

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Сванидзе Анастасии Владимировны «Структура и электрооптические свойства холестерических и нематических жидких кристаллов с неоднородным распределением директора», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Диссертационная работа А.В. Сванидзе посвящена теоретическому изучению электрооптических свойств ячеек нематических и холестерических жидких кристаллов (ЖК), которые, как правило, являются сложными органическими соединениями. Особенностью этих объектов является их способность менять свою ориентацию под действием сравнительно слабых электрических и магнитных полей. Это обуславливает их широкое практическое применение в системах передачи и отображения информации. Уникальные свойства ЖК позволяют использовать их не только в дисплеях, но и в разнообразных оптических устройствах: электрооптических модуляторах, индикаторах для различных диапазонов температур, биосенсорах и динамических голограммах. Одной из актуальных проблем при изучении этих систем является исследование электрооптических свойств ЖК-ячеек: изучение характеристик пропускания света ячейкой, эффекта Фредерикса, особенностей рассеяния света, динамического отклика ячеек на приложенное напряжение и его выключение. Анализируя электрооптические свойства, можно подбирать оптимальные параметры ячеек для тех или иных приложений.

В настоящее время хорошо развиты теоретические и численные методы, позволяющие определять равновесные конфигурации директора в самых разнообразных ячейках. Знание конфигурации директора позволяет анализировать (и прогнозировать) поведение ячеек во внешних электрических и магнитных полях. При этом подавляющее большинство этих методов основано на поиске решений уравнений Эйлера – Лагранжа. Автор диссертации предлагает использовать для анализа конфигураций директора альтернативный подход, основанный на методе прямой

минимизации функционала свободной энергии. Достоинство этого подхода состоит в том, что получаемое решение, действительно, является минимумом свободной энергии и не требуется выполнять зачастую громоздкий анализ второй вариации свободной энергии. В связи с этим тему диссертационной работы Сванидзе А.В., посвященной исследованию структуры и электрооптических свойств холестерических и нематических жидких кристаллов с неоднородным распределением директора, безусловно, следует признать актуальной.

Диссертация состоит из трех глав, введения, заключения, приложения и списка литературы.

В первой главе диссертационной работы приводятся необходимые сведения об упругих свойствах жидких кристаллов, рассматриваются вклады в свободную энергию, связанные с упругими деформациями, влиянием внешних полей и взаимодействием с поверхностью. Показано, что вклад, связанный с учетом внешнего электрического поля, содержит зависимость от неоднородной конфигурации директора.

Во второй главе изложены оригинальные результаты по изучению конфигураций директора в ячейках жидких кристаллов. Автором разрабатывается приложение метода прямой минимизации к поиску равновесной конфигурации директора. Для этого полярный и азимутальный углы директора представляются либо в виде отрезка ряда Фурье, либо в виде наборов значений вдоль одной из пространственных координат. Далее численно определяются коэффициенты Фурье или, соответственно, наборы значений вдоль одной из пространственных координат, исходя из условия минимума свободной энергии. Здесь автор активно использует алгоритмы многомерной минимизации (число параметров, по которым идет поиск минимума, лежит в диапазоне от 40 до 200). В результате с помощью найденных равновесных конфигураций директора определяются емкости рассматриваемых ячеек. Показано, что для гомеопланарной ячейки эффект Фредерикса является беспороговым. Достоинством предложенного автором

метода является возможность проведения сравнения, как с результатами аналитических расчетов для простых предельных случаев, так и с экспериментом, что и было проделано в настоящей работе.

В третьей главе диссертационной работы рассматриваются эффекты, связанные с влиянием неоднородной конфигурации директора, на оптические свойства ЖК-ячеек. В основном анализируется хорошо изученная твист-ячейка, но ряд результатов получен для гомеопланарной ячейки. Изучение оптических свойств ячеек, фактически, выполнено в приближении геометрической оптики. Это накладывает дополнительные ограничения на рассматриваемые ячейки. В частности, характерный масштаб неоднородностей в этих ячейках должен значительно превосходить длину световой волны. В рамках сделанных приближений автором изучено пропускание ячейкой света в зависимости от угла падения света на слой ЖК и напряжения, приложенного к ячейке. Здесь также удалось получить неплохое согласие с экспериментальными данными для зависимости предельного угла пропускания от напряжения, приложенного к ячейке. Наконец, была рассчитана интенсивность необыкновенного луча, прошедшего сквозь твист-ячейку ЖК как функция приложенного напряжения. Автору удалось здесь учесть потери, связанные с рассеянием света (экстинкцию), а также учесть эффекты, связанные с разворотом луча и просачиванием.

