

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ФІЗИКИ

*На правах рукопису*

Глущенко Анатолій Володимирович

**ЕЛЕКТРООПТИЧНІ ЕФЕКТИ ТА СТРУКТУРНІ  
ОСОБЛИВОСТІ СУСПЕНЗІЙ АЕРОСИЛУ  
В РІДКИХ КРИСТАЛАХ**

*01.04.15 - фізика молекулярних і рідких кристалів*

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата фізико-математичних наук

Київ - 1996

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в **ЛННБ України ім.В.Стефаника**



00760743 (R)

Наукові керівники:

доктор фізико-

Юрій Олександрович **РЕЗНИКОВ**

кандидат фізико-математичних наук

Олег Васильович ЯРОЦУК

Офіційні опоненти:

доктор фізико-математичних наук,

член-кореспондент НАН України

Борис Олексійович НЕСТЕРЕНКО

кандидат фізико-математичних наук

Василь Володимирович СЕРГАН

Провідна організація: Національний університет ім. Т.Шевченка.

Захист дисертації відбудеться "30" 01 1997р. о 14<sup>30</sup> год. на  
зісіданні спеціалізованої Вченої ради К.01.96.02 при Інституті фізики  
НАН України (252650, Київ-22, проспект Науки, 46).

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Інституту  
фізики НАН України.

Автореферат розісланий "28" 12 1996р.

Вчений секретар

спеціалізованої Вченої ради

О.В.Пржонська

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.

Актуальність теми. Загально відомо, що властивості рідкокристалічних (РК) шарів суттєво залежать від стану обмежуючих твердих поверхонь. Саме тому вивчення взаємодії РК з поверхнею твердих тіл є надзвичайно актуальною проблемою фізики рідких кристалів. Система рідкий кристал - аеросил, як і інші гетерогенні системи, характеризується великою поверхнею дотику рідкокристалічної та твердої фаз, що дає можливість легко вирізати поверхневі ефекти. При цьому стан твердої поверхні можна змінювати, використовуючи аеросил з різною хімічною модифікацією поверхні. З іншого боку, суспензія РК-аеросил, завдяки наявності ефекту електрокерowanego розсіяння, може знайти широке застосування як робочий матеріал для рідкокристалічних дисплеїв, світломодуляторів та інших пристроїв. Одержання потрібних для таких застосувань параметрів вимагає вивчення залежності характеристик суспензії від властивостей окремих компонент, характеру їх взаємодії, структурної організації фаз в системі. Таким чином, актуальність досліджень системи РК-аеросил містить в собі як чисто науковий, так і прикладний аспект.

Метою роботи було із залученням незалежних експериментальних методів вивчити поведінку суспензії РК-аеросил у зовнішньому електричному полі, дослідити залежності параметрів електрооптичного відгуку системи як від характеристик компонент системи, так і від параметрів електричного поля. На основі цих досліджень запропонувати модель, що описує структуру системи та її трансформацію в зовнішньому полі.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що в ній вперше:

1. Проведено систематичні дослідження залежності характеристик електрооптичного відгуку суспензій нематичний рідкий кристал-аеросил

(залежності пропускання системи від прикладеної напруги та її частоти) в широкому діапазоні концентрацій аеросилу для різних типів суспензій.

2. Отримано ІЧ спектри гетерогенної системи рідкий кристал-аеросил та показано, що спектри суспензій є неадитивними по відношенню до спектрів компонент системи. Досліджено вплив концентрації аеросилу та напруги зовнішнього електричного поля на характер спектру ІЧ поглинання суспензії.

3. Методами ІЧ спектроскопії показано, що взаємодія між молекулами рідкого кристалу та поверхнею аеросилу обумовлена взаємодією поверхневих ОН-груп аеросилу з  $\pi$ -електронними хмарами бензолних кілець молекули рідкого кристалу.

4. Отримано акустичні спектри гетерогенної системи рідкий кристал-аеросил. Встановлено, що надлишкове поглинання суспензій по відношенню до чистого рідкого кристалу обумовлено агрегацією аеросилу в суспензії.

5. Отримано залежності поглинання та швидкості звуку в суспензії від концентрації аеросилу в діапазоні 2,5МГц-1800МГц. Оцінено ступінь агрегації та розміри агрегатів аеросилу в суспензії.

