



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «НИИ «Инжект»

Коренченко О.В.

август 20*26* г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Эгамова Мухтора Хасановича «Структура и оптические свойства дисперсных сред на основе полимера и жидкого кристалла», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. – физика конденсированного состояния

Актуальность темы диссертационной работы. В связи с миниатюризацией элементов управления в оптоэлектронике и фотонной технике обострился интерес к надмолекулярному структурированию композитных материалов, поскольку в связи с формированием нового научно-технического направления – молекулярной электроники - все большую актуальность приобретают вопросы создания и исследования организованных молекулярных ансамблей, имеющих и ориентационное, и трансляционное упорядочение. Исследование таких систем (гелей, пористых структур, диспергированных полимером жидких кристаллов (ДПЖК) и пр.) представляет новое направление в развитии современного материаловедения и нацелено на выяснение взаимосвязи молекулярных и структурных свойств исходных компонент, их взаимодействий на границе раздела, морфологических параметров, магнитных, электрических и оптических характеристик композитной среды. Специфика свойств данных материалов определяется, прежде всего, большим многообразием различных типов ориентационного упорядочения жидких кристаллов в объемных образованиях сложной формы, наличием в них топологических дефектов - дисклинаций и дислокаций, их лабильностью и высокой чувствительностью к различным воздействиям.

Не менее важен прикладной аспект исследований, поскольку открываются возможности создания новых функциональных материалов для оптоэлектроники и информационных технологий, сочетающих в себе достоинства исходных компонент. В этом плане наибольший интерес вызывают ДПЖК материалы, характеризующиеся простой и недорогой технологией изготовления, гибкостью, надежностью в эксплуатации, высокими быстродействием и чувствительностью к внешним воздействиям, в

особенности, к электрическому полю. На сегодняшний день определены основные закономерности в структурообразовании композитных жидкокристаллических сред, их оптических и спектральных свойствах, электро- и магнитооптических эффектах, особенностях фазовых переходов в замкнутых полостях, проведен сравнительный анализ со свойствами чистых ЖК слоев, показаны возможности практического использования композитных материалов.

Однако анализ многочисленных публикаций по данной тематике показал, что работы были направлены, в основном, на изучение хаотически ориентированных капельных ансамблей ЖК, диспергированных в макроскопически изотропной полимерной матрице. Такие пленки в исходном состоянии обычно рассеивают свет любой поляризации, а под действием поля могут перейти в прозрачное состояние. В то же время, всего лишь несколько работ касались исследований ориентационно упорядоченных капельных ансамблей.

В связи с этим, тема диссертации Эгамова М.Х., целью которой является выяснение влияния особенностей структурного и ориентационного упорядочения нематических жидких кристаллов в малых объемах с замкнутой геометрией на характеристики ослабления и рассеяния света дисперсными системами НЖК-полимер с тангенциальными граничными условиями при воздействии внешнего электрического поля и механических деформаций, является, несомненно, актуальной.

Научная новизна и полученных результатов. В данной работе присутствует ряд принципиально новых результатов. Показаны новые ориентационные структуры, формирующиеся в каплях жидкого кристалла под действием электрического, механического и светового полей и продемонстрированы их характерные текстурные картины. Реализован эффект уменьшения степени поляризуемости ДПЖК-поляризатора при высоких значениях относительного удлинения, связанные с коалесценцией мелких капель и образованием крупных по размеру капель ЖК в полимерной матрице. Доказаны возможности улучшения качества работы поляризаторов на основе ДПЖК пленок с концентрацией 1:5, перечислены их преимущества и диапазон функционирования в видимой и ближней инфракрасной области по отношению к поляроидным пленкам.

Степень обоснованности и достоверности сформулированных положений. Решение поставленных в диссертационном исследовании Эгамова М.Х. задач по расчету конформационных переходов в исследуемых объектах и анализа оптических характеристик ДПЖК пленок выполнено на современном математическом и физическом уровне. Основные положения и

