

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Проректор по научной работе  
ФГАОУВО «Санкт-Петербургский  
национальный исследовательский  
университет информационных  
технологий, механики и оптики»



д.т.н., профессор В.О. Никифоров

«17» .....мая.....2018 г.

## **ОТЗЫВ**

### **Ведущей организации**

о диссертации Сванидзе Анастасии Владимировны

**«СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ХОЛЕСТЕРИЧЕСКИХ И НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ  
С НЕОДНОРОДНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ДИРЕКТОРА»**,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук

по специальности 01.04.07 — физика конденсированного состояния.

Жидкие кристаллы являются одной из хорошо изученных функциональных конденсированных сред, применяемых в фотонных устройствах отображения и обработки информации, таких как оптические переключатели, аттенюаторы, модуляторы, дисплеи и другие устройства. Диссертация Сванидзе А.В. посвящена изучению структуры ячеек геликоидальных жидких кристаллов находящихся во внешнем электрическом поле, а также особенностей распространения света в таких ячейках. Широко известно применение твист-ячеек в дисплейных приложениях. В последнее время особенно востребованы ЖК системы, допированные наночастицами, красителями, светочувствительными киральными добавками для расширения сферы их использования. Исследование таких систем представляет интерес для фундаментальных и прикладных научных исследований в области фотоники и оптоинформатики. Сложность описания холестерических ЖК систем во внешних полях связана с неоднородным распределением директора, что приводит к изменению оптических характеристик по толщине образца. Решение задачи усложняется тензорным характером оптической анизотропии. Расчет интенсивностей и изучение траекторий лучей, проходящих через такие системы, дает возможность исследовать изменение локальной структуры ЖК в зависимости от приложенного внешнего поля.

Поэтому весьма актуальны поставленные в диссертации задачи: развить метод расчета конфигурации директора для широкого класса ячеек, исследовать электрооптические свойства таких ячеек, включая особенности распространения и рассеяния света.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка цитированной литературы, включающего 67 наименований и приложений. Общий объем диссертации 84 страницы машинописного текста, включая 19 рисунков и 1 таблицу.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, дан краткий обзор состояния исследований по теме диссертации, сформулированы ее цели и задачи, показана научная новизна и практическая значимость полученных результатов, изложены методы исследования и структура работы. Первая глава носит обзорный характер. В ней приведены сведения, необходимые для дальнейших расчетов полной свободной энергии в общем виде с учетом неоднородности внешнего электрического поля внутри плоскопараллельной ЖК ячейки и конечного значения энергии сцепления на межфазных границах ЖК ячейки. Во второй главе изложены основные идеи метода прямой минимизации, с помощью которого получены профили вектора директора в планарной твист-ячейке холестерического жидкого кристалла и гомеопланарной ячейке нематического жидкого кристалла. Определены емкости этих ячеек. Обобщен метод прямой минимизации на случай функционала свободной энергии, явно зависящего от функции двух координат. Этот метод, применяемый для расчетов конфигураций директора во внешнем электрическом поле в плоскопараллельных ЖК ячейках, позволяет рассчитывать энергию сцепления ЖК с подложкой, имея данные о свойствах ЖК и результаты измерений оптического пропускания ячеек в зависимости от внешнего поля. К достоинствам этой главы относится согласованность выполненных расчетов с экспериментальными данными, что свидетельствует о совпадении теоретических и экспериментальных данных для зависимости емкости рассматриваемых ячеек от напряжения. В третьей главе приведены сведения о распространении света в локально одноосных средах в рамках геометрооптического приближения. С помощью этих сведений и результатов расчетов для профилей директора, полученных во второй главе, автор строит зависимость интенсивности прошедшего через твист-ячейку света от напряжения, приложенного к ячейке. Расчеты выполнены с учетом потерь на рассеяние. В этой главе рассчитаны глубины проникновения света в ячейку в зависимости от угла падения света на ячейку и приложенного напряжения,

что дает возможность исследования не интегральных (усредненных) по толщине свойств ЖК слоя, а локальных, связанных с локальной ориентацией директора в конкретной точке. В заключении сформулированы основные результаты, полученные в диссертации.

