

НАБЛЮДЕНИЕ ВЫСШИХ ПОРЯДКОВ БРЭГГОВСКОГО ОТРАЖЕНИЯ СВЕТА ОТ ХОЛЕСТЕРИЧЕСКОГО ЖИДКОГО КРИСТАЛЛА, ИНДУЦИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

С.В.Беллев, Л.М.Блинов, В.А.Кизель

Зарегистрированы второй, третий и четвертый порядки брэгговского отражения света от планарной текстуры ХЖК, индуцированные внешним полем, деформирующим и раскручивающим холестерическую спираль.

При падении луча света на планарную (гранжанову) текстуру холестерического жидкого кристалла (ХЖК) в принципе должно наблюдаться селективное (брэгговское) отражение в области длин волн $\lambda_k = P \cdot \bar{n}/k$, где k – целое число (порядок отражения), P и \bar{n} – шаг холестерической спирали и средний показатель преломления ХЖК. В отсутствие поля при распространении света вдоль оси холестерической спирали (нормальное падение) все порядки за исключением первого ($\lambda_1 = P\bar{n}$) запрещены в силу специфических правил отбора по поляризациям [1]. Наложение электрического поля на планарную текстуру ХЖК с положительной диэлектрической анизотропией ($\Delta\epsilon > 0$) перпендикулярно оси спирали вызывает асимметричную деформацию синусоидального распределения директора и неполную раскрутку спирали (увеличение ее шага) [2]. В результате спектр отражения света должен сдвигаться в сторону больших длин волн (красный спектральный сдвиг), и, кроме того, должны появляться высшие порядки брэгговского отражения [3 – 6].

Авторами уже сообщалось [7] о первом экспериментальном наблюдении второго порядка отражения, индуцированного полем. Более высокие порядки ранее не были обнаружены. Представляло интерес вы-

яснить имеют ли эти порядки малую интенсивность или они запрещены, т. е. их отсутствие связано, например, с какими-либо неуточненными в теории соображениями симметрии.

В настоящей работе сообщается о регистрации третьего и четвертого порядков отражения, индуцированных полем, которая была достигнута выбором более подходящего спектрального диапазона, увеличением внешнего поля и увеличением чувствительности используемой аппаратуры благодаря улучшению метода выделения сигнала на фоне шумов.

В экспериментах в качестве ХЖК была использована немато-холестерическая смесь с шагом спирали 1,5 мкм, состоящая из нематической смеси азоксисоединений (с добавкой цианфенилового эфира для получения положительной диэлектрической анизотропии $\Delta\epsilon = +8$) и холестерилолеилкарбоната. Планарная текстура формировалась при заполнении смеси измерительной ячейки, которая состояла из двух стеклянных пластин, на внутренние поверхности которых было нанесено ориентирующее диэлектрическое покрытие, способствующее параллельной ориентации молекул ХЖК на стеклах. Толщина слоя ХЖК задавалась тефлоновыми прокладками, помещенными между стеклами, и составляла 24 мкм. Электрическое поле параллельное поверхности стекол (соответственно перпендикулярное оси спирали) создавалось двумя напыленными на одно из стекол алюминиевыми электродами, расположенными параллельно друг другу на расстоянии 300 мкм.

Поле частотой $f = 1,5$ кГц производило деформацию и неполную раскрутку холестерической спирали, приводя к модуляции пропускания света на частоте $2f$. Модуляционный сигнал (изменение пропускания в поле) измерялся после узкополосного усиления синхронным детектором. Схема измерений описана нами ранее [7].

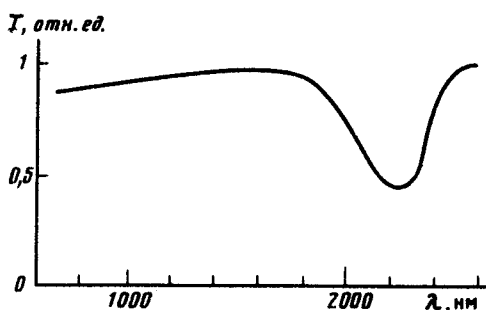


Рис. 1. Спектр пропускания планарной текстуры ХЖК с шагом $P = 1,5$ мкм

На рис. 1 показан спектр пропускания планарной текстуры ХЖК при нормальном падении в отсутствие электрического поля, в котором полоса брэгговского отражения света первого порядка ($\lambda_1 \approx 2260$ нм) проявляется в виде характерного провала. Высшие порядки отражения, естественно отсутствуют. На рис. 2 представлены дифференциальные спектры относительного изменения светопропускания в поле для того

же образца ХЖК. Здесь видно, как с увеличением напряжения U на фоне "текстурного шума" (см. ниже) последовательно появляются вначале второй ($U = 200$ В, $\lambda_2 \approx 1130$ нм), затем третий ($U = 600$ В, $\lambda_2 \approx 1200$ нм, $\lambda_3 \approx 800$ нм) и, наконец, четвертый ($U = 1000$ В, $\lambda_2 \approx 1550$ нм, $\lambda_3 \approx 1030$ нм, $\lambda_4 \approx 775$ нм) порядки брэгговского отражения. Длины волн, соответствующие каждому порядку, с ростом напряжения возрастают за счет увеличения шага P холестерической спирали (в наших опытах шаг спирали изменялся от 1,5 мкм (при $U = 0$) до 2,1 мкм (при $U = 1000$ В)). Схематично изменение спектра пропускания образца в поле показано на рис. 3.

