

## ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертацию Караави Ахмед Рахим Шилтаг на тему: «Механизм уменьшения времени электрооптического переключения в сегнетоэлектрических жидких кристаллах, допированных золотыми наночастицами», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07-Физика конденсированного состояния.

В настоящее время органические материалы, а также технические устройства на их основе, занимают одно из ключевых мест при конструировании различных электрооптических устройств. Это обусловлено тем, что такие материалы и приборы обладают отличным дизайном, гибки, имеют малые размеры, особенно по толщине матричных компонентов, легко встраиваются в сложные оптоэлектронные схемы, а их физико-технические параметры сравнимы с таковыми, достижимыми при тестировании неорганических объёмных кристаллов. Среди органических композиций именно жидкокристаллические (ЖК) матрицы выделяются по ряду своих особенностей: лёгкому управлению при любом внешнем воздействии, а также малыми значениями прикладываемого напряжения питания. Поэтому, в настоящее время не вызывает сомнений, что органическая оптоэлектроника, в том числе, ЖК-приборостроение, вполне может конкурировать с неорганической при решении разных задач, в том числе тех, что решаются в канве Критических направлений науки и техники РФ. С этой точки зрения работа Караави Ахмед Рахим Шилтаг актуальна, своевременна и востребована, поскольку существенно расширяет наши знания в области органических сегнетоэлектрических ЖК-материалов и их основных физико-химических свойствах при сенсбилизации разного рода наночастицами, в частности – золотыми компонентами. Кроме того, тема работы затрагивает механизмы изменения оптических, электрических и динамических свойств перспективных композиций на основе сегнетоэлектрических ЖК, включая моделирование временных характеристик при применении золотых наночастиц.

Диссертация Караави Ахмед Рахим Шилтаг состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы из 140 проанализированных источников. Текст работы изложен на 124 страницах, содержит 25 рисунков и 10 таблиц.

Симпатию вызывает тот факт, что по теме диссертации уже опубликовано 3 печатные работы, изданных в научных журналах из списка ВАК, Scopus и Web of Science.

**Во введении** обсуждены актуальность, теоретическая и практическая значимость работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту. Убедительно показано, что результаты скрупулёзно обсуждались на ряде научных форумов в последние 5 лет, что обусловлено высоким методическим сопровождением исследований.

**В первой главе** представлен довольно обширный литературный обзор, где обобщены сведения из отечественных и зарубежных научных и технических источников по физическим и химическим свойствам, электронной структуре жидких кристаллов, в частности – сегнетоэлектрических ЖК. Показательна Таблица 1.1 с представлением известных фаз ЖК. Рассмотрены процессы упорядочения ЖК; обсуждена геометрия поверхностно стабилизированных сегнетоэлектрических жидкокристаллических (СЖК) систем; показаны параметры, как физические, так и схемные, влияющие на времена переключения; детально рассмотрен режим СЖК с деформированной спиралью и проявление диэлектрических релаксационных мод в СЖК. Изучены температурные зависимости флуктуации директора в смектической А фазе, дисперсия диэлектрика в смектической фазе С\*, обусловленная модой Голдстоуна, а также влияние дисперсии наноматериалов (наночастиц) на физические свойства сегнетоэлектрических жидких кристаллов.

**Во второй главе** представлена методика получения ЖК-ячеек с показом структуры ячейки, технологии нанесения ориентирующих слоёв,

распределением спейсеров по подложке, измерение толщины создаваемых ячеек импедансным и оптическим методами. Измерены спектры пропускания ячеек с разной толщиной в видимом и ближнем ИК- (вплоть до 800 нм) диапазонах; показано влияние проводимости электродов и индуктивности проводов на измерения комплексных диэлектрических спектров в высокочастотной области, а также влияние полимерных слоев на измерения комплексных диэлектрических спектров в низкочастотной области. Показательны данные Таблицы 2.2. - Отрегулированная формула для спектров импеданса, входа, диэлектрической проницаемости, электрического модуля и проводимости. Описана экспериментальная электрооптическая установка с использованием лазера на длине волны 633 нм; проведены измерения угла наклона молекул в смектических слоях, времени электрооптического отклика, спонтанной поляризации, определена смесь ЖК, допированная золотыми наночастицами.

В третьей главе рассмотрены особенности измерения электропроводности сегнетоэлектрических жидких кристаллов в ячейках с блокирующими электродами емкостным методом. Показано и объяснено, что золотые наночастицы сильно влияют на диэлектрический отклик СЖК. Изучены действительные и мнимые части диэлектрических спектров для ячеек с чистой и допированной мезофазой. Показательны данные Таблиц 3.1. и Таблица 3.2. - Диэлектрические релаксационные моды и их параметры для ячеек, заполненных чистым СЖК и сенсibilизированным (допированным) ЖК. Представленные результаты существенно расширяют наши знания в этом направлении. Также в данной главе проведено измерение проводимости чистого СЖК и СЖК с золотыми наночастицами методом спектроскопии проводимости и использован ёмкостный метод измерения проводимости по постоянному току. Данная глава сопровождается логическим аргументированным выводом.

В четвёртой главе показаны результаты исследования вращательной вязкости сегнетоэлектрических жидких кристаллов, допированных золотыми наночастицами. Изучено влияние золотых наночастиц на время отклика и спонтанную поляризацию СЖК ячеек; влияние золотых наночастиц на комплексный спектр импеданса СЖК ячеек; показано перераспределение приложенного напряжения между компонентами ячейки; приведены эквивалентные схемы и проведён расчёт всех коэффициентов, использованных при расчётах параметров ЖК с использованием данных схем. Глава также сопровождается чётко построенными выводами.

