

До разової спеціалізованої ради ДФ 35.051.117
Львівського національного університету
імені Івана Франка
м. Львів, вул. Університетська, 1

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу
Кофлюк Ірини Миколаївни
“*Формування структури та оптико-люмінесцентні властивості тонких плівок на основі оксиду ітрію, активованого іонами європію*”
яка представлена на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 10 «Природничі науки»
за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»

Актуальність теми дисертації.

Актуальність дослідження особливостей формування структури, оптичних та люмінесцентних властивостей тонких плівок $Y_2O_3:Eu$ обумовлена широким спектром практичного застосування цих плівок. Найбільш поширеними сферами їхнього використання є електроніка, фотоніка та оптика. Окрім того, такого типу тонкі плівки можна зустріти в оптоелектронних пристроях, зокрема у світлодіодних структурах та світловідбиваючих покриттях, а також в інших електронних пристроях. Особливий інтерес до вивчення цих плівок пов'язаний з перспективами їх можливого застосування у квантових технологіях. Квантові технології орієнтовані на використання оптичних або спінових переходів, які мають тривалий час когерентності, з метою розширення функціональності матеріалів, таких як квантове зберігання та обробка інформації.

Розвиток оптоелектроніки, і, зокрема, прозорії в оптичному діапазоні електроніки підштовхує науковців до проведення більш детальних досліджень актуальних промислових матеріалів з метою їх подальшого вдосконалення. Розуміння особливостей формування структури, залежності швидкості нанесення досліджуваних тонких плівок, розмірів кристалітів та оптико-люмінесцентних властивостей від різного роду впливів, дозволить запропонувати удосконалений матеріал з наперед визначеними люмінесцентними властивостями, а отже сприятиме розвитку наукового та технічного прогресу.

Практична цінність роботи

Отримання у рамках виконання цієї дисертаційної роботи відомостей про взаємозв'язок методів та умов одержання тонких полікристалічних плівок червоного люмінофору $Y_2O_3:Eu$ з відповідними структурними параметрами, має важливе значення для проектування детекторів та сенсорів на основі таких тонких плівок. Отримані дані доповнюють та розширюють теоретичні та практичні сторони наноматеріалознавства, а також можуть бути корисними для навчання студентів за напрямками прикладної фізики та наноматеріалознавства, зокрема у

курсів, присвяченому тонкоплівковим технологіям чи оптичним властивостям наноструктур.

Ступінь наукової обґрунтованості результатів, сформульованих в роботі

Для виконання та написання дисертації Кофлюк І.М. виконала детальний аналіз пов'язаних з темою роботи великої кількості зарубіжних наукових статей, що дало їй змогу відобразити сучасний стан досліджень за обраною темою. Текст дисертаційної роботи написано у логічний та послідовний спосіб, що відповідає всім вимогам наукового стилю. Для підтвердження об'єктивності представлених автором результатів теоретичних досліджень в роботі проводиться багато порівнянь з результатами інших дослідників, а також з власними експериментальними даними. Роботу виконано з використанням низки сучасних методів досліджень, зокрема методу атомно-силової мікроскопії для отримання зображення морфології поверхні досліджуваних тонких плівок та методу дифракції рентгенівських променів для дослідження структури отриманих плівок. Окрім цього, в роботі детально описані установки, за допомогою яких були здійснені оптико-люмінесцентні дослідження. Анотація містить лише ті положення, що були повністю розкриті та обґрунтовані в основному тексті дисертації. Рукопис дисертації написаний літературною українською мовою з використанням адекватної фахової термінології.

Наукова новизна

Дисертаційній роботі Кофлюк І.М містить нові важливі результати. У роботі вперше встановлено, що ВЧ іонно-плазмове розпилення приводить до мономодального нормального логарифмічного розподілу зерен у тонких плівках $Y_2O_3:Eu$, тоді як за дискретного термічного випаровування розподіл зерен стає бімодальним через їх зрощування. Також було досліджено вплив параметрів установки ВЧ напилення та складу розпилювальної атмосфери на швидкість нанесення плівок, визначено оптимальний тиск і проведено аналіз результатів, використовуючи ефекти зворотного розсіювання, зворотньої дифузії та механізму резонансної перезарядки. Крім того досліджено формування полікристалічних плівок $Y_2O_3:Eu$ під час ВЧ іонно-плазмового напилення в атмосфері аргону та кисню різного складу, що має кубічну модифікацію, для яких подальша термообробка призводить до впорядкування структури і збільшення розмірів кристалітів.

Зв'язок роботи з державними програмами, планами, темами

Дисертаційну роботу виконано згідно з основними напрямками досліджень кафедри фізичної та біомедичної електроніки Львівського національного університету імені Івана Франка, зокрема таких держбюджетних тем: «Оптоелектронний пристрій для реєстрації клітинних об'єктів» (номер державної реєстрації N0112U001289) і «Розробка оптоелектронного методу аналізу нанорозмірних об'єктів у біологічних рідинах та лікарських препаратах» (номер державної реєстрації N0119U002209).

Структура і зміст дисертації (Характеристика основних положень роботи)

Представлена дисертаційна робота відповідає вимогам до оформлення дисертацій відповідно Постанові Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р. «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії».

Дисертація Кофлюк І,М, є обґрунтованим, логічно побудованим, завершеним науковим дослідженням. Вона складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел (181 найменування) та додатку. Дисертація викладена на 144 сторінках машинописного тексту та містить 52 рисунки та 10 таблиць.

