

ВІДГУК

офіційної опонентки Сергєєвої Олександри Євгенівни
на дисертаційну роботу **Вергелес Клари Олександрівни**

«Оптичні і люмінесцентні властивості гетерогенних систем на основі напівпровідникових квантових точок і металевих наночастинок» (104 – фізика та астрономія), яка подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Актуальність роботи

Одновимірні наноструктури сульфїду кадмію є одним із важливих матеріалів напівпровідникових сполук II-VI, оскільки вони мають широку заборонену зону (2,42 eV), кубїчну або гексагональну кристалїчну структуру і пропонуються як потенційний матеріал для численних застосувань у сонячних батареях, тонкоплівкових транзисторах, оптоелектронних пристроях, фотоелементах та оптичних детекторах, фотопровідниках та логїчних затворах. Розробка нових матеріалів шляхом вивчення наноструктур CdS з комбінацією різних металів стала перспективним кандидатом у цїй галузі. Було проведено кілька робіт щодо оптичних властивостей CdS в присутності Ag, які виявили нові явища при зміні кількості срібла в композиті. Хоча повідомлялося про багато робіт щодо різних властивостей напівпровідників, легованих металами, дослідження оптичних та люмінесцентних властивостей гетерогенних систем на основі CdS поки що обмежені. Саме тому тема дисертації **Вергелес К. О.** є актуальною.

Дисертація має фундаментальний характер, тому що створення гібридних напівпровідниково-металевих наноструктур різного типу і з'ясування механїзмів випромінювальних процесів у них, знаходження шляхів підвищення інтенсивності їх фотолюмінесценції та розробка способів керування спектром випромінювання таких наноструктур шляхом легування напівпровідникових

нанокристалів є основними напрямками новітньої фізики, так званої четвертої промислової революції.

В той же час, дисертація має і прикладний характер, тому що метою було встановлення оптимальних технологічних умов синтезу складної гетеросистеми, що сприяють поліпшенню її випромінюючих характеристик, і отриманню властивостей, які матимуть в перспективі практичне використання. Практичне значення результатів роботи визначається можливістю їх використання для розробки різних оптоелектронних приладів з стабільними характеристиками в різних умовах експлуатації. Отримані дисертанткою результати свідчать про можливість розробки нових сенсорних систем і вимірювальних інструментів на основі ефекту резонансного переносу енергії електронного збудження.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень та висновків дисертації Вергелес К. О. забезпечені застосуванням комплексу взаємодоповнюючих сучасних методів експериментального дослідження. Добра узгодженість результатів між собою та несуперечність їх результатам досліджень інших авторів у цьому напрямку підтверджує надійність отриманої у роботі нової інформації. Всі основні результати і висновки добре аргументовані і узгоджуються з існуючими теоріями процесів і явищ, які вивчались.

Ступінь обґрунтованості, достовірності наукових результатів, висновків та рекомендацій не викликає сумнівів.

Основні результати дисертації опубліковані у 4-х статтях вітчизняних наукових журналів, зокрема одна стаття опублікована у журналі, який знаходиться у реєстрі міжнародної наукометричної бази Scopus. Апробацію матеріалів дисертації підтверджують 9 тез доповідей на міжнародних та всеукраїнських конференціях. Обсяг друкованих робіт та їх кількість

відповідають вимогам МОН України щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

У опублікованих роботах повністю розкриті основні наукові результати, що становлять суть дисертаційної роботи.

За структурою дисертаційна робота Вергелес К. О. складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку із 101 джерела використаної літератури. Повний обсяг роботи становить 143 сторінки, у тому числі 77 рисунків та 9 таблиць.

