

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу Яковлева Дмитрия Дмитриевича «Свойства рассеяния света анизотропными слоями, состоящими из квазиподобных доменов со случайной азимутальной ориентацией», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. – Оптика

### **Актуальность темы**

Оптика жидких кристаллов и других двулучепреломляющих структур активно развивается ещё с начала двадцатого века. Эти проблемы всегда интересовали исследователей, работающих на переднем крае развития фундаментальной науки. Но в середине века стало в особенности важным установление и понимание тех явлений в оптике, которые могут найти практические применения в устройствах обработки и отображения информации. В частности, это касается оптических устройств для получения, преобразования и анализа круговых поляризаций. Одним их важнейших процессов, определяющих конструкцию и работу таких устройств, является наличие рассеяния света на различного рода неоднородностях. Такие неоднородности всегда присутствуют в жидкокристаллических слоях, широко используемых в современных дисплеях. Поэтому тема рассматриваемой диссертационной работы Дмитрия Дмитриевича Яковлева является очень актуальной для современного и будущего развития этого направления науки, лежащего на стыке фундаментальных исследований и практических применений. Она потребовала от автора как развития новых математических подходов, так и экспериментальных исследований, позволяющих всесторонне понять физику происходящих оптических явлений и дать им адекватное количественное описание.

## **Общая характеристика работы и анализ её содержания**

Диссертационная работа Яковлева Д.Д. представляет собой логично выстроенное научное исследование, посвящённое разработке статистической теории рассеяния света на квазиэквидоменных анизотропных слоях, связывающей структурные свойства слоев со свойствами рассеяния в реальных ситуациях.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 158 наименований, содержит 174 страницы текста, 72 рисунка и 2 таблицы.

Во **Введении** подробно обоснована актуальность работы, научная новизна и практическая значимость данного исследования, сформулированы цели и научные задачи, решаемые в диссертации. Описан личный вклад автора в достигнутые научные результаты. Сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В **первой** главе сделан обстоятельный литературный обзор особенностей структуры и оптических явлений в статистически вращательно-инвариантных слоях низкомолекулярных и полимерных жидких кристаллов. Подробно представлен математический аппарат единой теории когерентности и поляризации случайных волновых пучков, приведены определения обобщенного вектора Стокса и обобщенной матрицы Мюллера. Такой профессиональный обзор очень важен для данной диссертации, так как единая теория когерентности и поляризации лежит в основе предлагаемого в диссертации теоретического подхода к решению задачи о рассеянии света на случайно-неоднородных оптически анизотропных слоях. Кроме того, обзор демонстрирует высокую квалификацию и несомненную компетентность автора в этой области науки, как в её математическом аппарате, так и в практических приложениях.

**Вторая** глава посвящена разработке основного математического аппарата диссертации, корреляционной теории рассеяния света в мозаичных слоях, обладающих двойным лучепреломлением. В разработанной теории для

описания поляризованного состояния использованы обобщенные векторы Стокса, а среда описывается как фазовый экран, характеризующийся обобщенной матрицей Мюллера. Исследованы различные геометрии и, в частности, получено общее выражение для средней обобщенной матрицы Мюллера квазиэквидоменного слоя, не обязательно обладающего статистической вращательной инвариантностью. С помощью компьютерного моделирования проведена оценка границ применимости приближения прямых лучей для расчета оптических характеристик неоднородных оптически анизотропных слоев и на её основе сделан вывод, что приближение прямых лучей способно обеспечить хорошую точность оценки параметров рассеяния в определённом интервале толщин слоёв.

В **третьей** главе приведены результаты экспериментальных исследований по рассеянию света на нематических слоях со случайной планарной ориентацией. Проведено подробное сравнение полученных экспериментальных данных с различными теоретическими моделями. В частности, приведены данные, подтверждающие справедливость теоретических выводов относительно состояния поляризации рассеянной компоненты линейно поляризованного и циркулярно поляризованного падающего света в нематических слоях.

Завершающая **четвертая** глава посвящена исследованию хиральных холестерических слоёв с большим периодом спирали и со случайной планарной ориентацией. Показано, что развитая в диссертации теория вполне адекватно описывает эти интересные для практических применений случаи.

