

ОТЗЫВ

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

Диссертационная работа Мухтора Хасановича Эгамова посвящена исследованию структуры, ориентационного упорядочения, оптических, электрооптических и физико-механических свойств дисперсных полимерно-жидкокристаллических систем. Выбранное направление является актуальным как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения. Интерес к полимерно-жидкокристаллическим композитам обусловлен возможностью объединения комплекса ценных свойств полимеров — механической прочности, технологичности, гибкости, устойчивости и относительно низкой стоимости — с выраженной оптической и диэлектрической анизотропией жидких кристаллов. Особый интерес представляют дисперсные системы, в которых нематическая жидкокристаллическая фаза локализована в микрокаплях полимерной матрицы. В таких системах оптический отклик материала определяется не только свойствами исходных компонентов, но и геометрией капель, их размером, формой, ориентационной структурой директора, характером межфазного взаимодействия и граничными условиями.

Актуальность исследования существенно возрастает в связи с развитием современных направлений оптоэлектроники, фотоники, управляемых световых устройств, поляризационной оптики и функциональных нанокомпозитов. Возможность управляемого изменения структуры жидкого кристалла с помощью электрического поля, механической деформации, температуры и поверхностной модификации открывает перспективы создания новых элементов управления параметрами оптического излучения. Особого внимания заслуживает рассматриваемая в диссертации проблема конкуренции различных механизмов ориентации молекул жидкого кристалла на межфазной границе. Изменение поверхностного сцепления, введение поверхностно-активных веществ, изменение температуры и механическое растяжение способны существенно модифицировать конфигурацию директора в ограниченном объеме. Поэтому установление взаимосвязи между структурой капель, межфазным взаимодействием и макроскопическим оптическим откликом является важной научной задачей физики конденсированного состояния.

Таким образом, тема диссертационной работы представляется актуальной, своевременной и соответствующей современному уровню развития физики жидких кристаллов, дисперсных систем, полимерных композитов и оптических материалов.

Автором проведен значительный объем исследований полимерно-жидкокристаллических композитов на основе 5СВ и 7СВ, поливинилового спирта и поливинилбутираля с использованием пластификаторов и поверхностно-активных веществ. Методологически работа опирается на современные представления о структуре и ориентационном порядке нематических жидких кристаллов, континуальную теорию упругости жидких кристаллов, представления о поверхностном сцеплении и межфазных взаимодействиях, а также на экспериментальные методы исследования оптических, структурных, термических и электрофизических характеристик. Положительной особенностью работы является комплексный характер исследования. Автор не ограничивается изучением только оптического отклика композитных пленок, а рассматривает его во взаимосвязи с морфологией, структурой капель, конфигурацией директора, температурными переходами, механической деформацией и характером межфазного взаимодействия.

Научная новизна полученных результатов

К наиболее существенным результатам, определяющим научную новизну диссертации, следует отнести следующие.

- 1.Автором установлена роль точечных и линейных дефектов ориентационной структуры внутри капель нематического жидкого кристалла в формировании светорассеяния. Показано, что в исходном состоянии их вклад может маскироваться рассеянием, обусловленным различием показателей преломления полимерной и жидкокристаллической фаз, тогда как при электрической переориентации жидкого кристалла вклад дефектов становится существенно более заметным.
- 2.Исследованы процессы переориентации молекул 5СВ и 7СВ в полимерных матрицах ПВС и ПВБ и показана существенная роль конкуренции межмолекулярных, электростатических и поверхностных взаимодействий на границе раздела фаз.
- 3.Представляет интерес обнаруженное изменение конфигурации точечных дефектов в каплях нематического жидкого кристалла под действием электрического поля, связываемое автором с локальным изменением концентрации жидкокристаллической фазы.

4. Выявлены новые ориентационные состояния жидкого кристалла в ограниченных объемах, возникающие под воздействием электрического, механического и светового полей. Полученные поляризационно-оптические текстуры позволяют судить о характере структурных преобразований в каплях.

5. Интересным является исследование влияния термической обработки на морфологию полимерно-жидкокристаллических композитов. На основании сопоставления результатов поляризационно-оптических и калориметрических исследований автор связывает структурную перестройку с релаксационными процессами в полимерной матрице и изменением межфазного взаимодействия.

6. Установлено влияние механического растяжения на размер и структуру жидкокристаллических капель и, как следствие, на степень поляризации и светопропускание композитных пленок. Показана возможность использования указанных эффектов для управления оптическими характеристиками материала.

7. Предложены физические представления о формировании неоднородного поверхностного сцепления молекул жидкого кристалла на границе капля—полимер, при котором характер ориентации изменяется в меридиональном направлении от тангенциального на экваторе к гомеотропному вблизи полюсов деформированной капли.

Совокупность указанных результатов позволяет считать, что диссертационная работа содержит новые научные результаты, расширяющие представления о структурных и оптических свойствах полимерно-жидкокристаллических дисперсных систем.

