

ПОЛНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ОТРАЖЕНИЕ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ДВУХ МЕЗОФАЗ В НЕМАТИЧЕСКОМ ЖИДКОМ КРИСТАЛЛЕ

О.С. Кабанова, А.А. Комар, Е.А. Мельникова, И.И. Оленская
Белорусский Государственный университет
Irochek_olenskaya@tut.by

Перспективной средой для создания управляемых переключателей световых потоков являются жидкие кристаллы. Они обладают большой величиной оптической анизотропии и возможностью ее управления посредством малых внешних напряжений.

В данной работе были разработаны и изготовлены жидкокристаллические (ЖК) ячейки с управляемой границей раздела двух мезофаз. Реализация границы раздела показателей преломления производилась двумя способами: травлением электрода и натиранием ориентирующего покрытия.

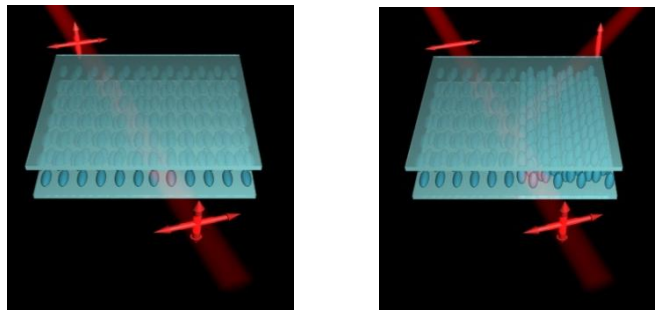


Рис. 1. Демонстрация эффекта отражения света от границы раздела показателя преломления в жидком кристалле (способ: травление электрода)

Первый метод основан на частичном стравливании электрода с поверхности подложки ЖК ячейки и формировании границы раздела с помощью внешнего электрического поля. Принцип формирования границы раздела представлен на рис. 1. При выключенном напряжении жидкий кристалл однородно ориентирован по всему объему ЖК ячейки (планарная ориентация) и границы раздела нет (Рис. 1а). При включении внешнего электрического поля, вследствие эффекта Фредерикса [1], происходит переориентация жидкого кристалла в половине ячейки с электродом (гомеотропная ориентация), когда во второй половине ячейки остается планарная ориентация директора ЖК. Таким образом, появляется граница раздела двух областей ЖК с различной топологией ориентации директора ЖК (Рис. 1б). Для вертикальной компоненты поляризации лазерного луча выполняется условие полного внутреннего отражения от границы, поскольку луч падает из области с большим показателем пре-

ломления (возбуждена необыкновенная волна) в область его меньшего значения (возбуждена обыкновенная волна). Вторая поляризационная мода (поляризация в плоскости ЖК ячейки) проходит границу, не изменяя направления, поскольку является обыкновенной волной в обеих областях ЖК ячейки.

Второй метод основан на механическом натирании ориентирующего покрытия. Градиент показателей преломления создается за счет изменения направления ориентации директора в планарном ЖК-слое (Рис. 2а). В этом случае, при включении внешнего поля граница раздела мезофаз исчезает, поскольку неоднородная планарная ориентация изменяется на гомеотропную во всем объеме ЖК (Рис. 2б). В отсутствие напряжения для горизонтальной компоненты поляризации лазерного луча выполняется условие полного внутреннего отражения: луч падает из области с большим показателем преломления (возбуждена необыкновенная волна) в область его меньшего значения (возбуждена обыкновенная волна). Вторая поляризационная мода (вертикальная поляризация) является обыкновенной волной в обеих областях ЖК ячейки и не меняет направления распространения.

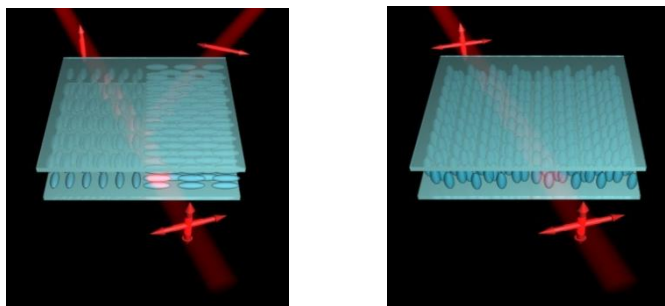


Рис. 2. Демонстрация эффекта отражения света от границы раздела показателя преломления в жидком кристалле (способ: натирание ориентирующего покрытия)

Основываясь на представленном эффекте, возможно переключение направления распространения вертикальной (горизонтальной) составляющей поляризации света с помощью электрического напряжения, а при распространении обеих компонент поляризации их пространственное разделение.

На основе разработанных методов экспериментально исследован эффект отражения на границе раздела двух мезофаз. Линейно поляризованное лазерное излучение, попадая на границу раздела области, в которой вектор поляризации света параллелен директору жидкого кристалла ($n_e=1,67$), с областью, где жидкий кристалл ориентирован перпендикулярно директору ($n_o=1,49$), испытывает отражение для такой геометрии эксперимента.