выводы диссертации не противоречат современным теоретическим представлениям, достоверность полученных результатов подтверждается их сопоставимостью с результатами других авторов, а также высоким уровнем соответствия между экспериментальными данными и расчетными.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертанта. Полученные результаты существенно уточняют и углубляют знания о свойствах тонкопленочных поляризаторов на основе полимерно-жидкокристаллических композитов. Особый интерес вызывает методика исследования пленочных композитов при действии лазерного излучения, направленного ортогонально к поверхности капли нематика. Более того, продемонстрированная в работе методика измерения коэффициента пропускания светового излучения позволяет оценивать нелинейно-оптические свойства материалов, имеющих устойчивую пропускаемость в режиме реального времени в процессе одноосной деформации пленок. Полученные в процессе диссертационной работы данные об оптических характеристиках исследуемых композитов способствуют созданию в будущем поляризаторов на основе полимера и жидкого кристалла, которые позволят прогнозировать характер распространения оптического излучения в ДПЖК пленке для конкретных конфигураций с феноменологическим учетом характерных технологических погрешностей. Продemonстрированный метод измерения коэффициента светопропускания и контрастности для пленок при помощи температурного и полевого влияния открывает новые возможности для создания элементов управления излучением для научных применений.

Разработанная автором оптико-механическая модель, способная выявить физические параметры ДПЖК пленки для получения максимальной степени поляризации светового излучения и коэффициента когерентного пропускания композитной пленки в зависимости от ортогонально направленного к поверхности пленки света позволяет создавать компактные сенсоры, способные функционировать в широком диапазоне режимов эксплуатации.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Предложенные в диссертации новые результаты и выводы могут быть реализованы в материаловедении для характеристики оптических констант и величины нелинейного поглощения при работе с квазидвумерными структурами. Они могут быть применены в виде новых элементов управления в оптоэлектронике, фотонике и дисплейной технике; будут полезны для реализации в НПП «Пульсар» (Москва), «Ангстрем» (Москва), «Инжект» (Саратов), «Морион» (Санкт Петербург). Использование для исследования нелинейных оптических свойств прозрачных подложек с металлическими

покрытиями ИТО, характеризующего эффекта переориентации молекул нематика под влиянием силовых полей позволяет достаточно точно и корректно оценивать оптические характеристики таких материалов в условиях, приближенных к конечному устройству.

Соответствие работы требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям. Диссертация Эгамова Мухтора Хасановича «Структура и оптические свойства дисперсных сред на основе полимера и жидкого кристалла» соответствует требованиям 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ за № 842 от 24.09.2013 г. Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 1.3.8. – физика конденсированного состояния:

п.1 – «Теоретическое и экспериментальное исследование физических свойств, упорядоченных и неупорядоченных неорганических и органических систем, включая классические и квантовые жидкости, стекла различной природы и дисперсные системы в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления»;

п.2. – «Оптические методы передачи и обработки информации, физические основы квантовых вычислений. Излучение и поглощение света изолированными и взаимодействующими атомами и молекулами. Динамические процессы при взаимодействии света с веществом, процессы выделения энергии веществом при световом воздействии. Световое управление движением и квантовым состоянием атомов»;

п.3 – «Разработка моделей построения фазовых диаграмм состояния и прогнозирование изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения».

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации. Автореферат соответствует требованиям, предусмотренным п. 25 «Положения о присуждении ученых степеней», его содержание полностью отражает содержание диссертации, полученные результаты и выводы.

Оценка содержания и оформление диссертации. По своей структуре, содержанию и объему диссертационная работа Эгамова М.Х. выполнена и подготовлена в соответствии с установленными стандартами и нормами. Она состоит из введения, пяти глав, заключение и списка цитируемой литературы. Диссертационная работа изложена на 341 странице, включает 88 рисунков и 16 таблиц. Список цитируемой литературы содержит 379 наименований.

В первой главе приведен расширенный обзор литературы. Изложены способы формирования и получения композитов на основе полимерных материалов и жидких кристаллов, их сфера применения. Приведены способы

ориентации молекул нематиков для пропускания светового излучения при помощи добавок красителей и поверхностно-активных веществ.

Вторая глава посвящена методическому исследованию. Перечислены пластификаторы и поверхностно-активные вещества (ПАВ) в качестве добавок полимерной матрицы и нематического ЖК. Обоснован выбор полимерных матриц - ПВС и ПВБ. Изложен принцип работы разработанной автором экспериментальной установки для исследования оптического отклика ДПЖК пленки в поле внешних сил.

Третья глава диссертации посвящена формированию биполярных капель нематического жидкого кристалла и возможным протеканиям процесса переориентации директора во внешнем поле. Доказано, что характер отклика капель нематика напрямую зависит от ориентации биполярной оси по отношению к прикладываемому полю, которое параллельно направлению наблюдения. Если угол между полем и осью капли отличен от 90° , то процесс отклика является практически беспороговым и уже при малых полях происходит переориентация биполярной оси.

