

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.392.06, СОЗДАННОГО НА  
БАЗЕ ФГБОУ ВО «САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО», ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 15.04.2022 № 58/22

О присуждении Яковлеву Дмитрию Дмитриевичу, гражданину РФ, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Свойства рассеяния света анизотропными слоями, состоящими из квазиподобных доменов со случайной азимутальной ориентацией» по специальности 1.3.6 - «Оптика» принята к защите 26 января 2022 года, протокол № 49/22, диссертационным советом 24.2.392.06, созданным на базе ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского», г. Саратов, ул. Астраханская, 83. Совет 24.2.392.06 создан приказом Минобрнауки России № 362/нк от 19.03.2020 г.

Соискатель Яковлев Дмитрий Дмитриевич, гражданин РФ, 02.10.1993 года рождения, в 2015 году окончил ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского». В период подготовки диссертации соискатель обучался в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по направлению 03.06.01–«Физика и астрономия», направленности «Оптика», и окончил её в 2019 году.

Диссертация выполнена на кафедре оптики и биофотоники физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского».

**Научный руководитель:** Тучин Валерий Викторович, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой оптики и биофотоники института физики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского».

**Официальные оппоненты,**

Дмитриенко Владимир Евгеньевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник отдела теоретических исследований Института кристаллографии Федерального научно-исследовательского центра «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук (г. Москва), и

Тимофеев Иван Владимирович, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией фотоники молекулярных систем Института физики им. Л. В. Киренского ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр “Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук”» (г. Красноярск),  
**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области "Московский государственный областной университет" (МГОУ) в своём положительном заключении, подписанном заведующим кафедрой теоретической физики МГОУ, доктором технических наук, профессором В. В. Беляевым и профессором кафедры теоретической физики МГОУ, доктором физ.-мат. наук Д. Н. Чаусовым и утвержденном ректором МГОУ, доктором юридических наук, доктором педагогических наук, профессором Е. А. Певцовой, отметила актуальность проведенного исследования, высокую научно-практическую значимость работы, новизну полученных результатов, ясность и последовательность изложения материалов диссертации и аккуратность ее оформления и указала на соответствие представленной диссертации требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Все замечания в отзыве ведущей организации, исключая одно техническое замечание (неправильно оформленная ссылка), носят рекомендательный характер.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается близким соответствием проводимых ими исследований теме диссертации, их высокой квалификацией в области оптики неоднородных анизотропных сред, позволяющей оценить научную и практическую значимость диссертационной работы, широкой известностью и признанными достижениями среди специалистов.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ по теме диссертации, в их числе 7 статей в изданиях, входящих в перечень ВАК или индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus. Наиболее значимые публикации автора теме диссертации:

1. Yakovlev, D. D. Electrically induced circular dichroism of multidomain layers of a long-pitch cholesteric liquid crystal / D. D. Yakovlev, M. M. Sherman, D. A. Yakovlev. // Proceedings of SPIE. – 2014. – Vol. 9031. – P. 90311B-1–90311B-6.

Автором впервые экспериментально продемонстрирована возможность наблюдать циркулярный дихроизм на мультидоменных слоях холестерического жидкого кристалла с естественным шагом спирали, намного превосходящим длину волны падающего света, при наложении на слой электрического поля.

2. Яковлев Д. Д., Яковлев Д. А. Картины рассеяния ортогонально поляризованных компонент света для статистически вращательно-инвариантных мозаичных двулучепреломляющих слоев / Д. Д. Яковлев, Д. А. Яковлев // Оптика и спектроскопия. – 2019. – Т. 126. – С. 324–335.

С помощью метода двухточечных обобщенных матриц Мюллера и приближения фазового экрана автором исследована связь формы угловых спектров линейно поляризованных компонент света, рассеянного на случайно-неоднородных слоях двулучепреломляющих материалов, с корреляционными структурными характеристиками слоев. Для статистически вращательно-инвариантных слоев выявлены условия наблюдения трех типов картин рассеяния линейно поляризованных компонент: инвариантных относительно азимутального поворота на  $180^\circ$ , инвариантных относительно азимутального поворота на  $90^\circ$  и обладающих круговой симметрией. Для мозаичных двулучепреломляющих слоев, состоящих из однородных фрагментов с разной азимутальной ориентацией оптической оси, установлена связь между корреляционными структурными свойствами слоя и видом картин рассеяния поляризованных компонент. Сделанные выводы подтверждены экспериментальными данными и результатами численного моделирования.

3. Яковлев Д. Д. Особенности структуры статистически вращательно-инвариантных мозаичных двулучепреломляющих слоев, проявляющих круговой дихроизм / Д. Д. Яковлев // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия "Физика". – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 188–200.

С помощью метода двухточечных обобщенных матриц Мюллера и приближения фазового экрана автором выявлены структурные свойства мозаичных слоев с хиральными доменами, при наличии которых слой может проявлять круговой дихроизм при рассеянии света, вне полос дихроичного поглощения света и зон брегговского отражения.

