

Физика

Краткие сообщения

УДК 532.783

СТРУКТУРА И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА САМООРГАНИЗОВАННЫХ АНСАМБЛЕЙ НЕМАТИЧЕСКИХ ДОМЕНОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИКАРБОНАТА

Александр Михайлович Паршин^{1,2*}, Владимир Алексеевич Гуняков¹, Виктор Яковлевич Зырянов¹,
Василий Филиппович Шабанов¹

¹Институт физики им. Л. В. Киренского, Федеральный исследовательский центр КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия,

²Сибирский Федеральный университет, Красноярск, Россия

ИНФОРМАЦИЯ

АННОТАЦИЯ

История статьи:

Поступила 27.09.2021

Одобрена 25.10.2021

Принята 29.10.2021

Ключевые слова:

нематик,
поликарбонат,
структура,
переориентация директора,
интерференция

Рассмотрено структурное упорядочение самоорганизованных ансамблей нематических доменов с радиально-планарной конфигурацией, формирующихся на поверхности поликарбоната. Под влиянием теплового, упругого, электрического или магнитного полей структура доменов трансформируется в радиально-гомеотропную. При переориентации директора в данных структурах наблюдаются интерференционные осцилляции проходящего света с большой глубиной модуляции в отсутствие поляризаторов, что позволяет оценивать их как перспективный материал для оптических модуляторов.

DOI:

10.18083/LCAppl.2022.1.84

Для цитирования:

Паршин А. М., Гуняков В. А., Зырянов В. Я., Шабанов В. Ф. Структура и оптические свойства самоорганизованных ансамблей нематических доменов на поверхности поликарбоната // Жидк. крист. и их практич. использ. 2022. Т. 22, № 1. С. 84–88.

*Автор для переписки: parshin@iph.krasn.ru

© Паршин А. М., Гуняков В. А., Зырянов В. Я., Шабанов В. Ф., 2022

Physics

Brief messages

STRUCTURE AND OPTICAL PROPERTIES OF SELF-ORGANIZED NEMATIC DOMAINS ENSEMBLES ON POLYCARBONATE SURFACE

Alexandr M. Parshin^{1,2*}, Vladimir A. Gunyakov¹, Victor Ya. Zyryanov¹, Vasiliy F. Shabanov¹

¹Kirensky Institute of Physics, Federal Research Center KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

ARTICLE INFO:

Article history:

Received 27 September 2021

Approved 25 October 2021

Accepted 29 October 2021

Key words:

nematic,
polycarbonate,
structure,
director reorientation,
interference

ABSTRACT

The structural ordering of self-organized ensembles of nematic domains (SEND) with a radial-planar configuration, which are formed on the polycarbonate surface, is considered. The domain structure is transformed into radial-homeotropic one under the influence of a thermal, elastic, electric or magnetic fields. Interference oscillations of transmitted light with a large modulation depth are observed in the absence of polarizers, when the director is reoriented in these structures, which makes it possible to evaluate them as a promising material for optical modulators.

DOI:

10.18083/LCAppl.2022.1.84

For citation:

Parshin A.M., Gunyakov V.A., Zyryanov V.Ya., Shabanov V.F. Structure and optical properties of self-organized nematic domains ensembles on polycarbonate surface. *Liq. Cryst. and their Appl.*, 2022, **22** (1), 84–88 (in Russ.).

*Corresponding author: parshin@iph.krasn.ru

© Parshin A.M., Gunyakov V.A., Zyryanov V.Ya., Shabanov V.F., 2022

Введение

Сэнд维奇ные материалы со слоем нематического жидкого кристалла (ЖК) между полимерными пленками широко используются в информационных технологиях [1]. Самоорганизованные ансамбли нематических доменов (САНД) на поверхности полимера, обнаруженные и изученные нами [2–9*], также могут быть интересны в плане применений, поскольку имеют привлекательные оптические свойства за счет уникальной структурной организации.

