

Волноводные переключаемые каналы в электрически управляемых жидкокристаллических элементах

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

Электрооптические эффекты, проявляемые в процессе переориентации директора ЖК-молекул под действием внешних электрических полей (переход Фредерикса), приводящие к изменению величины оптической анизотропии НЖК-материала, и возможность реализации микроструктурированной (пространственное разрешение порядка 1 мкм) топологии ориентации директора ЖК на основе современных светочувствительных сред позволяют контролировать оптические параметры жидкого кристалла и реализовать управляемый волноводный режим распространения света [1, 2].

В данной работе предложена новая топология электрического управления волноводным ЖК элементом, обеспечивающая возможность независимого внешнего электрического контроля (включения/выключения) волноводных каналов в планарно ориентированном слое нематического ЖК.

Структурная схема электрически контролируемого НЖК элемента представлена на рисунке 1. Планарная жидкокристаллическая ячейка состоит из двух стеклянных подложек и слоя НЖК, толщина которого задавалась оптоволоконными спейсерами и составила $d = 15$ мкм. Верхняя подложка содержит прозрачный сплошной электропроводящий слой. На нижнюю подложку методом лазерной литографии были нанесены две системы текстурированных электродов с возможностью независимой подачи напряжения. Показатели преломления, использованного в работе НЖК, на длине волны $\lambda = 632,8$ нм составляют $n_e = 1,687$ $n_o = 1,531$ для необыкновенной и для обыкновенной световых волн, соответственно. Начальная планарная ориентация НЖК задавалась методом фотостимулированного натирания фотополимерных слоев [3] вдоль направления текстурированных систем электродов ячейки.

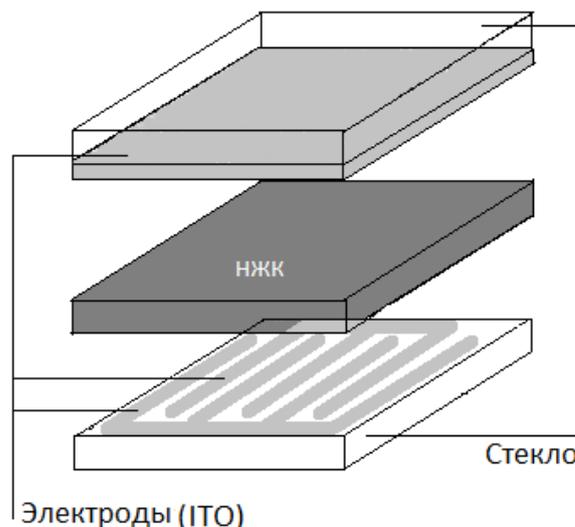


Рис. 1. Принципиальная схема ЖК ячейки с системами встречных текстурированных электродов.

При превышении порогового значения напряжения ($U_t \gg 1,1$ В) начальная планарная ориентация директора в области электродов меняется на гомеотропную

(переход Фредерикса) [4]. В результате показатель преломления для вертикальной поляризационной моды в этой области увеличивается и создаются условия полного внутреннего отражения (ПВО) [5], что обеспечивает условия возбуждения волноводного режима распространения электромагнитного излучения. На рисунке 2 представлены результаты исследований возможности управления волноводными каналами в ЖК структуре при различных режимах внешнего электрического управления. Как видно из поляризационных микрофотографий рисунка 2, при подаче на ячейку управляющего напряжения, превышающее пороговое значение, в плоскости ЖК формируются области микронных размеров (домены) с разными показателями преломления для необыкновенной световой волны (рисунок 2).

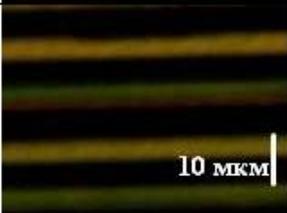
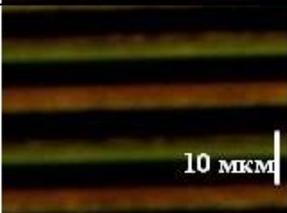
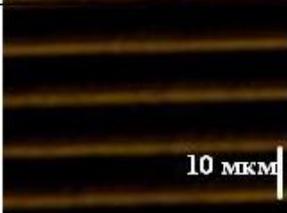
U, В	Переменное напряжение подаётся на одну «гребёнку» и сплошной электрод	Переменное напряжение подаётся на гребенчатые электроды
0		
2,5		
5,0		

Рис. 2. Поляризационные микрофотографии ЖК элемента при различных значениях управляющего электрического напряжения.