У вступі обґрунтовано тему та актуальність роботи, сформульовано її мету та задачі, відображено наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів

У першому розділі представлено огляд літератури за темою дисертації та проведено детальний аналіз літературних даних про кристалічну та електронну структуру сполук, що базуються на оксиді ітрію, а також процеси отримання та формування структури досліджуваних тонких плівок та наноструктур. Також в дисертаційній роботі автор розглядає оптико-люмінесцентні характеристики чистих та активованих рідкісноземельними іонами сполук на основі оксиду ітрію. Проведений аналіз дозволив зробити ряд висновків, які стали основою для проведення подальших експериментальних досліджень, представлених у цій роботі.

У другому розділі описано вихідні матеріали, використані в роботі, методи виготовлення і термічної обробки досліджуваних зразків та методи дослідження.

У третьому розділі приведено рентгенівські дифрактограми тонких плівок $Y_2O_3:Eu$, одержаних ВЧ іонно-плазмовим розпиленням у різних атмосферах, результати розрахунків розмірів кристалітів d та середніх величин напружень кристалічної ґратки ϵ у плівкових $Y_2O_3:Eu$ залежно від складу атмосфери ВЧ-розпилення, виконані для основної характеристичної смуги – 29.2° від площини (222); залежність швидкості нанесення тонких плівок $Y_2O_3:Eu$ від тиску робочого газу Ar та від густини бомбардуючих іонів; вплив концентрації активатора на яскравість катодолюмінесценції в досліджуваних тонких плівках; мікрофотографії та характерні параметри тонких плівок $Y_2O_3:Eu$, які отримані методами дискретного випаровування та ВЧ-розпилення. Також в розділі наведено гістограми розподілу висот зерен, розподіли розмірів діаметрів зерен і на їх основі здійснено припущення про можливе зростання малих зерен з утворенням великих. Третій розділ завершується висновками стосовно впливу описаного у розділі методу та умов отримання тонких плівок на їх структуру, зокрема морфологію зерен.

У четвертому розділі дисертації описано дослідження довгохвильового краю смуги фундаментального поглинання досліджуваних тонких плівок і проведено його аналіз з використанням моделі сильно легованого або дефектного напівпровідника у квазикласичному наближенні. Наведено спектри крайового поглинання тонких плівок при різних температурах дослідження та при різних атмосферах їх наплення; спектри КЛ за різних умов збудження; залежності інтенсивності КЛ тонких плівок $Y_2O_3:Eu$ від енергії збуджуючих електронів та

густини струму електронного збудження; кінетики розгоряння і згасання катодолюмінесценції за різних умов збудження. Завдяки використанню моделі сильно легованого або дефектного напівпровідника визначено відповідні параметри, які характерні для отриманих плівок. В кінці розділу автор здійснює порівняння структурних властивостей, особливостей формування та спектрів катодолюмінесценції двох матриць $Y_2O_3:Eu$ та $Gd_2O_3:Eu$, які є ізоструктурними.

Повнота викладу матеріалів у роботах, які опубліковані автором

Результати роботи дисертанта представлені у наукових публікаціях автора та апробовані на наукових конференціях і семінарах. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 9 статей, що індексуються основними світовими наукометричними базами WoS та SCOPUS та 1 опублікована в українському фаховому виданні. Крім того, опубліковано 8 тез доповідей на міжнародних наукових конференціях та семінарах. На основі аналізу обсягу та змісту публікацій Кофлюк І.М. можна стверджувати, що вони цілковито відображають результати дисертаційної роботи. В них детально описані усі результати проведених досліджень, які свідчать про розкриття теми дисертації, досягнення її мети й обґрунтування наукової новизни.

Відомості про дотримання академічної доброчесності

У дисертаційній роботі “Формування структури та оптико-люмінесцентні властивості тонких плівок на основі оксиду ітрію, активованого іонами європію” та наукових публікаціях Кофлюк І.М. відсутні порушення академічної доброчесності.

Зауваження до дисертації

1. Експериментальні дослідження, проведені автором, показали можливість використання отриманих у роботі плівок як червоного компоненту повноколірного плоско-панельного дисплею. Разом з тим, говорячи про практичну цінність, нічого не вказується про два інші компоненти кольору – зелений і синій. На основі яких плівок можуть бути реалізовані ці компоненти і які кінетичні характеристики свічення цих компонентів?
2. На основі дослідження правила Урбаха можна зробити висновок, що у поглинанні світла в області краю фундаментального поглинання беруть участь автолокалізовані екситони. При цьому в роботі не вказується на тип такого екситона і не зазначається можлива його природа.
3. Здобувач у роботі дещо зловживає «фізичним жаргоном»: дисперсійна енергія, актуальні фонони, тощо. Доцільно було б дати їх більш академічне означення.
4. У роботі зустрічаються і деякі описки:
Наприклад значення одиниць фізичних величин подаються і латиницею (nm, eV) і кирилицею (нм, еВ). Не всюди на висоті представлено і графічний матеріал, наприклад, це стосується рис. 3.1, рис 4.3 та рис. 4.5.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим нормам.

Дисертаційна робота Кофлюк Ірини Миколаївни на тему «Формування структури та оптико-люмінесцентні властивості тонких плівок на основі оксиду ітрію, активованого іонами європію», подана на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» є завершеним науковим дослідженням, яке розглядає особливості формування структури, оптичних та люмінесцентних властивостей тонких плівок на основі оксиду ітрію, активованого іонами європію. Вважаю, що за актуальністю, новизною, практичним значенням, обсягом та інтерпретацією результатів дисертаційна робота відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертацій» і затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а її автор, Кофлюк Ірина Миколаївна, заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 10 – «Природничі науки», спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

Рецензент:

доктор фізико-математичних наук,
професор, професор кафедри
загальної фізики
Львівського національного університету
імені Івана Франка

Тарас ДЕМКІВ