6. Запропонована модель агрегатної структури аеросилу в рідкому кристалі та її трансформації у зовнішньому електричному полі. Модель пояснює отримані експериментальні результати.

7. Реалізовано систему двохчастотний рідкий кристал-аеросил та досліджено її характеристики. Результати можуть бути використані для побудови пристроїв відображення інформації з двохчастотною адресацією.

#### Практична цінність роботи:

1. На основі проведених досліджень наповнених нематиків була показана можливість створення на їх основі керованих електричним полем пристроїв відображення інформації з часом оптичного відгуку  $t_{op} \approx 1$  мс,

контрастом 1:100 і більше, керуючою напругою  $U \geq 20$  В при товщині робочого шару 10 мкм.

2. Показана можливість ціленапрявленого прогнозування властивостей таких систем, виходячи з властивостей використаних рідких кристалів та аеросилів.

Положення, які виносяться на захист.

1. Характеристики ефекту пам'яті суспензії можуть контролюватися як за допомогою зміни концентрації аеросилу, так і зміни параметрів електричного поля. При збільшенні концентрації аеросилу спостерігається послідовність трьох режимів електрооптичного відгуку; дві області реверсивного відгуку та область ефективної пам'яті. Ширина та положення цих областей концентрації залежать від типу аеросилу. Збільшення частоти зовнішнього поля призводить до зменшення ефективності пам'яті, а збільшення напруги призводить до збільшення ефекту.

2. Неадитивність ІЧ спектрів суспензії відносно спектрів компонент системи обумовлена взаємодією РК і аеросилу, а саме утворенням водневих зв'язків між поверхневими ОН-групами аеросилу та бензольними кільцями молекул РК. Збільшення взаємодії аеросил-РК за рахунок збільшення концентрації водневих зв'язків призводить до зростання параметру електрооптичного ефекту пам'яті.

3. В області досліджених концентрацій аеросилу суспензія РК-аеросил являє собою систему окремих агрегатів аеросилу, які взаємодіють один з одним через рідкокристалічне середовище. Ефект пам'яті системи обумовлений взаємною стабілізацією орієнтованих електричним полем агрегатів аеросилу та РК за рахунок орієнтаційної пружності рідкокристалічної матриці та зчеплення РК з поверхнею агрегатів.

Внесок автора. Автор брав участь у постановці задач, розглянутих у дисертації. Електрооптичні дослідження, а також дослідження системи

методами інфрачервоної та ультразвукової спектроскопії проводились або особисто автором, або разом із співавторами відповідних робіт. Автор брав рівноправну участь в обговоренні одержаних результатів та розробці теоретичної моделі.

Достовірність результатів зумовлена контролем точності вимірювань і обчислень на комп'ютері, використанням сучасних мікроскопічних, оптичних, акустичних та спектральних методів вимірювань, повторюваністю результатів при різнотипних дослідженнях, відповідністю експериментальних результатів результатам інших авторів. Крім цього, в кожному конкретному випадку вивчались не поодинокі об'єкти, а їх масиви.

Апробація роботи. Матеріали дисертації доповідались на Першій Україно-Американській школі з фізики та хімії поверхні (Київ, 1994), XIII Міжнародній конференції з хімії поверхні твердих тіл (Київ, 1994), XIX Міжнародній конференції по рідких кристалах (Будапешт, 1994), Різдвяній конференції по рідких кристалах (Київ, 1994), Міжнародній школі-конференції "Електронні процеси в органічних матеріалах" (Київ, 1995), XXIX Міжнародній конференції по спектроскопії (Лейпціг, 1995), 50 Міжнародному симпозиумі з молекулярної спектроскопії (Огайо, 1995), XII Республіканській школі-семінарі "Спектроскопія молекул та кристалів" (Ніжин, 1995), XI Міжнародній конференції "Горизонти водневих зв'язків" (Вільнюс, 1995), VI Міжнародній конференції по оптиці рідких кристалів (ля Туке, 1995), 3-й Національній конференції з молекулярної спектроскопії (Вроцлав, 1996), Міжнародній конференції по водневих зв'язках (Щецін, 1996), 16 Міжнародній рідкокристалічній конференції (Кент, 1996), а також на семінарах відділу фізики кристалів Інституту фізики НАН України.