В четвертой главе изложены результаты исследования поляризующих свойств ДПЖК пленок с эллипсоидальными каплями нематика. Предложена разработанная оптико-механическая модель, позволяющая описать коэффициент когерентного пропускания ДПЖК пленки и степень поляризации света, прошедшего напрямую. Изучается ансамбль полидисперсных жидкокристаллических капель, имеющих форму сфероидов, с хаотической ориентацией оптических осей до растяжения пленки, а также ансамбль ориентированных вытянутых эллипсоидальных капель при одноосном механическом растяжении.

В пятой главе подытожены результаты комплексного (теоретического и экспериментального) исследования строения и конформационных свойств молекул 4-*n*-алкил-4'-цианобифенила методами колебательной инфракрасной спектроскопии. Анализ измеренных спектров выполнен с учетом имеющихся экспериментальных данных о молекулярной структуре, температурах фазовых переходов и полученных результатов теоретического моделирования ИК спектров.

Приведенные выводы в разделе «**Заключение**» корректно сформулированы и в целом отражают полученные результаты и положения, выносимые на защиту. В целом, диссертация Эгамова М.Х. представляет собой завершенную научную работу. Поставленные в ней задачи решены на высоком теоретическом и экспериментальном уровне, цель диссертационного исследования достигнута. Основные положения работы и выводы сформулированы корректно и аргументированно. Полученные

экспериментальные и расчетные результаты обладают несомненной научной значимостью и новизной.

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с предъявляемыми требованиями, язык и стиль изложения соответствуют научным и литературным нормам.

Результаты исследований прошли отличную апробацию на международных, всероссийских, республиканских научных конференциях и симпозиумах, прошедших в период с 2010 по 2026 гг. Материалы диссертационной работы опубликованы в 101 научной публикации, в том числе - 31 статья в реферируемых журналах ВАК РФ, из них 10 в научных изданиях из списка SCOPUS/Web of Science, 71 тезис докладов в Материалах международных конференций и симпозиумов, 11 в республиканских научных конференциях, а также 1 патент на изобретение.

Замечания по работе.

1. Изменения коэффициента пропускания излучения ДПЖК композитов осуществлялось за счет градиента показателей преломления компонентов полимера и нематика, однако не указано, какова величина этих показателей.

2. Автором исследованы эффекты и физические процессы только для нематической фазы жидкого кристалла, а поведение холестериков и смектиков в этих условиях не учтены.

3. При описании результатов по измерению интенсивности полос поглощений в тексте (глава 5), для лучшего понимания материала необходимо было привести сходную таблицу, в которой обнаруженные изменения сравнивались бы с аналогами из литературы.

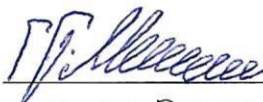
Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки выполненного исследования.

Заключение

Диссертация Эгамова М.Х. представляет собой завершенную научную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для создания научных основ и физических принципов разработки новых методов оценки оптических свойств тонкопленочных композитных материалов. Поэтому можно сделать вывод, что диссертация «Структура и оптические свойства дисперсных сред на основе полимера и жидкого кристалла» соответствует всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор – Эгамов Мухтор Хасанович достоин присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. – физика конденсированного состояния.

Отзыв обсужден и одобрен на научном семинаре от «28» августа 2026 г., протокол № 1. На заседании семинара присутствовали 7 чел. Результаты голосования: За - 7, против - 0, воздержавшиеся - 0.

Председатель заседания:

доктор физико-математических наук,
научный руководитель ООО «НПП «Инжект»  Микаелян Г.Т.
Адрес: 410033, Россия, Саратовская обл., г. Саратов, ул. Элмашевская, влд. 3А
Тел.: +7 (8452) 65-97-07
e-mail: info@nppinject.ru

Эксперт:

кандидат технических наук,
главный технолог ООО «НПП «Инжект»  Козырев А.А.

Секретарь заседания,

кандидат физико-математических наук
главный конструктор ООО «НПП «Инжект»  Панарин В.А.

Подпись Микаеляна Г.Т., Козырева А.А., Панарина В.А. заверяю:

Заместитель генерального директора
по управлению персоналом  Романова Е.А.
ООО «НПП Инжект»

Адрес: 410033, Россия, Саратовская обл., г. Саратов, ул. Элмашевская, влд. 3А
Тел.: +7 (8452) 65-97-07
e-mail: info@nppinject.ru

