

УДК - 532
ББК – 22.365
P27

**ОСОБЕННОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
ОРИЕНТАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ
ДЕФОРМИРУЕМЫХ КАПЕЛЬ НЕМАТИКА,
МОДИФИЦИРОВАННОГО
ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫМ ВЕЩЕСТВОМ**

Рахимова Умедахон Джурабоевна - ассистент кафедры информационно-коммуникационных технологий и программирования ТГУ ПБП (Таджикистан, Худжанд), e-mail: rakhimova0508@mail.ru.

**ХУСУСИЯТҲОИ ТАҒИРЁБИИ СОҲТОРИ
ОРИЕНТАТСИЯИ ҚАТРАҲОИ НЕМАТИКИИ
ТАҒИРЁБАНДА, КИ БА МОДДАИ НАЧАНДОН
ФАЪОЛ ТААЛУҚ ДОРАД**

Раҳимова Умедахон Ҷӯрабоевна - ассистенти кафедраи технологияҳои иттилоотию коммуникатсионӣ ва барномарезии ДДҲБСТ (Тоҷикистон, Хуҷанд), e-mail: rakhimova0508@mail.ru.

**FEATURES OF THE TRANSFORMATION OF THE
ORIENTATION STRUCTURE OF DEFORMABLE
NEMATIC DROPS MODIFIED BY A SURFACE-
ACTIVE SUBSTANCE**

Rahimova Umedakhon Juraboevna - Assistant of the of Information and Communication Technologies and Programming Department under the Tajik State University of Law, Business and Politics, e-mail: rakhimova0508@mail.ru.

Ключевые слова: жидкие кристаллы, поверхностно–активные вещества, ориентационная структура, одноосная деформация

Исследованы структурные преобразования в каплях нематического жидкого кристалла при включении поверхностно–активных веществ (ПАВ) в качестве ориентанта. Установлена взаимосвязь одноосной деформации в процессе переориентации молекул жидкого кристалла.

Вожаҳои калидӣ: кристалли моеъ, маводи сатҳии фаъол, структураи ориентатсионӣ, деформатсияи яксамта

Табдилотҳои структуравӣ дар қатраҳои кристалли моеи нематик ҳангоми ворид кардани маводҳои сатҳии фаъол ба сифати ориентант (самтдиҳанда) тадқиқ карда шудааст. Муқаррар карда шудааст, ки байни самтдиҳанда ва дараҷаи деформатсиякунии яксамта алоқамандии мутақобила мавҷуд аст.

Key word: liquid crystals, surfactants, orientational structure, uniaxial deformation

Structural transformations in nematic liquid crystal droplets with the inclusion of surfactants as an orientant have been investigated. The relationship between uniaxial deformation in the process of reorientation of liquid crystal molecules has been established.

Ориентация жидкого кристалла (ЖК) в капле, а, следовательно, и ее оптические свойства зависят от ряда факторов, таких, как ее форма и размер, направление ориентации длинных осей молекул ЖК на границе раздела (граничные условия), сила сцепления молекул ЖК с границей раздела, воздействие внешних электрического или магнитного полей [1]. Для задания тех или иных граничных условий в каплях существует два подхода. В первом случае подбирается соответствующая матрица, задающая для используемого жидкого кристалла нужные условия сцепления. Другой подход заключается в использовании специальных поверхностно-активных веществ – ориентантов (сурфактантов), добавляемых в ЖК или матрицу [2, 3], в этом случае граничные условия определяются балансом ориентирующего влияния сурфактанта и матрицы, который может контролироваться, например, концентрацией сурфактанта [4, 5].

В работе [4] было показано, что достаточно одного плотно упакованного молекулярного слоя сурфактанта для ориентации жидкого кристалла, а при меньшей концентрации сурфактанта на поверхности, их ориентирующего влияния недостаточно и граничные условия определяются подложкой. В нашей работе исследовалась зависимость ориентирующего влияния сурфактанта в капле нематического жидкого кристалла, диспергированного в полимерной матрице, от степени ее деформации, которая достигалась путем одноосного растяжения композитной пленки. В качестве полимерной матрицы использовался поливиниловый спирт (ПВС), который задает тангенциальные граничные условия (длинные оси молекул сориентированы параллельно границе раздела) для нематического ЖК 4-н-пентил-4-цианобифенил (5ЦБ) [1]. ЖК 5ЦБ допировался сурфактантом цетилтриметиламмоний бромистым (ЦТАБ), который при достаточной концентрации способен задавать нормальные граничные условия (длинные оси молекул сориентированы перпендикулярно границе раздела). В исходном, недеформированном, состоянии формируется радиальная ориентационная структура ЖК в капле, характерная для нормальных граничных условий и характеризующаяся наличием объемного точечного дефекта ежа в центре капли (рис. 1 а) [1 – 3].

