

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки

Институт физики твердого тела имени

Ю.А. Осипьяна Российской академии наук  
(ИФТТ РАН)



д.ф.м.н. Левченко Александр Алексеевич

9 сентября 2021 г.

### Отзыв ведущей организации

на диссертацию Барбашова Вадима Александровича «Полярные фазы жидких кристаллов, индуцированные при смешивании сегнетоэлектрических компонентов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния

Диссертационная работа В. А. Барбашова посвящена созданию и исследованию полярных жидких кристаллов с нестандартными характеристиками. Актуальность диссертационной работы обусловлена несколькими обстоятельствами. Эффекты, реализующиеся в полярных жидких кристаллах, многообразны и интересны с фундаментальной точки зрения. Как было обнаружено, смектические жидкие кристаллы образуют целый ряд полярных структур, в том числе с весьма сложным межслоевым упорядочением. Кроме того, сразу же после своего открытия полярные жидкие кристаллы вызвали существенный интерес ввиду их перспективности в практических приложениях, основанных на переориентации жидкого кристалла во внешнем электрическом поле. Перспективность полярных жидких кристаллов для таких приложений связана с их существенно более быстрым откликом на приложенное поле по сравнению с традиционно используемыми в дисплейных устройствах нематическими жидкими кристаллами. Исследования в данном направлении имеют не только прикладную ценность, но и могут привести к неожиданным фундаментальным открытиям. Например, антисегнетоэлектрические жидкие кристаллы были открыты в результате работ, направленных на поиск сегнетоэлектрических жидких кристаллов с большой величиной

поляризации. Однако ряд эффектов затрудняет практическое использование полярных жидких кристаллов в системах отображения информации. Проведенные автором исследования вносят значительный вклад в решение этих проблем и показывают, что потенциал полярных жидких кристаллов для создания новых типов электрооптических устройств не исчерпан.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Во введении обоснованы актуальность темы диссертации и выбор объекта исследования, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, ее практическая значимость, обоснована достоверность результатов, представлены научные положения, выносимые на защиту, приводится информация о личном вкладе автора, структуре и объеме диссертации, а также об апробации работы и публикации результатов.

В первой главе приведен обзор литературы по теме диссертации. Приведена классификация жидкокристаллических фаз по их свойствам, сведения о полярных фазах жидких кристаллов, описана история открытия жидкокристаллических сегнетоэлектриков и создания новых полярных материалов. Приводится информация об оптических и электрооптических свойствах геликоидальных сегнетоэлектрических жидких кристаллов, описываются антисегнетоэлектрические жидкие кристаллы. Указаны основные проблемы, затрудняющие широкое применение полярных жидких кристаллов в системах отображения информации.

Во второй главе описываются экспериментальные методики, использовавшиеся в работе, технология создания электрооптических ячеек, процедура приготовления жидкокристаллических смесей и образцов. В работе использован широкий набор методик, в частности, оптических, электрооптических и диэлектрических, позволяющий получить комплексные данные о поведении и физических свойствах созданных жидкокристаллических материалов. Применялись надёжные методы, хорошо зарекомендовавшие себя при исследовании характеристик полярных жидких кристаллов.

В третьей главе описываются свойства сегнетоэлектрических жидких кристаллов, образованных смесями нематических жидких кристаллов и хиральных добавок, не образующих жидкокристаллические фазы. Данный подход оказался продуктивным и позволил создать сегнетоэлектрические вещества, обладающие жидкокристаллической фазой при комнатной температуре с достаточно высокой величиной слоевой поляризации. Следует отметить тщательную работу автора по подбору компонент смесей. Изучены вязкостные свойства полученных материалов, определены времена отклика на

приложенное электрическое поле. Показано, что ряд полученных сегнетоэлектрических веществ, в том числе жидкокристаллическая смесь с субволновым шагом спирали, обладают способностью к восстановлению ориентации после механического воздействия на ячейку. Это позволяет продвинуться в решении так называемой «шок-проблемы», которая является препятствием для широкого практического использования сегнетоэлектрических жидких кристаллов в дисплейных устройствах. Созданная в работе сегнетоэлектрическая смесь с малым шагом спирали может быть использована для модуляторов света на основе эффекта деформированного электрическим полем геликоида с рабочей частотой до 10 кГц.