Обоснованность и достоверность научных положений

Достоверность основных результатов определяется комплексным использованием взаимодополняющих экспериментальных и теоретических методов.

В работе использованы поляризационно-оптическая микроскопия, ИК-спектроскопия, дифференциальная сканирующая калориметрия, электрооптические и механические методы исследования. Такое сочетание методов позволяет анализировать исследуемые материалы на различных структурных уровнях — от молекулярных и межфазных взаимодействий до морфологии капель и макроскопических оптических характеристик пленок.

Положительно следует отметить сопоставление результатов различных экспериментальных методов. В частности, использование поляризационно-оптических и калориметрических данных для анализа структурных изменений

при термической обработке позволяет более обоснованно интерпретировать наблюдаемые преобразования.

Дополнительным фактором достоверности является использование теоретических моделей и численных расчетов конфигурационных и конформационных преобразований. Сопоставление расчетных и экспериментальных данных способствует физической интерпретации наблюдаемых эффектов.

В целом примененный комплекс экспериментальных и расчетных методов является адекватным поставленным задачам, а полученные результаты находятся в логическом соответствии с современными представлениями о физике жидких кристаллов и дисперсных полимерных систем.

Теоретическая значимость

Теоретическая значимость работы заключается прежде всего в развитии физических представлений о взаимосвязи между ориентационной структурой жидкого кристалла в ограниченном объеме, характером межфазного взаимодействия и оптическим откликом полимерно-жидкокристаллического композита.

Полученные результаты показывают, что оптические характеристики таких материалов не могут рассматриваться исключительно как результат усреднения свойств жидкого кристалла и полимера. Существенную роль играют локальная конфигурация директора, дефектная структура капель, размер и форма дисперсных включений, а также характер поверхностного сцепления.

Определенный теоретический интерес представляет выявление взаимосвязи между механической деформацией капель и изменением их ориентационной структуры. Рассмотрение этого эффекта позволяет связать механические параметры композитной пленки с ее поляризационными и светорассеивающими характеристиками. Интерес представляет также анализ конформационных преобразований молекул 5CB и 7CB и их связи со спектральными характеристиками исследуемых систем.

Практическая значимость диссертационной работы определяется возможностью использования полученных результатов при разработке функциональных полимерно-жидкокристаллических материалов для оптоэлектроники и фотоники.

Автором предложены технологии получения композитных пленок на основе гибкоцепных полимеров и нематических жидких кристаллов с

использованием пластификаторов и поверхностно-активных веществ. Исследованы режимы, позволяющие управлять морфологией и ориентационной структурой жидкокристаллических включений.

Особый практический интерес представляют результаты, связанные с созданием поляризационно-чувствительных композитных пленок и возможностью управления их оптическими характеристиками посредством механического растяжения и электрического поля.

Предложенные подходы могут быть востребованы при разработке элементов управления поляризацией излучения, оптических модуляторов, поляризаторов, элементов дисплейной техники и других функциональных оптических устройств.

Оценка положений, выносимых на защиту

Положения, выносимые автором на защиту, в целом соответствуют содержанию проведенных исследований и отражают основные научные результаты диссертации. Особенно существенными представляются положения, связанные с установлением зависимости ориентационной структуры капель нематического жидкого кристалла от степени механической деформации и концентрации сурфактанта, выявлением особенностей поверхностного сцепления на границе капля-полимер, а также с установлением связи между структурными преобразованиями дисперсной фазы и оптическим откликом композитной пленки.

Положения о возможности формирования ориентационных структур, сочетающих признаки биполярной и аксиальной конфигураций, представляют интерес для дальнейшего развития физических основ электрооптических материалов с управляемыми характеристиками.

Соответствие диссертации научной специальности

В работе исследуются физические свойства органических конденсированных систем и дисперсных сред, фазовые и структурные преобразования, ориентационное упорядочение жидких кристаллов, межфазные взаимодействия, влияние температуры, электрического поля и механической деформации на физические свойства исследуемых материалов.

Работа соответствует направлениям паспорта специальности, связанным с экспериментальным и теоретическим исследованием физических свойств конденсированных и дисперсных систем, изучением их структурных и фазовых преобразований, а также исследованием оптических свойств вещества и взаимодействия света с конденсированной средой.

Таким образом, тематика, объект, методы и основные результаты исследования соответствуют специальности 1.3.8 — «Физика конденсированного состояния».

Личный вклад автора

Согласно представленным материалам, автором осуществлялись постановка и решение основных задач исследования, подготовка экспериментальных образцов, проведение значительной части экспериментов, обработка и интерпретация полученных результатов, выполнение численных расчетов, подготовка научных публикаций и представление результатов на научных конференциях.

Отдельные спектроскопические исследования проводились при участии автора с использованием оборудования специализированных лабораторий. При этом диссертантом осуществлялись постановка соответствующих задач, участие в проведении исследований и интерпретация полученных результатов.

