

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.

Актуальність теми дисертації. Серед об'єктів досліджень сучасної фізичної оптики помітне місце займають композитні матеріали на основі рідких кристалів (РК). Кількість наукових праць, присвячена дослідженню таких композитів, щороку збільшується, і все більше уваги надають використанню різноманітних компонентів (так званих допантів) для покращення характеристик електрооптичних та оптоелектронних пристроїв. Отримання та дослідження оптичних властивостей систем, що поєднують в собі як органічні молекули, так і неорганічні наночастинки (НЧ) з високою анізотропією, є актуальним завданням, яке вирішується в рамках дисертаційної роботи О.М. Самойлова.

Позитивним моментом роботи було використання для аналізу впливу наночастинок та вивчення особливостей їх взаємодії з РК-середовищем не лише загальновідомих модельних РК на зразок 5СВ, але також і спеціально приготовлених РК-систем, які містять в своєму складі як хіральні компоненти, які індукують спіральну структуру, так і фотоактивні. Дослідження процесів агрегації НЧ та залежностей оптичних властивостей РК суспензій як від різних типів вуглецевих нанотрубок (ВНТ), так і від наночастинок з різною анізотропією (стержнеподібні ВНТ та дископодібні пластини лапоніту (ЛПТ)) та отримання нових фотоелектрооптичних ефектів є актуальною науковою задачею, а також основою при створенні нових типів оптичних композитних матеріалів. Саме тому тема дисертаційної роботи, яка

присвячена дослідженню оптичних та електрофізичних характеристик РК-систем, є актуальною, важливою та відповідає спеціальності 01.04.05 – оптика, лазерна фізика.

У вступній частині дисертаційної роботи обґрунтовано вибір теми дослідження, її актуальність, мету та завдання, а також зв'язок із науковими програмами. Були представлені основні результати, їх апробація та новизна.

У першому розділі «Рідкокристалічні дисперсії анізотричних наночастинок (огляд наукової літератури)» проведено огляд літератури та показаний сучасний стан досліджень за темою дисертації. Розглянуті як окремі рідкі кристали, так і РК дисперсії з наночастинками різної анізотрії. Показані основні типи РК, будова та методи отримання наночастинок, які використовувались для досліджень. Проаналізовані області застосування оптичних матеріалів на основі РК і анізотричних нано- і мікροчастинок.

У другому розділі «Експериментальна техніка і методика досліджень» описані об'єкти дослідження та експериментальне обладнання і методи, які використовувались для вимірювання спектрів оптичного пропускання, визначення параметрів фазових переходів, дослідження структурних дефектів в РК-фазі та утворення агрегатів НЧ, визначення електрофізичних характеристик. Відпрацьована методика диспергування анізотричних наночастинок в рідкокристалічних матрицях та заповнення електрооптичних комірок для проведення експериментів.

У третьому розділі «Особливості оптичного пропускання рідкокристалічних дисперсій 5СВ + ВНТ в залежності від типу нанотрубок» були досліджені оптичні властивості рідкокристалічних дисперсій вуглецевих нанотрубок різної геометрії. Вперше продемонстровано залежність оптичних характеристик від структури ВНТ. Були проведені порівняльні дослідження оптичних та електрофізичних характеристик дисперсій 5СВ + ВНТ як для різних агрегатних станів системи, так і для різних товщин досліджуваних суспензій. Було встановлено, що концентраційний ряд оптичної густини суттєво залежить від типу ВНТ в

нематичному стані (системи що містять одностінкові вуглецеві нанотрубки (ОСВНТ) мають коефіцієнт екстинкції в 3 рази вищий, ніж багатостінкові (БСВНТ)) та фактично не відрізняється в ізотропному. Було запропоновано пояснення, що одностінкові ВНТ при рівних масових концентраціях мають більшу питому поверхню і як результат вносять більший вклад в процеси поглинання та розсіювання світла при рівномірному розподіленню всередині об'єму РК. В той же час, в ізотропному стані РК упорядкованість відсутня, відбувається процес агрегації ВНТ, і оптична густина системи стає фактично однаковою для всіх досліджуваних типів ВНТ. Це пояснення добре узгоджується з експериментальними даними та показує, що для подальших застосувань в оптоелектроніці пріоритетним вибором є саме ОСВНТ.