Публікації. На тему дисертаційної роботи опубліковано та прийнято до друку 14 праць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ.

У вступі приведений короткий огляд гетерогенних рідкокристалічних систем, які широко досліджуються останнім часом<sup>1-4</sup>. Обґрунтована актуальність дослідження суспензії аеросил-рідкий кристал, вказано мету роботи, сформульовані наукова новизна, практична цінність роботи і положення, які виносяться на захист.

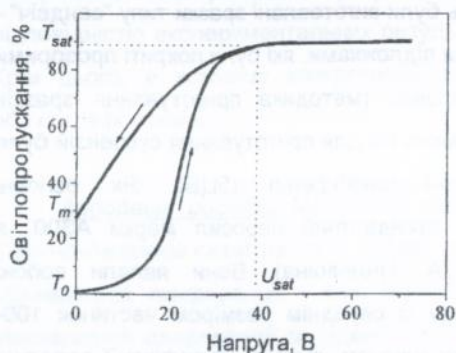
Частина I присвячена вивченню основних електрооптичних характеристик суспензії "рідкий кристал-аеросил".

Для проведення вимірювань були виготовлені зразки типу "сендвіч" - шар суспензії між двома скляними підложками, які були покриті прозорими електродами на внутрішніх сторонах (методика приготування зразків приведена в роботі<sup>5</sup>). В ролі базового РК для приготування суспензій було використано нематик 4-пентил-4'-ціанобіфеніл (5ЦБ). Як основні наповнювачі використовувалися стандартний аеросил марки А300, а також аеросил R812 (DEGUSSA, Німеччина). Вони являли собою дрібнодисперсну фазу кремнезему із середнім розміром частинок 100-150Å. Аеросил R812 одержувався шляхом хімічної модифікації поверхні аеросилу А300 поліметилсилоксаном<sup>6</sup>.

При вимірюваннях електрооптичних характеристик експериментально реєструвався сигнал з фотодіоду, пропорційний інтенсивності тієї частини тестуючого пучка  $I_{out}$ , яка без розсіяння проходила через зразок. На основі цих вимірювань розраховувалось світлопропускання зразка  $T = I_{out}/I_{in} \cdot 100\%$ , де  $I_{in}$  - інтенсивність тестуючого променя на вході в зразок. При прикладанні до зразка змінної напруги спостерігалася дві складові зміни світлопропускання: постійна  $\Delta T_{con}$  та змінна  $\Delta T_{ch}$ . Типовий графік залежності світлопропускання системи від прикладеної до зразка напруги зображено на мал. 1.

Крім того, спостерігалася залежність електрооптичних параметрів від концентрації аеросилу  $c_a$  в суспензії. Зростання  $c_a$  призводило до порогового наростання  $U_{sat}$  і  $k$  та зменшення  $T_o$  і  $\tau_{off}$ .

Важливу роль приділено дослідженню реверсивності відгуку суспензії на електричне поле. Відгук системи характеризувався параметром пам'яті:  $M = (T_m - T_0) / (T_{sat} - T_0)$ , де  $T_0$ ,  $T_m$  і  $T_{sat}$  - відповідно початкове, кінцеве пропускання та пропускання насичення. Знайдено, що значення  $M$  суттєво залежать від властивостей співіснуючих фаз. Досліджена залежність параметра  $M$  від хімічної структури молекул РК, від матеріалу наповнювача (кремнезем, алюмоаеросили, титаноаеросили) та типу модифікації його поверхні.



Мал. 1.

