

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Трикура Івана Івановича

**"Одержання плівкових структур на основі бактеріородопсину та дослідження впливу вологості й аміаку на їх оптичні характеристики",**

представлену на здобуття наукового ступеня

кандидата фізико-математичних наук

за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків

Стрімкий розвиток сучасної комп'ютерної техніки потребує нових матеріалів. Багато дослідників сфокусували свою увагу на одержанні нових матеріалів зі специфічними властивостями, що визначаються, насамперед, закономірностями залежностей оптичних властивостей від хімічного складу та внутрішньої структури матеріалу, і дозволяють, за допомогою зміни складу чи структури впливати на властивості матеріалу, змінюючи їх у потрібному напрямку. Саме в такому ключі проводились дослідження, які підсумовано у дисертаційній роботі Трикура І. І. На нашу думку, ця робота відноситься до класу матеріалознавчих робіт і є яскравим прикладом тенденції розвитку світової науки у напрямку все більшого використання в електроніці складних органічних молекул. Актуальність роботи визначається підвищеним інтересом до проблеми створення та керування властивостями нових оптичних матеріалів. Вивчення фізичних властивостей біоматеріалів на прикладі унікальних, у багатьох відношеннях, матеріалів на основі бактеріородопсину є, безперечно, актуальним для розв'язку широкого кола проблем, над якими працюють розробники високочутливих пристроїв для біосенсорики, гологра-фічної інтерферометрії, нелінійної фільтрації оптичного випромінювання, просторово-світлових модуляторів, розпізнавання образів і т. д. Це зумовлено тим, що матеріалам на основі бактеріородопсину притаманні такі особливості як висока роздільна здатність та контрастність, чутливість до всіх параметрів оптичного випромінювання, практично необмежена апертура та реверсивність.

Новизна роботи в цілому і окремих досліджень визначається, зокрема, оригінальністю отриманих даних про конкретні параметри плівкових структур на основі бактеріородопсину в різних матрицях, про залежність оптичних властивостей, внутрішньої структури та морфології поверхні плівок від технологічних особливостей процесу їх отримання; розробленими та описаними новими методиками отримання плівок, отриманими та систематизованими даними про вплив зовнішніх факторів (вологість, різні гази) на властивості досліджуваних структур, оригінальністю інтерпретації окремих результатів та запропонованих механізмів взаємодії.

Обґрунтованість та достовірність результатів дисертаційної роботи забезпечено використанням апробованих методик досліджень: атомно-силової та растрової електронної мікроскопії, оптичної спектроскопії, дослідження пористості за допомогою методу газової адсорбції. Аналіз отриманих даних виконано у рамках відомої та загальноприйнятої моделі фотоциклу, яка відображає функціонування молекули бактеріородопсину. Результати

досліджень опубліковано у фахових наукових виданнях, вони у достатній мірі представлені на всеукраїнських та міжнародних конференціях.

Дисертаційну роботу написано згідно з вимогами до оформлення такого плану робіт. Вона містить вступ, у якому представлено мотивацію досліджень, обґрунтовано перспективність застосування об'єктів та визначено завдання дисертаційного дослідження, п'ять розділів (у першому з них проаналізовано властивості плівкових структур на основі бактеріородопсину, сформульовано постановку задачі й описано експериментальні методики досліджень, у другому описано фізико-технологічні умови створення тонкоплівкових структур на основі бактеріородопсину, у трьох наступних викладено результати оригінальних досліджень), висновки, список цитованої літератури та 6 додатків, у яких описано експериментальні методики. Загальний обсяг роботи – 187 сторінки, включаючи 100 рисунків та 18 таблиць, список цитованої літератури з 155 найменувань.

Робота містить чимало цікавих ідей та результатів, вона чітка за постановкою задач. До найбільш вагомих результатів можна віднести отримання плівкових структур високої оптичної якості на основі бактеріородопсину у матрицях, отриманих за допомогою золь-гельної технології і комплексне дослідження їх оптичних та структурних властивостей. Заслужовує на увагу дослідження залежності властивостей плівок від методів отримання бактеріородопсину, що дозволило покращити якість плівок на його основі. Цікавими видаються результати дослідження пористості плівок у різних матрицях, оскільки дані дослідження можуть бути використані в інших напрямках технології плівок. Цінним є встановлення закономірностей впливу вологості на властивості плівок у різних матрицях та порівняння отриманих результатів з літературними даними. Важливим представляється дослідження впливу аміаку на властивості плівок. Автором зроблено достатньо вдалу спробу проаналізувати процеси, які відбуваються у досліджуваних плівках, та пояснити отримані результати в рамках моделі фотоциклу. На основі отриманих даних запропоновано механізм взаємодії аміаку з бактеріородопсином, який пояснює отримані експериментально залежності. Оригінальною є ідея створення структур, що містять квантові точки в якості джерела випромінювання для запуску фотоциклу бактеріородопсину. Слід відмітити що, по суті, в даному випадку запропоновано принципово нову наноконструктивну структуру з нелінійними оптичними властивостями. Позитивним є той факт, що наведено не лише ідею, а й реалізовано методику отримання таких структур, проведено дослідження їх властивостей, наведено можливості прикладного використання.

