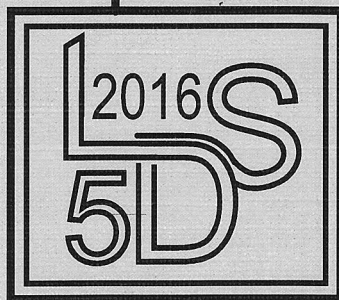


Proceedings of the
International meeting



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

ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ С ИОННО-СУРФАКТАНТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

**В.Я. Зырянов¹, В.С. Сутормин¹, М.Н. Крахалев^{1,2}, А.П. Гардымова^{1,2},
О.О. Прищепа^{1,2}, А.В. Шабанов¹**

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*

Обсуждается концептуально новый подход к разработке методов управления жидкими кристаллами, основанный на различных эффектах модификации поверхностного сцепления. Представлен краткий обзор работ авторского коллектива по развитию ионно-сурфактантного способа управления жидкокристаллическими материалами, базирующийся на эффекте электрически индуцированной модификации граничных условий ионами поверхностно-активных веществ.

LIQUID CRYSTAL MATERIALS WITH IONIC-SURFACTANT OPERATION

**V.Ya. Zyryanov¹, V.S. Sutormin¹, M.N. Krakhalev^{1,2}, A.P. Gardymova^{1,2},
O.O. Prishchepa^{1,2}, A.V. Shabanov¹**

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*

Conceptually novel approach to the development of the methods to control liquid crystals based on the different effects of surface anchoring modification is discussed. Brief review of the author's studies devoted to the ionic-surfactant operation method for the liquid crystals materials using the effect of electrically induced modification of boundary conditions by the ions of surface-active substances is presented.

Все известные на сегодняшний день жидкокристаллические устройства [1], получившие широкое распространение в различных областях оптоэлектроники, в особенности, в дисплейной технике, основаны на классическом эффекте Фредерикса [2]. Данный эффект представляет собой переориентацию практически всего объема жидкого кристалла (ЖК) под действием внешних сил (электрического поля, магнитного поля и др.). Следует особо отметить, что при этом приповерхностный наноразмерный слой ЖК сохраняет свою изначальную ориентацию. Необходимо приложить поля высокой напряженности (такие значения обычно не достигаются в реальных электрооптических устройствах), чтобы переориентировать этот приповерхностный слой. После выключения поля воздействие поверхности восстанавливает исходную конфигурацию директора в объеме ЖК.

Концептуально иной подход к управлению жидкокристаллическими материалами развивается на основе переходов поверхностного сцепления (anchoring transition) [3,4], обусловленных изменением суммарного ориентирующего воздействия различных поверхностных сил, что в свою очередь приводит к переориентации всего объема ЖК. Примером является переориентация слоя нематика, отделенного аморфной пленкой толщиной около 10 нм от кристаллической подложки [4]. При этом ориентирующее действие пленки и подложки было различным, в данном случае планарным и гомеотропным, соответственно.

Варьируя температуру, либо воздействуя оптическим излучением, магнитным или электрическим полем, можно изменить баланс ориентирующих сил, и в результате этого могут реализоваться переходы поверхностного сцепления. Для создания оптоэлектронных материалов и устройств на их основе более всего востребованы способы модификации граничных условий с применением электрического поля. Для этого, например, было предложено использовать подложки, покрытые сегнетоэлектрическим жидкокристаллическим полимером в качестве электроуправляемого ориентирующего слоя [5]. Азимутальная (в плоскости подложки) переориентация директора в жидкокристаллическом полимере при изменении полярности приложенного напряжения вызывает соответствующее ориентационное превращение в объеме нематика, граничащего с такой подложкой.

Нами был предложен и реализован метод переориентации жидких кристаллов с использованием эффекта модификации поверхностного сцепления ЖК за счет изменения концентрации ионных сурфактантов в приповерхностном слое под действием электрического поля. Разработаны пленки капсулированного полимером нематического жидкого кристалла, допированного специально выбранным ионообразующим сурфактантом. Показано [6,7], что воздействие постоянного электрического поля в этом случае может привести к формированию на поверхности капле ЖК наноразмерного слоя ионного сурфактанта, который блокирует ориентирующее влияние полимерной матрицы. Модификация поверхностного сцепления вызывает трансформацию ориентационной структуры в объеме ЖК капле и, следовательно, изменение оптических свойств композита.