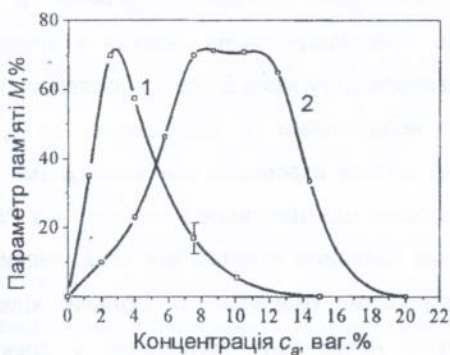
Залежність параметра пам'яті від концентрації аеросилу є немонотонною: крива  $M(c_a)$  має більш чи менш широкий максимум в певній області концентрацій. Положення та ширина області ефективної пам'яті залежать від властивостей аеросилу. Зокрема, при наростанні гідрофобності поверхні аеросилу, що досягалася модифікацією його поверхні поліметилсилоксаном, крива  $M(c_a)$  зсувається в бік більших концентрацій при одночасному розширенні області ефективної пам'яті (мал.2).

Пам'ять системи стає значною при досягненні напруги електричного поля близької до напруги насичення залежності  $T(U)$ . Збільшення частоти прикладеного поля в діапазоні  $f = (50-10000)$  Гц призводить до монотонного зменшення параметра пам'яті.

При малих частотах ( $f < 50$  Гц) спостерігається повільне наростання в часі амплітуди змінної складової світлопропускання і рівночасне зростання параметра  $M$  (явище "розкачування"). Спостереження зразка в поляризаційному мікроскопі показало наявність турбулентних потоків в цій

області частот. Ці гідродинамічні потоки захоплюють не тільки РК, а й агрегати аеросилу. Останні подрібнюються в таких потоках. Час розвитку гідродинамічних потоків по порядку величини рівний часові "розкачування" і складає одиниці секунд. Після вимкнення поля спостерігається гомеотропне впорядкування РК. Іншою причиною залишкового просвітлення є спостережувана часткова сепарація фаз, яка особливо ефективна для гідрофільного аеросилу А300.

Спостереження зразка при  $f > 500$  Гц показало повну відсутність гідродинамічних потоків та сепарації фаз. Це означало, що просвітлення



Мал. 2.

системи відбувалося лише за рахунок переорієнтації РК вздовж прикладеного поля. Крім суспензій з нематичними РК, було також досліджено і суспензії з хіральними нематичними РК та розглянуто особливості їх електрооптичного відгуку. Виявлено вплив концентрації хіральної домішки, тобто кроку закручення нематика, на параметр пам'яті системи. Так, при певній концентрації домішки, що залежить від її закручуючої сили, концентрації аеросилу та пружних властивостей РК, відбувається руйнування просвітленого стану при зменшенні прикладеного поля до нуля (зникнення ефекту пам'яті).

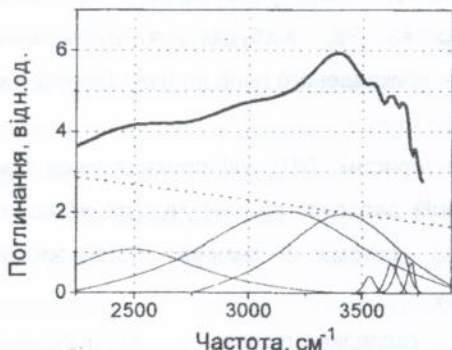
Встановлено три типи характеристик  $T(U)$ , які проявляються при різних співвідношеннях концентрацій аеросилу та закручуючої домішки: система з пам'яттю, реверсивна система з значним гістерезисом, реверсивна система без гістерезису.

Частина II присвячена експериментальному дослідженню інфрачервоних спектрів поглинання суспензії РК-аеросил.

Вимірювання ІЧ спектрів поглинання були проведені в області частот 4000-400  $\text{см}^{-1}$  як при відсутності електричного поля, так і при прикладанні зовнішньої напруги, що відповідала просвітленню зразків. Для проведення таких вимірювань були задіяні спектрографи SPECORD M-80, FT-IR-88 та UR-20. Спектри поглинання вимірювалися як для неполяризованого, так і для поляризованого випромінювання. Вимірювання неполяризованих ІЧ спектрів поглинання РК і суспензії були проведені при орієнтації кювети перпендикулярно до падаючого випромінювання. Вимірювання поляризованих спектрів проводилися в двох геометріях: при нормальному падінні тестуючого променя та під кутом  $45^{\circ}$  до кювети, коли вісь поляризації світла лежала в площині падіння (p-поляризація) або була перпендикулярна до неї (s-поляризація).