У роботі чітко сформульовано мету і детально визначено завдання, зроблено огляд оптичних властивостей бактеріородопсину, наведено дані про його будову та функціонування, проведено критичний аналіз сучасного стану експериментальних і теоретичних робіт у цьому напрямку. Дуже стисло, але цілком достатньо для оцінки їх високого рівня і можливостей, описано використані експериментальні методики. Всі експериментальні дані добре ілюстровані. Як видно з роботи, в рамках дисертаційного дослідження сконструйовано та виготовлено ряд сенсорних камер.

Комплекс виконаних вимірювань та їх результати представляють як безпосередній науковий інтерес та цінність для пояснення особливостей взаємодії бактеріородопсину з матеріалом матриці та різними домішками, властивостей плівок бактеріородопсину в різних матрицях та механізмів їх взаємодії з оточуючим середовищем, так і суто практичний інтерес – використання отриманих структур у біосенсоричі, а також можливість напрямленої зміни оптичних властивостей плівок для використання в інших напрямках оптоелектроніки.

У роботі є і деякі недоліки, зокрема:

1. Твердження про встановлення механізму взаємодії аміаку з бактеріородопсином ґрунтується, на нашу думку, на недостатньо переконливих аргументах і потребує подальших досліджень. Описаний механізм якісно пояснює експериментальні результати, однак був би значно переконливішим при проведенні розрахунків і кількісних оцінок.

2. Відомо, що у квантових точках порушується дія трансляційної симетрії і внаслідок просторового обмеження руху носіїв заряду змінюється спектр електронних станів, який стає істотно залежним від розміру об'єкта, зумовлюючи прояв специфічних квантово-розмірних ефектів у спектральних залежностях оптичних характеристик. Останні визначають особливості застосування напівпровідникових наносистем. Оптичні характеристики квантових точок суттєвим чином залежать від типу, хімічного складу та геометричного розміру, які можуть змінюватися при дії зовнішніх факторів, зокрема, при зміні тривалості й температури термообробки, тиску й опроміненні. На нашу думку, варто було навести характеристики квантових точок CdSe/ZnS (середній розмір та розподіл за середнім радіусом) і детально обґрунтувати використання саме таких структур, враховуючи особливості оптичних процесів у структурах "ядро-оболонка".

У роботі наведено результати досліджень процесів люмінесценції в квантових точках CdSe/ZnS. Однак у розділі 4.2, де описано результати досліджень впливу вологості та аміаку на властивості плівок БР з квантовими точками, наведено переважно якісні результати. Було б доцільним також проведення детального кількісного аналізу й оцінки відтворюваності параметрів плівок після припинення дії зовнішніх факторів. Такі результати дозволили б сформулювати більш точну кількісну картину процесів, які відбуваються у даних зразках.

3. Одним з аспектів практичного використання результатів дослідження декларується можливість створення на основі отриманих плівок різних сенсорів. Більшість переходів у молекулі БР є темновими і залежать від температури середовища. Яким чином температура буде впливати на процеси, описані в роботі, не цілком зрозуміло. Тому варто було провести такі дослідження.

4. У роботі зустрічаються випадки, коли відсутні посилання на першоджерела, у деяких підписах до рисунків наведено не всі характеристики (не вказано характеристики станів структури фотоциклу на рис. 1.4 та збільшення на рис. 2.41 та 2.42) або використовується англійська мова (рис. 2.33, 3.19, 3.20), є невиправлені помилки, певні русизми, незрозумілі терміни (на 17

шення на рис. 2.41 та 2.42) або використовується англійська мова (рис. 2.33, 3.19, 3.20), є не виправлені помилки, певні русизми, незрозумілі терміни (на 17 сторінці – "дикий тип" синіх мембран) та інші технічні огріхи, які суттєвим чином не впливають на якість оформлення роботи.

Однак зазначені вище недоліки носять незначний характер і не можуть вплинути на загальну високу оцінку дисертаційної роботи Трикура І. І.


Результати досліджень можуть бути використані як довідникові для даного класу матеріалів, корисні для дослідників і розробників конструкторських робіт, зокрема, в Інституті проблем матеріалознавства НАН України, Інституті прикладної оптики НАН України, Інституті фізики НАН України, Інституті фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України, Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича, Інституті проблем реєстрації інформації НАН України та інших установах.

Зазначимо, що дисертація Трикура І. І. представляє собою завершену науково-дослідну роботу, яка, розв'язуючи конкретні актуальні задачі фізики плівкових структур на основі фотохромних матеріалів з діелектричними властивостями, вносить вагомий вклад у розуміння природи досліджуваних процесів. Результати її мають фундаментальне значення, а також, без сумніву, корисні для прикладних розробок на базі досліджуваних матеріалів. Відзначимо, що автореферат оформлений згідно чинних вимог і повністю відображає зміст дисертації.

#### **Висновок:**

представлена дисертаційна робота **"Одержання плівкових структур на основі бактеріородопсину та дослідження впливу вологості й аміаку на їх оптичні характеристики"**» цілком відповідає затвердженню Постановою Кабінету Міністрів України від № 567 24 липня 2013 року вимогам Департаменту атестації кадрів МОН України щодо кандидатських дисертацій, а її автор, Трикур Іван Іванович, безумовно, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків.


Офіційний опонент,  
завідувач відділу матеріалів  
функціональної електроніки  
Інституту електронної фізики НАН України,  
доктор фізико-математичних наук

 Гомоннай О.В.

Підпис Гомонная Олександра Васильовича  
засвідчую

Вчений секретар

Інституту електронної фізики НАН України,  
кандидат фізико-математичних наук

 Торич З.З.

16.10.2015

