

УДК 544.25

DOI: 10.31040/2222-8349-2023-0-1-71-74

## ПРОЦЕССЫ ОБРАЗОВАНИЯ СВЕРХРЕШЕТОК В АНСАМБЛЯХ КАПЕЛЬ ЖК

© О.А. Скалдин, Е.Р. Басырова, Ю.И. Тимиров, М.В. Хазимуллин

Исследуются процессы образования сверхрешеток в нематохолестерических ЖК-слоях из капельных доменов («bubble domain») в электрических полях. ЖК-слои подвергались растяжению, т.е. изменению их толщины. При определенной толщине ЖК-слоя образовывались так называемые «холестерические пальцы», система которых при увеличении безразмерного параметра  $C = d/P_0$  ( $d$  – толщина слоя,  $P_0$  – равновесный шаг холестерической спирали) распадалась на отдельные капельные домены. При вариации величины электрического поля можно управлять как размерами этих доменов, так и плотностью их упаковок.

Ключевые слова: холестерический жидкий кристалл, капельная доменная структура, периодические структуры.

Холестерические жидкие кристаллы (ХЖК) и нематохолестерические смеси характеризуются структурным разнообразием топологических дефектов и обладают значительным потенциалом практического использования при разработках фотоэлектронных устройств [1]. В этой связи представляет значительный интерес экспериментальное исследование процессов спонтанного формирования упорядоченных доменных капельных структур в ХЖК из системы холестерических пальцев [2] в гомеотропно-ориентированном слое. Появление данных текстур в значительной степени зависит от соотношения толщины слоя  $d$  и шага спирали  $P_0$  [3], то есть безразмерного параметра  $C = d/P_0$  и наличия гомеотропных граничных условий. Для варьирования параметра  $C$  в широком диапазоне, образец помещался на установку с контролируемым управлением толщины, схема которой приложена на рис. 1, а.

Данная приставка состоит из вертикального линейного транслятора с разрешением в полный шаг (200 шагов на один оборот, угол одного шага  $1.8^\circ$ ),  $0.083$  мкм, управляемая при помощи компьютера посредством контроллера шагового двигателя. Для крепления подготовленных подложек был изготовлен кронштейн

с окошком под объектив поляризационного микроскопа. Нижняя подложка крепится на гониометр с боковой регулировкой, где используются винты с шагом  $0.25$  мм. Гониометр предназначен для юстировки плоскопараллельности подложек. Установка располагается на державке, которая крепится на двухкоординатный транслятор вращающегося столика поляризационнооптического микроскопа. На рис. 1, б представлена калибровочная кривая показывающая зависимость измеренной интерференционным методом  $d$  и выставленный в линейном трансляторе  $s$ . Как видно из графика зависимость линейна до  $10$  мкм, при этом выставленные значения в трансляторе достаточно хорошо согласуются с измеренными, как в случае увеличения толщины образца  $d_1$  с шагом  $5$  мкм, так и при уменьшении толщины слоя  $d_2$ . Нелинейная часть может быть связана с тем, что подложки электрооптической ячейки, при толщинах меньше  $10$  мкм не обеспечивают необходимую параллельность, из-за механической части гониометра.

Рассмотрим слой смеси нематического ЖК МББА, допированного небольшим количеством холестерического ЖК, – холестерил-

СКАЛДИН Олег Алексеевич – д.ф.-м.н., Институт физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН, e-mail: scala@anrb.ru

БАСЫРОВА Елена Рафаиловна – к.ф.-м.н., Институт физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН, e-mail: Gareeva\_e82@mail.ru

ТИМИРОВ Юлай Ильдарович – к.ф.-м.н., Институт физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН, e-mail: timirov@anrb.ru

ХАЗИМУЛЛИН Максим Вилевич – к.ф.-м.н., Институт физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН, e-mail: maxim@anrb.ru

хлорида, шаг которой составлял  $P_0 = 54$  мкм. При этом на границах данного слоя были реализованы гомеотропные граничные условия. В этом случае при малых значениях безразмерного параметра  $C$  спиральная структура ХЖК подавляется, и директор  $n$  раскручивается в однородную гомеотропную текстуру. При больших значениях  $C$  в слое формируется текстура типа «отпечатков пальцев», состоящая из периодических полос, параллельных друг другу, – домены. Текстура «отпечатков пальцев»

образуется спонтанно, из которых далее путем их распада формируется более симметричная система – система капель, называемых «капельными» доменами («bubble domain») [4]. На рис. 2 представлено типичное изображение «капельных» доменов. При этом управляя толщиной слоя, можно получить текстуры с различной плотностью упаковок доменов в зависимости от величины параметра  $C$  и электрического поля (рис. 3).