У першому розділі наведено літературний огляд оптичних та люмінесцентних властивостей напівпровідникових частинок сполук A_2B_6 . Розглянуто синтез напівпровідникових нанокристалів в матриці силікатного скла та синтез нанокристалів методами колоїдної хімії. Перелічені досягнення в області розробки побудови квантових точок, а також дослідження їх оптичних та люмінесцентних властивостей. Докладно розглянуто отримання наночастинок срібла, а також встановлення характеру їх взаємодії з середовищем і вивчення впливу стану поверхні на їх стійкість. Також розглянуто процес відновлення срібла у водних розчинах і визначення оптимальних умов синтезу наночастинок.

В другому розділі наведені результати власного дослідження впливу синтезу квантових точок CdS у водному розчині желатини на їх оптичні і люмінесцентні властивості. Показано, що потрібно враховувати результат протікання процесу гідролізу і залежність його продуктів від величини рН розчину та від концентрації іонів Cd та S. Встановлено вплив «старіння» нанокристалів CdS на їх оптичні та люмінесцентні властивості. Показано, що контур смуги люмінесценції залежить від співвідношення вхідних компонентів. На підставі розрахунку молярної концентрації компонентів гідролізу $Cd(NO_3)_2$, зроблено висновок про тип власних дефектів, які обумовлюють спектр фотолюмінесценцію КТ CdS.

У третьому розділі неведені результати дослідження впливу барвників метиленового блакитного (МБ) і акридинового жовтого (АЖ) на спектри оптичного поглинання та люмінесценції композитів барвників з квантовими точками (КТ) CdS. Показано, що спектр люмінесценції (НК) CdS - барвник залежить від області поглинання барвника. Так, спектр люмінесценції квантових точок зміщується в червону область при введенні в колоїдний розчин МБ барвника, або в блакитну при введенні АЖ барвника.

В четвертому розділі досліджуються оптичні та фотофізичні процеси в гібридних структурах, побудованих з КТ CdS і молекул срібла. У ряді експериментів використовувалися методики видимої фотолюмінесцентної спектроскопії. До цього були розроблені методики золь-гель синтезу колоїдних розчинів КТ CdS в желатині та приготування гібридних асоціатів з сріблом.

Наукова новизна. Серед найбільш вагомих наукових результатів, отриманих авторкою, слід відмітити наступні:

1. Із застосуванням золь-гель техніки розроблені методи синтезу колоїдних квантових точок CdS в желатині з середнім діаметром 4-10 нм, які мають залежні від розмірів оптичні властивості. Також розроблені методи синтезу композитів на основі КТ CdS з наночастинками срібла і молекулами барвників.

2. Встановлено, що необхідно враховувати результат протікання процесу гідролізу і залежність його продуктів від величини рН розчину для вивчення механізму утворення дефектів в НК CdS при їх синтезі в водних розчинах солей. Встановлено, що параметри процесу синтезу впливають на спектр люмінесценції колоїдних КТ CdS, а спектри випромінювання КТ CdS залежать від величини рН розчину. Показано, що спектр люмінесценції залежить від вибору параметрів синтезу.

3. Встановлено, що спектр люмінесценції КТ CdS залежить від додавання речовини з різним рН до вже виготовлених зразків колоїдного розчину КТ CdS, що свідчить про можливість практичного застосування колоїдних КТ CdS для створення рН-сенсорів.

4. Встановлено, що барвники МБ і АЖ впливають на фотолюмінесценцію КТ CdS змінюючи її спектр. Показано, що спектр люмінесценції КТ CdS - барвник залежить від співвідношення між спектрами випромінювання КТ CdS та спектрами поглинання барвників.

5. Виявлено вплив срібла на фотолюмінесценцію КТ CdS, причому при малій концентрації наночастинок срібла спостерігається підсилення люмінесценції, а при збільшенні концентрації срібла люмінесценція погашається.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. Назва дисертації занадто узагальнююча. Враховуючи, що досліджувались лише композити на основі квантових точок CdS з наночастинами лише срібла і двома барвниками, було б доцільно, на мою думку, конкретизувати назву дисертації, наприклад назвати її так – «Оптичні і люмінесцентні властивості гетерогенних систем на основі напівпровідникових квантових точок сульфїду кадмію та їх композитів з наночастинами срібла і молекулами барвників».

