

ВІДЗИВ

офіційного опонента

на дисертаційну роботу ПЕТРИШАКА Василя Степановича
«Розроблення високочутливих оптичних сенсорів шкідливих газів
(SO₂, NO₂ та CO₂) на основі рідкокристалічних речовин,
допованих вуглецевими нанотрубками»,
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.27.01 – твердотільна електроніка

Розробка нових типів оптичних сенсорів є однією з важливих задач сучасної твердотільної електроніки. Актуальність поставлених задач пов'язана як з конкретною проблемою детектування шкідливих газів в атмосфері (що має велике значення з точки зору проблем екології), так і з використанням сенсорним матеріалом – нанокомпозитами на основі рідких кристалів та вуглецевих нанотрубок. Розробкам і дослідженням матеріалів такого типу присвячено десятки робіт тільки за останні 1-2 роки, і, окрім іншого, рецензована робота є вельми цікавою і з точки зору сучасної нанофізики та нових нанотехнологій. Робота В.С.Петришака є однією з небагатьох, в якій зроблено досить вдалу спробу творчого поєднання цих напрямків пошуку. Тому актуальність і практична важливість цієї роботи не викликає жодних сумнівів. Дослідження властивостей РК-систем (які теж можна вважати певним різновидом «твердого» чи «м'якого» тіла) в роботі В.С.Петришака чітко підпорядковані задачі створення нових електронних пристроїв, тому безумовною є повна відповідність дисертації спеціальності 05.27.01 – твердотільна електроніка.

Дисертація В.С.Петришака складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Перший розділ містить огляд літератури та виклад сучасного стану розробок сенсорів шкідливих газів. На початку автор дає короткі відомості про основні гази, які звичайно розглядаються як об'єкти екологічного контролю, і далі аналізує характеристики існуючих приладів для контролю концентрації газів у повітрі. Окремо описано оптичні газові сенсори, і дуже детально викладено відомості про газові сенсори на основі нанотрубок, а також сенсори на основі рідких кристалів, допованих наночастинками. Відзначено, що найбільш перспективним підходом тут є використання холестеричних рідких кристалів внаслідок високої чутливості їх спектрів пропускання до дії зовнішніх факторів. Далі є вельми цікавий аналіз можливих

функціональних схем оптичних сенсорів газів. Завершується розділ короткими підсумками, на основі яких сформульовано задачі роботи.

В другому розділі описано вибрані рідкокристалічні речовини, а саме, так звані холестерико-нематичні суміші (ХНС). На відміну від традиційних для електрооптики індукованих холестериків, де концентрація хіральної домішки звичайно дуже мала, тут концентрації нематика і хірального компонента одного порядку. Цікавою ідеєю було розглядати спектр пропускання ХНС в цілому як такий, без розподілу на ділянки з переважною роллю поглинання та селективного відбивання. Це є дещо нестрогим з точки зору традиційної фізико-хімічної спектроскопії, але це виявилось дуже зручним для вирішення конкретної технічної задачі – реєстрації відгуку системи на дію внесених в систему газів. Далі описано використані в роботі вуглецеві нанотрубки, проілюстровано вплив нанотрубок на спектри пропускання та розглянуто їх адсорбційні властивості щодо окремих газів, а також дано опис методики вимірювання спектральних характеристик та експериментальної установки.

Третій розділ присвячено результатам експериментів з впливу газів, абсорбованих рідкокристалічним середовищем, на спектри пропускання нематика 5СВ і холестерико-нематичних сумішей. Показано, що перехід до ХНС дозволяє збільшити чутливість принаймні вдвічі. Ще більш вираженим є цей ефект за наявності в системі диспергованих нанотрубок. Віднайдено, що за певних умов смуги поглинання та селективного відбивання зливаються в єдину широку смугу. Окрім практичного значення для детектування газів, цей результат становить досить цікавий випадок з точки зору оптики рідких кристалів і наводить на думки про постановку подальших експериментів фізичного характеру. Тут треба відзначити один непересічний, з моєї точки зору, результат – чутливість систем з багатостінковими вуглецевими нанотрубками, за інших подібних умов, помітно вища, ніж з одностінковими. Це взагалі один з дуже небагатьох випадків, коли рідкокристалічні дисперсії багатостінкових та одностінкових нанотрубок чимось істотно різняться між собою. Причиною цього розглядається менша кривизна поверхні багатостінкових нанотрубок, що полегшує адсорбцію молекул газів (тут було б цікаво знати, а що буде у випадку дисперсії графену?). Припущення про роль механізму фізичної адсорбції на нанотрубках підтверджується швидкою релаксацією – відновленням спектральних характеристик після припинення дії газу.

В четвертому розділі представлено конкретну реалізацію оптичного сенсора, що складається з джерела світла, активного елемента – сенсорного матеріалу на основі вищеописаних рідкокристалічних нанокомпозитів, фотоприймача (фотоперетворювача) та блоків обробки та відображення інформації. Дуже цікавим є використання як джерела

світла і фотоприймача систем двох типів: RGB-світлодіоди – активне середовище – фотоперетворювач, і навпаки - світлодіод – активне середовище – RGB-фотодіоди. Можлива і комбінація обох схем з використанням як RGB-світлодіодів, так і RGB-фотодіодів. Це забезпечує високу точність зчитування сигналу та можливість адаптації такого оптичного сенсора до конкретних умов роботи з тим чи іншим активним середовищем.

