

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.

Жидкие кристаллы (ЖК), нашедшие широчайшее применение в дисплейной индустрии, относятся к частично упорядоченным конденсированным средам, отличающимся высокой чувствительностью к внешним воздействиям различной природы: магнитным и электрическим полям, механическим напряжениям, тепловым полям и т.п. В настоящее время наблюдается расширение областей практического использования данных сред, в частности, в устройствах фотоники (модуляторах, дефлекторах, фильтрах, переключателях каналов), предназначенных для управления световыми потоками в системах телекоммуникации. Функционирование жидкокристаллических дисплеев и большинства ЖК устройств фотоники основано на электрооптических эффектах, т.е. изменении оптических свойств жидких кристаллов под воздействием электрического поля. При этом одной из существенных проблем, не решенных в полной мере до настоящего времени, является относительно низкое быстродействие указанных выше жидкокристаллических устройств.

В связи с вышесказанным не вызывает сомнения **актуальность** диссертационной работы Симдянкина И.В., посвященной решению задачи повышения быстродействия жидких кристаллов на основе исследований динамики изменений ориентационной структуры и электрооптических эффектов в жидкокристаллических слоях, управляемых пространственно-периодическими электрическими полями.

Автором проведен комплекс экспериментальных исследований и компьютерного моделирования широкого круга объектов, включающего нематические ЖК с положительной и отрицательной диэлектрической анизотропией, а также холестерические ЖК, что позволяет сделать вывод о фундаментальном характере выполненной работы и **достоверности** основных положений, выносимых на защиту.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы. В диссертации 134 страницы, 73 рисунка, 8 таблиц. Список литературы содержит 108 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы ее цели и задачи работы, определены научная новизна и практическая значимость полученных результатов, сформулированы положения, выносимые на защиту, аргументирована достоверность полученных результатов. Здесь же дана информация об апробации и личном вкладе автора диссертации, публикациях по теме исследования.

Первая глава представляет собой обзор литературы. Здесь кратко описаны свойства ЖК и наиболее важные электрооптические моды, которые обеспечивают быстрые времена переключения. Обсуждаются современные подходы для возможного повышения их быстродействия.

Вторая глава разбита на 5 подразделов, первый из которых посвящен описанию структуры и свойств исследуемых жидкокристаллических материалов. Одним из объектов исследования выбрана смесь E7 свойства которой достаточно полно изучены и отражены в ряде публикаций. Это позволяет выполнить детальное компьютерное моделирование ориентационной динамики и электрооптических эффектов в данном соединении. Также приведено описание методик измерений и значения параметров (оптической и диэлектрической анизотропии, вращательной вязкости) других исследованных в работе ЖК. В следующих подразделах описаны разнообразные конструкции ЖК ячеек и ряд экспериментальных установок. Кроме того, в данной главе дано краткое описание программы LCD TDK, использованной для компьютерного моделирования ориентационной динамики и электрооптических эффектов в жидкокристаллических слоях.

Третья глава посвящена переключению нематических жидких кристаллов в пространственно-периодических электрических полях. Автором были исследованы конфигурации ячеек с использованием встречно-штыревых электродов.

Основная идея, реализованная в эксперименте, заключалась в уменьшении области деформации директора ЖК, что обеспечило субмиллисекундные времена переключения в нематических ЖК. Сверхкороткие времена были объяснены в рамках моделей, которые показали локализацию деформации поля директора между доменными стенками.

Для случая с положительной диэлектрической анизотропией были обнаружены поверхностная (быстрая) и объемная (медленная) моды переключения. Возникновение быстрой моды связано с деформацией ориентационной структуры в тонком приповерхностном слое. Распространение деформации в объем ЖК происходит значительно медленнее. Следует отметить, что при высоком быстродействии глубина модуляции оптического излучения за счет приповерхностной моды существенно меньше, чем для объемной моды.

Для ЖК с отрицательной диэлектрической анизотропией были найдены две быстрых моды, которые, к тому же, могут быть оптически разделены между собой. Автор указывает, что времена переключения определяются локализацией деформации поля директора между доменными стенками, располагающимися на половине периода и на периоде электродных структур. Экспериментально данные находятся в хорошем согласии с результатами численного моделирования.

