

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Проректор по научной работе ФГБОУ ВПО

«Санкт-Петербургский государственный

университет»

профессор д.х.н. С.П. Туник

«11» ноября 2014г.



**ОТЗЫВ**

**Ведущей организации**

**на диссертацию Вакулина Дмитрия Александровича**

**«Исследование оптических и динамических характеристик гибридно-ориентированных жидкокристаллических ячеек», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.**

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. Анизотропия диэлектрических и оптических свойств жидких кристаллов позволяет модулировать оптический сигнал по амплитуде, фазе и изменять поляризацию излучения с помощью электрического и магнитного полей.

В диссертации Д.А. Вакулина «Исследование оптических и динамических характеристик гибридно-ориентированных жидкокристаллических ячеек» представлены новые результаты экспериментальных и теоретических исследований динамики переключения гибридно-ориентированных структур нематического жидкого кристалла (НЖК). Отличительной особенностью гибридно-ориентированных структур является ориентация директора с разными начальными углами наклона на противоположных границах слоя НЖК и отсутствием порога Фредерикса, что существенно снижает напряженность электрического поля, необходимого для переориентации молекул жидкого кристалла. Использование двухчастотной адресации НЖК позволяет существенно улучшить быстродействие устройств с такой ориентацией. Благодаря инверсии знака диэлектрической анизотропии в двухчастотных жидких кристаллах можно управлять процессом переключения устройства из состояния «выключено» - «включено» - «выключено» путем изменения частоты приложенного внешнего электрического поля, что значительно сокращает время срабатывания НЖК ячейки. Фундаментальные

исследования закономерностей динамики переключения двухчастотного НЖК с гибридно-ориентированной структурой представляют интерес для совершенствования характеристик НЖК устройств. Поэтому **актуальность темы** диссертации не вызывает сомнения.

Представленная работа направлена на получение новых знаний об особенностях динамических характеристик гибридно-ориентированных структур НЖК и способов уменьшения времени переключения оптического сигнала. Для решения этих задач были проведены экспериментальные исследования электрооптических характеристик гибридно-ориентированных ячеек на основе двухчастотного НЖК и влияние на них параметров приложенных электрических полей. Экспериментальные данные были получены и обработаны с помощью методик и компьютерных программ, разработанных Ваулиным Д.А. В работе представлены результаты теоретических исследований динамики изменения угла наклона директора в двухчастотном НЖК с гибридно-ориентированной структурой, которые хорошо согласуются с полученными в диссертации экспериментальными данными.

**Научная и практическая значимость** обсуждаемой диссертационной работы определяется тем, что в результате проведения исследований особенностей динамики оптического отклика и релаксации гибридных структур двухчастотного НЖК был впервые получен симметричный оптический отклик ячейки при управлении ею внешним электрическим полем в котором время релаксации равно времени отклика. Была получена зависимость амплитуды напряжения, необходимой для генерации симметричного оптического отклика, от длительности импульса. Показано, что увеличение длительности иницирующего напряжения управляющего поля позволяет уменьшить амплитуду напряжения, требуемого для получения симметричного отклика в гибридно-ориентированной ячейке с двухчастотным НЖК. Разработанные Вакулиным Д.А. оригинальные методики и компьютерные программы для получения данных и расчета электрооптических характеристик ЖК ячеек могут быть использованы не только для исследования гибридных, но также и однородных структур НЖК. Автором впервые проведено компьютерное моделирование симметричного оптического отклика двухчастотного НЖК для определенных параметров управляющих электрических сигналов. Получены аналитические выражения для расчета параметров управляющего электрического сигнала, обеспечивающего генерацию симметричного оптического отклика гибридно-ориентированной ячейки. Теоретически установлены соотношения между амплитудой и частотой управляющего импульса, необходимые для получения симметричного оптического отклика. Разработан метод определения углов преднаклона

директора ЖК в гибридно-ориентированных структурах, который может быть также использован для однородно ориентированных структур. Установленные закономерности изменения параметров электрического поля для получения симметричного оптического отклика двухчастотного НЖК могут быть использованы при разработке оптических переключателей и аттенюаторов для телекоммуникационных систем, а также бистабильных ЖК-дисплеев.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы, включающего 76 наименований. Работа изложена на 124 страницах, содержит 60 рисунков и 3 таблиц.