На рис. 3 представлена схема экспериментальной установки. Линейно поляризованное излучение *He-Ne* –лазера (1) вводилось в ЖК капилляр со стороны границы раздела ЖК – воздух вдоль поверхности жидкокристаллического элемента. Использовался набор фильтров (2) для управления мощностью лазерного излучения. С помощью пластинки $\lambda/2$ (3) изменялась поляризация света на вводе в ячейку. В качестве системы ввода излучения в ячейку использовалась собирающая линза (4). К ЖК ячейке подключался генератор напряжения (7) с усилительным блоком (8). К электродам ЖК ячейки подавалось переменное напряжение. Распространение света внутри ЖК слоя регистрировалось с помощью ПЗС камеры (6) расположенной сверху ячейки. Обработка экспериментальных результатов производилась при помощи персонального компьютера.

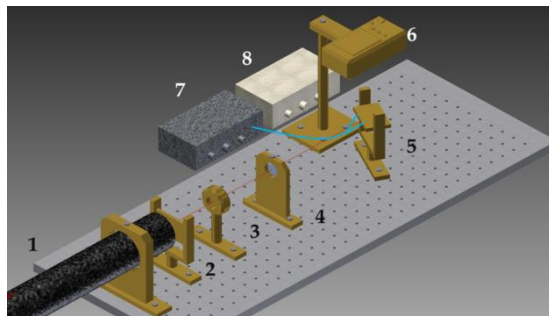


Рис. 3. Схема экспериментальной установки: 1 - *He-Ne* лазер; 2 – фильтры; 3 – пластинка $\lambda/2$; 4 – собирающая линза; 5 – ЖК-ячейка; 6 – ПЗС-матрица; 7 – генератор сигналов; 8 – усилительный блок.

Экспериментальные фотографии, представленные на рис. 4, демонстрируют процесс распространения (отражения и преломления) света в зависимости от поляризации излучения на вводе в ЖК ячейку.

На рис. 4а представлены результаты экспериментального исследования особенностей распространения линейно поляризованного света в ЖК ячейке с границей раздела двух мезофаз, реализованной методом травления электрода. Как видно из рис. 4а, для вертикальной поляризации лазерного излучения (0° – возбуждена необыкновенная волна, излучение распространяется из области с большим показателем преломления в область с меньшим показателем преломления), как и ожидалось, мы наблюдаем отраженную компоненту излучения, при горизонтальной (90° – возбуждена обыкновенная волна, излучение распространяется в ЖК слое с однородным показателем преломления) – свет проходит прямо, не претерпевая отражения. При промежуточных значениях поляризации лазерного излучения (45° – возбуждены две ортогональные поляризационные моды), мы видим обе компоненты излучения.

Для ячейки с границей раздела двух топологий ориентации, реализованной на основе метода натирания, процесс распространения излучения (отражения и преломления) в зависимости от поляризации света на вводе в ЖК ячейку имеет качественно иной характер. Здесь, при горизонтальной

поляризации лазерного излучения (90°), мы наблюдаем отраженную компоненту излучения, а при вертикальной (0°) – прошедшую. При промежуточных значениях поляризации лазерного излучения (45°), как и в предыдущем случае, наблюдаются обе компоненты излучения.

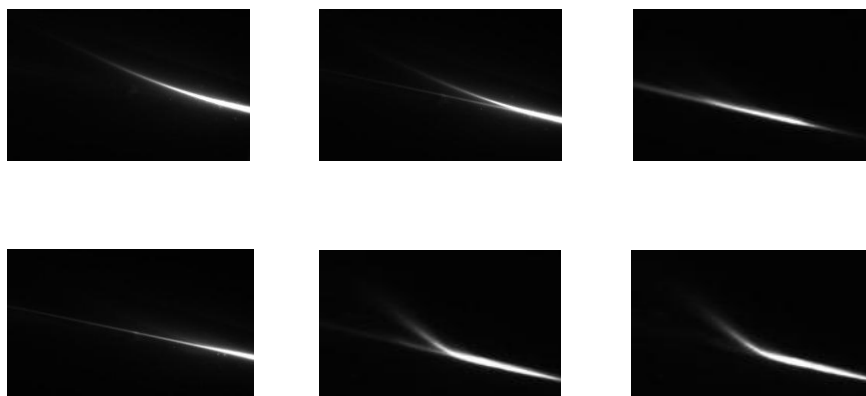


Рис. 4. Распространение лазерного излучения на границе раздела двух мезофаз. а - ЖК-ячейка на основе травления электрода; б - ЖК-ячейка на основе метода натирания

Таким образом, разработанные и созданные в работе ЖК элементы с электрически контролируемой границей раздела двух мезофаз с различной топологией ориентации директора могут выступать в качестве базовых элементов для управления светом в оптических устройствах и разделения ТМ и ТЕ мод.

ЛИТЕРАТУРА

1. . Блинов Л.М Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. М.: Наука, 1978.