

ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу САМОЙЛОВА Олександра Миколайовича
«Прояви структурних факторів в оптичних та електрофізичних
властивостях рідкокристалічних дисперсій вуглецевих нанотрубок»,
подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних
наук за спеціальністю 01.04.05 – оптика, лазерна фізика

Бурхливий розвиток сучасної мікроелектроніки значною мірою пов'язаний зі створенням нових оптичних матеріалів, які забезпечують модуляцію оптичних властивостей під дією електричних сигналів, або, навпаки, перетворення випромінювань оптичного діапазону в електричні сигнали апаратного відгуку. В обох випадках широко використовують унікальні оптичні властивості рідких кристалів (РК), на яких значною мірою базується сучасна технологія дисплеїв. Одним з напрямків покращення оптичних і електрооптичних характеристик РК є внесення до їхньої анізотропної молекулярної структури різноманітних наночастинок, зокрема, вуглецевих нанотрубок. При вирішенні цих задач фундаментально важливим є глибоке розуміння особливостей утворюваних таким чином середовищ з точки зору фізичної оптики. Складна надмолекулярна будова тонкого шару рідкокристалічної системи в комірці призводить до складної оптичної картини, що формується із внесків від пропускання, поглинання, розсіювання (на наночастинках і на власних дефектах РК-структури), що використовується при створенні дифракційних ґраток, оптичних затворів, фазових модуляторів тощо. Окремий інтерес викликають холестеричні РК, в яких спіральне закручування надмолекулярної структури призводить до низки різноманітних оптичних ефектів, зокрема, до селективного відбивання світла з правою чи лівою циркулярною поляризацією в діапазоні довжин хвиль, що визначається кроком і напрямком закрутки спіралі та показниками заломлення РК матеріалу. На цій основі, зокрема, можлива реалізація лазерів на барвниках з розподіленим зворотним зв'язком і можливістю перестроювання частоти генерації. Тому тема дисертації О.М.Самойлова є достатньо актуальною і практично важливою. Не викликає сумніву також і відповідність дисертації спеціальності 01.04.05 – оптика, лазерна фізика.

У вступній частині дисертації (анотація, вступ) дисертант чітко сформулював актуальність, мету і задачі роботи та привів конкретний і змістовний виклад основних результатів, новизни та наукового і практичного значення роботи.

У першому розділі проведено ґрунтовний аналіз сучасного стану досліджень рідкокристалічних дисперсій наночастинок, які розглядаються як перспективні оптичні матеріали, підсумовано основні уявлення про хімічну будову відповідних речовин, важливі для подальшого викладу. Описано будову і наведено класифікацію вуглецевих нанотрубок (ВНТ) та ексфолійованих частинок органічних глини як наночастинок з різними типами анізотрії. Окреслено основні напрямки досліджень дисперсій наночастинок та сформульовано задачі, вирішення яких є необхідним для забезпечення можливості подальшого застосування таких матеріалів.

Другий розділ дисертації присвячено опису об'єктів та методів досліджень. Обґрунтовано вибір конкретних речовин, що утворюють РК-фазу, та окремих типів ВНТ та органічних глини для використання в подальших дослідженнях. Основну увагу приділено оптичному методу характеристики композитних матеріалів з диспергованими наночастинами, який базується на аналізі відповідності оптичного пропускання із законом Бугера-Ламберта-Бера – відхилення розглядаються як ознаки певних особливостей структурного впорядкування в системі. Спектрофотометричні дослідження доповнено оптичною мікроскопією, а також іншими методами фізико-хімічного аналізу, що звичайно застосовуються до таких систем (зокрема, диференціальна скануюча калориметрія) і вимірювання електрофізичних властивостей, що є важливими з точки зору застосувань в електрооптиці.

Основним змістом третього розділу був розгляд спектрів пропускання дисперсій одностінкових і багатостінкових ВНТ з метою визначення різниці між їхніми оптичними властивостями. Як це не дивно, але до робіт О.М.Самойлова таких порівняльних досліджень в літературі не було – більшість авторів використовували той чи інший тип ВНТ просто як певний приклад. В цих роботах вперше показано, що в нематичній фазі ефективний коефіцієнт екстинкції одностінкових та багатостінкових ВНТ відрізняється щонайменше в три рази. Отримані закономірності підтверджено також діелектричними вимірюваннями. Цікавим з точки зору потенційних практичних застосувань є результат про можливість визначення оптимального інтервалу товщин (10-50 мкм), в якому виконується лінійність оптичної густини з концентрацією ВНТ і не відчутні супровідні негативні ефекти розупорядкування.

