

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.

Дисертаційне дослідження «Формування структури та оптико-люмінесцентні властивості тонких плівок на основі оксиду ітрію, активованого іонами європію» є важливим та актуальним як у контексті практичного застосування досліджуваних тонких плівок, так і для глибокого розуміння процесів, які відбуваються під час їхнього отримання. Тонкі плівки, які стали невід’ємною частиною в різноманітних галузях науки та технології, включаючи електроніку, фотоніку, оптику та інші галузі, потребують детального вивчення їхніх властивостей для розробки нових та удосконалення наявних матеріалів та пристроїв.

Розуміння механізмів, які лежать в основі формування структури та оптико-люмінесцентних властивостей тонких плівок $Y_2O_3:Eu$, відкриває можливості для практичних рекомендацій з удосконалення та створення нових ефективних матеріалів для прозорої електроніки. Це особливо важливо, враховуючи унікальні структурні, люмінесцентні та оптичні властивості тонких плівок $Y_2O_3:Eu$, оскільки виникає можливість покращити фізико-технічні характеристики світлодіодних структур, оптичних пристроїв, електролюмінесцентних панелей та інших електронних пристроїв, виготовлених на їхній основі.

Практична цінність роботи

Отримані результати досліджень оптико-люмінесцентних властивостей можуть знайти застосування при створенні й пошуку нових люмінесцентних систем. Виконані дослідження структурних та катодолюмінесцентних властивостей тонких плівок $Y_2O_3:Eu$ дають можливість визначити оптимальні умови отримання і концентрації легування іонами Eu^{3+} оксидної плівкової матриці Y_2O_3 . Оптимізація люмінесцентних характеристик цих матеріалів сприятиме розвитку нових технологій та виробництва матеріалів із покращеними функціональними властивостями.

Ступінь наукової обґрунтованості результатів, сформульованих в роботі

Дисертанткою успішно проведено аналіз великого числа міжнародних наукових джерел, що безпосередньо пов'язані з темою дисертації. Дисертація оформлена у послідовному та логічному порядку, повністю відповідає критеріям наукового стилю. Об'єктивність представлених результатів підтверджена порівняннями з чисельними результатами інших науковців і власними експериментальними даними.

Застосовані методології є добре відомими та апробованими у світовій науковій спільноті й успішно себе продемонстрували у численних працях. Використані параметри розрахунків забезпечують зазначену в роботі точність. Усі описані експерименти проведено на високоякісному науковому обладнанні, яке відповідає сучасним вимогам в області досліджень наноструктурних об'єктів. Анотація включає тільки ті положення, які висвітлені в основному тексті дисертації.

Наукова новизна

У представлений дисертації автором вперше досліджено швидкість нанесення тонких плівок на основі оксиду ітрію, активованого іонами європію, залежно від складу розпилювальної атмосфери, а також параметрів ВЧ установки. Здійснено аналіз отриманих результатів з використанням ефектів зворотного розсіювання, зворотної дифузії та механізму резонансної перезарядки. Використання високотемпературного відпалу плівок у різних атмосферах дало можливість підтвердити наявність сильної екситон-фононної взаємодії в досліджуваних плівках. Використання моделі сильно легуваного або

дефектного напівпровідника в квазікласичному наближенні дозволило автору оцінити вплив умов одержання на структурні та енергетичні характеристики плівок. На основі форми кінетики катодолюмінісценції тонких плівок $Y_2O_3:Eu$, проведено дослідження структурної неоднорідності плівок та визначено оптимальну концентрацію активатора.

Зв'язок роботи з державними програмами, планами, темами

Дана дисертаційна робота була проведена відповідно до ключових напрямків досліджень кафедри фізичної та біомедичної електроніки у Львівському національному університеті імені Івана Франка. Автор приймала участь у виконанні наукових проектів, що фінансувалися з державного бюджету, зокрема «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, зміст дисертації

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог Постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р., яка регламентує порядок присудження ступеня доктора філософії. Робота складається з 144 сторінок друкованого тексту, розміщених відповідно до стандартної структури, що включає список умовних скорочень, вступ, огляд літератури, отримання матеріалів та методології дослідження, результати та обговорення, висновки, список наукових джерел і додаток. Робота також включає 10 таблиць та 52 ілюстрації, а список джерел нараховує 181 найменування.

Дисертаційна робота розпочинається зі вступу, де автор обґрунтовує актуальність теми, вказує цілі та задачі дослідження, описує об'єкт і предмет, а також методологію дослідження. У вступі також зазначається наукова новизна отриманих результатів та їхня практична значимість, а також особистий внесок автора у проведенні дослідження.