Оптическая текстура и структура САНД

САНД формируются по простой технологии на пленке поликарбоната (ПК), полученной из раствора при испарении растворителя [2, 4–6]. В качестве ЖК используются широко известные нематики 4-метоксибензилиден-4'-бутиланилин (МБА) и 4-*n*-пентил-4'-цианобифенил (5ЦБ). Лучшим растворителем является дихлорметан (CH_2Cl_2). Пленка ПК методом центрифугирования или полива наносится на стеклянные пластины, из которых формируется ЖК-ячейка. ЖК в нематической фазе вводится в капиллярный промежуток между пластинами, разделенными прокладками. Для подачи на слой ЖК электрического поля используются пластины с токопроводящим покрытием.

САНД – это ансамбль доменов с полигональной текстурой (рис. 1, *a*). Отдельный домен в скрещенных поляризаторах микроскопа выглядит как диск с двумя полосами погасания. Через центр каждого домена вдоль радиуса проходит линия дисклиниации (ЛД). Директор нематика n стремится ориентироваться перпендикулярно ЛД. Воздействие планарного упорядочения на директор от противоположной поверхности или магнитного поля H^* , прикладываемого вдоль пленки ПК в процессе формирования доменов, приводит к упорядочению линейных дисклиниаций перпендикулярно полю.

САНД – самоорганизующаяся структура. Домены ансамбля формируются в процессе роста (рис. 1, *b*, 1–4). Под влиянием теплового (T), упругого (K), электрического (E) или магнитного (H) поля [2, 3, 7] происходит превращение полигональной текстуры в веерообразную с доменами, имеющими четыре полосы погасания, с изменением цвета и постепенным потемнением текстурной картины при увеличении поля (рис. 1, *b*, 5–8).

Структура домена представляет собой радиальную конфигурацию директора с ЛД на поверхности ПК, распространяющейся на длину когерентности ξ в объем ЖК [4, 5]. Структурное превращение радиально-планарной конфигурации САНД в радиально-гомеотропную под влиянием T, K, E, H -полей представлено на рис. 1, *c–d*.

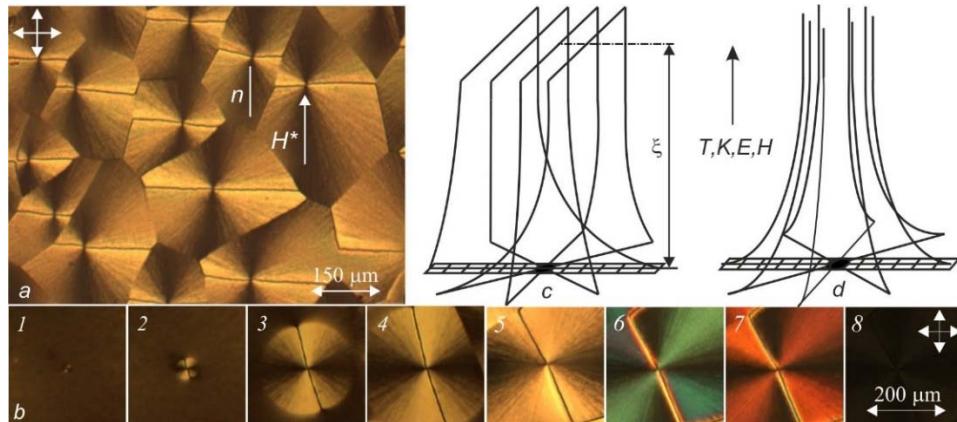


Рис. 1. Текстура и структура САНД: *a* – микрофотографии ансамбля доменов, сформированного в присутствии магнитного поля H^* , *b* – развитие домена в процессе роста через интервал 0,5; 2; 12,5; 16 мин (1–4) и трансформация под действием электрического напряжения $U = 0, 5, 15, 30$ В (5–8); *c, d* – переориентация директора в домене под влиянием T, K, E, H -полей [4]

Fig. 1. Texture and structure of SEND: a – microphotographs of an ensemble of domains formed in the presence of a magnetic field H^ , b – domain evolution during growth after 0,5, 2, 12,5, 16 min (1–4) and domain transformation under the influence of electric voltage $U = 0, 5, 15, 30$ V (5–8); c, d – director reorientation within domain under the influence of T, K, E, H -fields [4]*

