

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

**Симдянкина Ивана Владимировича**

**”Переключение жидких кристаллов в пространственно – периодическом электрическом поле”,**

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук по специальности

01.04.07 – физика конденсированного состояния

В настоящее время жидкие кристаллы (ЖК) хорошо известны и находят практическое применение. Многие сделано в области создания жидкокристаллических материалов и изучении их физических свойств. Наиболее значимой областью их применения является дисплейная техника, которая приносит большие прибыли. Современные дисплейные технологии используют нематическую фазу ЖК. К современным жидкокристаллическим дисплеям предъявляется целый ряд технических требований. К ним относятся большие углы обзора, качество устройств подсветки, контраст и, что особенно важно, времена переключения жидкого кристалла от темного состояния к светлому и наоборот. При создании дисплеев стремятся уменьшить эти времена, так как это позволяет улучшить качество их работы. Время включения (при приложении электрического поля к ЖК) зависит от свойств ЖК и прикладываемого напряжения. Чем больше приложенное напряжение, тем меньше время включения. Поэтому, уменьшение времени включения, не вызывает принципиальных проблем и его можно уменьшить путем увеличения управляющего напряжения. Время выключения (время свободной релаксации) зависит от констант упругости, коэффициентов вязкости ЖК и толщины электрооптической ячейки. Константы упругости и коэффициенты вязкости для всех известных термотропных ЖК имеют одинаковый порядок величин. Поэтому, существенно изменять время выключения, управляя этими параметрами, не представляется возможным. Уменьшить время выключения можно, уменьшая толщину электрооптической ячейки. Однако это приводит к уменьшению разности фаз и соответственно к уменьшению контраста. Поэтому, основная проблема уменьшения времени электрооптического отклика сводится к уменьшению времени выключения.

Выше отмечено, что борьба за малые времена с использованием различных жидкокристаллических веществ не приводит к успеху. Поэтому в настоящее время выбран путь технического решения этой проблемы. Представленная диссертационная работа является очередным, существенным шагом на этом пути. В связи с этим считаю, что тема настоящей работы, бесспорно, является актуальной и практически значимой.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, в конце каждой из которых представлены выводы, заключения, публикаций автора и списка цитируемой литературы.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы ее цели и задачи, показана научная новизна и практическая значимость полученных результатов, сформулированы положения, выносимые на защиту.

Первая глава является литературным обзором. В ней кратко изложены общие вопросы о жидких кристаллах и их физических свойствах. Основное содержание первой главы посвящено изложению электрооптических мод (фактически конструкция электрооптических ячеек, которые приводят к уменьшению времени электрооптического отклика) в нематических жидких кристаллах. Описание этих мод дано квалифицированно, и что особенно важно, в хронологическом порядке. Показано, как новые технические



решения приводят к уменьшению времени электрооптического отклика. В настоящее время времена электрооптического отклика составляют несколько миллисекунд. Знакомство с первой главой формирует у читателя представление о цели работы. Она связана с созданием электрооптических элементов с еще меньшими временами электрооптического отклика. Об этом говорится в выводах к данной главе. Как отмечено ранее эта цель является актуальной и практически важной. Кроме того, такая формулировка цели проста и ясна. Однако во введении автор формулирует цель, которая начинается словами «Диссертационная работа посвящена исследованию оптических и электрооптических свойств жидких кристаллов в пространственно – периодических полях .....». Считаю, что такая формулировка цели неудачна. Фактическая цель имеет практическое значение, но для ее достижения необходимо решение ряда научных задач, что и представлено автором настоящей работы.

Вторая глава посвящена жидкокристаллическим материалам, которые исследуются в работе, методикам измерения их физических свойств (константы упругости, показатели преломления, значения диэлектрической проницаемости, вращательная вязкость). Кроме того, здесь же представлены методики приготовления электрооптических ячеек, предлагаемые автором работы и методики электрооптических измерений. Представленный материал не вызывает возражений. Однако раздел 2.4 (стр. 44) называется «Схемы измерительных установок». Измерительных установок нет, есть экспериментальные установки.