4. Yakovlev D. D. Features of light scattering on mosaic layers composed of structurally similar birefringent domains / D. D. Yakovlev, M. M. Sherman, A. A. Murauski, D. A. Yakovlev // Journal of Modern Optics. – 2020. – Vol. 67, № 2. – P. 111–125.

С помощью метода двухточечных обобщенных матриц Мюллера и приближения фазового экрана автором исследуются особенности рассеяния света на эквидоменных и квазиэквидоменных двулучепреломляющих слоях. Детально рассмотрены два типа мозаичных слоев: мозаичные слои, состоящие из идентичных нехиральных доменов, и статистически нехиральные слои, состоящие из структурно подобных, но неидентичных доменов. Получены аналитические выражения для матричных операторов, связывающих векторы состояния рассеянной и нерассеянной компонент с вектором состояния падающего пучка, через статистические структурные характеристики слоя. С помощью разработанного теоретического подхода автором объясняются некоторые оптические явления, характерные мозаичным двулучепреломляющим слоям, такие как селективное рассеяние света и инверсия циркулярной поляризации при рассеянии. Анализируется эффект степени подобия доменов на свойства рассеяния слоя.

5. Яковлев Д. Д., Яковлев Д. А. Границы применимости приближения прямых лучей при моделировании оптических свойств жидкокристаллических дифракционных решеток / Д. Д. Яковлев, Д. А. Яковлев // Компьютерная оптика. – 2020. – Т. 24, № 1. – С. 40–52.

С помощью компьютерного моделирования автором оцениваются границы применимости приближения прямых лучей для расчёта оптических характеристик жидкокристаллических слоев с плавной пространственной вариацией ориентации локальной оптической оси.

На **автореферат** диссертации поступило **8** положительных **отзывов**. В них отмечены высокий уровень работы, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Отзывы поступили от:

- 1) Каманиной Наталии Владимировны, доктора физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., нач. отдела "Фотофизика сред с нанобъектами" АО "ГОИ им. С. И. Вавилова", г. Санкт-Петербург (без замечаний);
- 2) Кудрейко Алексея Альфредовича, канд. физ.-мат. наук, заведующего кафедрой медицинской физики с курсом информатики ФГБОУ ВО "Башкирский государственный медицинский университет", г. Уфа (без замечаний);
- 3) Пасечника Сергея Вениаминовича, доктора физ.-мат. наук, профессора, заведующего кафедрой биокрибернетических систем и технологий Института искусственного интеллекта РТУ - МИРЭА, г. Москва (без замечаний);
- 4) Ушаковой Ольги Валерьевны, канд. физ.-мат. наук, доцента кафедры "Системотехника и управление в технических системах" ФГБОУ ВО "СГТУ им. Гагарина Ю. А.", г. Саратов (без замечаний);

- 5) Емельяненко Александра Вячеславовича, доктора физ.-мат. наук, профессора РАН, вед. науч. сотр., руководителя лаборатории жидких кристаллов физического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва (без замечаний);
- 6) Моисеевой Натальи Михайловны, канд. физ.-мат. наук, доцента кафедры радиофизики ФГАОУ "Волгоградский государственный университет", г. Волгоград (без замечаний);
- 7) Мельникова Геннадия Васильевича, доктора хим. наук, профессора кафедры "Физика" ФГБОУ ВО "СГТУ им. Гагарина Ю. А.", г. Саратов (без замечаний);
- 8) Лойко Валерия Александровича, доктора физ.-мат. наук, заслуженного деятеля науки Республики Беларусь, профессора, гл. науч. сотр. Института физики НАН Беларуси, г. Минск (без замечаний).

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- 1. Разработан новый эффективный теоретический подход к задаче о рассеянии света на случайно-неоднородных анизотропных слоях в условиях нормального освещения слоя коллимированным световым пучком, позволяющий учесть кооперативные эффекты при рассеянии света на таких слоях и связать статистические структурные характеристики слоя с его характеристиками рассеяния.
- 2. Впервые получено явное выражение для обобщенной матрицы Мюллера пропускания квазиэквидоменного слоя, позволяющее разделить вклады флуктуаций ориентации характеристических осей доменов и флуктуаций структуры доменов при рассмотрении спектрально-поляризационных свойств нерассеянной компоненты и угловых и поляризационных свойств рассеянной компоненты прошедшего поля.
- 3. Впервые в терминах статистической оптики интерпретированы селективное рассеяние света на нематических RPA-слоях и эффект гигантского оптического вращения, наблюдаемый на холестерических RPA-слоях с естественным шагом спирали, существенно превосходящим длину волны падающего света.
- 4. Теоретически предсказан и экспериментально подтвержден эффект инверсии поляризации при рассеянии на статистически вращательно-инвариантном мозаичном слое света с круговой поляризацией.