Перший розділ дисертації охоплює чотири пункти, включаючи висновки. На початку розділу, автор розглядає кристалічну та електронну структури сполук на основі оксиду ітрію, а також процес одержання та формування кристалічної структури досліджуваних тонких плівок. Далі розглядаються оптико-люмінесцентні властивості сполук на основі оксиду ітрію, а також їхні

люмінесцентні властивості після активації рідкісноземельними іонами. У цьому розділі також описуються енергетичні рівні в рідкісноземельних елементах, основні механізми перенесення енергії збудження, а також вплив активаторів Eu^{3+} та Tb^{3+} на властивості наноструктур Y_2O_3 .

У другому розділі детально описані використані методики та обладнання для одержання тонких плівок $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ і проведення експериментальних досліджень. Вказана інформація допомагає читачеві зрозуміти як, саме здійснювалися різні дослідження, зокрема дослідження структури і хімічного складу, дослідження морфології поверхні, вивчення крайового поглинання та дослідження люмінесцентних властивостей при різних видах збудження.

У третьому розділі представлені результати синтезу та досліджень структури тонких плівок $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$. Зокрема, наведено залежність швидкості нанесення тонких плівок та яскравості катодолюмінесценції від концентрації активатора Eu^{3+} . Автор також порівняла поверхні досліджуваних тонких плівок одержаних методами ВЧ-розпилення та дискретного випаровування. У цьому порівнянні використано мікрофотографії, отримані за допомогою АСМ, що дозволяють чітко побачити відмінності у топологіях поверхонь досліджуваних зразків, одержаних різними методами. У розділі також проаналізовано вплив концентрації активатора на зміну структури та морфології поверхні, а також на розмір кристалітів, які формують тонкі плівки. Даний розділ завершується висновками про залежність швидкості нанесення тонких плівок $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$, зміну структури та морфології досліджуваних зразків, а також розмірів кристалітів від концентрації активатора, методу та атмосфери напилення.

Четвертий розділ дисертації описує оптичні та люмінесцентні властивості досліджуваних тонких плівок на основі оксиду ітрію. Розділ розпочинається з представлення результатів проведеного дослідження довгохвильового краю смуги фундаментального поглинання й аналізу отриманих результатів з використанням моделі сильно легованого або дефектного напівпровідника у квазікласичному наближенні. Далі дисертантка описує вплив складу атмосфери при ВЧ-розпиленні на густину станів та міжзонне поглинання світла в досліджуваних тонких плівках $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$. Автор представляє спектральні та кінетичні характеристики катодолюмінесценції для тонких плівок $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$, аналізуючи кінетики розгоряння і загасання свічення катодолюмінесценції залежно від технологічних умов одержання досліджуваних зразків. Завершуючи розділ, Кофлюк І.М. порівнює структурні властивості, особливості формування

та спектри катодолюмінесценції двох ізоструктурних матриць $Y_2O_3:Eu^{3+}$ та $Gd_2O_3:Eu^{3+}$.

Повнота викладу матеріалів у роботах, які опубліковані автором

Дослідницька робота автора відображена у наукових публікаціях та була представлена на профільних наукових конференціях та семінарах. Загалом, на основі дисертаційної роботи було опубліковано 18 робіт, включаючи 10 статей у провідних спеціалізованих журналах. Дев'ять з них були включені до наукометричних баз даних Scopus та Web of Science. Крім того, представлено 8 тез доповідей на міжнародних наукових конференціях та семінарах.

Відомості про дотримання академічної доброчесності

При розгляді дисертаційної роботи Кофлюк І.М. порушень академічної доброчесності не виявлено.

Зауваження до дисертації

1. Обсяг матеріалу літературного огляду дещо переобтяжений подробицями, які не є предметом дисертаційного дослідження. Прикладом цього є пункт, присвячений аналізу люмінесценції тонких плівок $Y_2O_3:Tb$, які не досліджуються в роботі.
2. У другому розділі недостатньо висвітлено обґрунтування використаних методів одержання тонких плівок. У третьому розділі наведено важливі технологічні рекомендації, проте відсутнє порівняння з технологічними підходами інших дослідників.
3. Дисертація є добре написана і оформлена, однак уникнути дрібних помилок та опісок авторів не вдалося. Наприклад у розділі 4 й у таблиці 4.4 зустрічається «постійна часу загасання» і постійна часу згасання», хоча мова йде про одну і ту саму фізичну величину.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим нормам.

Дисертація 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 дослідженням, виконаним на належному науковому рівні з використанням сучасного апаратного забезпечення та наукових підходів до інтерпретації результатів.

Вважаю, що за актуальністю, новизною, практичним значенням та обсягом результатів, дисертаційна робота відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 року, а її автор, Кофлюк Ірина Миколаївна, заслуговує присудження їй ступеня доктора філософії в галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Рецензент:

доктор фізико-математичних наук,
доцент, професор кафедри сенсорної та
напівпровідникової електроніки
Львівського національного університету
імені Івана Франка

Андрій ЛУЧЕЧКО