Электро- и магнитооптические характеристики САНД

Зависимость интенсивности I прошедшего через структуру САНД света от медленно сканируемого электрического [7] или магнитного поля [8] в статическом режиме сопровождается интерференционными осцилляциями (рис. 2, *a*). Интерференция возникает вследствие суперпозиции обычных и необыкновенных волн. Экспоненциальный рост амплитуды I с увеличением поля обусловлен рассеянием света из-за пространственной неоднородности оптической анизотропии ЖК. Большая глубина световой модуляции и отсутствие поляри-

заторов в оптической схеме позволяют рассматривать САНД как перспективный материал для оптических модуляторов.

Интерференционные осцилляции присутствуют также в динамике оптического отклика при воздействии импульса магнитного поля (ИМП) на структуру САНД [9]. При нарастании ИМП директор ЖК с некоторой задержкой по времени, обусловленной инерционностью САНД, отслеживает фронт управляющего импульса. Возврат структуры САНД в начальное состояние после выключения ИМП представляется затухающей кривой $I(t)$, которая хорошо описывается кривой релаксации, полученной для САНД (рис. 2, *b*).

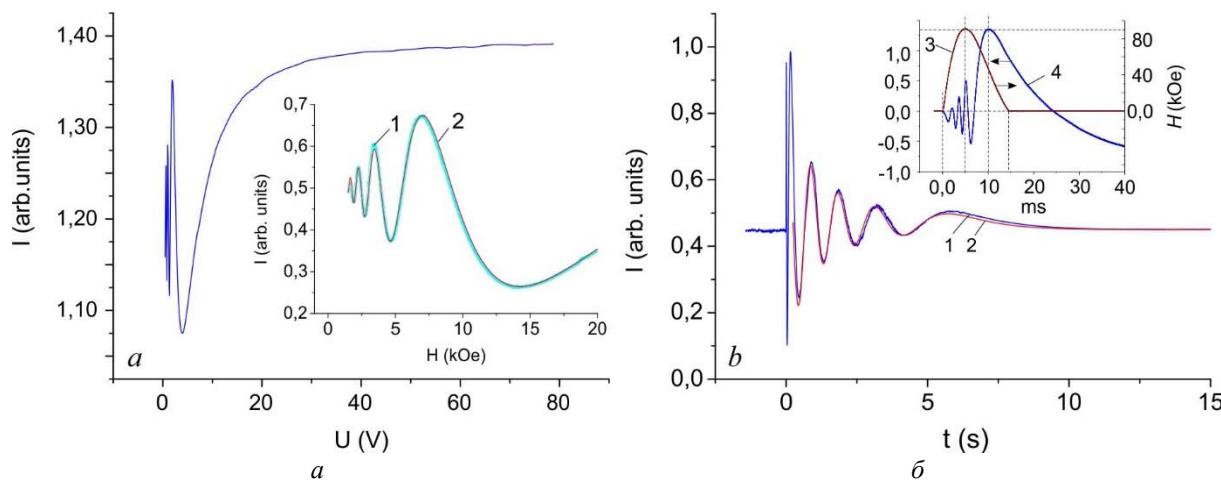


Рис. 2. Зависимости интенсивности I проходящего через структуру САНД света: *a* – в статическом режиме от электрического напряжения U и магнитного поля H (вставка); *b* – от времени в динамическом режиме при нарастании ИМП до $H = 90$ кЭ (вставка) и релаксации ЖК после выключения ИМП. I , 2 – экспериментальная и расчетная кривые, 3, 4 – кривые ИМП и соответствующего отклика ЖК

Fig. 2. Dependences of the intensity I of the light transmitted through the SEND structure: *a* – in the static mode on the electric voltage U and magnetic field H (inset), *b* – on the time in the dynamic mode with an increase in the impulse of magnetic field (IMF) to $H = 90$ kOe (inset) and a relaxation of LC after switching off the IMF. 1, 2 are experimental and calculated curves, 3, 4 are the curves of the IMF and the appropriate response of liquid crystal

