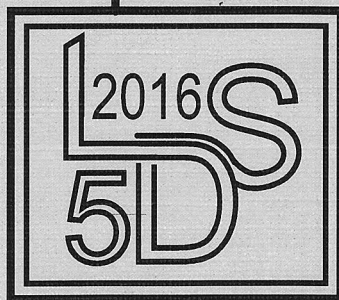


Proceedings of the
International meeting



issue 5,
volume I

Low dimensional Systems

15-19 of September 2016
Rostov-on-Don - Yuzhny, Russia

Физика низкоразмерных систем
международный симпозиум

том I, выпуск 5

15-19 сентября 2016
г.Ростов-на-Дону - пос.Южный (п."Южный"),
Россия

При поддержке
Российского фонда
фундаментальных исследований

ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРИЕНТАЦИОННЫХ СТРУКТУР И ОПТИЧЕСКИХ ТЕКСТУР ХОЛЕСТЕРИКА, ИНДУЦИРОВАННАЯ ЭЛЕКТРОУПРАВЛЯЕМОЙ ИОННОЙ МОДИФИКАЦИЕЙ ПОВЕРХНОСТНОГО СЦЕПЛЕНИЯ

В.С. Сутормин¹, И.В. Тимофеев^{1,2}, М.Н. Крахалев^{1,2}, О.О. Прищепа^{1,2}, В.Я. Зырянов¹

¹*Институт физики им. Л.В. Киренского, Красноярский научный центр,
Сибирское отделение Российской академии наук
Российская Федерация, 660036, г. Красноярск, Академгородок, 50, строение 38*

²*Сибирский федеральный университет
Российская Федерация, 660041 г. Красноярск, пр. Свободный, 79
E-mail: zyr@iph.krasn.ru*

Изучена переориентация холестерического жидкого кристалла с большим шагом геликоида, индуцированная электроуправляемой ионной модификацией поверхностного сцепления. В исходном состоянии в жидкокристаллической ячейке реализовывалась гомеотропная ориентация директора, вследствие влияния нормального (гомеотропного) поверхностного сцепления, задаваемого адсорбированными на подложках катионами сурфактанта. При воздействии постоянного электрического поля в ячейке происходила модификация граничных условий сцепления на одной из подложек, что приводило к формированию закрученной гомеопланарной структуры холестерика. Для ориентационно-структурного перехода определены пороговое поле, динамические характеристики и диапазон управляющих напряжений, в котором не возникают электрогидродинамические неустойчивости.

TRANSFORMATION OF ORIENTATIONAL STRUCTURES AND OPTICAL TEXTURES OF CHOLESTERIC INDUCED BY ELECTRICALLY CONTROLLED IONIC MODIFICATION OF SURFACE ANCHORING

V.S. Sutormin¹, I.V. Timofeev^{1,2}, M.N. Krakhalev^{1,2}, O.O. Prishchepa^{1,2}, and V.Ya. Zyryanov¹

¹*Kirensky Institute of Physics, Krasnoyarsk Scientific Center,
Siberian Branch of Russian Academy of Sciences
Akademgorodok 50, bld. 38, Krasnoyarsk, 660036 Russia*

²*Siberian Federal University
Svobodny pr. 79, Krasnoyarsk 660041, Russia
E-mail: zyr@iph.krasn.ru*

A reorientation of cholesteric liquid crystal with high helicoid pitch induced by the electrically controlled ionic modification of the surface anchoring has been studied. In initial state the homeotropic director orientation is realized within the liquid crystal cell owing to the normal (homeotropic) anchoring assigned by the surfactant cations adsorbed on the substrates. The applied steady voltage changes the boundary conditions at one of the substrates, that, in turn, leads to the formation of the twisted homeoplanar structure of cholesteric. The threshold value and dynamic parameters have been defined for this process as well as the range of control voltages, in which the electro-hydrodynamic instabilities doesn't arise.

Холестерические жидкие кристаллы (ХЖК) имеют специфические оптические свойства, проявляющиеся вследствие спирального упорядочения директора [1], что делает ХЖК привлекательными для различных практических приложений, таких как дисплеи, модуляторы света, управляемые дифракционные решетки, жидкокристаллические лазеры и др. При этом работа данных устройств основана на изменении ориентационной структуры холестерика, которая, как правило, осуществляется непосредственным действием электрического поля на объем жидкого кристалла. При этом ЖК обычно располагается между двумя плоскими подложками и условия сцепления ЖК на межфазной границе остаются неизменными в процессе переориентации директора в объеме ячейки.

