках ЗІГ, імплантованих іонами гелію з енергією 100 кеВ в межах доз $1 \cdot 10^{15} - 1 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$, залежність максимальної відносної деформації плівок від їх товщини характеризується максимумом при товщині плівки 2,9 мкм. Збільшення товщини плівки

приводить до зменшення механічних напруг в ЕФГП та, відповідно, до зростання їх мікротвердості.

4. У порівнянні з незаміщеними плівками ЗІГ, у плівках La,Ga:ЗІГ спостерігається зростання інтенсивності радіаційного дефектоутворення, зміщення профілів відносної деформації в глибину. Виявлено зменшення значення величини мікротвердості для неімплантованих та імплантованих плівок, що пов'язано із зменшенням ступеня ковалентності хімічних зв'язків при заміщенні в структурі плівок ЗІГ іонів Y^{3+} і Fe^{3+} іонами La^{3+} і Ga^{3+} .

5. Із ростом дози опромінення відбувається повільніший спад величини полів на ядрах Fe^{57} для октапозицій, що зумовлено інтенсивнішим утворенням катіонних вакансій у тетрапозиціях і пов'язано з розподілом немагнітних іонів Ga^{3+} по кристалографічних підґратках.

6. Параметри спектрів мьосбауерівської конверсійної спектроскопії пов'язані з структурними характеристиками імплантованих шарів ЕФГП.

Ступінь обґрунтованості використаних методів і достовірність одержаних результатів

Достовірність наукових результатів дисертаційної роботи підтверджується значною кількістю проведених експериментів та їх повторюваністю, використання сучасних пакетів комп'ютерних програм для їх обробки, комплексністю проведених досліджень, застосуванням сучасної експериментальної бази, доброю кореляцією розрахованих і експериментально виміряних параметрів, узгодженням отриманих результатів із літературними даними.

Матеріали дисертаційної роботи викладені в 23 публікаціях, у тому числі в 11 статтях у фахових наукових журналах, 2 з яких опубліковані у журналах, внесених до реєстру міжнародних наукометричних баз, матеріалах 12 міжнародних конференцій. Тому з результатами наукових праць дисертанта добре ознайомена наукова громадкість.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних літературних джерел. Результати роботи викладено на 145 сторінках друкованого тексту, вона містить 75 рисунків і 14 таблиць. Бібліографічний список включає 140 літературних джерел.

Практичне значення результатів роботи

Практичне значення отриманих результатів у дисертаційній роботі полягає в отриманні числових даних пов'язаних з дефектоутворенням в ЕФГП під час іонної імплантації, а також з обґрунтуванням взаємозв'язків між параметрами дефектної кристалічної структури і характеристиками магнітної мікроструктури ЕФГП, імплантованих іонами гелію, що окреслює нові можливості вдосконалення методів модифікації магнітних властивостей таких матеріалів.

Результати, отримані в дисертаційній роботі, можуть бути сьогодні використані в наукових дослідженнях та при розробці нових технологій, матеріалів та пристроїв функціональної електроніки в НВО "Карат" (м. Львів), Національному університеті "Львівська

політехніка”, Львівському національному університету імені Івана Франка, Чернівецькому національному університету імені Юрія Федьковича, а також можуть скласти основу для нових сумісних наукових розробок з іншими вітчизняними та іноземними замовниками наукової продукції.

Поряд з цим, в процесі ознайомлення із дисертаційною роботою виникли певні зауваження:

1. На ст.10 автореферату в другому абзаці згори зауважено повтор тексту.
2. При моделюванні процесів іонної імплантації не бралася до уваги орієнтація поверхні ЕФГП.
3. В дисертації не розглянуто релаксаційні процеси що протікають в ЕФГП .
4. В дисертаційній роботі в другому розділі не наведені молярні співвідношення гранатоутворюючих окислів в шихті для вирощування досліджуваних ЕФГП та точність підтримування температури їх вирощування.


Дисертаційна робота написана з логічним і послідовним викладенням матеріалу та чітко сформульованими цілями і висновками.

Усі зроблені зауваження не можуть вплинути на загальну високу оцінку роботи, виконану на високому теоретичному і експериментальному рівні з широким застосуванням методів сучасного експерименту та обчислювальної техніки.

Дисертаційна робота Куровець Валентини Василівни є цілісною та завершеною науковою працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що в сукупності є значним досягненням для розвитку фізичних уявлень про процеси взаємодії іонів гелію з епітаксійними плівками ферит-гранатів.

Вважаю, що дисертаційна робота Куровець В.В. **“Кристалічна та магнітна мікроструктури епітаксійних плівок ферит-гранатів, імплантованих іонами гелію”**, повністю задовольняє вимоги МОН України щодо кандидатських дисертацій по актуальності, обґрунтованості та достовірності одержаних результатів, формулюванню наукових результатів, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.18 – фізика і хімія поверхні.

Офіційний опонент,
доцент кафедри фізики
Національного університету
“Львівська політехніка”, к.ф.м.н.


С.О. Юр'єв

Підпис доцента Юр'єва С.О.
“Засвідчую”
Вчений секретар Національного університету
“Львівська політехніка”


Р.Б. Брилинський

17.08.15 р.