Четвертая глава посвящена созданию и исследованию антисегнетоэлектрического жидкого кристалла с шагом спирали менее 100 нм. Измерена температурная зависимость слоевой поляризации и вращательной вязкости разработанной антисегнетоэлектрической смеси, исследованы электрооптические свойства, в частности, эффект деформированного электрическим полем геликоида. Время электрооптического отклика данной смеси в широком температурном интервале оказывается практически постоянным, что может быть удобно для практических приложений.

В пятой главе описано создание сегнетоэлектрических материалов с малой величиной двулучепреломления. Понижение величины двулучепреломления достигалось путем использования смесей на основе жидкокристаллических материалов, молекулы которых имеют меньшее количество ароматических колец по сравнению с традиционно используемыми веществами. Исследованы физические свойства полученных материалов. Показано, что с использованием данного подхода могут быть получены сегнетоэлектрические смеси с большой слоевой поляризацией, достаточно малой эффективной вязкостью и малой величиной двулучепреломления.

В заключении диссертации перечислены основные результаты и выводы.

Результаты проведенных исследований опубликованы в 6 статьях в рецензируемых научных журналах, в том числе 5 статей опубликованы в журналах, входящих в базу данных Web of Sciences. Результаты работы докладывались на нескольких научных конференциях. Научные результаты диссертации являются новыми и оригинальными.

Практическая значимость результатов представленной работы не вызывает сомнений. Сегнетоэлектрические материалы с малым временем отклика, устойчивые к механическим деформациям, перспективны для создания дисплеев на полярных жидких

кристаллах. Создание жидкокристаллического сегнетоэлектрика с малой величиной двулучепреломления может быть полезно для применения в оптических устройствах.

Результаты работы могут быть использованы в российских организациях, занимающихся исследованиями и практическим применением жидких кристаллов и фотонных устройств на их основе, например, в Институте физики им. Л.В. Киренского СО РАН (Красноярск), в Ивановском государственном университете. Результаты диссертационной работы могут заинтересовать и зарубежных исследователей, в частности, в Институте Йозефа Стефана, г. Любляна (Словения), в Политехническом Университете г. Турин (Италия).

К работе имеются несколько замечаний.

- 1) В подписи к рисунку 13 автореферата указано, что на рисунке 13а приведена «дисперсия показателя двулучепреломления  $\Delta n(\lambda)$ » исследованного в работе жидкого кристалла. Из сопоставления с рисунком 13б следует, что на самом деле на рисунке 13а приведено значение «эффективного показателя двулучепреломления»  $\Delta n_{\text{eff}}$ . Следовало бы привести более детальное описание рисунка.
- 2) На рисунках 3.15 и 3.26 диссертации, а также рисунках 3б и 6б автореферата не указано, какая величина отложена по вертикальной оси.
- 3) В главе 1 полярная структура с нескомпенсированными поляризациями подрешеток называется «ферриэлектриком» (стр. 19, стр. 21). Более удачным было бы использование термина «сегнетиэлектрик».

Указанные замечания носят частный характер и не снижают общую высокую оценку работы. Автором решены поставленные задачи и достигнута обозначенная цель. Обоснованность выводов диссертации и достоверность полученных результатов не вызывает сомнений.

Тематика диссертационной работы соответствует специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния. Основные материалы диссертации в полной мере отражены в автореферате. Список цитируемой литературы соответствует содержанию.