Спектр суспензії виявився неадитивним по відношенню до суми спектрів компонент. Це вказує на суттєву взаємодію між молекулами РК та аеросилу. Аналіз ІЧ спектрів показав, що ефективне зчеплення між РК та аеросилом досягається завдяки водневим зв'язкам між поверхневими ОН-групами аеросилу та  $\pi$ -електронними хмарами бензольних кілець 5ЦБ. Це підтверджується появою нових смуг поглинання у спектрі суспензії по відношенню до спектрів окремих компонент на частотах 3614 та 3540  $\text{см}^{-1}$  (мал.3).

При зростанні концентрації аеросилу відбуваються зміни як в області поглинання РК, так і в області міжфазної взаємодії (водневих зв'язків ОН- $\pi$ ). Вони змінюються немонотонно з зміною концентрації аеросилу і найсуттєвіші для концентрацій, що відповідають ефективній



Мал.3.

пам'яті. Це може свідчити про те, що максимальна взаємодія між РК та поверхнею аеросилу досягається при концентраціях максимальної пам'яті системи.

В спектрі суспензії з'являється широка смуга водневих зв'язків полімерного типу ( $2500 \text{ см}^{-1}$ ), яка пояснюється процесами агрегації аеросилу в РК (мал.3). Концентраційна залежність інтенсивності цієї смуги корелює з концентраційною залежністю параметра пам'яті, що вказує на значну роль агрегації аеросилу в процесах пам'яті системи.

Прикладання електричного поля до системи призводить до змін форми та інтенсивності смуг поглинання. Це може свідчити про те, що при прикладанні поля частково рвуться зв'язки ОН... $\pi$  типу між ОН-групами аеросилу та молекулами РК, а звільнені ОН-групи утворюють водневі зв'язки з іншими ОН-групами (цієї ж чи іншої частинки), а також з молекулами води.

Частина III присвячена дослідженню структурної організації системи методом ультразвукової спектроскопії. Були проведені вимірювання коефіцієнта поглинання  $\alpha$  та швидкості поширення звуку  $C$  суспензії 5ЦБ-Р812 в інтервалі температур від 298 до 318К. Проведені вимірювання показали, що  $\alpha$  та  $C$  залежать від температури і частоти звуку.

В суспензії спостерігається надлишкове поглинання звуку в порівнянні з 5ЦБ. Співставлення експериментальних даних з існуючими теоретичними уявленнями свідчить про те, що основний вклад в це надлишкове поглинання вносять процеси агрегації аеросилу. Акустичні спектри поглинання суспензії в досліджуваному інтервалі температур і діапазоні частот складаються з двох областей дисперсії. Низькочастотна область релаксації може бути пов'язана як з релаксацією флуктуацій параметра порядку РК, так і з іншими колективними процесами в системі. Високочастотна область може бути пояснена структурною релаксацією, що пов'язана з процесами розриву і утворення міжмолекулярних зв'язків.

Швидкість звуку в суспензії падає із зростанням концентрації аеросилу в межах  $c_a=0,01-10$  ваг.% (на мал.4 зображено графік залежності швидкості звуку від концентрації аеросилу для трьох частот звукової хвилі). Цей



Мал.4.

концентрації аеросилу, що відповідала б початку утворення такої сітки.

В IV частині на основі проведених досліджень пропонується модель структурної організації аеросилу в РК, яка пояснює характеристики електрооптичного відгуку системи і дає можливість прогнозувати їх в залежності від концентрації аеросилу, його виду, стану поверхні, а також параметрів електричного поля.

Згідно з цією моделлю, в досліджуваному інтервалі концентрацій аеросилу останній знаходиться в суспензії у вигляді агрегатів, структура та розміри яких визначаються його концентрацією. Початковий розсіюючий стан системи пояснюється полідоменною структурою зразка, обумовленою наявністю частинок аеросилу як локальних джерел дефектів орієнтації директора РК. При прикладанні електричного поля молекули РК орієнтуються в напрямку  $E$ , захоплюючи агрегати аеросилу в процес переорієнтації. В області низьких частот ефективною є переорієнтація аеросилу в гідродинамічному потоці.

