

Наблюдение двух областей селективного отражения света от тонкой пленки холестерического жидкого кристалла

Р.Б.Алавердян, Т.К.Дадалян, Ю.С.Чилингарян

Впервые экспериментально обнаружены две области селективного отражения света (в коротковолновой и длинноволновой частях видимого спектра) от тонкой пленки холестерического жидкого кристалла (ХЖК), состоящей из смеси двух ХЖК с противоположной хиральностью и нематического жидкого кристалла. Спектральное положение областей отражения, как и расстояние между ними, изменяется в зависимости от состава ХЖК и температуры. Длинноволновая область отражения соответствует области брэгговского отражения от ХЖК-спирали, а коротковолновая область возникает, по-видимому, из-за дефектов в структуре ХЖК-пленки.

Ключевые слова: холестерические жидкие кристаллы, селективное отражение, области отражения.

Благодаря своим замечательным свойствам холестерические жидкие кристаллы (ХЖК) получили широкое применение для изготовления жидкокристаллических индикаторов и компактных оптических элементов [1]. ХЖК иногда называют одномерными фотонными кристаллами, поскольку они имеют периодическую структуру и отражают свет с определенной круговой поляризацией в некотором интервале длин волн [2]. Эта стоп-полоса называется областью селективного отражения, или фотонной запрещенной зоной (ФЗЗ). Представляет интерес возможность получения нескольких областей селективного отражения света от единственной пленки ХЖК [3–7].

В настоящей работе впервые получены и изучены пленки ХЖК, состоящие из смеси двух ХЖК с противоположной хиральностью и нематического жидкого кристалла (НЖК), в которых возникают две области селективного отражения, причем экспериментально показана возможность управления спектральным положением обеих областей отражения. Наблюдавшаяся в эксперименте длинноволновая область селективного отражения соответствовала хорошо известному брэгговскому отражению света от ХЖК-спирали. Коротковолновая область селективного отражения наблюдалась нами впервые, и она обусловлена, по-видимому, появлением дефектов в сравнительно толстых слоях ХЖК.

В ходе экспериментов изучалась температурная зависимость спектра отражения неполяризованного света от тонкого слоя ХЖК. В данном случае слой ХЖК состоял из НЖК Е7 и двух хиральных добавок с противоположной хиральностью – холестерила пеларгоната (ХП) и холестерила олеата (ХО). В эксперименте регистрировались спектры отражения неполяризованного света при разных толщинах и составе слоя ХЖК. Примерное соотношение

ХП:ХО:Е7 в трех образцах было следующее: 50%:30%:20% (образец I), 60%:30%:10% (II) и 20%:40%:40% (III).

ХЖК-пленка находилась в плоской ячейке между стеклянными подложками, зазор между которыми задавался с помощью прокладок определенной толщины. Планарная ориентация ХЖК-молекул достигалась натиранием одной из подложек. Поверхность второй подложки специально не обрабатывалась, поэтому направление директора ХЖК на этой подложке было свободным. Для формирования ХЖК-структуры ячейка заполнялась капиллярным методом нагретым до изотропной фазы ХЖК и оставалась в таком состоянии в течение двух дней.

Экспериментальная установка для регистрации спектра отражения неполяризованного света показана на рис.1. Регистрация осуществлялась с помощью волоконного спектрометра Stellar Net Black Comet (разрешение ~1 нм) и специального (центрированного) волоконного кабеля. Внесевые волокна кабеля доставляли свет от вольфрамокриптоновой лампы к образцу, а через центральное волокно (диаметр ~600 мкм) часть света, отраженного от ХЖК-слоя, подавалась на вход спектрометра. Ячейка с ХЖК помещалась в термостат, температура которого измерялась термопарой с точностью до 0.1 °С и могла поддерживаться постоянной с точностью до 0.3 °С.

На рис.2 представлены спектры отражения трех образцов (I–III) ХЖК-пленки толщиной 10 мкм при одинаковых температуре и граничных условиях. В спектрах отражения образцов I и II наблюдались две области с повышенным отражением света: одна в длинноволновой части спектра и вторая (с меньшим отражением), сдвинутая относительно первой в коротковолновую сторону. Расстояние между центрами обеих областей отражения для

Р.Б.Алавердян, Т.К.Дадалян, Ю.С.Чилингарян. Ереванский государственный университет, физический факультет, Армения, 0025 Ереван, ул. Алека Манукяна, 1; e-mail: Tigran.dadalyan@ysu.am, physdiv@sci.am, alaverdyan@ysu.am

Поступило в редакцию 11 февраля 2013 г., после доработки – 9 марта 2013 г.