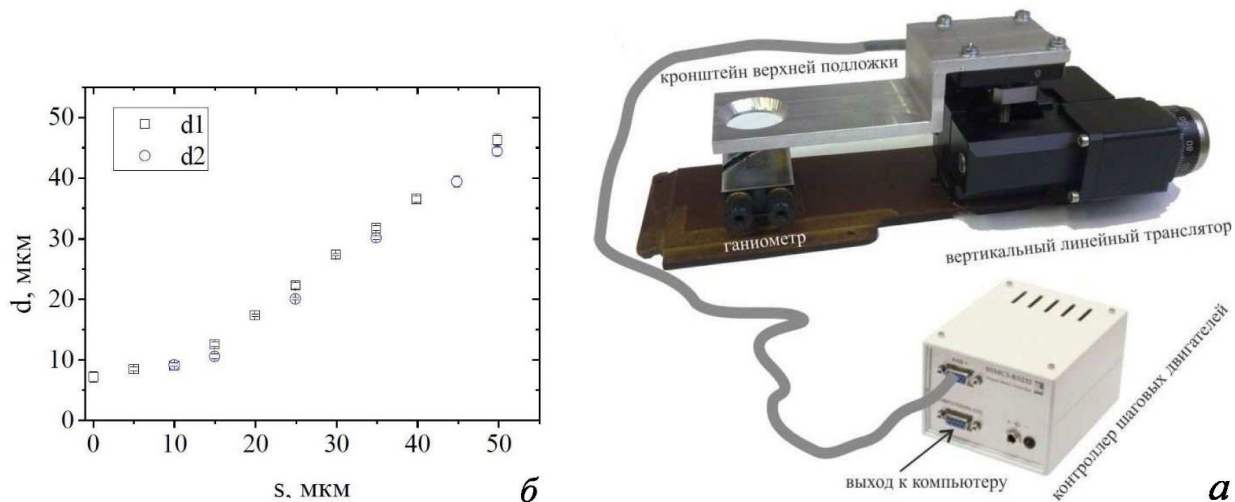


Рис. 1. Экспериментальная приставка к поляризационно-оптическому микроскопу (а): калибровочная зависимость толщины воздушного зазора ЖК-ячейки, измеренной интерференционным методом  $d$  и выставленным в линейном трансляторе  $s$  (б).

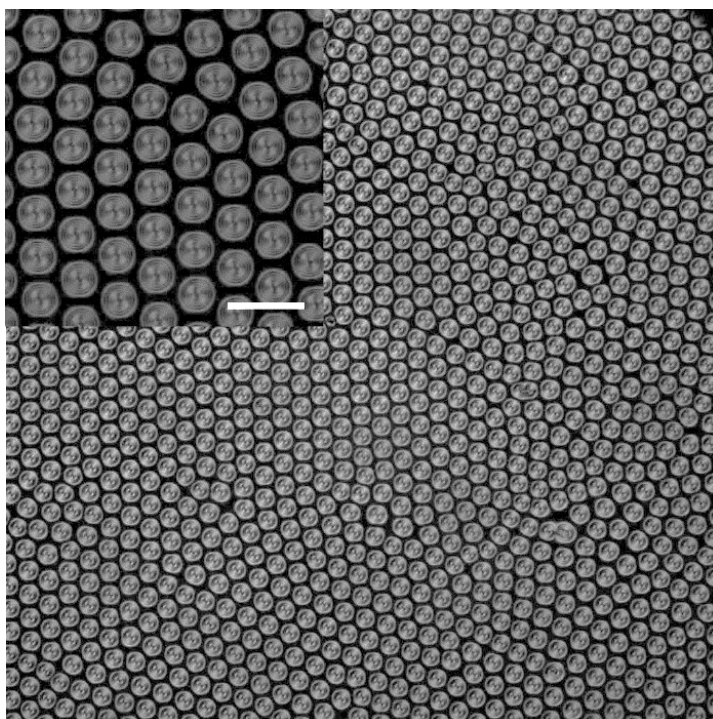


Рис. 2. «Капельная» доменная текстура, для  $C = 0.66$ . Линейка размером 100 мкм

