

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе и инновациям
Национального университета
Узбекистана имени Мирзо Улугбека,
доктор физико-математических наук, профессор
_____ Ё.С. Эргашов
« 07 » _____ 06 _____ 2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертационной работе Рахимовой Умедахон Джурабоевны на тему «Технологические особенности поляризатора света на основе плёнок полимер-жидкий кристалл», представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD) – доктора по специальности 6D060400 (6D060407 – физика конденсированных сред)

Актуальность и необходимость проведения исследования. Широко применяемые в настоящее время поляризаторы представляют собой ориентированные одноосным деформированием полимерную пленку толщиной 35-45 мкм, легированные в массе комплексными соединениями йода или специальными органическими красителями. У них в качестве полимера в основном используются поливиниловый спирт (ПВС). Такие поляризаторы имеют очень высокие оптические характеристики и успешно используются при производстве жидкокристаллических индикаторов и дисплейной техники. Тем не менее, из-за большой толщины их использование в устройствах защиты и идентификации товарной продукции вызывает ряд ограничений и осложняет процесс реализации в сверхчувствительных устройствах оптической системы. Традиционные пленочные дихроичные поляризаторы, в основном применяемые в настоящее время, состоят из ориентированных в полимерной матрице (ПВС) микроскопических кристаллов либо, дихроичных палочкообразных органических молекул. Во всех перечисленных выше разновидностей поляризаторов имеется единственный недостаток: они поглощают ненужную компоненту светового излучения, что в конечном итоге приводит к разрушению матрицы за счет внутреннего нагрева.

Поэтому в настоящей работе исследуются возможности получения поляризаторов на основе полимерно-жидкокристаллических композитных пленок на основе ПВС и НЖК 5ЦБ. Они должны быть избавлены от существующих недостатков поляроидных пленок. Данная тема является одной из важнейших задач приоритетных направлений оптики дисперсных систем,

развивающимся на границе физики жидких кристаллов и оптоэлектроники. В ней исследуется новая категория композитов, представляющих собой взвеси капель нематических жидких кристаллов (НЖК) в объеме полимера. Научный и практический интерес к таким объектам обусловлен, с одной стороны, необычными физико-химическими свойствами капель жидкого кристалла, связанными со сложной упорядоченной структурой двух несовместимых фаз и их взаимодействием на границах раздела, а с другой стороны – возможности применения эффектов управляемого светопропускания и рассеяния света дисперсными системами композиционных систем для формирования многообразных устройств оптоэлектроники и фотоники (оптические затворы, поляризаторы, микролинзы, модуляторы света и управления световых потоков).

Структура и объем диссертации. Структура диссертации Рахимовой У.Дж. сформирована в соответствии с целями и задачами исследования. Она состоит из вводной части, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Работа изложена на 129 страницах, включая 43 рисунков, 6 таблиц и списка цитируемой литературы из 181 наименований.

Во введении обосновывается актуальность работы и постановка задачи, приводятся цель и задачи исследования, перечисляются предложенные выводы и их научное обоснование, указываются новые результаты, научная новизна и практическая значимость результатов, подчеркиваются основные положения, выносимые на публичную защиту, излагаются апробации результатов и указываются конкретные области применения материалов диссертации.

Первая глава-обзорная. В ней проанализированы классификации жидких кристаллов, их структуры, характерным особенностям в зависимости от действия внешних полей. Изложены способы формирования и получения поляризаторов на основе полимерных материалов, их сфера применения, принцип работы в режиме пропускания, отражения и их комбинации. Приведены способы реализации поляризаторов на основе полимеров в УФ- и видимой областях спектра при помощи добавок красителей. Показано влияние добавок наночастиц серебра на поляризующие свойства пленок из ПВС, их применения в спектроскопии комбинационного рассеяния (СКР), технологии радиолокационной невидимости, а также технологии создания термо-фотоэлектрических элементов. На основе анализа литератур сформулированы цель и задачи исследования, касающиеся разработки поляризаторов на основе ДНЖК композитов, лишенных недостатков действующих пленочных поляроидов.

Во второй главе приводятся сведения об объекте исследования, изложена методика приготовления образцов, даны физико-химические параметры и характеристики исследуемых объектов. 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 механических сил. Описана методика исследования оптических текстур капель НЖК 5 ЦБ. Указаны стандартные размеры, формы и условия формирования капель нематика для последующего морфологического исследования.