Однако переориентация ЖК может быть осуществлена и посредством изменения поверхностного сцепления при воздействии внешних факторов, таких как температура, УФ-излучение или электрическое поле [2-4]. Нами разрабатывается метод электроуправляемой модификации поверхностного сцепления ЖК с использованием ионных сурфактантов, который был применен ранее для управления ориентационной структурой нематиков в каплях [5] и слоях [6]. Представленная работа посвящена развитию данного метода управления ориентацией ЖК применительно к ячейкам, заполненным холестериком с большим шагом геликоида.

Объектом исследования являлись плоские ЖК ячейки, состоящие из двух стеклянных подложек с прозрачными ITO электродами на внутренних сторонах и слоя холестерического ЖК между ними. В качестве ориентирующего покрытия на электроды предварительно наносились полимерные пленки поливинилового спирта, пластифицированные глицериновым компаундом. В качестве ЖК использовался нематик 4-н-пентил-4'-цианобифенил допированный хиральной добавкой холестерилацетатом и катионным сурфактантом цетилтриметиламмоний бромидом, который, растворяясь в жидком кристалле, распадается на ионы. Экспериментальное исследование образцов ЖК ячеек проводилось с помощью метода поляризационной микроскопии и электрооптических измерений.

На рисунке 1 представлена схема ориентационно-структурного перехода в ЖК ячейке на основе холестерика, допированного ионным сурфактантом, при воздействии постоянного электрического поля. Адсорбция поверхностно-активных катионов, находящихся в ЖК, приводит к тому, что при достаточной концентрации они формируют слои на верхней и нижней подложке ячейки, которые экранируют планарное ориентирующее действие полимерных покрытий и задают нормальные (гомеотропные) условия сцепления для жидкого кристалла. При соотношении толщины слоя ЖК к шагу холестерика меньше единицы в ячейке формируется гомеотропная ориентация директора, т.е. холестерическая спираль полностью раскрыта (рис. 1а).

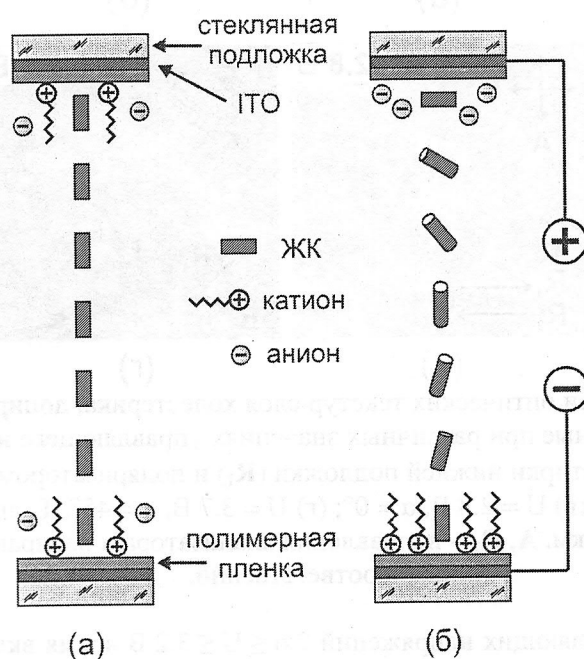


Рис. 1. Схема ориентационно-структурного перехода, индуцированного постоянным электрическим полем, в ЖК ячейке, заполненной холестериком с добавкой ионного сурфактанта. (а) - гомеотропно ориентированный слой ЖК в отсутствие электрического поля. (б) - гибридно-упорядоченный слой холестерика, формирующийся вследствие изменения поверхностного сцепления от гомеотропного к планарному на подложке с электродом-анодом.

При воздействии постоянного электрического поля ионы смещаются к соответствующим электродам, и на подложке с электродом-анодом происходит уменьшение концентрации

