

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Томилка Сергія Валентиновича

**“Діелектричні, електрооптичні та структурні особливості
рідких кристалів з вуглецевими нанотрубками”,**

подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.15 – фізика молекулярних та рідких кристалів

В останні роки особливий інтерес викликають дослідження структури та властивостей наночастинок, нанокластерів та нанокомпозитів. Подібна увага до нанорозмірних систем пов'язана перш за все з спостереженням при їх дослідженні комплексу нових унікальних властивостей, що в свою чергу робить їх використання надзвичайно перспективним у сучасних новітніх нанотехнологіях. На сьогодні відомо, що при переході від макроструктур до мікроструктур, розмір яких лежить в нанометровому діапазоні, властивості речовини суттєво змінюються. Нанокластери в конденсованому стані характеризуються відмінними від макросистем механічними, електричними, магнітними та оптичними характеристиками, структурними та динамічними параметрами. Як показують сучасні дослідження, властивості наноструктур визначаються не тільки розмірами кластерів або наночастинок, а і способами їх організації. Способи організації таких наносистем залежать як від природи наночастинок, так і від способу їх отримання. З огляду на практичне застосування, особливе місце серед систем подібного типу займають системи на основі рідких кристалів.

Інтерес до вивчення дисперсійних систем на основі рідких кристалів та нанонаповнювачів пов'язаний з їх унікальними властивостями, на основі яких розроблений ряд функціональних матеріалів, наприклад, для дисплеїв та елементів пам'яті. Одним із популярних компонентів таких композитних систем є вуглецеві нанотрубки, які крім унікальних електричних та механічних властивостей характеризуються великою анізотропією форми. Останнє дозволяє легко переорієнтовуватись нанотрубкам при переорієнтації рідких кристалів, а отже дає широкі можливості для створення функціональних матеріалів з прогнозованими (регулюєними) властивостями. Крім того, навіть невеликий вміст нанотрубок може призводити до стрибкоподібної зміни (перколяція) тих чи інших властивостей. Тому дана дисертаційна робота, яка присвячена вивченню особливостей діелектричних, електрооптичних та структурних властивостей в

системах на основі нематичних рідких кристалів та вуглецевих нанотрубок в різних концентраційних режимах безумовно є актуальною.

Дисертаційна робота Томилка С.В. “Діелектричні, електрооптичні та структурні особливості рідких кристалів з вуглецевими нанотрубками” складається зі вступу, п’яти розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Вона викладена на 144 сторінках тексту, містить 47 рисунків і 2 таблиці. Список використаних джерел складається із 157 найменувань робіт вітчизняних та зарубіжних авторів. Основний текст дисертації складає 127 сторінок.

У вступі дисертації обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та задачі дослідження, показано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, коротко охарактеризовано стан проблеми.

У першому розділі дисертації детально описано об’єкти досліджень, методику виготовлення експериментальних зразків та методики експериментальних досліджень, зокрема, структурних, діелектричних, електрооптичних та магнітооптичних.

У другому розділі дисертації представлені результати діелектричних та структурних досліджень систем типу нематичний рідкий кристал/вуглецеві нанотрубки (НРК/ВНТ). Розглянуто еволюцію структури дисперсій в залежності від концентрації ВНТ. Запропоновано умовний поділ на декілька концентраційних режимів, кожен з яких характеризується певним типом самоорганізації. При дослідженні електропровідності виявлено, що кожен з концентраційних режимів характеризується відмінним від іншого механізмом провідності. Лінійну частину концентраційної залежності електропровідності було описано узагальненою формулою Максвелла. Електропровідність в перколяційній області інтерпретовано в рамках моделі “ядро-оболонка”.

У третьому розділі дисертації приведено результати досліджень електрооптичних властивостей композитів на основі нематичних рідких кристалів та вуглецевих нанотрубок. Представлено результати досліджень особливостей електрооптичного відгуку РК шарів при внесенні ВНТ. Особлива увага приділяється вивченню ефекту підсилення електрооптичної пам’яті. Виявлено, що умовою виникнення цього ефекту є зміна конфігурації сітки нанотрубок під дією електричного поля. Показано, що модифікування дисперсій за допомогою хіральных домішок може збільшити ефект пам’яті.

В четвертому розділі дисертації представлено результати досліджень впливу органомодифікованого лапоніту (ОЛП) на структурні, діелектричні та електрооптичні властивості систем НРК/ВНТ. Виявлено, що ОЛП є

структуруючим модифікатором для НРК/ВНТ суспензій, оскільки його введення поліпшує дисперсність нанотрубок, і запобігає інтенсивній агрегації останніх. Дослідження електропровідності в системі НРК/ВНТ/ОЛП виявили відсутність області перколяційного переходу в області концентрацій менше 0,3%. Дослідження електрооптичних властивостей показали, що збереження структури малих компактних агрегатів у широкому діапазоні концентрацій ВНТ у системах з лапонітом приводить до суттєвого покращення контрасту перемикачів.