Обнаружена и исследована инверсная мода эффекта электроуправляемой модификации межфазных границ нанослоем ионного сурфактанта (рис. 1) [8,9]. Изучены динамические характеристики электрооптического отклика КПЖК пленок с ионно-сурфактантным управлением [10].

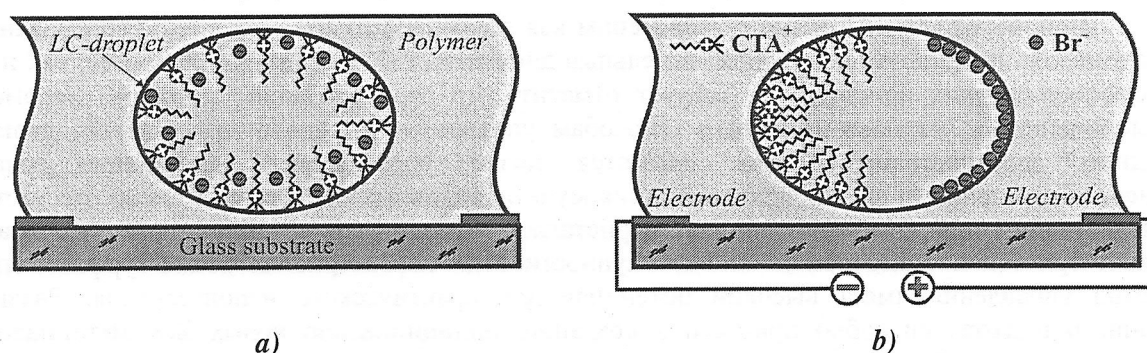


Рис. 1. Схема эффекта электроуправляемой ионной модификации граничных условий в капле ЖК. Инверсный режим. *а)* Электрическое поле выключено, ионы цетилтриметиламмония (ЦТА⁺) адсорбируются на межфазной границе и задают нормальную ориентацию ЖК. *б)* Поле включено, ионы ЦТА⁺ освобождают часть поверхности вблизи соответствующего электрода. Это приводит к восстановлению ориентации, характерной для полимерной стенки и изменению от нормальных к тангенциальным граничным условиям.

Проведены исследования нового способа управления ориентационной структурой в приложении к каплям холестерика, в которых обнаружен эффект структурной и оптической бистабильности, обусловленный ионной модификацией граничных условий [11].

Осуществлена электрически индуцированная ионная модификация поверхностного сцепления для управления ориентационной структурой и оптическими свойствами моно слоя нематика (рис. 2) [12]. Было показано, что переориентация ЖК из гомеотропной в гибридную гомеопланарную конфигурацию имеет пороговый характер и в определенном диапазоне управляющих напряжений проходит без возникновения электрогидродинамической неустойчивости. Электрооптические исследования показали, что отклик ЖК ячейки имеет сложный характер и связан с действием комбинации различных ориентирующих факторов. Из осциллограмм электрооптического отклика были определены динамические характеристики отклика ЖК ячейки, заполненной нематиком 5ЦБ с добавкой катионного сурфактанта [13].

Предложена и реализована быстродействующая ЖК-ячейка с ориентационным переходом между гомеопланарной и твистированной конфигурациями директора в слое нематика с ионно-сурфактантным управлением [14,15].