У четвертому розділі досліджено вплив наночастинок на оптичні властивості холестеричних РК-систем. Холестеричні РК, окрім унікальної властивості селективного відбивання світла з його розподілом на право- і ліво поляризовані циркулярні компоненти, характеризуються також багатством своїх текстурних впорядкувань з виникненням відповідних топологічних дефектів. Принциповим новим результатом є встановлення

умов, коли в холестеричних РК-системах, на відміну від нематичних, оптична густина зі збільшенням концентрації ВНТ зростає істотно нелінійно, проходячи через мінімум в певному інтервалі концентрацій ВНТ. Для пояснення цього явища запропоновано модель, що базується на уявленнях, з одного боку, про утворення агрегатів ВНТ, а з іншого – про зосередження ВНТ на топологічних дефектах структури, що чітко виявляється в оптичній мікроскопії. Цікавим є застосування алгоритму Хошен-Копельмана для аналізу отриманих мікрофотографій утворюваних текстур РК-фаз за наявності диспергованих наночастинок.

Ще однією цікавою частиною роботи є дослідження РК-систем, де диспергованими наночастинами слугують ексфолійовані диски органоглин типу лапоніту в тих самих умовах, в яких досліджено системи з ВНТ. Це дозволило встановити подібності і відмінності в поведінці систем з видовженими і дископодібними наночастинами, що теж фактично було зроблено вперше.

У п'ятому розділі на основі проведених досліджень запропоновано схему нового «фотоелектрооптичного» ефекту. Віднайдено умови, за яких певний склад РК-матриці призводить до зниження порогової напруги переходу Фредерікса за умови УФ-опромінення комірки. Механізм цього ефекту потребує подальших досліджень, але, без сумніву, можливість використання ВНТ для одночасної зміни оптичних і електрофізичних характеристик РК під дією оптичного опромінення є цікавим результатом.

Характеризуючи роботу в цілому, треба відзначити оригінальність підходу автора, який зумів творчо поєднати методи і підходи з різних напрямків, що дозволило плідно поєднати дослідження оптичних властивостей РК-дисперсій наночастинок з виходом на висновки щодо їхнього надмолекулярного впорядкування. Отримані результати добре узгоджуються з класичними уявленнями як оптики анізотропних середовищ, так і фізики рідких кристалів. Це дозволяє вважати результати роботи цілком обґрунтованими, надійними і достовірними. Матеріал дисертації чітко і логічно викладений державною мовою, істотних зауважень до оформлення немає.

Не викликає сумнівів також і наукова новизна роботи. Низку важливих результатів було отримано вперше. Серед найважливіших результатів слід відзначити виявлення істотно різної поведінки оптичного пропускання дисперсій одностінкових та багатостінкових ВНТ та порівняльний аналіз оптичного пропускання РК-систем з наночастинами якісно різної анізотропії. Цікавим є спостереження, яке вказує на те, що збільшенні концентрації, що супроводжується утворенням агрегатів ВНТ, приводить до зникнення маслянистих боріздок. Важливо також відзначити, що застосування цифрових методів аналізу оптичних мікроскопічних зображень дало змогу побудувати модель, яка пояснює появу мінімуму на концентраційній залежності оптичного пропускання в системі

ХРК+ВНТ. На особливу увагу заслуговує те, що саме завдяки застосуванню оптичних методів було виявлено особливості перегрупування наночастинок зі зміною їхньої концентрації в холестеричній матриці.

Вклад автора у дослідження з даної тематики підтверджено десятьма публікаціями у фахових виданнях, 4 з яких входять до міжнародної бази SCOPUS та внесені до кватилів Q1 та Q2 за міжнародною класифікацією наукових видань SCImago Journal. Результати роботи пройшли успішну апробацію на наукових конференціях.

Серед недоліків слід зазначити наступне.

1. У першому розділі дисертації приводяться відомості про класифікацію рідких кристалів та властивості основних РК фаз. На мою думку, ця інформація є надлишковою. Вона не є необхідною для розуміння суті дисертації спеціалістами. Підпункт 1.3 про смектичні РК взагалі не має відношення до теми роботи. Тим більше, що таку інформацію легко знайти у величезній кількості підручників. Кандидатська дисертація є кваліфікаційною роботою, а тому повинна містити відомості, які відповідають її рівню. Інформацію, викладену на семи сторінках у п.п. 1.1-1.4 слід було обмежити, в крайньому разі, одним коротким підпунктом. До того ж, намагаючись подати власні формулювання такої загальновідомої інформації, автор допускає неточності. А саме: в другому абзаці підпункту 1.1 на сторінці 25 сказано: “РК фаза характеризується певним орієнтаційний і трансляційним упорядкуванням, що обумовлює її властивості.” Не всі РК фази мають трансляційне упорядкування. Нематик є найпростішим прикладом. Крім того, на Рис. 1.1 смектики та холестерик показані, як такі, що побудовані із кристалічних шарів із трансляційним упорядкуванням в шарі, що не відповідає дійсності. Зрозуміло, що такі неточності є результатом надто схематичного представлення, але намагання спростити побудову схематичного зображення не повинні вводити в оману читача.
2. На сторінці 19 у другому абзаці вступу сказано, що “Сфери застосування таких композитів фактично безмежні...”, а в останньому абзаці на сторінці 35, що “Сьогодні існує безліч методів отримання ВНТ”. Це явні перебільшення; такі заяви краще залишити для журналістів”.
3. У підписі до Рис. 9 в авторефераті вказано, що “Різна інтенсивність сірого відповідає різним кластерам дефектів”, однак нічого не сказано про те, чому відповідають кольори, хоча в тексті дисертації (перша стрічка на сторінці 96) відповідне пояснення є.