У четвертому розділі «*Оптичні властивості фотоактивних холестеричних РК-систем, допованих вуглецевими нанотрубками та лапонітом*» були розглянуті холестеричні рідкі кристали (ХРК) з фотоактивними компонентами. Тут автор дисертації досліджував вплив УФ-випромінювання на оптичне пропускання дисперсій ВНТ РК-система. Дисертантом показано, що оптична густина для систем на основі ХРК зі збільшенням концентрації ВНТ, на відміну від нематичних РК, які були ним розглянуті в третьому розділі, зростає нелінійно та має певний екстремум. Базовою РК матрицею слугувала суміш естерів холестерину М5, яка складала 25% РК-системи, та 75% фотоактивного азокси нематика ЖК440. Під дією УФ-опромінення молекули ЖК440 змінювали конформацію та переходили з *цис-* у *транс-* форму, завдяки чому отриманий екстремум зміщувався, а потім повертався у висхідне положення після УФ-опромінення через фільтр ЖС-10, який не пропускає короткохвильову область. Дисертантом була запропонована модель утворення аномального екстремуму, а також проведені в таких же умовах дослідження з наночастинками іншої природи, які дали можливість визначити подібність та відмінність оптичних властивостей системи в залежності від типу наночастинок.

У п'ятому розділі «*Фотоелектрооптичний перехід Фредерікса в азоксинематичних системах*» були досліджені системи, компоненти якої мають різний знак діелектричної анізотропії, що є важливим для практичного застосування. Завдяки цьому дисертантом було не лише отримано новий «фотоелектрооптичний» ефект, а й досліджено область компенсації діелектричної анізотропії та показано, що додавання ВНТ в певних умовах може пригнічувати флуктуації директора, тим самим стабілізуючи РК-систему та збільшуючи орієнтаційний порядок РК матриці, що є дуже важливим.

Наукова новизна роботи.

Ознайомившись з одержаними автором результатами, можна зробити висновок, що в дисертаційній роботі було проведено дослідження процесів взаємодії анізотричних наночастинок з РК-середовищем на високому науковому рівні. Хочу відзначити основні нові найбільш важливі, з моєї точки зору, результати роботи:

Вперше виявлено істотні відмінності між властивостями РК–суспензій вуглецевих нанотрубок різних типів та показано, що в нематичній фазі за однакової концентрації оптична густина суспензій ОСВНТ значно (в ~ 3 рази) вища за БСВНТ.

Встановлено, що концентраційна залежність оптичної густини систем ХРК+ВНТ має істотно нелінійний характер і, найосновніше, запропоновано модель пояснення цього ефекту.

Показано не лише відмінності, а й подібність в поведінці РК дисперсій з стрижнеподібними та дископодібними наночастинами.

Отримано новий фотоелектрооптичний ефект на основі переходу Фредерікса.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що отриманні в дисертаційній роботі результати щодо взаємодії РК з НЧ можуть бути використані при розробці нових композитних наноматеріалів для електрооптичних та оптоелектронних пристроїв. В дисертаційній роботі

показана можливість реалізації нового фотоелектрооптичного переходу Фредерікса, що відкриває широкі перспективи для використання азоксинематиків з від'ємною діелектричною анізотропією як матеріалів для оптичних пристроїв.

Результати роботи є важливими як для фундаментальних досліджень складних конденсованих середовищ методами фізичної оптики, так і для прикладних розробок нових електрооптичних та оптоелектронних пристроїв. Зокрема, вони можуть бути використані в Інституті фізики НАН України, Інституті біологічної хімії НАН України, Київському національному університеті ім. Тараса Шевченка.

Достовірність наукових результатів, обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій базується на використанні апробованих методів приготування досліджуваних зразків, застосуванні сучасного обладнання та методів досліджень, на всебічному аналізі експериментальних результатів та узгодженні між собою даних, одержаних різними методами.