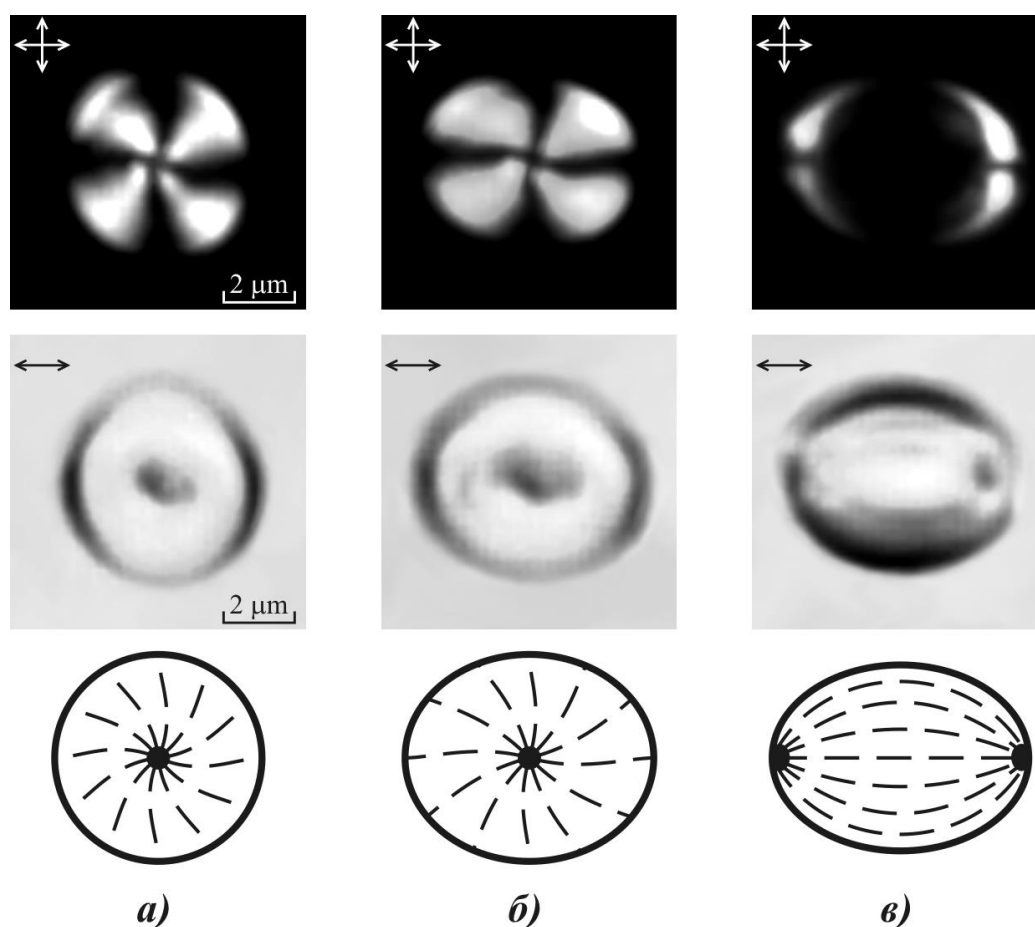


Рис. 1. Верхний ряд – микрофотографии капли нематика, допированного 2,8 % ЦТАБ, сделанные в геометрии скрещенных поляризаторов; средний ряд – фотографии с выключенным анализатором; нижний ряд – соответствующие конфигурации директора. Ориентация поляризаторов показана двойными стрелками. а) – капля нематического ЖК в исходном состоянии; б) – после растяжения композитной пленки на 20 %; в) после растяжения пленки на 29 %.

Радиальная конфигурация сохраняется при растяжении пленки вплоть до 20 % (рис. 1 б), дальнейшее растяжение приводит к изменению ориентационной структуры на биполярную, характеризующуюся двумя точечными поверхностными дефектами, расположенными на концах длинной оси капли (рис. 1 в) [1 – 3]. Биполярная ориентационная структура характерна для тангенциальных граничных условий, которые задает полимерная матрица. Наблюдаемый переход может быть объяснен уменьшением ориентирующего влияния гомеотропного сурфактанта, которое обусловлено снижением плотности сурфактанта на границе раздела вследствие увеличения площади поверхности капли при ее деформации.

Характер структурных превращений в каплях зависит как от их диаметра, так и от кратности растяжения полимерной матрицы. Общей особенностью является то, что при некотором значении степени одноосной деформации, точечный дефект в капле нематика исчезает и ему на смену приходит структура с экваториальным дисклинационным кольцом и бездефектным, практически однородным распределением директора в объеме капли. После снятия внешнего поля в капле нематика восстанавливается исходная радиальная структура.