Научная новизна диссертационной работы определяется тем, что предложенный в ней метод расчета профилей директора позволил решить целый ряд задач, связанных с электрооптическими характеристиками ЖК ячеек, такие как модуль Франка, диэлектрическая проницаемость, энергия сцепления с подложкой, а также определения конфигурации директора светочувствительных ЖК в зависимости от значения обратного шага спирали. Получены профили директора вблизи окрестности перехода Фредерикса с помощью метода прямой минимизации. Такой подход позволяет избежать проблем, связанных с особыми точками в уравнениях Эйлера-Лагранжа. Впервые получена зависимость предельного напряжения, приложенного к ячейке от предельного угла падения света на ячейку. Результаты расчетов хорошо согласуются с экспериментальными данными. Впервые получена зависимость интенсивности прошедшего сквозь ячейку света от напряжения, приложенного к ячейке. В этих расчетах учитывались как потери света на рассеяние, так и ослабление интенсивности, связанное с наличием запрещенной зоны. Достоверность результатов и обоснованность выводов работы обеспечены теоретической обоснованностью использованных автором научных представлений, надежностью применяемых методов и программных средств, согласием полученных данных с имеющимися экспериментальными данными.

Практическая значимость работы состоит в том, что предложенные автором методы могут быть использованы в оптимизации и подборе параметров для различных ЖК-ячеек и устройств. Предложенный метод расчета профилей директора может быть применен к широкому классу ячеек, в том числе допированных светочувствительными добавками и наночастицами. Результаты диссертации могут быть использованы в таких организациях как Институт Кристаллографии им. Шубникова, Физический институт им. Лебедева, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургский государственный университет, Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН, Институт физики твердого тела РАН и других.

По материалам диссертации опубликованы 3 статьи в отечественных журналах, входящих в базы данных WOS, Scopus, перечень ВАК и были апробированы на международных конференциях. Автореферат и научные

публикации полностью отражают содержание диссертации. Однако по материалам диссертации возникли некоторые вопросы и следующие замечания:

1. Для жидкокристаллических систем, допированных светочувствительными киральными добавками, автор приводит общие формулы и принцип минимизации свободной энергии, а также указывает методы и алгоритмы, используемые для нахождения состояний с минимальной энергией. Однако в работе не приведены особенности проведения процедуры минимизации, например, не указывается каким образом выбирались начальное приближение и критерий остановки итерационного процесса в методе сопряженных градиентов.
2. В тексте диссертации не указаны преимущества метода определения энергии сцепления предложенного в диссертации по сравнению с существующими методами.
3. Предложенная в диссертации методика не учитывает влияние анизотропно-упругого взаимодействия и сил Ван-дер-Ваальса, действующих на межфазной границе с поверхностью.
4. В расчетах и эксперименте использовался жидкий кристалл с близкими значениями коэффициентов упругости Франка  $K_{33} = 0,99 K_{11}$ , что позволяет использовать для процедуры минимизации энергии Франка одноконстантное приближение. Однако автор пренебрегает данным приближением.
5. В диссертации для определения потенциала поверхностной энергии используется гауссово приближение потенциала Рапини. Вместе с тем, отсутствует обоснование применимости такого приближения в рассматриваемом случае.

Указанные замечания не ставят под сомнение справедливость основных выводов работы. Данная работа представляет собой научно-квалификационную работу, отвечающую требованиям ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук (п.п. 9-14 раздела II Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г., № 842(ред. от 21.04.2016 №335). Соискатель Сванидзе А.В. заслуживает присвоения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 — физика конденсированного состояния.

Отзыв обсужден и одобрен на семинаре кафедры оптической физики и современного естествознания Санкт-Петербургского национального

исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики 16 мая 2018 г. протокол № 4.

Профессор кафедры оптической физики и  
современного естествознания  
доктор физ.-мат. наук  
тел.: +7 (812) 457-18-30  
e-mail: konshina@mail.ifmo.ru



Е.А. Коншина

Заведующий кафедрой оптической физики и  
современного естествознания  
кандидат физ.-мат. наук



А.В. Иванов

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский научный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики»  
197101, г. Санкт-Петербург,  
Кронверкский пр., д. 49  
Веб-сайт: <http://ifmo.ru>  
Тел.: +7 (812) 232-97-04