Повнота опублікованих результатів дисертації

Основні результати дисертації опубліковано у 19 наукових працях, з них - 10 статей в журналах, які індексуються в міжнародній наукометричній базі Scopus (включно з 4 статтями в журналах 1-2 квартилей), та 9 публікацій за матеріалами конференцій.

Зміст автореферату відображає основні результати, положення, рекомендації та підсумкові висновки й повністю відповідає змісту дисертаційної роботи.

Зауваження щодо дисертаційної роботи. Природно, що дисертаційна робота має деякі недоліки, до яких можна віднести наступні:

- 1) В 3 розділі, на сторінці 69 (Рис. 3.1) розглядаються залежності оптичного пропускання від температури для ВНТ чотирьох типів, диспергованих в РК матриці 5СВ, а саме двостінкові ВНТ, «короткі» багатостінкові ВНТ, багатостінкові ВНТ та одностінкові ВНТ, а

розміри та чистота приведені лише для одностінкових та багатостінкових ВНТ. Не знаючи розмірів, не зовсім зрозуміло, така різниця в стрибку оптичного пропускання при нематико-ізотропному переході між «короткими» БСВНТ та БСВНТ викликана лише розмірами чи чистотою/фірмою-виробником.

- 2) В 4 розділі була використана суміш естерів холестерину М5 та фотоактивний азокси нематик ЖК-440 у співвідношенні 25:75 без попереднього пояснення вибору саме таких пропорцій РК. Хотілося б дізнатися чим зумовлений вибір саме цієї матриці в якості основного РК середовища для подальших експериментів.
- 3) У розділі 5, здобувач розглядає додавання ВНТ як метод стабілізації РК матриці через пригнічення флуктуацій директора, що пояснюється розташуванням переважної більшості молекул РК вздовж ВНТ, що призводить до зростання орієнтаційного порядку системи. Беручи до уваги результати досліджень, проведені в 4 розділі, де на певному етапі була проведена заміна ВНТ на лапоніт, було б цікаво дізнатися як може вплинути така заміна на систему ЖК440 + 5СВ.
- 4) В роботі є деякі невідповідності та незначні друкарські помилки. Так, на стор.113 та 116 замість ЖК440 вказано ZhK440; на рис.14 автореферату в позначенні на кривій вказана довжина хвилі 600 нм, а в підпису під рисунком – 800 нм; позначення на рисунках в авторефераті зроблено занадто дрібним шрифтом, що робить важким сприйняття таких рисунків та їх читання, тощо.

Проте перелічені недоліки не знижують актуальність, достовірність і оригінальність одержаних в дисертаційній роботі результатів, їх практичного значення та не ставлять під сумнів обґрунтованість основних положень, що виносяться на захист. Дисертаційна робота Самойлова Олександра Миколайовича «Прояви структурних факторів в оптичних та

електрофізичних властивостях рідкокристалічних дисперсій вуглецевих нанотрубок» в цілому є закінченим науковим дослідженням, а наукові та практичні результати мають усі ознаки обраної спеціальності 01.04.05 – оптика, лазерна фізика. За значенням результатів та обсягом матеріалу дисертація відповідає вимогам щодо кандидатських дисертацій.

Загальний висновок щодо роботи:

Враховуючи вищесказане, вважаю, що за актуальністю, рівнем обґрунтованості наукових положень, їх достовірністю, науковим рівнем, новизною та практичним значенням результатів, що виносяться на захист, дисертаційна робота Самойлова Олександра Миколайовича «Прояви структурних факторів в оптичних та електрофізичних властивостях рідкокристалічних дисперсій вуглецевих нанотрубок», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук, за спеціальністю 01.04.05 – оптика, лазерна фізика відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.05 – оптика, лазерна фізика.

Офіційний опонент,
кандидат фізико-математичних наук,
старший дослідник,
старший науковий співробітник
відділу оптичної квантової електроніки
Інституту фізики НАН України

 І. А. Гвоздовський

Підпис І.А. Гвоздовського засвідчую:



Підпис *І.А. Гвоздовського*

Засвідчую
начальник відділу
ІФ НАНУ

Табаромська О.Ю.