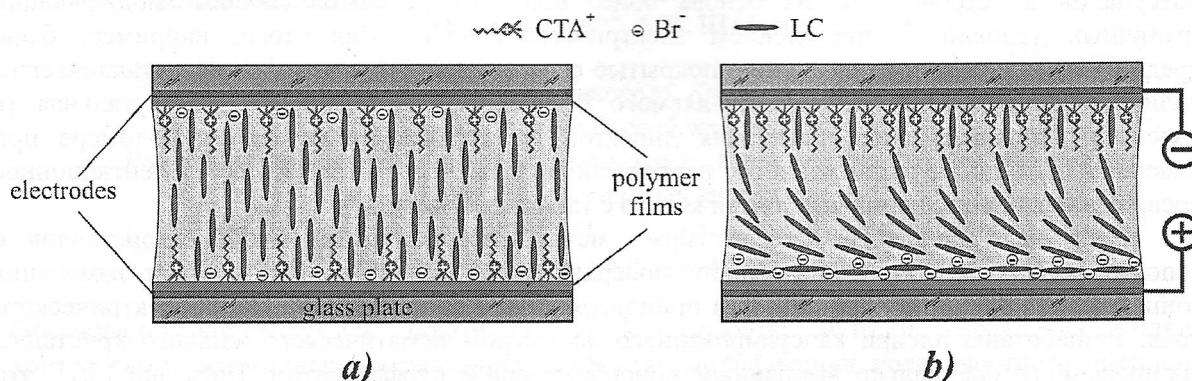


Рис. 2. Схема эффекта электроуправляемой ионной модификации поверхностного сцепления в инверсной моде для монослоя нематического ЖК. *a)* Электрическое поле выключено, катионов цетилтриметиламмония STA⁺, адсорбированных на границе раздела достаточно для обеспечения гомеотропного сцепления на обеих подложках ЖК ячейки. *b)* Включено постоянное электрическое поле, катионы STA⁺ покидают нижнюю подложку и здесь формируется планарное сцепление, задаваемое слоем полимерного ориентанта. В результате происходит переход от однородной гомеотропной структуры *a)* к гомеопланарной конфигурации *b)*.

Ионно-сурфактантный метод применим как для композитных микроструктурированных материалов, представляющих собой капельные дисперсии ЖК в полимерной пленке, так и для монослоев жидких кристаллов. Следует отметить, что предложенный метод по параметру быстродействия уступает известным способам управления на основе эффекта Фредерикса. Однако достоинствами метода являются низкое управляющее напряжение, малое энергопотребление (в случае использования мультстабильных структур), а также отсутствие ограничений при выборе жидких кристаллов, связанных с величиной и знаком диэлектрической анизотропии. По совокупности этих характеристик ионно-сурфактантный метод управления имеет высокий потенциал для практического использования. Развитие данного подхода способно привести к созданию принципиально новых ЖК материалов и устройств, способных существенно расширить функциональные возможности современной оптоэлектронной техники.

Работа выполнена при поддержке грантов: РФФИ 15-02-06924 и 16-53-00073, а также 0358-2015-0010 комплексной программы П.2Р РАН. В.С. Суторин благодарен РФФИ за поддержку своих исследований по грантам 16-32-60036 и 16-32-00164.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Blinov L.M., Chigriniv V.G. Electrooptic effects in liquid crystal materials. New York, Springer, 1994.
2. Freedericksz V.K., Zolina V. // Trans. Far. Soc. 1933. V. 29. P. 919-930.
3. Dubois-Violette E., De Gennes P.G. // J. de Phys. Lett. 1975. V. 36. L-255-L-258.
4. Ryschenkow G., Kleman M. // J. Chem. Phys. 1976. V. 64. P. 404-412.
5. Komitov L., Helgee B., Felix J., Matharu A. // Appl. Phys. Lett. 2005. V. 86. P. 023502.
6. Зырянов В.Я., Крахалев М.Н., Прищепина О.О., Шабанов А.В. // Письма в ЖЭТФ. 2007. Т. 86. С. 440-445.
7. Zyryanov V.Ya., Krakhalev M.N., Prishchepa O.O. // Mol.Cryst.Liq.Cryst. 2008. V. 489. P. 273/[599]-279[605].
8. Зырянов В.Я., Крахалев М.Н., Прищепина О.О., Шабанов А.В. // Письма в ЖЭТФ. 2008. Т. 88. С. 688-692.

9. *Krakhalev M.N., Prishchepa O.O., Zyryanov V.Ya.* // *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 2009. V. 512. P. 152/[1998]–157/[2003].
10. *Краханев М.Н., Лойко В.А., Зырянов В.Я.* // *Письма в ЖТФ.* 2011. Т. 37, Вып. 1. С. 72-77.
11. *Гардымова А.П., Зырянов В.Я., Лойко В.А.* // *Письма в ЖТФ.* 2011. Т. 37, Вып. 17. С. 35-41.
12. *Сутормин В.С., Краханев М.Н., Прищепа О.О., Зырянов В.Я.* // *Письма в ЖЭТФ.* 2012. Т. 96. С. 562-567.
13. *Сутормин В.С., Краханев М.Н., Зырянов В.Я.* // *Письма в ЖТФ.* 2013. Т. 39. С. 1-8.
14. *Sutormin V.S., Krakhalev M.N., Prishchepa O.O., Lee W., Zyryanov V.Y.* // *Opt. Mater. Express.* 2014. V. 4. P. 810-815.
15. *Timofeev I.V., Gunyakov V.A., Sutormin V.S., Myslivets S.A., Arkhipkin V.G., Vetrov S.Ya., Lee W., and Zyryanov V.Ya.* // *Phys. Rev. E.* 2015. V. 92. P. 052504-1-14.