Третья глава является оригинальной частью работы и посвящена электрооптике нематических жидких кристаллов, находящихся в пространственно – периодических электрических полях. Цель этих исследований связана с повышением быстродействия жидкокристаллических ячеек. В основе экспериментальных исследований лежит использование встречно – штырьевых (ВШЭ) электродов. Эти электроды находятся либо на одной поверхности ячейки, либо на двух. В случае ВШЭ находящихся на двух поверхностях исследуются два случая, когда электроды параллельны друг другу и скрещены взаимно перпендикулярно.

Для ВШЭ экспериментально показано, что существует две моды электрооптического отклика – быстрая и медленная. Быстрая мода связана с искажением поля директора вблизи границы, на которой находится электрод. Медленная мода возникает при распространении искажения директора внутрь объема ячейки. Качественно это можно связать с тем, что в задаче существует два размера – толщина ячейки и расстояние между электродами. Каждому из этих размеров соответствует свое время свободной релаксации. Однако, задача гораздо сложнее, и ее аналитическое решение затруднительно. Существенную роль здесь играет неоднородное электрическое поле. Для теоретического рассмотрения данной ситуации автор проводил компьютерный эксперимент, использующий программу *LCD TDK*, разработанную в лаборатории жидких кристаллов ИК РАН. Экспериментальные результаты и компьютерный эксперимент показывают хорошее совпадение. Во всех последующих исследованиях автор также проводит сопоставление экспериментальных результатов и компьютерного эксперимента. Во всех случаях эти результаты согласуются.

В работе впервые экспериментально показана возможность двунаправленного переключения, когда свободная релаксация директора отсутствует. Не смотря на то, что эта идея высказывалась ранее (это отмечено в литературном обзоре), надежное экспериментальное подтверждение она получила только в настоящей работе. Для этого



впервые использовались ВШЭ на обеих подложках электрооптических ячеек. Автором получены рекордные значения времени электрооптического отклика 0.5 мс.

Четвертая глава диссертации посвящена переключению хиральных жидких кристаллов в пространственно – периодических электрических полях. В ней исследуются хиральные нематические (ХНЖК) и смектические (ХСЖК) жидкие кристаллы, которые обладают слоистой структурой. Экспериментально и теоретически исследуются спектры пропускания ХНЖК и ХСЖК. Показано, что полосы селективного отражения света в спектрах пропускания ХЖК при увеличении угла наклона падающего света относительно оси спирали сдвигаются в коротковолновую часть спектра. ХСЖК по сравнению с ХНЖК обладают дополнительной полосой селективного отражения света, соответствующей полному шагу спирали. Исследовано влияние пространственно – периодического электрического поля на ХНЖК. Показано, что основной причиной переориентации директора является анизотропия диэлектрической проницаемости.

Кроме замечаний, которые были сделаны выше, следует отметить неточности, допущенные в работе.

На стр. 11 автор пишет «одномерный жидкий кристалл». Возможно, автор имел в виду одноосный жидкий кристалл.

На стр. 12 сказано «Амплитуда диэлектрической проницаемости». Мне не известно, что это такое.

На стр. 15 и 18 говорится о «светоэффективности», «низкой читаемости» и «блокировке света». Эти выражения плохо определены.

На стр.38 вместо зависимости  $\Phi(U)$ , о которой говорится в тексте, представлена зависимость  $I(U)$  (рис.2.2). Кроме того, на этом же рисунке представлены константы упругости  $K_1 = 13.2$  и  $K_3 = 16$ . Не указаны единицы измерения и таких значений для констант упругости нет.

Указанные замечания носят, в основном, рекомендательный характер и не влияют на высокий научный уровень диссертационной работы И.В. Симдянкина.

Автореферат полно отражает содержание диссертации и соответствует требованиям ВАК. Основные результаты работы опубликованы в ведущих научных изданиях.

Приведенные выше замечания ни в коей мере не снижают научной значимости и достоверности полученных в работе результатов. В связи с вышесказанным считаю, что диссертационная работа Симдянкина Ивана Владимировича соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленным “Положением о порядке присуждения ученых степеней”, утвержденным постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842. Автор диссертации, Симдянкин Иван Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент,  
доктор физико – математических наук,  
ведущий научный сотрудник ИНЭОС РАН,



Казначеев А.В.

09.07.2020 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова  
Российской академии наук (ИНЭОС РАН)