Третья глава посвящена формированию биполярных капель нематика в поле электрических сил. Используемые нами ДПЖК пленки состояли из капель ЖК (4-*n*-пентил-4'-цианобифенила, 5ЦБ), капсулированного в полимерную матрицу (ПВС). Оптические свойства таких сред зависят от начальной конфигурации директора (преимущественное ориентации молекул ЖК), образующейся в каплях, изменяя которую действием внешних сил, можно управлять светопропусканием всей пленки. В исходном состоянии градиент показателей преломления между полимерной матрицей (n_p) и необыкновенным показателем преломления ЖК (n_o) сопровождается максимальному рассеянию падающего излучения. При приложении постоянного электрического поля, напряженность которого ортогонально плоскости образца, молекулы нематика ориентируются вдоль поля, соответственно, среда становится прозрачной и выполняется условия $n_p = n_o$. Наоборот, при действии поля вдоль плоскости пленки, молекулы ориентируются перпендикулярно к межфазной границе, тем самым, создавая гомеотропные (тангенциальные) граничные условия.

В четвертой главе изложены структурные и оптические свойства одноосно ориентированных пленок ДПЖК. Исследована анизотропия светопропускания полимерных пленок с микроскопическими каплями НЖК 5ЦБ для получения микрополяризатора. Он состоит из тонкой полимерной пленки с диспергированным в ней ансамблем эллипсоидальных капель НЖК, длинные оси которых направлены вдоль оси вытяжки.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы, основанные на полученных экспериментальных данных и их анализе.

Научная новизна данного исследования заключается в следующем:

1. **Обнаружены** и исследованы конфигурационные превращения точечных дефектов в каплях нематика при действии электрического поля,

обусловленные локальным изменением концентрации НЖК в составе полимерной матрицы.

2. **Выявлены** новые ориентационные механизмы, образующиеся в каплях нематика под действием внешних полей и обоснованы их характерные текстуры.

3. **Установлено**, что капли нематика имеют ориентационную структуру с двумя бужумами и кольцевым дефектом поверхности, формирующимися при однородном наклонном сцеплении.

4. **Определены** граничные условия реализации формирования структуры нематика с однородным сцеплением директора в объеме и на поверхности капли для синтеза предельно возможной анизотропии светопропускания одноосно вытянутых ДПЖК пленок.

5. Впервые **обнаружен** эффект уменьшения степени поляризуемости ДПЖК-поляризатора при высоких значениях относительного удлинения, что связано со слиянием мелких и образованием крупных по размеру капель ЖК в полимерной матрице.

Теоретическая ценность работы заключается в том, что достигнутый уровень интерпретации и обоснования установленных физических явлений позволяют внести корректировку в решении проблемы эффективности контроля поляризационными характеристиками света в ПЖК структурах. Создана конкретная физическая модель, разрешающая определить оптические и физико-химические параметры разных конфигураций нематического жидкого кристалла.

Практическая значимость исследования заключается в том, что разработан новый композиционный материал на основе полимерной пленки и НЖК типа 5ЦБ со значительными морфологическими характеристиками. Установлено, что диспергированные полимером НЖК пленки с наклонными граничными условиями имеют ориентационную структуру, сочетающую в себе черты как биполярной, так и аксиальной конфигураций. Такие особенности открывают возможности для применения этих материалов в производстве электрооптических устройств с эффектом памяти и низким управляющим напряжением. Рекомендованы к использованию результаты работы, касающиеся области создания новых оптоэлектронных элементов и индикаторных устройств. Новые научные результаты, полученные при изучении полимерно-жидкокристаллических композитов с учетом их морфологических преобразований, рекомендуются применять при чтении дисциплин «Физика полимеров», «Лазеры и лазерная техника» и «Композиционные материалы».

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением комплекса современных методов исследований (молекулярная спектроскопия, поляризационная оптика, электрооптика, механические испытания) и стандартизированных оборудований и аппаратур. Обсуждаемые результаты, приведенные в диссертации, находятся в гармоническом согласии с литературными данными отечественных и зарубежных исследователей.

Материалы диссертации были опубликованы в 26 научных статей, в том числе 8 - в ведущих рецензируемых научных изданиях, из списка перечня ВАК при Президенте Республики Таджикистан и 18 тезисов докладов в материалах научных конференций республиканского и зарубежного масштаба.