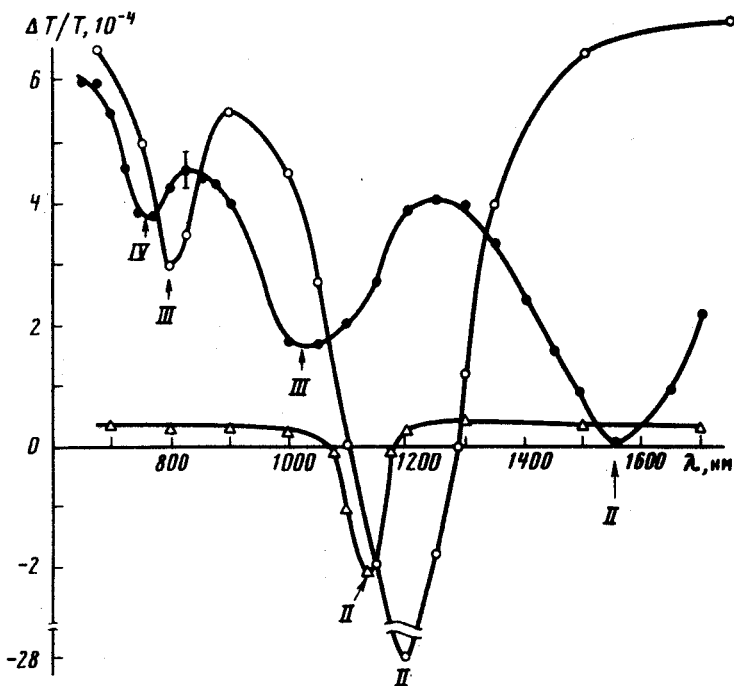


Рис. 2. Дифференциальные спектры относительного изменения пропускания $\Delta T/T$ образца при различных напряжениях U ; Δ – $U = 200$ В, \circ – 600 В, \bullet – 1000 В. Римскими цифрами обозначены высшие порядки селективного отражения (первый порядок находится в ИК области)

Как уже отмечалось, обнаруженные порядки отражения появляются на фоне "текстурного шума". Этот шум не связан со спектральными свойствами образца, а обусловлен уменьшением рассеяния света образцов в поле.

Уточним, что наблюдаемые полуширины и интенсивность брэгговских порядков, к сожалению, существенно отличаются от истинных, поскольку световым пучком зондируются одновременно участки образца, в которых шаг холестерической спирали имеет разное значение. Последнее обстоятельство обусловлено разной напряженностью поля в

этих участках, что вызвано неоднородностью поля в зазоре между электродами.

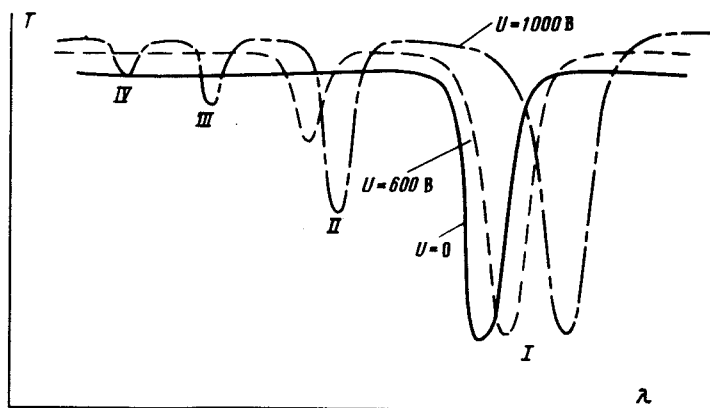


Рис. 3. Качественное изменение спектра пропускания планарной текстуры ХЖК в поле

Таким образом, впервые наблюдались высшие порядки (до четвертого включительно) брэгговского отражения света от ХЖК, индуцированные внешним полем, что согласуется с предсказаниями теории [3 - 6].

Авторы благодарят Р.Мейера (R.V.Meyer), В.А.Белякова, В.Е. Дмитриенко за полезные обсуждения вопросов, касающихся формирования высших порядков селективного отражения.

Научно-исследовательский институт органических полупроводников и красителей

Поступила в редакцию
1 февраля 1979 г.

Литература

- [1] П. де Жен. Физика жидких кристаллов. М., изд. Мир, 1977.
- [2] P.G.Gennes. Solid State Comm., 6, 163, 1968; R.V.Meyer. Appl. Phys. Lett., 12, 281, 1968.
- [3] S.C.Chou, L.Cheung, R.V.Meyer. Solid State Comm., 11, 997, 1972.
- [4] R.Dreher. Solid State Comm., 12, 519, 1973.
- [5] В.А.Беляков, В.Е.Дмитриенко. Физика твердого тела, 17, 491, 1975.
- [6] S.Shtrikman, M.Tur. J. Opt. Soc. Amer., 64, 1178, 1974.
- [7] L.M.Blinov, S.V.Belyaev, V.A.Kizel. Phys. Lett., 65A, 33, 1978.