Ефект пам'яті системи обумовлений взаємною стабілізацією орієнтованих електричним полем агрегатів аеросилу та РК за рахунок

результат не відповідає уявленням про формування аеросилом суцільної трьохвимірної сітки<sup>7</sup>, а свідчить про агрегатну структуру аеросилу в суспензії. Дійсно, у випадку утворення аеросильної сітки повинно спостерігатись зростання швидкості звуку в суспензії, починаючи з

орієнтаційної пружності рідкокристалічної матриці та зчеплення РК з поверхнею агрегатів. Розрахунки показують, що вільна енергія, необхідна для переорієнтації агрегату:

$$\Delta F = \pi K L \xi \frac{\cos^2 \theta}{2}, \quad (1)$$

де  $\zeta = \frac{W \cdot R}{K}$  - параметр зчеплення,  $W$  - енергія зчеплення молекул РК з поверхнею аеросилу,  $K$  - постійна Франка,  $\theta$  - кут між агрегатом аеросилу і директором РК. Підставивши у формулу (1) типові для РК значення  $K=10^{-6}$  дин,  $W=10^{-2}$  ерг/см<sup>2</sup> і мінімальний розмір агрегата  $R=3 \cdot 10^{-6}$  см, отримуємо, що  $\Delta F=3 \cdot 10^{-13}$  ерг. Це значення на порядок більше енергії термічних флуктуацій в системі:  $k_B T=4 \cdot 10^{-14}$  ерг. Цей факт свідчить про те, що система впорядкованих агрегатів аеросилу в РК-матриці може зберігати такий стан. Енергії теплового руху недостатньо для її розорієнтації.

Ефект пам'яті залежить від концентрації аеросилу в суспензії, хімічного складу компонент і параметрів електричного поля (напруги та частоти). Від цих характеристик залежать розмір агрегатів аеросилу, їх геометрична анізотропія, відстань між агрегатами та енергія зчеплення між молекулами РК та поверхнею аеросилу. Останні параметри і визначають характер електрооптичного відгуку суспензії.

В додатках запропоновано кілька можливих застосувань вивченої системи в пристроях відображення інформації, світлових модуляторах та температурних датчиках. Оптимізовані нами параметри становлять: напруга насичення 20В, контраст 1:150 і більше, час включення 1-5 мс, час виключення 1-10 мс. Основними перевагами суспензії РК-аеросил в порівнянні з іншими гетерогенними РК системами є термостійкість (визначається лише температурною областю існування РК фази), відсутність розчинення однієї фази в іншій, простота виготовлення та експлуатації.

В заключенні сформульовані основні результати та висновки дисертаційної роботи, які полягають у наступному:

1. Досліджено залежність параметрів електрокерованого розсіяння світла в системі аеросил-рідкий кристал від властивостей компонент системи та їх відносної концентрації. Виявлено, що пам'ять системи на дію зовнішнього електричного поля визначається оптичною та діелектричною анізотропією РК, хімічною модифікацією поверхні аеросилу, концентрацією аеросилу, а також параметрами електричного поля (його напруженістю та частотою). Залежність параметра пам'яті від концентрації аеросилу проходить через максимум при певних концентраціях аеросилу, що залежать від вибраної пари РК-аеросил.

2. Знайдено, що ІЧ спектри суспензій є неадитивними по відношенню до спектрів їх компонент. Неадитивність ІЧ спектрів суспензії обумовлена взаємодією РК і аеросилу, а саме, утворенням водневих зв'язків типу  $\text{OH}\dots\pi$  між поверхневими  $\text{OH}$ -групами аеросилу та бензолними кільцями молекул РК. Молекули 5ЦБ орієнтуються при цьому планарно по відношенню до поверхні аеросилу.

3. Методами ІЧ спектроскопії встановлено, що при прикладанні електричного поля до шару суспензії переорієнтуються по полю не тільки молекули в об'ємі РК, але й частково ті, що взаємодіють з поверхнею аеросилу. При цьому частина слабких зв'язків  $\text{OH}\dots\pi$  рветься. В зорієнтованому стані вільні  $\text{OH}$ -групи утворюють зв'язки типу  $\text{OH}\dots\pi$  з молекулами РК або типу  $\text{OH}\dots\text{O}$  з іншими  $\text{OH}$ -групами чи молекулами води.