поверхностно-активных катионов. В результате на данной подложке восстанавливаются планарные условия сцепления, характерные для ориентирующего покрытия, и в ЖК ячейке происходит переход к закрученной гибридной (гомеопланарной) конфигурации директора (рис. 1б). Данный ориентационно-структурный переход приводит к изменению оптической текстуры ЖК ячейки расположенной между скрещенными поляризаторами (рис. 2). В отсутствие внешнего электрического поля оптическая текстура слоя ЖК в скрещенных поляризаторах представляла однородную темную область (рис. 2а) вне зависимости от угла поворота образца на столике микроскопа, что свидетельствовало о реализации в ячейке гомеотропной ориентации директора. Данная оптическая текстура сохранялась до величины постоянного напряжения $U = 2.3$ В, при котором наблюдалось увеличение светопропускания. В диапазоне управляющих напряжений $2.3 \leq U \leq 3.4$ В оптическая текстура ячейки представляла однородную светлую область (рис. 2б). При этом вращение образца на столике микроскопа относительно скрещенных поляризаторов не приводило к темной оптической текстуре (рис. 2б, в), что свидетельствовало о формировании в ячейке закрученной конфигурации директора. При достижении $U = 3.5$ В в ЖК ячейке начинали формироваться домены, которые отчетливо видны при $U = 3.7$ В (рис. 2г).

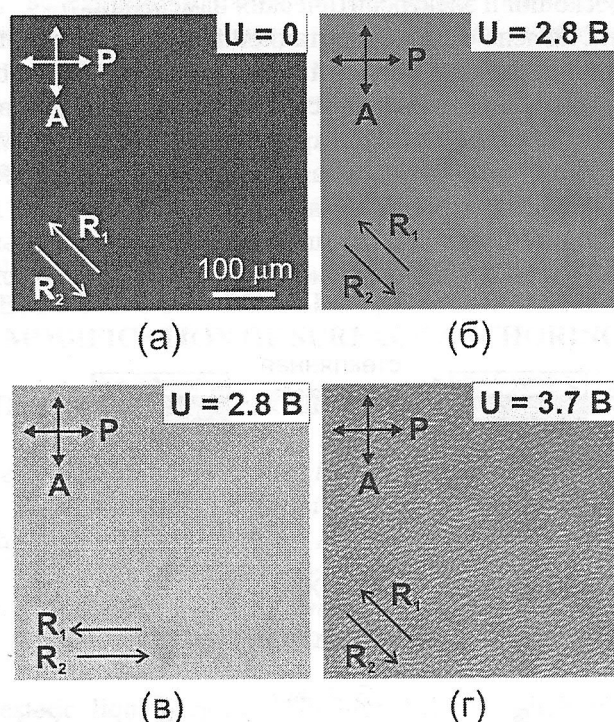


Рис. 2. Фотографии оптических текстур слоя холестерика, допированного ионным сурфактантом, сделанные при различных значениях управляющего напряжения U и углах α между направлением натирки нижней подложки (R_1) и поляризатором (P): (а) $U = 0$ В, $\alpha = 45^\circ$; (б) $U = 2.8$ В, $\alpha = 45^\circ$; (в) $U = 2.8$ В, $\alpha = 0^\circ$; (г) $U = 3.7$ В, $\alpha = 45^\circ$. Толщина слоя ЖК 8.1 мкм. Шаг холестерика 21 мкм. A , R_2 – направления анализатора и натирания верхней подложки, соответственно.

В диапазоне управляющих напряжений $2.6 \leq U \leq 3.2$ В время включения τ_{on} ЖК ячейки с данной геометрией ориентационно структурного перехода для случая $\alpha = 0^\circ$ (угол между направлением натирки нижней подложки и поляризатором) составляло около 0.3 с и оставалось практически неизменным, а время выключения τ_{off} возрастало с 0.51 до 1.75 с. Для случая $\alpha = 45^\circ$ τ_{on} имело значение около 0.13 с, а τ_{off} возрастало с 0.59 до 1.75 с.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 16-32-60036 мол_а_дк и № 16-32-00164 мол_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Blinov L.M, Chigrinov V.G.* Electrooptics Effects in Liquid Crystal Materials. New York: Springer; 1994.
2. *Ryschenkow G, Kleman M.* // J. Chem. Phys. 1976. V. 64. P. 404-412.
3. *Ichimura K., Suzuki Y., Seki T., Hosoki A., Aoki K.* // Langmuir. 1988. V. 4. P. 1214-1216.
4. *Komitov L., Helgee B., Felix J., Matharu A.* // Appl. Phys. Lett. 2005. V. 86. Article Number: 023502
5. *Зырянов В.Я., Крахалев М.Н., Прищепина О.О., Шабанов А.В.* // Письма в ЖЭТФ. 2007. Т. 86. С. 440-445.
6. *Сутормин В.С., Крахалев М.Н., Прищепина О.О., Зырянов В.Я.* // Письма в ЖЭТФ. 2012. Т. 96. С. 562-567.