Оцінюючи роботу в цілому, треба особливо відзначити дуже чіткий і достатньо повний виклад методичних аспектів, особливо в плані суто «електронної» частини. Отримані результати, з точки зору фізики та фізичної хімії рідких кристалів, виглядають вповні переконливими і мають чітку наукову інтерпретацію. Досвід роботи опонента з рідкокристалічними системами для сенсорів дозволяє вважати результати дисертації достатньо надійними, і в цілому достовірність результатів роботи не викликає сумнівів.

Високою є також і ступінь наукової новизни роботи. Низку важливих результатів було отримано вперше, пріоритет автора чітко засвідчено у відповідних публікаціях у фахових виданнях, в тому числі закордонних. Результати роботи пройшли апробацію на багатьох представницьких наукових конференціях, де вони викликали значний інтерес і здобули схвальну оцінку науково-технічної спільноти, а здобувач В.С.Петришак виявив себе як вповні сформований фахівець.

Певна річ, що така об'ємна, змістовна і ґрунтовна робота не може не викликати багатьох питань і дає привід для низки зауважень.

1. Огляд літератури, наведений в роботі, не є достатньо повним. Автор детально і вичерпно проаналізував існуючі конструкції та схеми оптичних сенсорів, а також використання вуглецевих нанотрубок для детектування шкідливих газів. Проте недостатньо уваги приділено отриманню та властивостям композитних матеріалів на основі рідких кристалів і диспергованих наночастинок.

2. В продовження цього зауваження треба сказати, що в роботі занадто стисло описано методику диспергування нанотрубок в рідкокристалічній матриці. Не охарактеризовано гомогенність та стабільність отримуваних дисперсій, і не приділено уваги важливій проблемі, яка в цілому гальмує широке практичне застосування таких композитних матеріалів – схильності вуглецевих нанотрубок до агрегації. Тут можна вказати на можливу суб'єктивну причину – використання холестеричних рідких кристалів, а не нематичних, завдяки наявності спіральної структури як раз і є важливим чинником стабілізації дисперсій (хоча на цю обставину треба було звернути увагу).

3. На рис.8 (стор.10) автореферату, а також на рис.2.2 (стор.49) та 3.1 (стор.67) дисертації наведено спектр пропускання 5СВ, який не зовсім відповідає відомим літературним даним. Є певний сумнів, чи можна тут говорити про чіткий мінімум пропускання. Можна припустити, що це пов'язано з використанням не стаціонарного спектрофотометра, а відповідного портативного пристрою USB-2000, точність якого в цій спектральній області може бути меншою. Проте ця помилка реально не впливає на сутність отриманих результатів – описані в роботі ефекти зсуву елементів спектра, безумовно, мають місце, їх реєстрація та інтерпретація в цілому коректна.

4. На рис.3.25, 3.26 (стор.84,85 дисертації) бажано було б, для наочного порівняння внеску нанотрубок на зсув спектральних параметрів, навести також і результати для аналогічних умов з тією самою матрицею, але без нанотрубок.

5. Формулювання висновків роботи та пунктів новизни виглядають дещо розтягнутими. Хоча вони не викликають заперечень по суті, бажано було б більш чітко виокремити найбільш важливі моменти.

Ці зауваження, безумовно, не є істотними і не знижують загальну високу оцінку роботи.

Дисертація В.С.Петришака виконана на високому науковому і науково-технічному рівні, основні результати є новими, висновки – обгрунтованими, вони мають істотне значення як з точки зору перспектив розвитку твердотільної електроніки, так і з точки зору розвитку фізичних основ створення нових матеріалів для електроніки. Розроблені в дисертації нові оптичні сенсори мають чітку перспективу їх практичного застосування.

Результати роботи можуть бути використані як в установах і підприємствах, де розробляють і виготовляють оптичні сенсори, так і в лабораторіях, що проводять дослідження та конкретні розробки рідкокристалічних матеріалів, наноматеріалів та пристроїв на їх основі (Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, м.Харків, відділення хімії функціональних матеріалів ДНУ НТК «Інститут монокристалів», м.Харків, Інститут фізики НАН України, м.Київ, Інститут біологічної хімії НАН України тощо).

Практичне значення дисертації полягає, зокрема, і в тому, що запропонована автором методика експрес-аналізу спектральної чутливості оптоелектронних сенсорів на триканальних RGB-світлодіодах та фотоперетворювачах може бути застосована не тільки для детектування шкідливих газів, але також і в низці інших приладів – для детектування біологічно активного ультрафіолету, іонізуючих випромінювань тощо, де природним кроком може бути використання аналогічного принципу реєстрації та обробки сигналів.

Дисертація В.С.Петришака «Розроблення високочутливих оптичних сенсорів шкідливих газів (SO₂, NO₂ та CO₂) на основі рідкокристалічних речовин, допованих вуглецевими нанотрубками» в сукупності вирішують важливу задачу сучасної твердотільної електроніки – створення оптичних сенсорів шкідливих газів в атмосфері на основі нового класу композитних матеріалів – дисперсій вуглецевих нанотрбок в рідких кристалах. Автореферат адекватно відображає зміст дисертації, ознак плагіату не виявлено. Дисертація повністю задовольняє вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Кабінетом Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567, із змінами, внесеними згідно із Постановами КМ № 656 від 19.08.2015 р. та № 1159 від 30.12.2015 р. які висуваються до кандидатських дисертацій. Її автор – Петришак Василь Степанович – безумовно, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.27.01 – твердотільна електроніка.

Офіційний опонент



Л.М.Лисецький

доктор фізико-математичних наук,
професор,
провідний науковий співробітник
відділу молекулярних і гетероструктурованих
матеріалів Інституту скінтіляційних
матеріалів НАН України

Підпис Л.М.Лисецького засвідчую:

Вчений секретар ІСМА НАН України
к.т.н.



Ю.М.Дацько