4. Методами УЗ спектроскопії виявлено надлишкове поглинання звуку в системі аеросил-РК по відношенню до чистого РК, а також зменшення швидкості звуку із зростанням концентрації аеросилу ( $c_a < 10$  ваг. %). Ці факти пояснюються агрегатною структурою аеросилу в суспензії при досліджених концентраціях аеросилу.

5. Запропоновано модель системи, яка пояснює отримані експериментальні результати. Згідно цієї моделі, в області досліджених концентрацій аеросилу суспензія РК-аеросил являє собою систему окремих агрегатів аеросилу, які взаємодіють через рідкокристалічне середовище. Ефект пам'яті системи обумовлений взаємною стабілізацією орієнтованих електричним полем агрегатів аеросилу та РК за рахунок орієнтаційної пружності рідкокристалічної матриці та зчеплення молекул РК з поверхнею агрегатів.

6. Система РК-аеросил може бути застосована для побудови пристроїв відображення та збереження оптичної інформації та порогових датчиків температури.

Основні результати дисертації опубліковані в роботах:

1. G.Guba, Yu.Reznikov, N.Lopukhovich, V.Ogenko, V.Reshetnyak, O.Yaroshchuk and A.Glushchenko. Influence of the aerosil surface modification on electro-optical characteristics of filled liquid crystals//Mol.Cryst.Liq.Cryst.-1995.-V.262.-P.111-118.

2. O.Yaroshchuk, A.Glushchenko, H.Kresse. Comparative dielectric investigation on nematic liquid crystals with aerosil//Cryst. Res. Technol.-1995.-V.30.-P.32.

3. G.Guba, Yu.Reznikov, N.Lopukhovich, V.Ogenko, V.Reshetnyak, O.Yaroshchuk and A.Glushchenko. Influence of aerosil surface on frequency characteristics of filled nematic//Functional Materials.-1995.-V.2.-No2.-P.253-257.

4. В.С.Сперкач, А.В.Гвозденко, А.В.Глуценко. Акустическая релаксация и поглощение звука в жидком 4-4'-пентилцианобифениле и дисперсных системах на его основе//Укр.Фіз.Журн.-1996.-№10.-С.924-926.

5. G.Puchkovska, Yu.Reznikov, A.Yakubov, O.Yaroshchuk and A.Glushchenko. Transformation of hydrogen bonding of a liquid crystal - aerosil system under the influence of an electric field //Mol.Struct.-1996.-V.381.-P.P.133-139.

6. G.Puchkovska, Yu.Reznikov, A.Yakubov, O.Yaroshchuk and A.Glushchenko. Molecular interaction and "memory" of filled liquid crystals//Mol.Struct.-1996 (прийнято до друку).

7. A.V.Glushchenko, H.Kresse, Yu.A.Reznikov and O.V.Yaroshchuk. Memory effect in filled nematic liquid crystals//SPIE.-1996.-V.2795.-P.38-43.

8. G.A.Puchkovskaya, Yu.A.Reznikov, O.V.Yaroshchuk, A.V.Glushchenko, A.A.Yakubov, N.P.Kharchenko. Vibration spectra of liquid crystal - aerosil system// SPIE.-1996.-V.2795.-P.106-113.

9. В.С.Сперкач, Ю.А.Резников, А.В.Гвозденко, А.В.Глуценко. Изучение механизмов структурообразования в диспесных системах на основе пентилцианобифенила и аэросила//Міжнародна науково-технічна конференція "Розвиток технічної хімії в Україні". Тези доповідей. 1-3 листопада 1995р., Харків.

10. G.A.Puchkovskaya, Yu.A.Reznikov, O.V.Yaroshchuk, A.V.Glushchenko, A.A.Yakubov. Transformation of hydrogen bonding of liquid crystals - aerosil system under the electric field action//11-th International Workshop "Horizons in hydrogen bond research". Abstracts. September 9-14, 1995, Vilnius.

11. A.Glushchenko, G.Puchkovska, Yu.Reznikov, O.Yaroshchuk. Spectroscopy investigation of aerosil-liquid crystals system used as a light modulator// XXIX Colloquium spectroscopicum internationale. Abstracts. August 27 - September 1, 1995. Leipzig, Germany.