В работе проведено экспериментальное исследование условий возбуждения волноводного режима распространения света в разработанном ЖК элементе. Линейно поляризованное лазерное излучение ($\lambda = 632,8$ нм) вводилось в торец ЖК ячейки. Апертура волноводов была согласована с размером пятна перетяжки лазерного излучения.

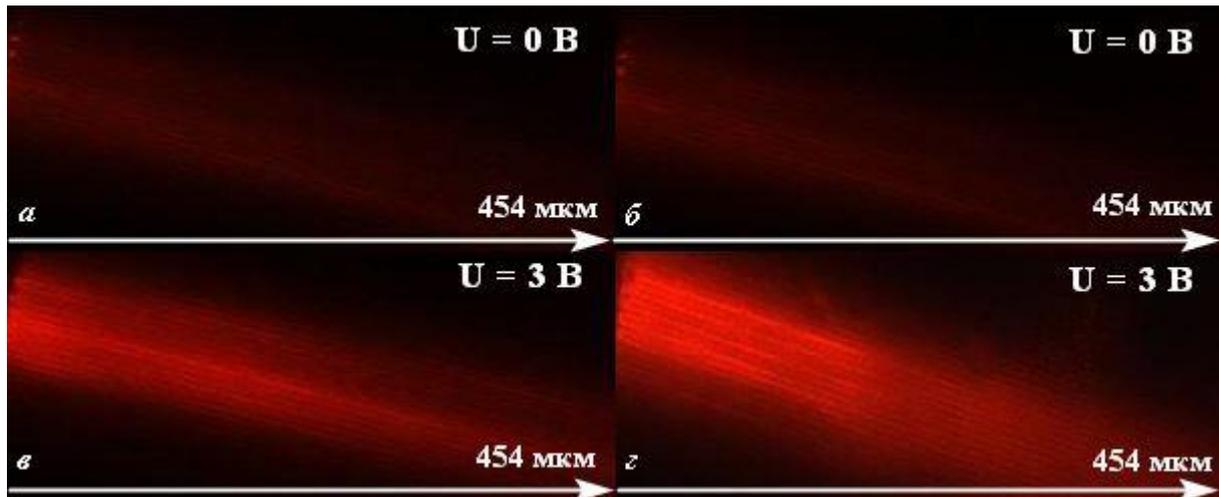


Рис. 3. Микрофотографии распространения лазерного излучения $\lambda = 632,8$ нм (вертикальная поляризация) в электрически управляемой волноводной ЖК ячейке с текстурированными системами электродов при разных значениях и схемах подачи напряжения: *a, в* – подача напряжения на одну «гребёнку» и сплошной электрод; *б, г* – подача напряжения на две «гребёнки».

В соответствии с рис. 2 и рис. 3, *a, б*, при условии отсутствия внешнего электрического поля входящий в планарно ориентированный НЖК слой световой пучок распространяется в плоскости ячейки, испытывая дифракционное расплывание. При подаче внешнего управляющего напряжения, превышающего пороговое значение ($U > U_0$), на одну из систем «гребни» и электрод верхней подложки увеличивается угол отклонения директора от планарной ориентации и формируются волноводные каналы. В результате включается режим волноводного распространения излучения (рис. 2 и рис. 3, *в*). При одновременной подаче напряжения на обе системы текстурированных электродов нижней подложки происходит возбуждение системы волноводных каналов с увеличенным периодом по отношению к первой топологии распространения (рис. 2 и рис. 3, *г*).

Таким образом, предложенный ЖК элемент с двумя независимо управляемыми системами индуцированных волноводов позволяет изменять топологию наведённых волноводных каналов и контролировать параметр связи между электрически индуцированными волноводными каналами, что может найти прикладное развитие в разработке волноводных переключаемых ЖК элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. К.А. Brzdańkiewicz et al. // *Opto-Electronics Rev.* 2005. V. 13, No 2. P. 107–112.
2. О.С. Кабанова // *Письма в Журнал технической физики.* 2014. Т.40, No 14. С.30–35.
3. А. Muravsky et al. // *SID Sympos. Dig. Tech. Pap.* 2010. V. 41. P. 1727.
4. Л.М. Блинов “*Электро- и магнитооптика жидких кристаллов*” М.: Наука, 1978.
5. И. Rushnova et al. // *Applied Optics.* 2020. V. 59. P. 10695-10699.