Во **введении** содержится обоснование актуальности исследования, сформулированы цели и основные задачи представленной работы, показана научная новизна полученных результатов и предложены положения, выносимые на защиту, а также дана краткая аннотация содержания отдельных глав.

В **первой главе** представлен обзор работ, посвященных исследованиям гибридно-ориентированных структур двухчастотного нематического жидкого кристалла. Рассматривается модель двухчастотного нематического жидкого кристалла, изложены теоретические основы его поведения в гибридно-ориентированных структурах во внешнем электрическом поле. Представлен обзор областей применения таких структур.

Во **второй главе** приводится методика определения коэффициентов упругости и энергии сцепления жидкого кристалла, основанная на моделировании зависимостей емкости и пропускания ЖК ячеек от приложенного напряжения. Обсуждаются известные методы определения углов преднаклона директора в ЖК ячейке, и предлагается новый метод для определения углов преднаклона директора в ячейках с гибридной или однородной ориентацией.

**Третья глава** посвящена экспериментальным исследованиям оптического отклика гибридно-ориентированных структур двухчастотного нематического жидкого кристалла и влиянию параметров электрического поля на оптический отклик и релаксацию двухчастотного НЖК с целью уменьшения времени переключения. Приводится описание электрооптической схемы двухчастотного управления оптическим откликом жидкого кристалла и программ для ЭВМ, используемых при проведении измерений оптических и динамических характеристик ЖК ячеек, а также результаты исследований влияния параметров управляющего электрического поля на временные характеристики.

В четвертой главе приводятся результаты численного математического моделирования динамики переориентации директора под действием электрического поля в ячейках с гибридно-ориентированной структурой двухчастотного нематического жидкого кристалла. Приводится аналитическое решение уравнений динамики переориентации директора под действием электрического поля для произвольных значений упругих констант и углов преднаклона директора. Сравниваются результаты моделирования с экспериментальными результатами.

Диссертационная работа Вакулина Д.А. представляет собой комплексное экспериментальное и теоретическое исследование влияния параметров электрического поля на динамику изменение угла наклона директора в гибридно-ориентированных структурах двухчастотного НЖК. Достоверность полученных экспериментальных результатов подтверждается ясной физической трактовкой и теоретическими расчетами в рамках существующих физических моделей, известных научных представлений и законов. Полученные результаты не противоречат результатам, опубликованным другими авторами в научной периодике, а также докладам, представленным на конференциях по жидкокристаллической тематике. Основные результаты, представленные в диссертации, изложены в 3 работах, опубликованных в рецензируемых журналах из списка ВАК, и апробированы на международных и российских конференциях, проходивших в 2011-2014 годах. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

По материалам диссертации возникли некоторые вопросы и следующие замечания:

- Какие преимущества метода определения начального угла наклона директора НЖК, предложенного в диссертации, а также его недостатки ?
- Каковы достоинства симметричного отклика двухчастотного НЖК?
- Существуют ли ограничения для использования приближенного аналитического решения динамики переориентации директора НЖК, предложенного в работе?

Указанные замечания не ставят под сомнение справедливость основных результатов и выводов работы. Данная диссертационная работа представляет собой научно-квалификационную работу, отвечающую требованиям ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук (п.9 положения о присуждении ученой степени, утвержденного Постановлением Российской Федерации №842 от 24.09.2013 ред. от 30.07.2014). Соискатель Вакулин

Д.А. заслуживает присвоения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 «Оптика».

Результаты диссертации могут быть использованы на Физическом факультете СПбГУ, ОАО ГОИ им. С.И. Вавилова, в институте элементоорганических соединений им. Несмеянова РАН, институте Кристаллографии РАН, Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН и ряде других учреждений РФ.

Отзыв обсужден и одобрен на семинаре кафедры физики полимеров физического факультета СПбГУ 5 ноября 2014 г., протокол № 88.08/16-04-12.

Отзыв составили:

Профессор кафедры

физики полимеров, доктор физ.-мат. наук

А.П. Ковшик

Заведующий кафедрой физики

физики полимеров, доктор физ.-мат. наук

Е.И. Рюмцев