Таким образом, личный вклад М.Х. Эгамова в получение основных результатов диссертации представляется существенным и соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям.

Апробация и публикационная активность

Полученные результаты прошли широкую научную апробацию. Согласно представленным сведениям, основные результаты диссертационной работы докладывались на многочисленных международных и национальных научных конференциях, симпозиумах и школах-семинарах, посвященных физике конденсированного состояния, жидким кристаллам, материаловедению, наноматериалам, молекулярной спектроскопии, оптике и фотонике.

Публикационная активность автора также является высокой. Результаты работы опубликованы в 101 научной публикации, включая статьи в рецензируемых научных изданиях, публикации, индексируемые в международных библиографических базах данных, материалы конференций, а также патент на изобретение. Большой объем публикаций и широкая география апробации свидетельствуют о длительном характере исследований и наличии научного интереса к полученным результатам.

Замечания и дискуссионные вопросы

При общей положительной оценке диссертационной работы необходимо отметить ряд вопросов, которые могут стать предметом научной дискуссии.

1. В диссертации существенное внимание уделяется влиянию поверхностно-активного вещества на характер ориентации жидкого кристалла. Представляется желательным более подробно разграничить вклад изменения поверхностной энергии границы капля-полимер и вклад изменения объемных электрофизических характеристик жидкокристаллической фазы при введении ионного ПАВ.

2. При обсуждении роли точечных и линейных дефектов в рассеянии света желательно было бы привести более детальное количественное разделение вклада дефектного рассеяния и рассеяния, обусловленного различием показателей преломления полимера и жидкого кристалла.

3. Представляет интерес вопрос о воспроизводимости морфологии композитных пленок. Поскольку размер и распределение капель непосредственно влияют на оптический отклик, дополнительная статистическая характеристика распределения размеров капель могла бы усилить количественную аргументацию некоторых выводов.

Перечисленные замечания носят преимущественно дискуссионный характер и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. Более того, они отражают перспективность дальнейшего развития рассматриваемого научного направления.

Общая оценка диссертационной работы

Диссертационная работа Эгамова М.Х. представляет собой завершенное научное исследование, посвященное актуальной проблеме физики конденсированного состояния — установлению взаимосвязи между структурой, ориентационным упорядочением, межфазными взаимодействиями и оптическими свойствами полимерно-жидкокристаллических дисперсных систем.

К достоинствам работы следует отнести комплексность проведенных исследований, сочетание современных экспериментальных методов с теоретическим анализом и численным моделированием, значительный объем экспериментального материала, широкую апробацию результатов и наличие конкретных предложений по практическому использованию исследованных композитов.

Научные результаты диссертации позволяют расширить существующие представления о механизмах формирования ориентационной структуры жидкого кристалла в ограниченных объемах, о роли межфазного сцепления и дефектов в формировании оптического отклика, а также о возможностях управления светопропусканием и поляризационными характеристиками композитных пленок посредством внешних воздействий. Содержание

диссертации соответствует заявленной теме. Цель исследования в целом достигнута, поставленные задачи решены, а сформулированные положения, выносимые на защиту, получили необходимое теоретическое и экспериментальное обоснование.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании анализа представленной диссертационной работы считаю, что диссертация Эгамова М.Х. «Структура и оптические свойства дисперсных сред на основе полимера и жидкого кристалла» является самостоятельным, завершенным научно-квалификационным исследованием, в котором содержится решение важной научной проблемы, имеющей существенное значение для развития физики конденсированного состояния, физики жидких кристаллов, оптики и фотоники.

Работа характеризуется научной новизной, теоретической и практической значимостью полученных результатов, достаточной степенью их обоснованности и достоверности. Основные результаты опубликованы в научной печати и получили широкую апробацию на международных и всероссийских научных конференциях.

Считаю, что по актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, объему проведенных исследований и уровню полученных результатов диссертационная работа Эгамова М.Х. «Структура и оптические свойства дисперсных сред на основе полимера и жидкого кристалла» соответствует требованиям, установленным ВАК РФ к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным в п. п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 года № 842 (в ред. Постановлений Правительства РФ от 21.04.2016 г. № 335, от 02.08.2016, № 748, от 29.05.2017 № 650, от 28.08.2017 № 1024), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по указанной специальности.

Официальный оппонент:

Номоев Андрей Валерьевич, доктор физико-математических наук, профессор, директор института материаловедения СО РАН. Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Контактные данные:

Россия, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, дом 6.

Тел.: служ.: +7 (3012) 41-59-17; моб.: 8 983426 50 78, e-mail: nomoevav@mail.ru

Даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета 99.0.057.02 на базе Таджикского национального университета и их дальнейшую обработку.

Номоев /А.В. Номоев

«28» августа 2026 г.

Подпись Номоева Андрея Валерьевича удостоверяю:

Ученый секретарь УС ИФМ СО РАН



Батуева

Е.В. Батуева