

Физика

Краткие сообщения  
УДК 532.783

**СТРУКТУРА И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА САМООРГАНИЗОВАННЫХ АНСАМБЛЕЙ  
НЕМАТИЧЕСКИХ ДОМЕНОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИКАРБОНАТА**

Александр Михайлович Паршин<sup>1,2\*</sup>, Владимир Алексеевич Гуняков<sup>1</sup>, Виктор Яковлевич Зырянов<sup>1</sup>,  
Василий Филиппович Шабанов<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Сибирский Федеральный университет, Красноярск, Россия

---

**ИНФОРМАЦИЯ**

**История статьи:**

Поступила 27.09.2021

Одобрена 25.10.2021

Принята 29.10.2021

---

**Ключевые слова:**

нематик,  
поликарбонат,  
структура,  
переориентация директора,  
интерференция

---

**АННОТАЦИЯ**

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](mailto: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<sup>1,2\*</sup>, Vladimir A. Gunyakov<sup>1</sup>, Victor Ya. Zyryanov<sup>1</sup>, Vasilii F. Shabanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Kirensky Institute of Physics, Federal Research Center KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia*

<sup>2</sup>*Siberian 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

Сэндвичные 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 (МББА) и 4-*n*-пентил-4'-цианобифенил (5ЦБ). Лучшим растворителем является дихлорметан ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ). 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 дисклинации (ЛД). Директор нематика  $\mathbf{n}$  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 дисклинаций 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  $\xi$  в объем ЖК [4, 5]. Структурное превращение радиально-планарной конфигурации САНД в радиально-гомеотропную под влиянием  $T$ ,  $K$ ,  $E$ ,  $H$ -поля представлено на рис. 1, *c–d*.

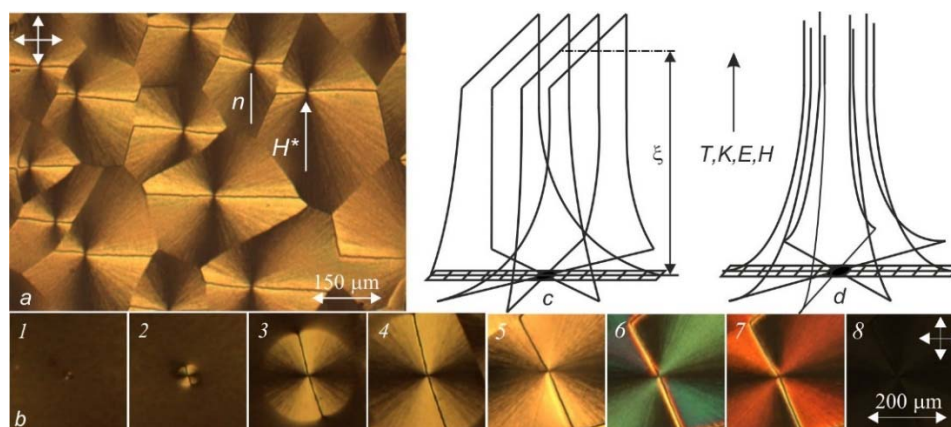


Рис. 1. Текстура и структура САНД: *a* – микрофотографии ансамбля доменов, сформированного в присутствии магнитного поля  $H^*$ , *b* – развитие домена в процессе роста через интервал 0,5; 2; 12,5; 16 мин (1–4) и трансформация под действием электрического напряжения  $U = 0; 5; 15; 30$  В (5–8); *c*,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

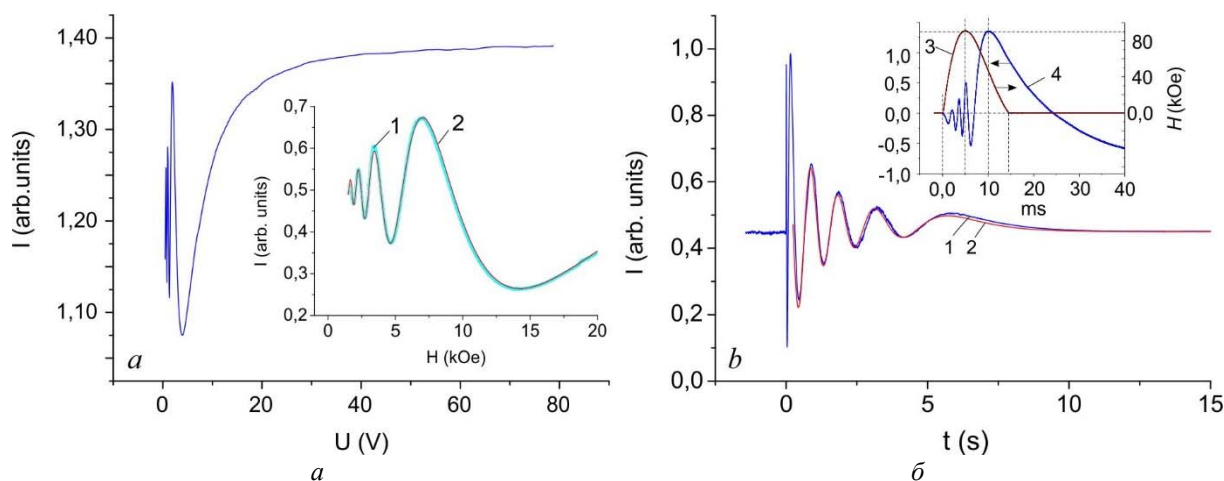


Рис. 2. Зависимости интенсивности  $I$  проходящего через структуру САНД света: *a* – в статическом режиме от электрического напряжения  $U$  и магнитного поля  $H$  (вставка); *b* – от времени в динамическом режиме при нарастании ИМП до  $H = 90$  кЭ (вставка) и релаксации ЖК после выключения ИМП. 1, 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 orienta-
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.

tional transitions in the ensembles of domains in a nematic liquid crystal on the polymer surface. *Int. J. Mol. Sci.*, 2014, 15 (10), 17838–17851.

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:**

<sup>1</sup>Паршин А. М., <sup>2</sup>Гуляков В. А. – подготовили образцы, исследовали их электрооптические и магнитооптические характеристики и выполнили вычислительные процедуры.

<sup>1</sup>Паршин А. М., <sup>2</sup>Гуляков В. А., <sup>3</sup>Зырянов В. Я. – проанализировали данные и написали статью.

<sup>4</sup>Шабанов В. Ф. – проверил, отредактировал и доработал статью.

**Contributions of the authors:**

<sup>1</sup>Parshin A.M., <sup>2</sup>Gulyakov V.A. – prepared samples, studied their electro-optical and magneto-optical characteristics and performed computational procedures.

<sup>1</sup>Parshin A.M., <sup>2</sup>Gulyakov V.A., <sup>3</sup>Zyryanov V.Ya. – analyzed the data and wrote an article.

<sup>4</sup>Shabanov V.F. – checked, edited and revised the article.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**The authors declare no conflicts of interests.**

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

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

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

<sup>4</sup><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