П'ятий розділ дисертації присвячено дослідженню діелектричних властивостей та електрооптичного відгуку рідкокристалічних суспензій з наночастинками алмазу. Представлено результати досліджень електропровідності суспензій в залежності від іонної чистоти рідких кристалів. Показано, що для іонно-чистих РК систем спостерігається збільшення електропровідності із зростанням концентрації наноалмазів. Для систем же на основі іонно-збагачених РК спостерігається протилежна залежність. Виявлено, що на відміну від РКсуспензій з ВНТ, зміна електропровідності РК суспензій з наноалмазами не має виражених ознак перколяційного переходу та переважно залежить від інтенсивних процесів іонного обміну між рідким кристалом та наноалмазами.

Підсумовуючи аналіз змісту цієї дисертаційної роботи, можна виділити декілька важливих результатів, які і складають її наукову новизну:

- показано, що зміна структури у системах НРК/ВНТ в концентраційному ряду відбуваються у декілька етапів, кожен з яких характеризується певним типом самоорганізації;
- виявлено двостадійний характер електричної перколяції в системі НРК/ВНТ та запропоновано його пояснення в рамках моделі “ядро-оболонка”;
- виявлено, що умовою виникнення ефекту електрооптичної пам'яті в системах на основі нематичних рідких кристалів та вуглецевих нанотрубок є зміна конфігурації сітки нанотрубок під дією електричного поля;
- показано, що модифікування дисперсій за допомогою хіральных домішок може збільшувати ефект електрооптичної пам'яті;
- показано, що введення органомодифікованого лапоніту поліпшує дисперсність ВНТ в НРК та запобігає інтенсивній агрегації нанотрубок;
- досліджено діелектричні та структурні особливості РК суспензій, наповнених наночастинками алмазу;
- встановлено, що в РК суспензіях з наноалмазами концентраційна залежність електропровідності не має виражених ознак перколяційного

переходу та визначається процесами інтенсивного іонного обміну між компонентами.

Практичне значення отриманих результатів полягає, зокрема, у тому що в роботі досліджені особливості структуроутворення в системах НРК/ВНТ, що дає можливість оптимізувати характеристики рідкокристалічних систем для конкретних практичних застосувань. Висока ефективність електрооптичної пам'яті в суспензіях ВНТ в хіральних-нематичних РК та можливість керування нею за допомогою світла відкриває можливості застосувань таких матеріалів у елементах пам'яті та дисплеях.

До кандидатської дисертація Томилка С.В. є наступні зауваження.

1. У роботі відсутній окремий розділ, присвячений огляду теоретичних та експериментальних досліджень за темою дисертації.
2. Із тексту дисертації незрозуміло, із яких міркувань за електропровідність досліджуваних систем вибирались значення σ при частоті 1 кГц. Чи враховувались при цьому поляризаційні ефекти?
3. На рис. 2.3 (а) дисертації приведено концентраційну залежність електропровідності для системи РК/ВНТ. Для описання цієї залежності в перколяційній області було використано скейлінгову залежність. Однак отримані значення критичних індексів відрізняються від теоретичних. З чим це пов'язано?
4. На рис. 4.4 приведені концентраційні залежності систем НРК/ВНТ модифікованих ОЛП. Представлені залежності $\sigma(c)$ є лінійними. Відсутність перколяційної поведінки для цих систем пояснюється наявністю в таких системах непровідних пластинок лапоніту та слабкою агрегацією. Однак це не пояснює у повній мірі подібну поведінку провідності для систем типу діелектрик/провідник. Для повноти картини доцільно було б провести дослідження електропровідності для НРК/ВНТ суспензій модифікованих ОЛП у більш широкому концентраційному діапазоні.

Слід зазначити, що наведені зауваження не стосуються основних результатів дисертації і не впливають на її загальну позитивну оцінку.

Дисертаційна робота Томилко С.В. написана зрозуміло, оформлена згідно встановлених правил.

Дана робота характеризується необхідним ступенем новизни, наукової і практичної значимості.

Загальні висновки дисертації є достовірними, а автореферат повністю відбиває її зміст.

Результати досліджень опубліковано в 12 статтях в міжнародних фахових наукових журналах, а також 30 тезах доповідей, представлених на профільних наукових конференціях.

Вважаю, що в цілому, за обсягом проведених досліджень, їх якістю і новизною, а також практичною значимістю отриманих результатів дана дисертаційна робота відповідає основним вимогам “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 р. зі змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України №656 від 19.08.2015 р., №1159 від 30.12.2015 р., та №567 від 27.07.2016 р., а її автор, Томилко Сергій Валентинович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.15 – фізика молекулярних та рідких кристалів.

Офіційний опонент:

доктор фізико-математичних наук, професор,
завідувач відділу фізики полімерів,
заступник директора з наукової роботи
Інституту хімії високомолекулярних сполук
НАН України

В.В. Клепка

Підпис В.В. Клепка засвідчую

Учений секретар

Інституту хімії високомолекулярних сполук
НАН України, кандидат хімічних наук,
старший науковий співробітник

В.Л.Будзінська