По своей актуальности, достоверности, научной новизне, теоретической и практической значимости, уровню полученных результатов диссертационная работа В. А. Барбашова «Полярные фазы жидких кристаллов, индуцированные при смешивании несегнетоэлектрических компонентов» полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с пп. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства

Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор Барбашов Вадим Александрович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния.

Доклад автора по материалам диссертации был представлен на семинаре «Нелинейные динамические системы» ИФТТ РАН 10 сентября 2021 г.

Отзыв на диссертацию составлен главным научным сотрудником Лаборатории квантовых кристаллов ИФТТ РАН доктором физико-математических наук Долгановым Владимиром Карловичем и утвержден на заседании Ученого совета ИФТТ РАН 13 сентября 2021 г, протокол № 15.

Главный научный сотрудник  
Лаборатории квантовых кристаллов  
Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Институт физики твёрдого тела  
имени Ю. А. Осипьяна  
Российской академии наук,  
доктор физико-математических наук  
Долганов Владимир Карлович  
тел. +7(496)522-83-83  
e-mail: dolganov@issp.ac.ru

Подпись В. К. Долганова заверяю  
Учёный секретарь Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Институт физики твёрдого тела  
имени Ю. А. Осипьяна  
Российской академии наук  
кандидат физико-математических наук



А. Н. Терещенко

Список публикаций в рецензируемых научных изданиях по теме диссертации за последние 5 лет:

1. Dolganov P.V., Gordeev S.O., Dolganov V.K., Bobrovsky A.Yu. Photo- and thermo-induced variation of photonic properties of cholesteric liquid crystal containing azobenzene-based chiral dopant // *Molecular Crystals and Liquid Crystals*. – 2016. – Vol. 633. – № 1. – P. 14-22.
2. Dolganov P.V., Cluzeau P., Dolganov V.K. Interaction and self-organization of inclusions in two-dimensional free-standing smectic films // *Liquid Crystals Reviews*. – 2019. – Vol. 7. – № 1. – P. 1-29.
3. Dolganov P.V., Shuravin N.S., Dolganov V.K., Fukuda Atsuo. Orientational action of edge dislocations on the director field in antiferroelectric smectic- C-A(\*) films // *Physical Review E*. – 2017. – Vol. 95. – № 1. – P. 012711.
4. Dolganov Pavel V., Shuravin Nikita S., Dolganov Vladimir K., Kats Efim I., Fukuda Atsuo. Topological defects in smectic islands formed in antiferroelectric freestanding nanofilms // *Surface Innovations*. – 2019. – Vol. 7. – № 3-4. – P. 168-173.
5. Dolganov P.V., Shuravin N.S., Dolganov V.K., Fukuda A. Smectic islands in antiferroelectric nanofilms // *Journal of Experimental and Theoretical Physics*. – 2017. – Vol. 125. – P. 709-713.
6. Dolganov P.V., Baklanova K.D., Dolganov V.K. Spectral and Polarization Characteristics of the Light Passing through a Cholesteric Photonic Crystal // *Journal of Experimental and Theoretical Physics*. – 2020. – Vol. 130. – P. 790-796.
7. Shuravin N.S., Dolganov P.V., Dolganov V.K. Phase transitions in nanofilms of polar smectic liquid crystals with multilayer periodicity // *Physical Review E*. – 2018. – Vol. 98. – № 5. – P. 052705.
8. Dolganov P.V. Synclinic-anticlinic symmetry in the structure of multilayer polar liquid crystals // *Physical Review E*. – 2018. – Vol. 98. – № 3. – P. 032707.
9. Kats E.I. Stability of the uniform ferroelectric nematic phase // *Physical Review E*. – 2018. – Vol. 103. – № 1. – P. 012704.
10. Dolganov P.V. Response of structures formed by individual and self-organized inclusions to electric field in ferroelectric smectic nanofilms // *Journal of Molecular Liquids*. – 2018. – Vol. 267. – № 1. – P. 249-252.