Далее сформулированы основные результаты и выводы проведенной диссертационной работы. В качестве наиболее важных и **новых научных результатов**, а также **практически значимых результатов**, полученных в работе Яковлева Д.Д., можно отметить следующие:

1. Теоретически и экспериментально продемонстрировано, что холестерические слои с большим шагом спирали и случайной планарной

ориентацией могут проявлять круговой дихроизм даже вне полос поглощения материала и брэгговского отражения. Доказана возможность ситуации, когда при падении на слой неполяризованного пучка нерассеянная компонента прошедшего света является почти полностью циркулярно поляризованной.

2. Впервые получено представление обобщенной матрицы Мюллера, позволяющее разделить вклад флуктуаций ориентации характеристических осей доменов и вклад флуктуаций структуры доменов в общую картину рассеяния, которое в ряде случаев приводит к аналитическим формулам, удобным для теоретического описания экспериментальных данных.

Результаты исследований, выполненных в диссертации Яковлева Д.Д., представляют несомненную научную ценность. Вместе с тем по диссертационной работе следует сделать некоторые **замечания**:

1. Спектральные зависимости, приведенные автором в разделах 4.2.2 и 4.2.3 (рис. 4.7 и 4.9), позволяют судить только о степени поляризации и эллиптичности нерассеянной компоненты света для образцов LPC-RPA слоев под действием напряжения. Для полноты картины эти данные следовало бы дополнить спектральными зависимостями азимута ориентации эллипса поляризации нерассеянной компоненты.
2. Было бы полезно в обсуждении привести аналитический вид выражения (2.82) для угловой зависимости спектральной плотности мощности рассеянной компоненты для случаев, когда корреляционная функция угла азимутальной ориентации домена представляет собой гауссову функцию или дельта-функцию (именно эти виды корреляционных функций наиболее часто рассматриваются в литературе).
3. Очень жаль, что не проведено сравнение полученных результатов с результатами, которые дает широко используемый в спектроскопии подход,

основанный на усреднения локальной пропускательной способности (энергетического коэффициента пропускания) по площади образца.

4. На рисунке 1.7 отсутствуют буквенные обозначения частей рисунка, хотя они есть в подписи под рисунком.

Высказанные мною замечания не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы и не подвергают сомнению основные положения, выносимые на защиту. Они направлены на её лучшее понимание и дальнейшее развитие.

**Достоверность полученных результатов**, а также обоснованность положений и сделанных в работе выводов обеспечивается использованием и развитием классических, многократно апробированных методов и подходов оптики конденсированного состояния в ходе теоретического и экспериментального исследования планарных жидкокристаллических систем. Полученные результаты расчетов и моделирования хорошо согласуются с экспериментальными данными, а сделанные выводы не противоречат известным фактам и наблюдениям.

Основные результаты работы опубликованы в авторитетных рецензируемых научных журналах и с успехом докладывались на российских и международных конференциях. Яковлев Д.Д. является уже вполне сложившимся исследователем, активно ведущим научную работу самостоятельно и в составе научных коллективов.

Диссертационная работа и автореферат написаны ясным языком, в современном научном стиле. Автореферат адекватно отображает содержание диссертации. Имеются отдельные орфографические и стилистические ошибки, но отсутствуют предложения с неоднозначным смыслом, противоречащие друг другу утверждения.

## Заключение

Все вышеизложенное позволяет с полным основанием сделать вывод, что диссертационная работа Яковлева Дмитрия Дмитриевича «Свойства рассеяния света анизотропными слоями, состоящими из квазиподобных доменов со случайной азимутальной ориентацией» отвечает всем требованиям пунктов 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Правительством Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Яковлев Дмитрий Дмитриевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – Оптика.

29.03.2022 г.

Согласен на обработку моих персональных данных

Дмитриенко Владимир Евгеньевич

доктор физико-математических наук

(специальность 01.04.07 – физика конденсированного состояния),

Федеральный научно-исследовательский центр

«Кристаллография и фотоника» РАН,

Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова,

отдел теоретических исследований,

главный научный сотрудник,

**официальный оппонент**

(Адрес: 119333, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, д.59

тел. 8 (499) 135-62-40, e-mail: [dmitrien@crys.ras.ru](mailto:dmitrien@crys.ras.ru))

Подпись В.Е. Дмитриенко заверяю.

Учёный секретарь ФНИЦ

"Кристаллография и фотоника" РАН, к.ф.-м.н.



Л.А. Дадинова