

Электрически контролируемое распространение света в ЖК системе связанных волноводов

Е.П. Пантелеева, О.С. Кабанова, Е.А. Мельникова, А.Л. Толстик
Белорусский государственный университет
pantzialeyevakate@gmail.com

В настоящее время одним из приоритетных направлений исследований в области интегральной фотоники является разработка и создание волноводных оптических систем на базе функциональных материалов, характеризующихся контролируруемыми оптическими параметрами [1]. Представленная работа посвящена разработке, изготовлению и исследованию управляемого жидкокристаллического (ЖК) элемента с электрически индуцированными связанными волноводными каналами различной конфигурации.

Структурная схема ЖК-элемента представляет собой планарную ячейку сэндвич-типа с толщиной ЖК-слоя 20 мкм, содержащую на одной из стеклянных подложек две системы независимых текстурированных электродов из хрома («кольца» и «стержни»), при этом расстояние между «кольцами» и «стержнями» составляло порядка 10 мкм (рис. 1). Вторая подложка ЖК-элемента содержала сплошной прозрачный электрод. Была предусмотрена возможность независимой подачи напряжения на «кольца» или «стержни».

Использованный в работе положительный двулучепреломляющий нематический жидкий кристалл характеризуется показателем преломления для необыкновенной волны $n_e = 1,7$, обыкновенной – $n_o = 1,5$. Пороговое напряжение $U_t = 1,1$ В. Начальная ориентация директора ЖК была планарной. Направление директора ЖК совпадало с направлением электродов типа «стержни» и задавалось методом фотоориентации [2].

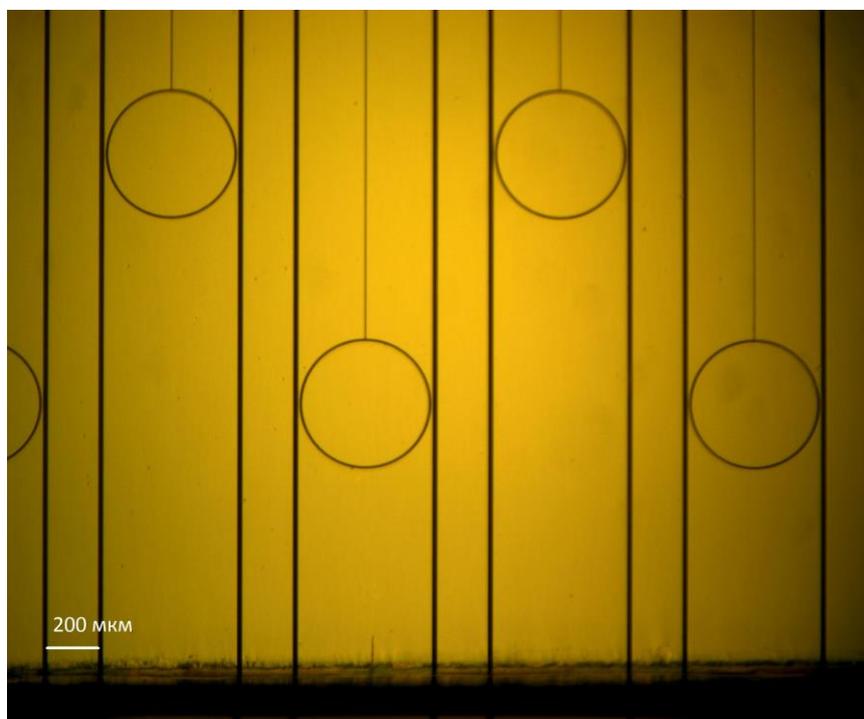


Рис. 1. Поляризационная микрофотография ЖК-ячейки с текстурированным электродом

При приложении внешнего электрического поля к слою жидкого кристалла происходит диэлектрическое взаимодействие поля с молекулами, что приводит к

переориентации директора ЖК (переход Фредерикса [3]) и изменению показателя преломления для необыкновенной волны в области электродов. Наведенная электрическим полем рефрактивная граница раздела двух областей нематического жидкого кристалла с различными ориентациями директора позволяет реализовать режим волноводного распространения [4].

Глубина модуляции оптической анизотропии контролировалась подаваемым на электроды внешним переменным напряжением с частотой $\nu = 1$ кГц. На рис. 2 представлены поляризационные микрофотографии, полученные в скрещенных поляризаторах, которые иллюстрируют изменение размеров индуцированных волноводных каналов в ЖК слое.