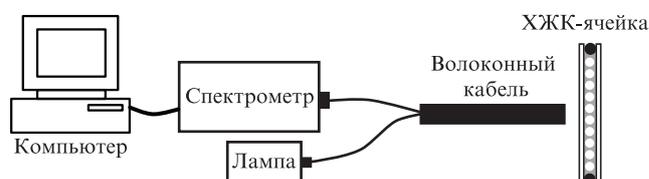


Рис.1. Схема экспериментальной установки.

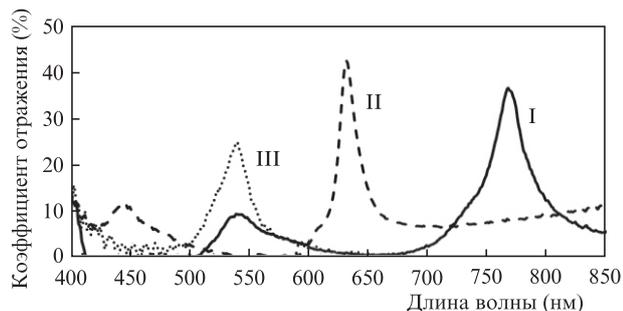


Рис.2. Спектры отражения неполяризованного света трех образцов с различными составами ХЖК (I, II и III). Толщина слоя ХЖК 10 мкм, температура 24 °С.

образца I составляло 225 нм, а для образца II – 180 нм. Ячейка со смесью III имела только одну область отражения.

На рис.3 показано температурное поведение центральных длин волн обеих областей отражения ХЖК-ячейки со смесью II. При повышении температуры обе области отражения смещались в коротковолновую часть спектра, а расстояние между ними сокращалось. Так, при 21 °С расстояние между центральными длинами волн было 200 нм, а при 45 °С – только 170 нм, при этом коротковолновая область отражения смещалась с ростом температуры более медленно, чем длинноволновая.

Таким образом, экспериментально изучены спектры отражения трехкомпонентных смесей ХЖК-пленок с разными составами и толщиной. Установлено, что в пленке ХЖК возникают две области отражения света, расстояние между которыми зависит как от состава пленки, так и от температуры. С увеличением температуры обе области сдвигаются в сторону меньших длин волн, причем отражение в более коротковолновой области изменяется сла-

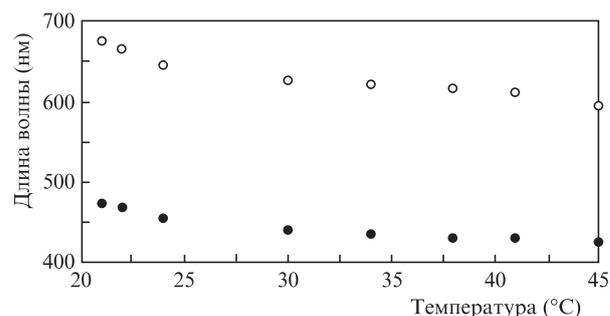


Рис.3. Температурная зависимость спектрального положения центральных длин волн коротковолновой (●) и длинноволновой (○) областей отражения света. Толщина слоя ХЖК 10 мкм.

бее. При нагревании на 25 °С расстояние между областями сокращается на 30 нм. Измерения шага спирали ХЖК показали, что длинноволновая область отражения соответствует области брэгговского отражения, а коротковолновая область, по-видимому, возникает из-за дефектов в структуре ХЖК-пленки.

Исследования профинансированы Государственным комитетом по науке Министерства образования Республики Армения (грант №11-1с194).

1. Woltman S.J., Crawford GP., Jay G.D. *Liquid Crystals: Frontiers in Biomedical Applications* (Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2007).
2. Khoo I.C. *Liquid Crystals* (New Jersey: John Wiley & Sons, 2007).
3. Na Young Ha, Ohtsuka, Soon Moon Jeong, et. al. *Nat. Mater.*, **7**, 43 (2008).
4. Г.М.Жаркова, В.П.Мамаев, Е.П.Фокин. *Изв. СО АН СССР. Сер. Химические науки*, **8**, 3 (1984).
5. Gevorgyan A.H. *Phys. Rev. E*, **85**, 021704 (2012).
6. Boiko N.I., Kitaev V.V., Shibaev V.P. *Liq. Cryst.*, **22** (6), 705 (1997).
7. Bobrovsky A., Shibaev V. *J. Mater. Chem.*, **12** (5) 1284 (2002).