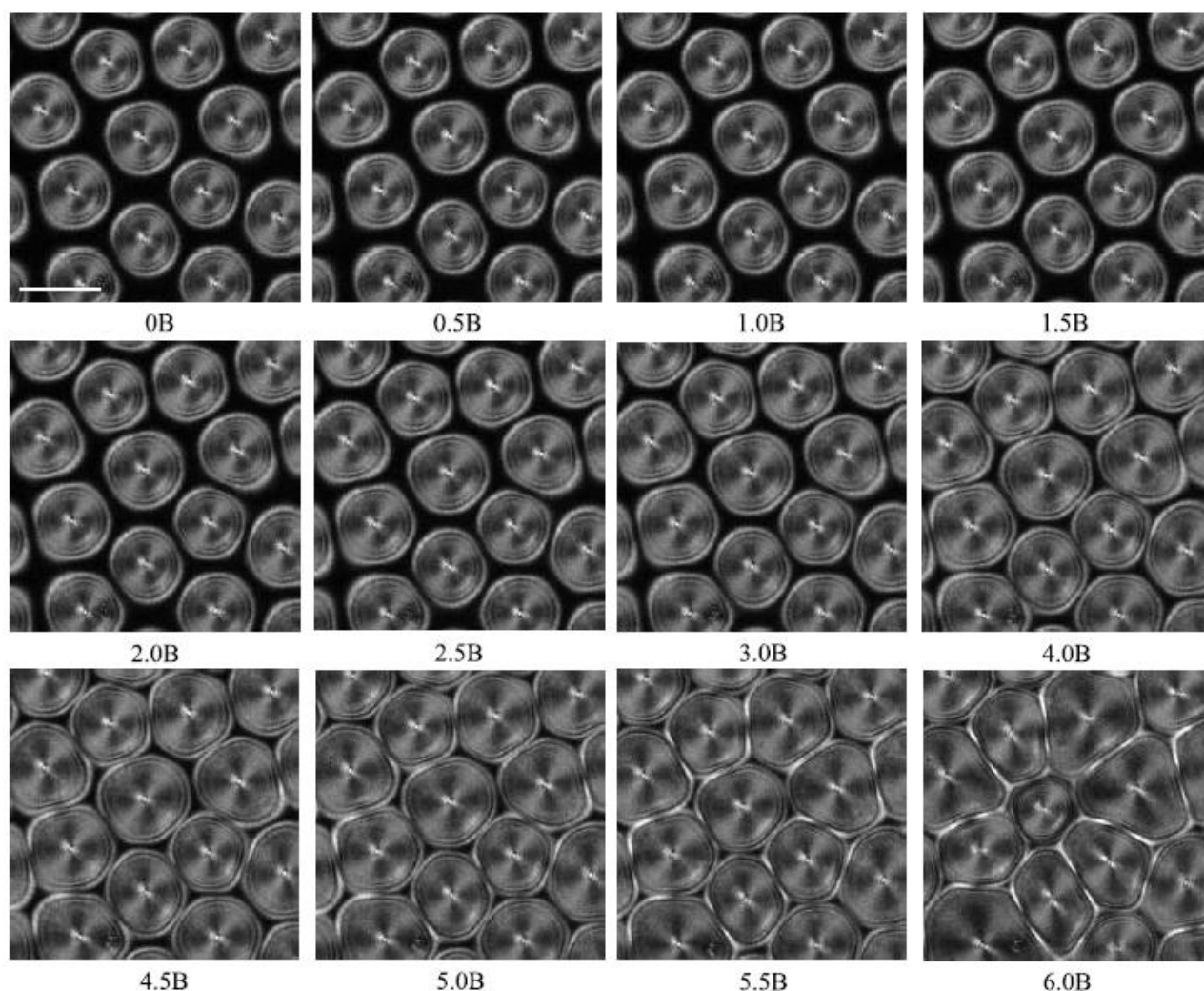


Рис. 3. Изображения капельных доменов при различных значениях приложенного напряжения.  $C = 0.66$ . Частота приложенного внешнего электрического поля  $f = 1$  кГц, шкала 40 мкм

