

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
Барбашова Вадима Александровича

### **«Полярные фазы жидких кристаллов, индуцированные при смешивании несегнетоэлектрических компонентов»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

В настоящее время различными научными коллективами в мире активно ведутся физико-химические исследования жидкокристаллических материалов, обладающих полярными фазами. Такой интерес, в первую очередь, обусловлен возможностью быстрого переключения состояний светопропускания электрооптических модуляторов на основе полярных жидкокристаллических фаз в электрическом поле со скоростью на два-три порядка выше, чем у модуляторов на основе нематических жидких кристаллов, используемых в промышленности. Данное обстоятельство породило надежды на практическое использование полярных жидкокристаллических фаз в дисплейных и фотонных устройствах в качестве электрооптических сред нового поколения. Однако, в результате многолетних исследований полярных жидкокристаллических фаз, в частности, сегнетоэлектрических и антисегнетоэлектрических жидких кристаллов до сих пор не решены многие фундаментальные проблемы физики конденсированного состояния. В частности, к таким проблемам можно отнести проблемы создания устойчивых к механическим воздействиям электрооптических модуляторов на основе жидкокристаллических сегнетоэлектриков, поиска физических принципов и методов осуществления безгистерезисного переключения антисегнетоэлектрических жидких кристаллов, а также поиска физико-химических подходов к управлению двулучепреломлением сегнетоэлектрических жидких кристаллов. Исследования физических свойств полярных фаз новых мезогенных соединений не дают желаемых результатов.

Диссертационная работа Вадима Александровича Барбашова посвящена получению и исследованию физических свойств смесевых полярных жидких кристаллов, параметры которых определяются межмолекулярными взаимодействиями между компонентами, которые сами по себе не являются полярными жидкими кристаллами. В связи с этим, актуальность диссертационной работы Барбашова Вадима Александровича «Полярные фазы жидких кристаллов, индуцированные при смешивании несегнетоэлектрических компонентов» не вызывает сомнения.

Работа В. А. Барбашова представляет собой экспериментальное исследование диэлектрических, электрооптических и реологических свойств жидкокристаллических сегнето- и антисегнетоэлектриков, а интерпретация полученных результатов проводится в рамках подходов физики конденсированного состояния. Цели, задачи и проблематика исследования определены вполне чётко на основе подходов физики конденсированного состояния, квалифицированного и исчерпывающего анализа имеющихся литературных данных. Таким образом, соответствие диссертационной работы специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния» также не вызывает никакого сомнения.

Диссертационная работа В. А. Барбашова состоит из введения, пяти глав, основных результатов и выводов, списка литературы.

Во введении обоснован выбор темы диссертации, обоснована её актуальность, сформулированы нерешённые к началу диссертационного исследования фундаментальные и прикладные проблемы материаловедения сегнето- и антисегнетоэлектрических жидких кристаллов. Сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы, обоснована достоверность результатов, указан личный вклад автора и представлены выносимые на защиту положения.

В первой главе изложен обзор литературы, где автор описывает собственный анализ состояния исследований в мире по тематике диссертационной работы, приводит основные определения, которыми он пользуется в своём изложении. В обзорной части работы конкретизируются задачи диссертационного исследования, а также обсуждаются нерешённые проблемы физики полярных жидких кристаллов, препятствующие их широкому применению в качестве кристаллооптических сред в различных фотонных устройствах.

Во второй главе автор приводит описание методов эксперимента и технологий изготовления электрооптических ячеек, использованных при выполнении диссертационного исследования. Описаны методы спектроскопии, поляризационной микроскопии и кристаллооптики, освоенные и использованные при выполнении работы лично автором. Совокупность указанных методов экспериментального исследования позволила автору диссертационной работы получить достоверные результаты измерений параметров сегнето- и антисегнетоэлектрических жидкокристаллических фаз, индуцированных при смешивании несегнетоэлектрических компонентов.

Третья глава посвящена описанию результатов исследований сегнетоэлектрических жидких кристаллов, представляющих собой смеси нематических жидких кристаллов и немезогенных хиральных соединений. Такой тип сегнетоэлектрических жидких кристаллов разработан впервые при выполнении данной диссертационной работы. В смесях нематиков и немезогенных хиральных соединений автору удалось индуцировать смектики  $C^*$  двух типов: негеликоидальные (с бесконечно большим шагом спирали) и с очень малым, шагом спиральной структуры, около 100 нанометров. Оба типа индуцированных смектиков  $C^*$  текут аналогично нематическим жидким кристаллам, что позволяет решить проблему механической устойчивости монодоменов смектиков  $C^*$  в электрооптических ячейках.