2. Основні положення дисертації висвітлені у 4-х статтях вітчизняних наукових журналів. В усіх цих статтях співавторами дисертантки є ще три науковці. Доцільно було б, як зазначено у вимогах до дисертацій, вказати яку саме частину роботи виконала в цих надрукованих статтях дисертантка.

3. Було б доцільно попрацювати із переліком використаних джерел. У вступі (стор. 12) правильно зазначено «Щорічно зростає кількість досліджень фотофізичних процесів в гібридних наноструктурах», причому посилання зроблене на 5 робіт 2003-2016 років. Як показують пошукові системи, у 2014-2021 роках були надруковані сотні статей за такою тематикою, і деякі з них було б доцільно розглянути в огляді. У 18 статтях переліку вказаний цифровий ідентифікатор DOI, в той час як в більшості статей його немає. Крім того, іноді немає назви статті (№91), незрозумілим є посилання №55, де немає ні назви, ні авторів. Іноді перелічені усі 7-8 співавторів статті (№68, №77, №78) а в інших, вказаний лише один автор з додатком «та інші» (№2, №4, №6, та багато інших).

4. Дисертаційна робота написана хорошою науковою мовою, проте в ній зустрічаються не зовсім вдалі вирази та орфографічні помилки. Інколи в дисертації зустрічаються невдалі слова і речення. Так, лише на одній стор. 89, можна зустріти такі вирази «Операючись на дані таблиці», «Таким чином, представлені в таблицях 2.3 та 2.5, підведемо підсумок», «Провівши розрахунок $\Delta\lambda$ для обох випадків, маємо», «Проте, хочеться зазначити». На стор. 16. – «Показано, что спектр люмінесценції», «та спектрами поглинання барвників» стор. 15.

5. Робота є переважно експериментальною, і достовірність отриманих результатів в значній мірі залежить від впливу неминучих похибок. На жаль, дисертантка не дуже уважно ставилась до виявлення і розрахунку похибок. Про це свідчить зокрема те, що саме слово «похибка» зустрічається в дисертації лише один раз на стор. 59, де без будь якого обґрунтування стверджується, що «Похибка вимірювання не перевищувала $\pm 1\%$ ». Числові значення в 6-ти таблицях дисертації на стор. 25, 76, 78, 81, 84, 87, а також усі числові дані в тексті дисертації наведені без зазначення похибок. На рис. 2.15 при побудові графіків

сусідні експериментальні точки з'єднані відрізками прямих ліній, що також пов'язано з невизначеністю похибок.

Вказані зауваження носять переважно характер побажань, не стосуються висновків та наукових положень, що виносяться на захист, та істотно не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про відповідність дисертації вимогам МОН України щодо присвоєння ступеня доктора філософії

На підставі вищевикладеного вважаю, що дисертація Вергелес Клари Олександрівни «Оптичні і люмінесцентні властивості гетерогенних систем на основі напівпровідникових квантових точок і металевих наночастинок» є завершеною науково-дослідницькою роботою, яку виконано на високому науковому рівні із застосуванням сучасних технологій та експериментальних методів досліджень.

За науковим рівнем, актуальністю, новизною, об'ємом дисертація відповідає п. 10 «Тимчасового порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 р. №167, а її авторка Вергелес Клара Олександрівна заслуговує присудження ступеня доктора філософії зі спеціальності 104 - фізика та астрономія.

Офіційна опонентка:

Завідувачка кафедри фізико-математичних наук Одеського національного технологічного університету,

д. ф.-м. наук, професор

Олександра СЕРГЕСЬВА

ПІДПИС
ЗАСВІДЧУЮ
ВЧЕНИЙ
СЕКРЕТАР

Н.В.Д.СЕНКО