4. Твердження про те, що “питома поверхня ОСВНТ значно більша, ніж у БСВНТ...” (останній абзац на сторінці 71) потребує пояснення. Схематичне зображення багатостінкової ВНТ поряд із одностінковою могло б бути таким поясненням.
5. Факт зникнення “маслянистих боріздок” при вищих концентраціях ВНТ сам собою є цікавим спостереженням, а тому шкода, що автор навіть не спробував запропонувати механізму цього ефекту, використовуючи наявні в літературі моделі маслянистих боріздок, як сукупності крайових дислокацій. До речі, в літературі розрізняють широкі та вузькі маслянисті боріздки, які легко розпізнати, наприклад, на Рис. 4.13 для концентрації 0.2%. Але автор про це не згадує. Різні типи маслянистих боріздок та їхні трансформації в шаруватих РК таких, як холестерик та смектик пояснюються різними режимами деформації шарів в термінах крайових дислокацій з малими та гігантським векторами Бюргерса в залежності від радіуса кривизни шарів. Автору вартувало спробувати розібратися в моделях дефектів, у тому числі маслянистих боріздок в холестериках.
6. В авторефераті в підписі до Рис. 3 вказано, що крива 1 відповідає нематичній фазі, а крива 2 – ізотропній, але самі позначення 1 та 2 на рисунку відсутні. В той же час в дисертації у підписі до цього ж рисунка під номером 3.11 вказано, що верхня крива відповідає нематичній фазі, а нижня – ізотропній. Подібні неточності, є і в підписах до Рис. 6 та 7 в авторефераті, що утруднює його читання.

7. Як і в кожній роботі-рукописі, в тексті дисертації присутні друкарські помилки: неузгодження відмінків, неточності перекладу з англійської, русизми і т.п.

Ці зауваження стосуються оформлення, не є істотними, а тому не знижують загальну високу оцінку роботи.

Дисертація О. М. Самойлова виконана на високому науковому рівні, низку важливих результатів отримано вперше, сформульовані висновки є повною мірою обґрунтованими. Внесок цієї роботи в розвиток науки є значним як з точки зору фундаментальних питань фізичної оптики в сенсі її застосувань до складних просторово-неоднорідних систем, так і для потенційних практичних застосувань – зокрема, для нових електрооптичних та оптоелектронних приладів, дія яких базується на оптичному керуванні структурою системи на молекулярному рівні. Результати роботи можуть бути використані в низці наукових установ (Інститут фізичної оптики МОН України, м. Львів, Національний університет «Львівська політехніка», Інститут фізики НАН України, м. Київ; Інститут біоколоїдної хімії НАН України, м. Київ, тощо).

Практичне значення дисертації полягає, зокрема, в тому, що отримані результати можуть бути використані для створення нових електрооптичних пристроїв на основі фотоелектричних ефектів, а також розширюють можливості застосування оптичних методів для досліджень колоїдних систем.

Дисертація Самойлова О.М. «Прояви структурних факторів в оптичних та електрофізичних властивостях рідкокристалічних дисперсій вуглецевих нанотрубок», подана на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук, повністю відповідає паспорту спеціальності 01.04.05 – оптика, лазерна фізика. Вона є завершеною самостійною науково-дослідною роботою, в якій вперше отримані нові науково обґрунтовані результати, які в сукупності вирішують конкретну важливу і актуальну задачу сучасної оптики – визначення проявів структурних факторів в оптичних властивостях рідкокристалічних дисперсій вуглецевих нанотрубок та наночастинок лапоніту.

Автореферат адекватно відображає зміст дисертації. Ознак плагіату не виявлено. Дисертація повністю задовольняє вимогам Порядку присудження наукових ступенів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567, які висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор – Самойлов Олександр Миколайович – безумовно, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.05 – оптика, лазерна фізика.

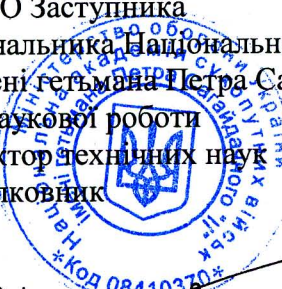
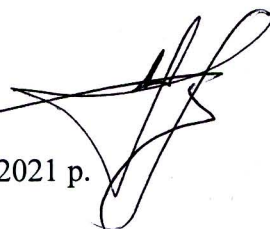
Офіційний опонент
доктор фіз.-мат. наук,
старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Наукового центру Сухопутних військ
Національної академії сухопутних військ
імені гетьмана Петра Сагайдачного,
працівник ЗС України



Ю. НАСТИШИН

Підпис Ю. НАСТИШИНА засвідчую

ТВО Заступника
начальника Національної академії сухопутних військ
імені гетьмана Петра Сагайдачного
з наукової роботи
доктор технічних наук
полковник

В. ГРАБЧАК

“ 21 ” Квітня 2021 р.