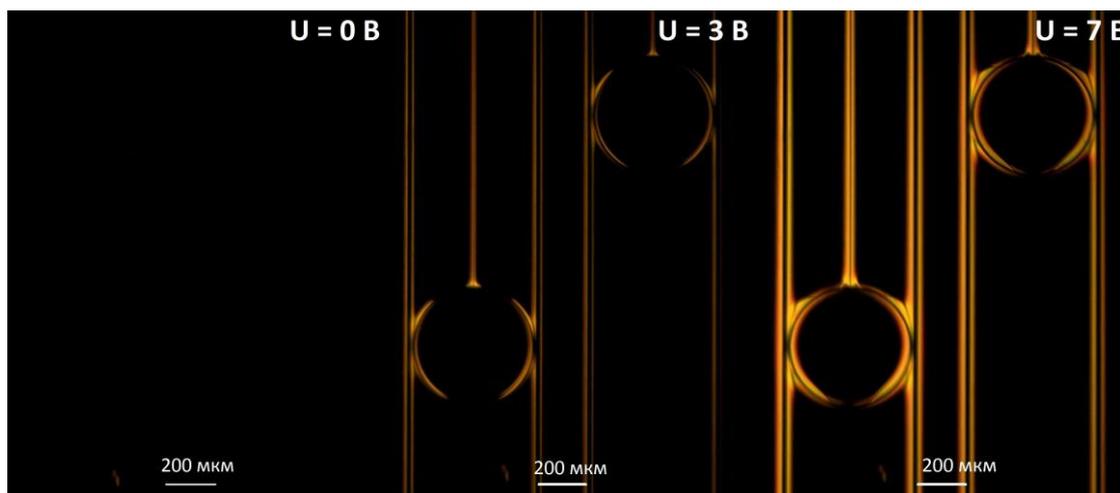


Рис. 2. Поляризационные микрофотография ЖК-ячейки с текстурированным электродом при различных значениях подаваемого напряжения

Как видно из поляризационных фотографий, представленных на рис. 2, в отсутствие управляющего напряжения ЖК слой планарно ориентирован по всей плоскости элемента. При подаче напряжения на элемент происходит переориентация директора ЖК в области электродов. В результате начальная планарная ориентация директора ЖК сменяется на многодоменную структуру, представляющую собой совокупность областей (доменов) с разными ориентациями директора: планарной (директор параллелен стеклянным подложкам) и наклонной, переходящую в гомеотропную (директор ортогонален стеклянным подложкам) при пяти - семикратном превышении напряжением порогового значения. При повышении амплитуды управляющего напряжения ширина волноводных каналов увеличивается, что хорошо видно по смещению рефрактивной границы. При этом уменьшается расстояние между волноводами, позволяя реализовать оптическую связь между ними.

В работе проведено экспериментальное исследование возможности контролируемого распространения света в разработанной ЖК системе. Вертикально поляризованное лазерное излучение (S-мода) вводилось в торец ЖК-элемента (параллельно стеклянным подложкам). Размер пятна перетяжки лазерного излучения при входе в ЖК слой был согласован с апертурой волноводных каналов. Картина распространения света в ЖК элементе регистрировалась по рассеянному свету с помощью ССД камеры. Управляющее напряжение независимо подавалось на обе системы текстурированных электродов.

На рис. 3 представлены фотографии картин распространения света в ЖК элементе при различных значениях и схемах подачи управляющего напряжения. Как видно, при отсутствии напряжения на ЖК элементе входящий в анизотропный слой

световой пучок распространяется в плоскости ячейки, испытывая дифракционное расплывание и рассеяние (рис 3, а). Подача напряжения на систему «стержни» позволяет включить режим прямолинейного волноводного распространения излучения (рис. 3, б). Одновременное включение напряжения на обеих системах волноводов («кольца» и «стержни») позволило реализовать пространственное разделение светового пучка между связанными волноводными каналами и ввести часть излучения в кольцевой резонатор (рис. 3, в).

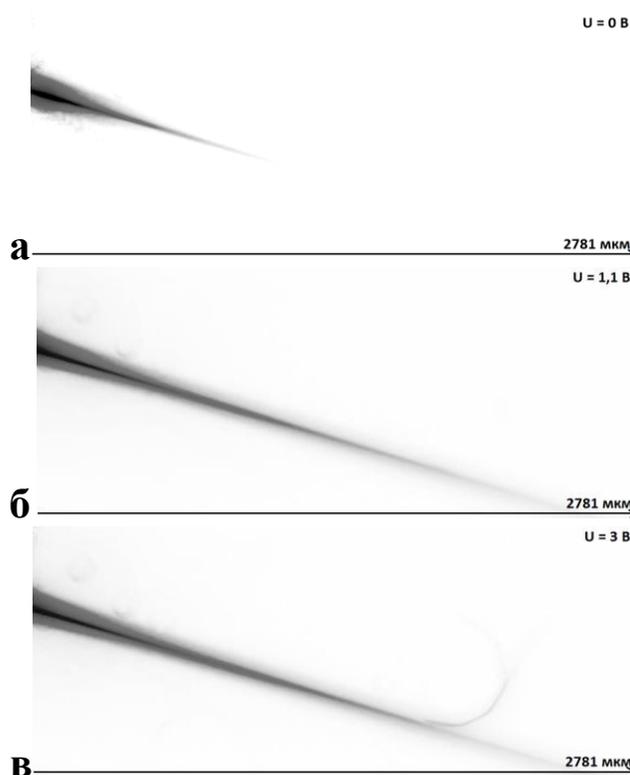


Рис. 3. Микрофотографии распространения светового пучка в ЖК-ячейке с текстурированным электродом при разных значениях и схемах подачи внешнего напряжения

Таким образом, разработанная ЖК-ячейка с двумя независимо управляемыми индуцируемыми волноводными каналами позволила экспериментально продемонстрировать возможность реализации контролируемой связи между волноводами и управления траекторией волноводного распространения света.

ЛИТЕРАТУРА

1. S.R. Davis et al. // Proc. SPIE. 2008. V. 6975. P. 697503.
2. A. Muravsky et al. // SID Sympos. Dig. Tech. Pap. 2010. V. 41. P. 1727.
3. Л.М. Блинов “Электро- и магнитооптика жидких кристаллов” М.: Наука, 1978.
4. Е.А. Melnicova et al. // Applied Optics. 2016. V. 55. No 23. P. 6491.