В работе приведены результаты, для использования двух систем встречно-штыревых электродов на верхней и нижней подложках. Соискатель использует схему управления, которая позволяет менять направление электрического поля. Данная схема позволяет исключить стадию свободной релаксации ЖК и обеспечивает более высокие скорости переключения ориентационного состояния, по сравнению с соответствующими скоростями для модуляторов с наличием стадии свободной релаксации директора ЖК.

В четвертой главе диссертации исследуются свойства холестерических жидких кристаллов. В ней рассматриваются как хиральные нематические (ХНЖК), так и хиральные смектические (ХСЖК) жидкие кристаллы. Основная часть работы посвящена переключению хиральных нематических ЖК в пространственно-периодическом электрическом поле. Показано, что в коротких импульсных полях холестерическая спираль не раскручивается, а лишь сильно деформируется, что приводит к возникновению нечетных гармоник в распределение директора. Локализация деформации здесь происходит на участках в четверть шага спирали. Соответственно, чем меньше шаг спирали, тем быстрее скорости релаксации. Качественные особенности проявляются и в спектрах пропускания. На длинах волн кратных основной полосе селективного отражения возникают узкие спектрально чувствительные триплетные структуры.

Замечания по диссертационной работе:

1. Автор работы уделил большое внимание компьютерному моделированию динамики электрооптического отклика. Однако это моделирование выполнено без учета эффектов обратного потока, приводящего в случае исходной гомеотропной ориентации к существенному (в несколько раз) уменьшению времени релаксации директора и характерных времен электрооптического отклика. При этом воздействие обратного потока на динамику ориентационных искажений уменьшается по мере трансформации преимущественной ориентации от гомеотропной к планарной. На качественном уровне это соответствует обнаруженному автором замедлению релаксационных процессов на финальной стадии развития деформации ориентационной структуры.

2. В разделе 3.2 диссертации подрисуночные подписи, в ряде случаев (например, Рис. 3.8 -3.11) не содержат указание на конкретный жидкий кристалл, для которого получены приведенные на рисунках экспериментальные данные. Эта информация отсутствует и в соответствующих фрагментах текста диссертации.

3. Судя по тексту диссертации, автором выполнены измерения вязкоупругих параметров различных нематиков, необходимых для проведения численного моделирования динамики электрооптического отклика. В тоже время, численное моделирование выполнено преимущественно для одного жидкокристаллического материала –Е7. Это затрудняет сравнение экспериментальных и расчетных кривых для электрооптического отклика. Было бы также желательным вынести значения измеренных модулей упругости Франка для всех исследованных нематиков в таблицу 2.1.

4. В тексте диссертации имеются отдельные неточности. Например, на странице 55 при расшифровке обозначений величин, входящих в формулу (3.1) используется выражение «пространственные частоты гармоник», что является ошибочным.

Указанные частные замечания не оказывают существенного влияния на высокий научный уровень диссертационной работы И.В. Симдянкина, а также не снижают научной **значимости и достоверности** полученных в работе результатов.

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

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 за значительный вклад в решение новой научной задачи повышения скорости изменения ориентационной структуры и светопропускания в слоях жидких кристаллов за счет использования пространственно-периодических электрических полей.

Официальный оппонент,
 доктор физико-математических наук,
 профессор, заведующий кафедрой
 биокibernетических систем и технологий
 Федерального государственного бюджетного
 образовательного учреждения
 высшего образования "МИРЭА –
 Российский технологический университет"
 Телефон: 8 (916) 089-41-67
 E-mail: pasechnik@mirea.ru
 Адрес: 119454, Российская Федерация,
 г. Москва, Проспект Вернадского, д. 78

Сергей Вениаминович Пасечник
 «09.07.» _____ 2020 г.

Подпись Сергея Вениаминовича Пасечника заверяю:
 Проректор по инновационному развитию
 Александр Викторович Рагуткин

«09.07.» _____ 2020 г.