В исходном состоянии, когда $\lambda=0$, распределение директора в капле радиально-симметрично (рис.1 а), за исключением, возможно, малой области вблизи ядра точечного дефекта, находящегося в центре капли [6]. Такая структура характерна не только для больших, но и для сравнительно малых капель, диаметром 2-4 мкм. Для радиально-симметричного распределения характерно расположение ветвей погасания вдоль направлений поляризации николей, поскольку ветви погасания локализованы в тех участках текстуры, где директор лежит в плоскости поляризации одного из николей. С ростом степени деформации λ от 0 до $\lambda_{кр}=20\%$, в каплях происходит переориентация молекул вдоль поля, о чем свидетельствует сжатие ветвей погасания по направлению к экватору (рис. 1,б,в). Оказалось, что переориентируются, прежде всего, молекулы, удаленные как от границы капли, так и от экваториальной плоскости поверхности. У поверхности в силу ненулевого сцепления сохраняется ориентация директора вдоль радиус-векторов.

Поскольку при всех значениях $0 < \lambda < \lambda_{кр}$ на самой плоскости экватора директор перпендикулярен к механическому полю, то вблизи последней можно выделить плоскопараллельный слой, в котором директор меняет ориентацию от состояния тангенциального в центре капли к гомеотропному на границах слоя. Указанный слой представляет собой дефект типа стенки. Для капли с крупными размерами, толщина стенки определяется конкуренцией лишь двух вкладов в энергию - диэлектрического и упругого, т.е. можно ожидать, что

$$d_e \approx 2 \cdot \left(\frac{4\pi K}{\Delta \epsilon E^2} \right)^{1/2}$$

где K – среднее значение упругих модулей Франка. Зависимость толщины стенки от степени деформации для больших капель качественно подтверждается и на эксперименте; при увеличении степени удлинения λ толщина стенки d_e уменьшается (сравнение рис. 1б и рис. 1в). Для малых капель картина в целом аналогична, однако усложняется влиянием приповерхностной ориентации молекул.

Точечный дефект в объеме капли сохраняется вплоть до значений $\lambda=30\%$. Однако, расположение его может зависеть от кратности растяжения. Этот факт, а также некоторые другие детали структурных перестроек, имеющее место в случае, когда наблюдение ведется за экваториальной плоскостью капли, т.е. когда молекулы ориентированы вертикально и вдоль оптической оси микроскопа, будут исследованы в ближайшем будущем.

ЛИТЕРАТУРА

1. P.S. Drzaic. Liquid Crystal Dispersion. World Scientific, Singapore (1995). 429 p.
2. Г.Е. Воловик, О.Д. Лаврентович. Топологическая динамика дефектов: бужумы в каплях нематика //ЖЭТФ. 1983. Т. 85, Вып. 6(12). - С.1997-2010.
3. S. Candau, P. Le Roy and F. Debeauvais. Mol. Cryst. Liq. Cryst. 23, 283 (1973).
4. J.E. Proust, L. Ter-Minassian-Saraga, E. Guyon. Solid State Commun. 11, 1227 (1972).
5. Ж. Коньяр. Ориентация нематических жидких кристаллов и их смесей. Мн.: Университетское. (1986). 104 с.
6. О.Д. Лаврентович, Е.М. Терентьев. Фазовый переход с изменением симметрии топологических точечных дефектов (ежей) в нематическом жидком кристалле//ЖЭТФ. 1986. Т. 91, Вып. 6 (12). - С. 2084-2096.

LITERATURE

1. P.S. Drzaic. Liquid Crystal Dispersion. World Scientific, Singapore (1995). 429 p.
2. G.E. Volovik, O.D. Lavrentovich. Topological dynamics of defects: boojums in nematic drops. // JETP, 1983, V.85, № 6(12) – P.1997-2010
3. S. Candau, P. Le Roy and F. Debeauvais. Mol. Cryst. Liq. Cryst. 23, 283 (1973).
4. J.E. Proust, L. Ter-Minassian-Saraga, E. Guyon. Solid State Commun. 11, 1227 (1972).
5. J. Cognard. Alignment of nematic liquid crystals and their mixtures. – London, New York, Paris. Gordon and Breach Science Publishers. 1982 – 104p.
6. O.D. Lavrentovich, E.M. Terent'ev. Phase transition altering the summerty of topological point defects (hedgehogs) in a nematic liquid crystal // JETP, 1986, V. 91, № 6 (12) – P. 2084-2096