- 5. Экспериментально обнаружен и теоретически объяснен эффект электроиндуцированного циркулярного дихроизма на RPA-слоях непоглощающих холестерических ЖК с естественным шагом спирали, существенно превосходящим длину волны падающего света.
- 6. Разработана оригинальная методика, позволяющая на основе данных микроскопического поляризационного картирования оценивать степень подобия доменов в сложно-неоднородных анизотропных слоях и степень их ориентационной упорядоченности.
- 7. Впервые показано, что в случае статистически вращательно-инвариантных эквидоменных слоев без локальных поляризационно-зависимых потерь форма углового распределения ортогонально поляризованных составляющих рассеянной компоненты не зависит от структуры домена-прототипа

**Теоретическая значимость** исследования обоснована следующим. Результаты, полученные в работе, существенно расширяют представления об особенностях рассеяния света на сложно неоднородных слоях оптически анизотропных материалов. Развитые теоретические подходы и выявленные закономерности могут быть использованы при анализе экспериментальных данных и выработке условий эксперимента для характеристики случайно-неоднородных анизотропных сред методами малоуглового рассеяния света.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики:** Выявленные особенности рассеяния света на мозаичных двулучепреломляющих слоях могут быть использованы при разработке эффективных оптических методов исследования и характеристики слоев анизотропных материалов. Выявленные закономерности взаимодействия света со случайно-неоднородными двулучепреломляющими средами и теоретический подход, разработанный в ходе исследований, могут быть использованы при разработке новых электрооптических устройств на основе случайно-неоднородных жидкокристаллических слоев и оптических элементов на основе композитных материалов с двулучепреломляющими компонентами.

**Достоверность** результатов работы обуславливается использованием апробированных методик измерения, адекватностью используемых теоретических моделей, соответствием теоретических выводов экспериментальным данным, воспроизводимостью результатов экспериментов.

**Личный вклад соискателя** состоит в участии в постановке задач исследования, разработке теоретических подходов, проведении численного моделирования, подготовке и проведении экспериментов, обработке и анализе полученных результатов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания и вопросы:

1. В первом защищаемом положении говорится об "усредненной матрице Джонса локального пропускания слоя по площади слоя". Не может ли так случиться, что если слой характеризуется глубокой случайной фазовой модуляцией, то элементы матрицы Джонса локального пропускания обратятся в ноль? Не нужно ли ввести дополнительное ограничение на глубину фазовой модуляции?

2. В результате чего возникает деполяризация рассеянной компоненты при падении линейно-поляризованного света? Как линейно-поляризованный свет преобразуется в неполяризованный?

3. Учитывалось ли влияние поглощения на свойства рассеяния слоя?

4. Исследовались ли локальные состояния поляризации в рассеянном поле, то есть состояние поляризации отдельных спеклов?

5. Есть ли в работе теоретические защищаемые положения, которые экспериментом ещё не подтверждены?

Соискатель Яковлев Дмитрий Дмитриевич ответил на заданные ему вопросы, и привел собственную аргументацию:

1. В первом защищаемом положении идёт речь исключительно о нерассеянной компоненте, и если фазовая модуляция очень сильная, то нерассеянной компоненты в прошедшем поле не будет, так как все элементы матрицы Джонса локального пропускания слоя обратятся в ноль. В прошедшем поле будет только рассеянная компонента.

2. Состояние поляризации рассеянной компоненты рассматривается как состояние поляризации пучка при усреднении. Каждый спекл имеет некоторую поляризацию, но преимущественной поляризации у рассеянной компоненты, как у пучка света, нет.

3. Влияние изотропного поглощения учитывалось, а случай с присутствием локальных поляризационно-зависимых потерь не рассматривался.

4. Состояния поляризации отдельных спеклов не рассматривалось, в данном случае интерес представляло состояние поляризации пучка в среднем.

5. Для всех защищаемых положений есть экспериментальные данные, которые их тем или иным образом подтверждают. Пятое защищаемое положение экспериментально подтверждено частично, поскольку не все характеристики слоя, которые используются в теории, можно определить методом поляризационного картографирования.

В результате рассмотрения диссертации Яковлева Дмитрия Дмитриевича «Свойства рассеяния света анизотропными слоями, состоящими из квазиподобных доменов со случайной азимутальной ориентацией» на заседании 15 апреля 2022 года диссертационный совет принял решение: за разработку статистической теории рассеяния света на квазиэквидоменных слоях, соотносящей структурные свойства слоев с их свойствами рассеяния и позволяющей учесть отклонения структуры случайно-неоднородных анизотропных слоев от эквидоменной, присудить Яковлеву Дмитрию Дмитриевичу учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – «Оптика».

При проведении тайного электронного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 3 человека, участвующих в интерактивном режиме, 8 докторов наук по специальности 1.3.6 – «Оптика», участвовавших в заседании, из 21 человек, входящих в состав совета, проголосовали за – 16, против – 0, воздержались – 0.

Заместитель председателя диссертационного совета,

д.ф.-м.н., с.н.с.



Дербов Владимир Леонардович

Учёный секретарь диссертационного совета

д.ф.-м.н., доцент

Генина Элина Алексеевна

15.04.2022