Результаты третьей главы значимы как в фундаментальном, так и в прикладном плане.

В четвертой главе впервые описано получение и исследование антисегнетоэлектрических жидких кристаллов с шагом геликоида менее 100 нм. В. А. Барбашов впервые получил безгистерезисный, но пороговый (U-образный) электрооптический отклик в жидкокристаллических антисегнетоэлектриках, подобный по форме электрооптическому отклику нематиков, но на порядок быстрее.

В пятой главе описано создание сегнетоэлектрических смектиков  $C^*$  с малой величиной двулучепреломления (менее 0.1). Понижение величины двулучепреломления достигнуто благодаря созданию смесей, компоненты которых характеризуются наличием как ароматических, так и гидрированных колец, уменьшающих длину электронной цепи сопряжения, а следовательно, и соответствующие показатели преломления. Экспериментально показано, что при малом значении двулучепреломления (вплоть до 0.074) все основные физические параметры смесей (спонтанная поляризация, вращательная вязкость, шаг спирали и т. д.) не хуже таковых у известных коммерчески доступных сегнетоэлектрических смектиков  $C^*$ .

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

- 1) Впервые индуцирована сегнетоэлектрическая смектическая фаза  $C^*$  в смеси нематического жидкого кристалла и немезогенного хирального соединения;
- 2) Впервые получен безгистерезисный U-образный электрооптический отклик антисегнетоэлектрического жидкого кристалла;
- 3) Впервые обнаружен электрооптический эффект деформированной электрическим полем геликоидальной структуры в антисегнетоэлектрическом жидком кристалле.

Полученные автором диссертационной работы результаты вносят заметный вклад в изучение фундаментальной физики полярных смектических жидких кристаллов, а вместе с тем убедительно показывают, что прикладной потенциал полярных жидких кристаллов далеко не исчерпан.

Диссертация В.А. Барбашова не лишена отдельных недостатков:

- Автором сообщается (стр. 46), что для получения планарной ориентации проводилось нанесение раствора ориентанта ПМДА-ОДА на стеклянные подложки с помощью метода центрифугирования с последующей сушкой, однако непонятно каким образом проводилась дальнейшая обработка полученной пленки с целью получения однородной ориентации ЖК образцов.
- На рисунке 3.14 представлена иллюстрация релаксационного процесса в ячейке, заполненной эвтектической смесью, на которой показаны микрофотографии с размером около 200 мкм x 300 мкм. Возникает вопрос о качестве ориентации ЖК за пределами данной области. Данные изображения следовало бы дополнить фотографиями с большей площадью образца ЖК ячейки, как это показано на рис. 3.25, а также фотографиями, при которых смектические слои направлены вдоль плоскости поляризации анализатора/поляризатора.
- На рисунках 3.15(а) и 3.15(б) представлены результаты измерения доли вытекшего ЖК от времени, прошедшего с момента механического воздействия на ЖК ячейку, однако автор работы не описывает методику измерения вытекшей доли ЖК. На экспериментальных графиках так же отображена аппроксимационная кривая с указанием постоянной времени  $\tau$ , при этом в подписи к рисунку и в тексте не представлен вид используемой экспоненциальной функции и параметры аппроксимации.
- Поляризационно-микроскопические изображения текстуры ЖК образцов (рис. 3.1, 3.2, 4.10, 5.3, 5.9) не сопровождаются указанием направлений ориентации поляроидов и поверхностной обработки.
- В разделе 2.1.1 сообщается об использовании калиброванных стеклянных шариков (спейсеров) номиналом от 1.7 мкм для приготовления ЖК ячеек, однако среди ЖК ячеек проводилось исследование образцов с толщиной 1.5 мкм (рис. 3.9, 4.12) без пояснения получения зазора меньшей толщины по сравнению с размерами спейсеров.
- Измерения зависимости спонтанной поляризации от температуры ЖК образца (рис. 4.7) проводилось в диапазоне от  $\sim 0^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$ . Возникает вопрос, каким образом автор получил экспериментальные данные в области  $0^\circ\text{C}$  при использовании экспериментальной установки, описанной в разделе 2.2.
- Имеются опечатки, например, указывается размерность  $\text{нК}/\text{см}^2$  вместо  $\text{нКл}/\text{см}^2$  (стр. 109), indium thin oxide вместо indium tin oxide, 3000 оборотах вместо 3000 об/мин (стр. 47), рисунки 1.3(в) и 1.3(г) перепутаны местами в тексте и др.