Список источников / References

1. Myers R.L. Display interfaces. *Wiley-SID series in display technology* / eds. A.C. Love. Chichester: J. Wiley & Sons, 2005. 528 p.
2. Parshin A.M., Gunyakov V.A., Zyryanov V.Ya., Shabanov V.F. Domain structures in nematic liquid crystals on the polycarbonate surface. *Int. J. Mol. Sci.*, 2013, **14** (8), 16303–16320.
3. Parshin A.M., Gunyakov V.A., Zyryanov V.Ya., Shabanov V.F. Electric and magnetic field-assisted orientational transitions in the ensembles of domains in a nematic liquid crystal on the polymer surface. *Int. J. Mol. Sci.*, 2014, **15** (10), 17838–17851.
4. Parshin A.M., Zyryanov V.Ya., Shabanov V.F. The director field distribution with the strongly pinned alignment in nematic structures at the polymer surface. *Liq. Cryst.*, 2015, **42** (1), 57–64.
5. Parshin A.M., Zyryanov V.Ya., Shabanov V.F. Alignment of liquid crystals by polymers with residual amounts of solvents. *Scientific Reports*, 2017, **7**, 1–8.

6. Parshin A.M., Zyryanov V.Ya., Shabanov V.F. Structuring of the Surface Layer of Polycarbonate Film upon Interaction with Nematic Liquid Crystal. *Polymer Science Series C*, 2018, **60** (1), 23–21.
7. Parshin A.M., Barannik A.V., Zyryanov V.Ya., Shabanov V.F. Interference of nonpolarized light in liquid crystal domains on a polycarbonate surface. *J. Opt. Soc. Am. B*, 2019, **36** (7), 1845–1849.
8. Parshin A.M., Barannik A.V., Zyryanov V.Ya., Shabanov V.F. Light interference in a hybrid-aligned nematic layer with nonordered surface disclination lines. *J. Opt. Soc. Am. B*, 2020, **37** (7), 2053–2057.
9. Parshin A.M., Zyryanov V.Ya., Shabanov V.F. Interference oscillations in the optical response of a hybrid-aligned nematic with a surface disclination line to a pulsed magnetic field. *J. Opt. Soc. Am. B*, 2021, **38** (10), 2993–2999.
 * Ряд работ авторов по исследованию САНД опубликован в ЖКПИ: Паршин А. М. и др., *Жидкие кристаллы и их практическое использование*, 2012. Вып. 1. С. 42–51; 2012. Вып. 2. С. 51–59; 2013. Вып. 2. С. 26–36; 2015. Вып. 1. С. 56–65; 2016. Т. 16, № 3. С. 49–57; 2019. Т. 19, № 1. С. 62–69; 2020. Т. 20, № 2. С. 62–68; 2021. Т. 21, № 3. С. 69–76.

Вклад авторов:

¹Паршин А. М., ²Гуняков В. А. – подготовили образцы, исследовали их электрооптические и магнитооптические характеристики и выполнили вычислительные процедуры.

¹Паршин А. М., ²Гуняков В. А., ³Зырянов В. Я. – проанализировали данные и написали статью.

⁴Шабанов В. Ф. – проверил, отредактировал и доработал статью.

Contributions of the authors:

¹Parshin A.M., ²Gunyakov V.A. – prepared samples, studied their electro-optical and magneto-optical characteristics and performed computational procedures.

¹Parshin A.M., ²Gunyakov V.A., ³Zyryanov V.Ya. – analyzed the data and wrote an article.

⁴Shabanov V.F. – checked, edited and revised the article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

¹<https://orcid.org/0000-0002-5731-0523>

²<https://orcid.org/0000-0002-2222-8642>

³<https://orcid.org/0000-0001-7373-3342>

⁴<https://orcid.org/> нет

Поступила 27.09.2021, одобрена 25.10.2021, принята 29.10.2021
 Received 27.09.2021, approved 25.10.2021, accepted 29.10.2021