12. O.Yaroshchuk and A.Glushchenko. Electrooptical response of the filled liquid crystals and their structure//International school-conference "Electronic processes in organic materials". Abstracts. August 23 - September 1, 1995. Kyiv.

13. G.Puchkovskaya, Yu.Reznikov, O.Yaroshchuk and A.Glushchenko. Influence of the electric field on the vibration spectra of liquid crystals-aerosil system//International school-conference "Electronic processes in organic materials". Abstracts. August 23 - September 1, 1995. Kyiv.

14. G.A.Puchkovskaya, Yu.A.Reznikov, O.V.Yaroshchuk, A.V.Glushchenko, A.A.Yakubov. Vibration spectra of liquid crystal - aerosil system//III International conference. Abstracts. 1996, Vroclav.

Литература, цю цитувалась.

1. Doane J.M., Vaz N.A., Wu B.G. et al. Field controlled light scattering from nematic microdroplets//Appl.Phys.Lett.-1986.-Vol.48,No4.-P.269-271.

2. Y.K.Fung, D.-K.Yang, S.Ying at al. Polymer networks formed in liquid crystals//Liquid Crystal.-1995.-Vol.19,No6.-P.797-801.

3. Ф.М.Алиев, Г.Ю.Вершовская, Л.А.Зубков. Оптические свойства изотропной фазы жидкого кристалла в порах//ЖЭТФ.-1991.-Т.99.-В.5.-С.1512-1516.

4. R.Eidenschink. Bistable nematics - a novel approach towards optical information Processing//Integrated Optics and Micro-Optics with Polymers.-1992.-Vol.27.-P.123.

5. G.Guba, Yu.Reznikov, N.Lopukhovich, V.Ogenko, V.Reshetnyak, O.Yaroshchuk, and A.Glushchenko. Influence of the aerosil surface modification on electro-optical characteristics of filled liquid crystals//Mol.Cryst.Liq.Cryst.-1995.-Vol.262.-P.111-118.

6. Tecnikal bulletin pigments. Basic Characteristics of Aerosil, Degussa, 1993, N11.

7. M.Kreuzer, T.Tschudi and R.Eidenschink. Erasable optical storage in bistable liquid crystals cells//Mol.Cryst.Liq.Cryst.-1992.- Vol.223.-P.219.

**Glushchenko A.V. Electrooptical effects and structural features of the aerosil suspensions in the liquid crystals.**

Thesis for a Physics and Mathematics candidate's degree on the specialty 01.04.15 -Molecular and Liquid Crystals Physics, Institute of Physics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 1996.

The electrooptical properties of the aerosil-liquid crystal heterogeneous system are studied in this work. The dependence of the electrooptical characteristics of the system both on the system components type and their relative concentration and electric field parameters was shown. The features of the system structure were studied by means of infrared and ultrasonic spectroscopy techniques. On the base of data obtained theoretical model comprising the explanation of observed electrooptical effects was proposed.

**Глущенко А.В. Электрооптические эффекты и структурные особенности суспензий аэросила в жидких кристаллах.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.15 - физика молекулярных и жидких кристаллов. Институт физики НАН Украины, Киев, 1996.

В работе проведены исследования электрооптических свойств гетерогенной системы аэросил - жидкий кристалл. Показано зависимость электрооптических характеристик системы как от вида компонент системы и их относительной концентрации, так и от параметров приложенного электрического поля. Методами инфракрасной и ультразвуковой спектроскопии изучены особенности внутренней структуры системы. С учетом этих результатов построена теоретическая модель, в рамках которой находят объяснение обнаруженные электрооптические эффекты.

**Ключові слова:** рідкий кристал, аеросил, суспензія, агрегат, електрооптика

Глуценко Анатолій Володимирович

**Електрооптичні ефекти та структурні особливості  
суспензій аеросилу в рідких кристалах**

Підписано до друку 21 12 1996р. Формат паперу

Папір оветний 80 гр/м<sup>2</sup>. Офсетний друк.

Ум.-друк. аркушів 1. Об.-вид. аркушів 0,7.

Тираж 100. Зам.

Безкоштовно.

439244

AV 36.529

Безкоштовно