**Заключение** представляет основные выводы по проделанной работе.

## **ОЦЕНКА НОВИЗНЫ, ОБОСНОВАННОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ**

Как показал анализ диссертационной работы, наибольшую значимость и научную новизну, связанную с *фундаментальным аспектом* проведённых исследований, имеют следующие результаты:

1. Впервые продемонстрирован метод измерения ионной проводимости слоя сегнетоэлектрического жидкого кристалла в ячейке с блокирующими электродами использованием емкостного тока.
2. Впервые исследованы диэлектрические и электрооптические характеристики сегнетоэлектрического жидкого кристалла CHS1, допированного золотыми наночастицами, во всем температурном диапазоне хиральной SmC фазы.
3. Впервые проведен анализ эквивалентных электрических схем ячейки СЖК, допированного золотыми наночастицами.
4. Впервые измерены температурные зависимости ионной проводимости по постоянному току слоя СЖК, допированного золотыми наночастицами, в ячейке с блокирующими электродами.
5. Впервые показано, что доминирующим механизмом уменьшения времени электрооптического переключения СЖК, допированного золотыми

наночастицами, является увеличение напряжения, падающего на данном слое, вызванного уменьшением ионной проводимости СЖК.

*С практической точки зрения* важно отметить, что полученные результаты могут быть использованы для создания нового поколения пространственно-временных модуляторов оптического излучения и жидкокристаллических дисплеев, а также, возможно, применимы в системах оптического ограничения излучения.

Диссертационная работа представляется законченным научным исследованием и, судя по характеру изложения материала, очевидно, что она выполнена автором лично. Проведенные исследования вполне можно характеризовать, как обоснованные научные разработки, обеспечивающие решение важных прикладных задач в области создания элементов сложного строения, которые после допирования золотыми наночастицами представляют новые функциональные композиции, вполне пригодные для практического использования.

Достоверность результатов исследований, составляющих основу настоящей диссертационной работы, подтверждается их воспроизводимостью, а также использованием обоснованных и апробированных физических и технологических методов. Анализ данных, полученных экспериментальным путем, выполнен с учетом общепринятых методов обработки результатов физических измерений. Все полученные результаты не противоречат существующим теоретическим представлениям и моделям.

## **ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ В ЦЕЛОМ**

При общей положительной оценке работы считаю необходимым отметить следующие замечания:

1. Известно, что при допировании органических материалов, включая ЖК-композиции, разными компонентами, наблюдается изменение рефрактивных параметров матричных составов. Есть ли у автора

диссертационной работы прогноз по изменению рефрактивных характеристик для изученных смектических ЖК?

2. Известно, что при допировании органических материалов разными компонентами наблюдается старение композитного материала. Как автор диссертации может охарактеризовать перспективу сохранения свойств и долговечность как матричных композиций, так и таковых при их допировании золотыми наночастицами?
3. В работе приведены результаты измерения ряда параметров СЖК с золотыми наночастицами при учёте, прежде всего, объёмных трансформаций композита. Есть ли у автора работы данные по изменению поверхностных свойств разрабатываемых структур, скажем рельефа поверхности на границе раздела: полимерное ориентирующее покрытие – СЖК с золотыми наночастицами. Как каркас наночастиц влияет на границу раздела?
4. Известно, что время переключения сегнетоэлектрических жидких кристаллов зависит от отношения вращательной вязкости и спонтанной поляризации. Как влияет допирование СЖК золотыми наночастицами на это отношение и какова его роль в изменение времени электрооптического отклика при внедрении золотых наночастиц?

## Заключение

Диссертация Караави Ахмед Рахим Шилтаг на тему: «Механизм уменьшения времени электрооптического переключения в сегнетоэлектрических жидких кристаллах, допированных золотыми наночастицами», представленная к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, соответствует специальности 01.04.07-Физика конденсированного состояния, а также соответствует критериям п. II п.п. 9-14 требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, а ее автор – Караави Ахмед Рахим Шилтаг - заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07- Физика конденсированного состояния.

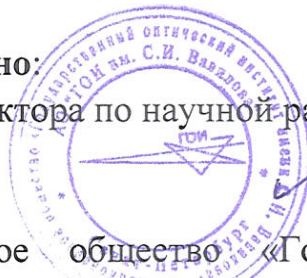
Официальный оппонент,  
доктор физико-математических наук,  
старший научный сотрудник,  
начальник отдела "Фотофизика сред с  
нанообъектами" АО "ГОИ им. С.И. Вавилова"/  
ведущий научный сотрудник АО НПО ГОИ  
им.С.И.Вавилова, ведущий научный сотрудник  
НИЦ «Курчатовский институт – ПИЯФ».  
Профессор СПбЭТУ «ЛЭТИ»  
Эл. адрес: nvkamanina@mail.ru

*Указ*

Каманина Наталия Владимировна

*26.04.2022*

Согласовано:  
ВрИО директора по научной работе и инновациям



*Анна*

Архипова Л.Н.

Акционерное общество «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова», Кадетская линия В.О., дом 5, корпус 2, г. Санкт-Петербург, 199053, Россия.

+7(812)327-00-95;