Рекомендации по применению результатов исследования.

1. На примере ДПЖК 5ЦВ с наклонными граничными условиями, обнаруженные нами эффекты ориентационной структуры, сочетающие в себя общие черты биполярной и аксиальной конфигурации, могут быть использованы для изготовления электрооптических устройств с эффектом памяти и низким управляющим напряжением.

2. Разработанные в диссертации и предложенные к эксплуатации композитные ДПЖК пленки, полученные со строгим соблюдением тонкости технологического процесса можно рекомендовать в качестве поляризатора для модуляции интенсивности сверхмощного лазерного излучения.

На дискуссии участвовали: профессор кафедры фотоники Отажонов Шавкат с вопросами:

1. Исходя из каких соображений вы выбрали He-Ne лазер?

2. Каким способом выделили перпендикулярное и параллельное составляющие светового излучения?

Доцент кафедры физики полупроводников и полимеров Карабаева Мунира с вопросами:

1. Какие структурные изменения происходят в полимерной матрице после введения НЖК 5СВ?

2. Исследованы ли концентрационная зависимость НЖК 5СВ от объема полимерной матрицы?

Доцент кафедры фотоники Ахмаджонов Тургунали с вопросом:

1. Как осуществлялась процесс одноосной деформации полимерной матрицы и каковы последствия этого процесса?

Доцент кафедры физики полупроводников и полимеров Парчинский Павел с вопросами:

1. Учтены ли изменения модуля упругости, модуля Юнга, коэффициента Пуассона и прочие параметры пленки после деформации?

2. В каких областях и сферах можно использовать предложенные вами поляризаторы?

На все вопросы диссертантом были даны удовлетворительные ответы.

Замечания по диссертационной работе:

1. Для сравнительного анализа полученных результатов следует использовать аналогичные объекты исследования с идентичными свойствами и физико-химическими параметрами.

2. Нет четкого указания диапазона применения разработанного и предложенного поляризатора в спектре оптических излучений, а также их количественные характеристики.

3. Поскольку любой экспериментальный факт основан на статистической природе явлений, было бы целесообразно оценить в работе не только средние величины, но и другие статистические параметры: дисперсии, среднеквадратичные отклонения, доверительные интервалы и показать их на графиках.

Указанные замечания ни в ком случае не снижают научной и практической ценности диссертации и её положительной оценки.

Заключение

Диссертационная работа Рахимовой Умедахон Джурабоевны «Технологические особенности поляризатора света на основе плёнок полимер-жидкий кристалл», представленную на соискание ученой степени доктора философии (PhD) – доктора по специальности 6D060400 (6D060407 – физика конденсированных сред) представляет собой завершённую научную квалификационную работу, удовлетворяющую всем требованиям ВАК при Президенте Республики Таджикистан к докторским диссертациям и паспорту специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния». По объёму выполненных исследований, новизне и значимости полученных результатов Рахимова У.Дж. безусловно заслуживает присуждения ученой степени доктора философии (PhD) доктора по специальности 6D060400 (6D060407 – физика конденсированных сред).

Автореферат диссертации правильно и полно отражает содержания работы.

Настоящий отзыв составлен доктором философии PhD Эшонкуловым Гафур Бобокуловичом, деканом физического факультета (01.04.11 – лазерная физика, 2018), к.ф.-м.н. Насировым Абдуманап Абдулмаджидовичом, заведующий кафедрой физики полупроводников и полимеров (01.04.07 –

физика конденсированных сред, 1991), секретарём расширенного научного семинара PhD Абдуллаевым Нураддином.

Отзыв на диссертацию обсуждён и одобрен на расширенном научном семинаре физического факультета Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека 06 июня 2024 года (протокол № 7), где диссертантом были изложены основные положения работы.

Председатель расширенного научного семинара физического факультета НУУз, PhD, декан физфака



Эшонкулов Г.Б.

Заведующий кафедрой физики полупроводников и полимеров, к.ф.-м.н., доцент



Насиров А.А.

Секретарь расширенного научного Семинара, PhD



Абдуллаев Н.К.

07.06.2024

Государственное бюджетное образовательное учреждение
Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека

100174, Республика Узбекистан, г.Ташкент, Алмазарский р-н,
Вузгородок, ул. Университетская, 4

Тел.: +998-71-227-12-24, e-mail: rector@nuu.uz, www.nuu.uz