Переходя к оценке диссертации в целом, отмечу ее характерные особенности. Первая особенность работы – это отчетливая ориентация на аналитические методы с их последующей численной реализацией. В диссертации решается целый ряд тематически связанных задач, и во всех рассмотренных случаях автору удается получить решения, основываясь на рассчитанных конфигурациях директора. Вторая положительная черта диссертации – ее непосредственная связь с экспериментом. Как теоретические результаты, так и результаты численных расчетов, хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Наиболее интересными оригинальными резу представляются следующие результаты:

1. Выполнены расчеты электрической емкости ЖК-ячеек, результаты которых хорошо согласуются с экспериментом.

2. Найдены глубины проникновения лучей в гомеопланарной и твист-ячейках. На основе этих данных получены зависимости предельного угла пропускания ячеек в зависимости от напряжения, приложенного к ячейке.

3. Получена интенсивность прошедшего сквозь твист-ячейку необыкновенного луча в зависимости от приложенного напряжения. Проведено сравнение этой зависимости с экспериментом.

Перечисленные результаты, как и ряд других, полученных в диссертации, являются оригинальными. Новизна материала диссертационной работы не вызывает сомнений. Полученные в ней результаты можно также считать достоверными. В пользу этого свидетельствует использование современных методов математической физики. В тех случаях, когда это возможно, автор прослеживает связь своих результатов с найденными ранее в других работах. Также автор сопоставляет полученные результаты с экспериментальными данными. Наконец, содержание диссертации апробировано на международных конференциях и школах, а также в виде публикаций.

Следует отметить следующие замечания по содержанию диссертации.

1. Вторая глава диссертации называется «Метод прямой минимизации свободной энергии жидкокристаллической ячейки». Однако, вся информация об этом методе сводится к одной ссылке [35].

Представляется разумным привести хотя бы краткое описание этого метода и обсудить его преимущества перед другими методами.

2. На рисунке 3.11 представлены зависимости интенсивности прошедшего сквозь ячейку света от напряжения. Для кривых,

полученных в результате численных расчетов, хотелось бы видеть больше данных. Приведенных на рисунках данных особенно в области возрастания интенсивности недостаточно, для того, чтобы сделать вывод о линейном росте интенсивности от напряжения.

3. Следовало бы применить разработанный метод к изучению более широко класса ячеек жидких кристаллов, например, допированных наночастицами и светочувствительными добавками.

Эти недочеты не умаляют отмеченных выше достоинств диссертации. Работа выполнена на высоком уровне с применением теоретических и численных методов, с явной направленностью на решение задач, связанных с описанием реальных ячеек нематических жидких кристаллов. Автореферат дает достаточно полное представление о содержании диссертации. Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих научных журналах.

Представленная к защите диссертация «Структура и электрооптические свойства холестерических и нематических жидких кристаллов с неоднородным распределением директора», является самостоятельной, законченной научной работой. Адекватно излагающий её содержание автореферат, а также соответствующие статусу квалификационной процедуры научные публикации диссертанта отвечают требованиям, изложенным в «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а его автор Сванидзе Анастасия Владимировна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 — физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент,

доктор физико-математических наук,

(специальность 01.02.04 — механика деформируемого твердого тела)

ведущий научный сотрудник лаборатории микромеханики материалов

ФГБУН Институт проблем машиноведения РАН

(199178, Санкт Петербург, Большой проспект 61)

тел.: 8-(812)-321-47-78

email: miran@mail.ru

25 мая 2018



Миранцев Л.В.



ПОДПИСЬ *Миранцева Л.В.*

УДОСТОВЕРЯЮ: ПОМОЩНИКА ДИРЕКТОРА

ИПМАШРА И *Л.В.*

25 мая

2018 г.