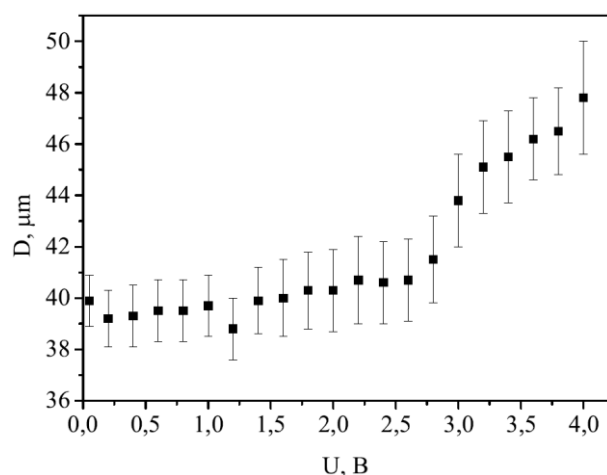


Рис. 4. Зависимость диаметра капель от приложенного напряжения при частоте 1 кГц

Из последовательности микрофотографий видно, что с увеличением приложенного

напряжения средний размер капель в диаметре увеличивается. Получена зависимость роста диаметра капель от приложенного напряжения (рис. 4), причем рост капель продолжается до тех пор, пока не заполнится все пространство между ними, образуя гексагональную структуру, которая начинает деформироваться при дальнейшем увеличении приложенного напряжения.

Таким образом в данной работе представлен метод формирования и управления оптическими свойствами «капельных» доменных структур. Полученные результаты позволяют формулировать принципы управления макроскопическими оптическими свойствами слоя ХЖК, содержащего спонтанно сформированные «капельные домены».

**Литература**

1. Томилин М.Г., Невской Г.Е. Фотоника жидких кристаллов // Оптический журнал. 2011. Т. 78. 5 с.
2. Carboni C., et al. Observation of a bubble texture at the cholesteric to homeotropic-nematic transition in a confined chiral nematic liquid crystal // *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 2004. V. 410. P. 767–773.
3. Bhide G., Jain S. and Chandra S. Structure and properties of bubble domains in cholesteric-nematic mixtures // *J. Appl. Phys.* 1977. V. 48. 3349 p.
4. Kawachi O., Kogure Y. Kato. Bubble domain texture of a liquid crystal // *Jpn. J. Appl. Phys.* 1974. V. 13. 1457 p.

**References**

1. Tomilin M.G., Nevskaya G.E. Photonics of liquid crystals // *Optical Journal*, 2011, vol. 78, 5 p. (in Russian).
2. Carboni C., et al. Observation of a bubble texture at the cholesteric to homeotropic-nematic transition in a confined chiral nematic liquid crystal // *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 2004, vol. 410, pp. 767-773.
3. Bhide G., Jain S. and Chandra S. Structure and properties of bubble domains in cholesteric-nematic mixtures // *J. Appl. Phys.*, 1977, vol. 48, 3349 p.
4. Kawachi, O., Kogure Y. Kato. Bubble domain texture of a liquid crystal // *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1974, vol. 13, 1457 p.



**PROCESSES OF FORMATION OF SUPERLATTICES IN ENSEMBLES OF LC DROPLETS**

© O.A. Skaldin, E.R. Basyrova, Yu.I. Timirov, M.V. Khazimullin

Institute of Molecule and Crystal Physics – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre  
of the Russian Academy of Sciences,  
71, prospect Oktyabrya, 450054, Ufa, Russian Federation

The processes of formation of lattices in cholesteric LC layers from drop domains («bubble domain») in electric fields are studied in this paper. The LC layers were subjected to tension. At a certain thickness of the LC layer, the so-called “cholesteric fingers” were formed, the system of which, with an increase in the dimensionless parameter  $C = d/P_0$  ( $d$  is the layer thickness,  $P_0$  is the equilibrium pitch of the cholesteric LC), decomposed into separate droplet domains. By varying the magnitude of the electric field, one can control both the size of these domains and the density of their packings.

Keywords: cholesteric liquid crystal, bubble domain, domain structure, periodic structures.