Отмеченные выше недостатки не снижают ценности полученных результатов. В целом диссертация выполнена на высоком научном уровне. Полученные в работе результаты, основные положения и выводы являются обоснованными. Достоверность результатов подтверждена согласованностью данных многочисленных экспериментов, использующих различные методики, а также их широкой апробацией. Результаты работы апробированы публикациями в ведущих рецензируемых научных журналах и докладами на международных и российских конференциях. Основные результаты диссертации опубликованы в журналах Web of Science (5 работ) и в журнале, входящем в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций.

Результаты работы могут быть использованы в российских организациях, занимающихся исследованиями и практическим применением жидких кристаллов и фотонных устройств на их основе – таких, как Федеральный НИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Институт физики твердого тела РАН, Ивановский государственный университет, ОАО «Российские космические системы» и др. Результаты работы могут быть так же интересны зарубежным исследователям в Гонконгском университете науки и технологии, Белорусском государственном технологическом университете, Институте физики Академии наук Чехии и др.

Автореферат полно и правильно отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа В. А. Барбашова «Полярные фазы жидких кристаллов, индуцированные при смешивании несегнетоэлектрических компонентов» является законченной научно-квалификационной работой. Она полностью соответствует требованиям Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание степени кандидата физико-математических наук, а автор работы, Барбашов Вадим Александрович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры биокибернетических систем  
и технологий Федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования "МИРЭА – Российский  
технологический университет" (РТУ МИРЭА)

Дубцов Александр Владимирович

« 30 » сентября 2021 года

119454, ЦФО, г. Москва, Проспект Вернадского, д. 78,  
Тел. +7 499 215-65-65  
Эл. почта: alexdubtsov@mail.ru

Подпись Дубцова А. В. заверяю  
Ученый секретарь Ученого совета  
РТУ МИРЭА

Милованова Надежда Викторовна



Список основных работ оппонента по теме защищаемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Dubtsov A.V., Harkai S., Shmeliova D.V., Pasechnik S.V., Repnik R., Chigrinov V.G., Kralj S., Electrically switchable polymer membranes with photo-aligned nematic structures for photonic applications // *Optical Materials*. – 2020. – Vol. 109. – P. 110296.
2. Kiselev A.D., Pasechnik S.V., Shmeliova D.V., Chopik A.P., Semerenko D.A., Dubtsov A.V., Waveguide Propagation of Light in Polymer Porous Films Filled with Nematic Liquid Crystals // *Advances in Condensed Matter Physics*. – 2019. – Vol. 2019 – P. 1539865.
3. Dubtsov A.V., Pasechnik S.V., Shmeliova D.V., Saidgaziev A.S., Gongadze E., Iglič A., Kralj S., Liquid crystalline droplets in aqueous environments: electrostatic effects // *Soft Matter*. – 2018. – Vol. 14. – № 47. – P. 9619-9630.
4. Dubtsov A.V., Pasechnik S.V., Shmeliova D.V., Semerenko D.A., Iglič A., Kralj S., Influence of polar dopant on internal configuration of azoxybenzene nematic-in-water droplets // *Liquid Crystals*. – 2018. – Vol. 45. – № 3. – P. 388-400.
5. Saidgaziev A.Sh., Dubtsov A.V., Octylcyanobiphenyl Liquid Crystal Confined to Anisotropic Porous PET Films at Homeotropic Anchoring: Optical Textures and Internal Ordering // *Liquid Crystals and their Application*. – 2018. – Vol. 18. – № 4. – P. 95-99.
6. Pasechnik S.V., Shmeliova D.V., Dubtsov A.V., Trifonov S.V., Chigrinov V.G., Electrically Induced Shear Flows of Liquid Crystals Confined to Porous Polymer Films for THz Application // *Liquid Crystals and their Application*. – 2018. – Vol. 18. – № 1. – P. 79-83.
7. Pasechnik S.V., Shmeliova D.V., Maksimochkin G.I., Dubtsov A.V., Filippov V.K., Acoustical and dynamic light scattering investigations of polymer porous films filled with a liquid crystal // *2017 Days on Diffraction (DD)*. – 2017. – P. 254-257.
8. Pasechnik S.V., Shmeliova D.V., Chopik A.P., Semerenko D.A., Kharlamov S.S., Dubtsov A.V., Electrically controlled porous polymer films filled with liquid crystals: New possibilities for photonics and THz applications // *2016 Days on Diffraction (DD)*. – 2016. – P. 314-318.
9. Maksimochkin G.I., Shmeliova D.V., Pasechnik S.V., Dubtsov A.V., Semina O.A., Kralj S., Orientational fluctuations and phase transitions in 8CB confined by cylindrical pores of the PET film // *Phase Transitions*. – 2016. – Vol. 89. – № 7-8. – P. 846-855.