

## ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ ОТКЛИК ТОНКОГО СЛОЯ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЖИДКОГО КРИСТАЛЛА С МАЛЫМ ШАГОМ ГЕЛИКОИДА И ВЫСОКОЙ ВЕЛИЧИНОЙ СПОНТАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

Л.А. Береснев, Л.М. Блинов, Д.И. Дергачев,  
М.В. Лосева, Н.И. Чернова

В данной работе мы показываем, что сегнетоэлектрический жидкий кристалл, одновременно обладающий сильно закрученной структурой и высокой величиной спонтанной поляризации, позволяет получать высокое быстродействие (сотни микросекунд) электрооптического отклика при десятых долях вольта, при этом получение максимальной глубины модуляции или контраста может быть достигнуто простым увеличением управляющего напряжения (до 1–2 вольт).

Использованный в эксперименте сегнетоэлектрический жидкий кристалл на основе смеси нехиральных смектических С жидких кристаллов и хиральных добавок имел диапазон сегнетоэлектрической смектической  $S^*$  фазы от +8 до +56 °С, величину спонтанной поляризации  $P_C$  при 25 °С 70 нКл·см<sup>-2</sup> и шаг геликоида  $\rho_0 = 0.3$ –0.4 мкм. Исходная планарная ориентация обеспечивалась нанесением тонкой пленки смеси поливинилбутираля и феноло-формальдегидной смолы из раствора этанола и последующим натиранием хлопковой тканью. При толщине зазора ячейки вплоть до 3 мкм закрученная геликоидальная структура сохраняется, поскольку выполняется соотношение  $\rho_0 \ll d$ , где  $d$  – толщина ячейки. В оптическом отношении приготовленный ЖК-слой характеризуется наличием оптической оси, совпадающей с осью геликоида, перпендикулярной поверхностям смектических слоев и параллельной направлению натирания  $OZ$  электродов ячейки.

Приложение слабого электрического поля перпендикулярно поверхностям ячейки (ось  $OY$ ), как известно [1, 2], вызывает изменение распределения азимутального угла  $\varphi$ , характеризующего вращение плоскости наклона молекул при движении вдоль нормали  $OZ$  к смектическим слоям. В результате оптическая ось уже деформированной геликоидальной структуры отклоняется от исходного направления  $OZ$  на некоторый угол  $\langle \theta \rangle$  в плоскости  $XZ$ , знак и величина которого зависят от знака и величины приложенного поля (линейный электрооптический эффект).

В нашем эксперименте угол  $\langle \theta \rangle$  как в постоянном, так и в импульсном знакопеременном электрическом поле, а также быстродействие электрооптического отклика определялись в электрооптической установке, описанной в [3, 4]. На рис. 1 (вставка) приведена зависимость угла отклонения оптической оси  $\langle \theta \rangle$  от постоянного электрического поля. При малых напряжениях  $U_{\pm}$  угол  $\langle \theta \rangle$  почти линеен по полю. В ячейке толщиной 3,2 мкм для  $U_{\pm} = 0.4$  В  $\langle \theta \rangle$  достигает 6°. С увеличением  $U_{\pm}$   $\langle \theta \rangle$  также растет, но одновременно

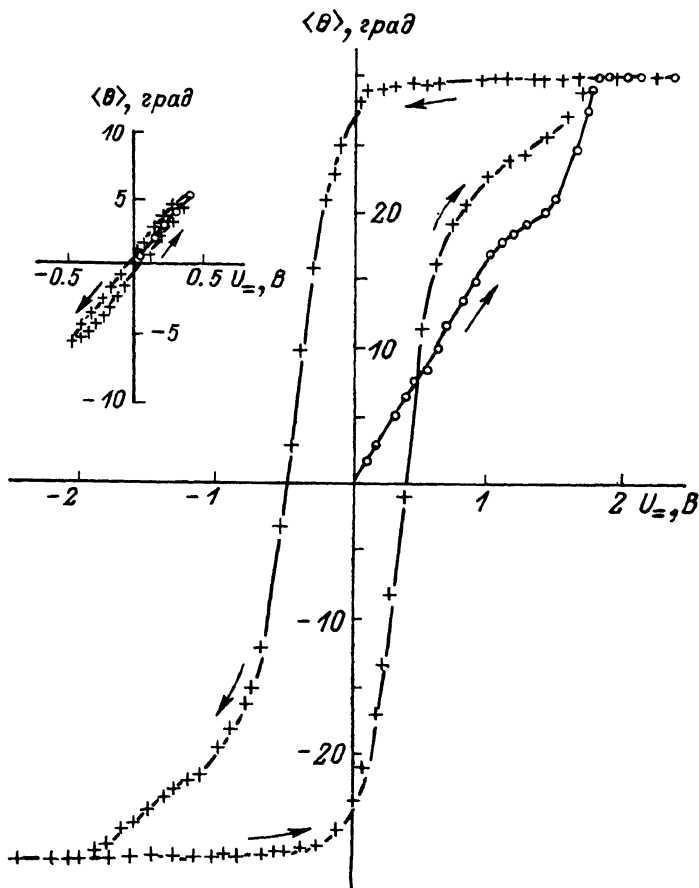
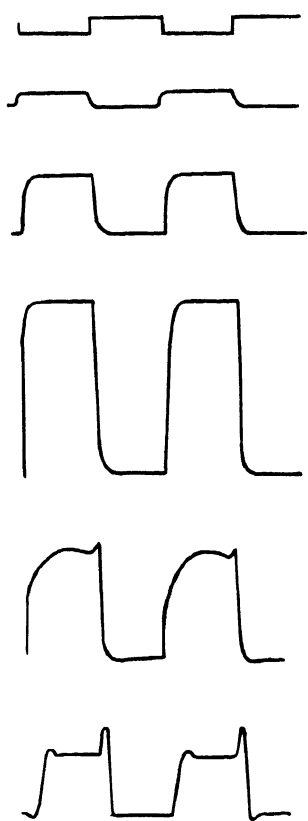


Рис. 1. Зависимость угла отклонения оптической оси  $\langle \theta \rangle$  геликоидального смектического  $C^*$  жидкого кристалла от постоянного электрического поля. Толщина ЖК-слоя 3.2 мкм, шаг геликоида 0.3–0.4 мкм, угол наклона молекул  $29^\circ$ . Температура  $25^\circ C$ .

растет „коэрцитивная“ величина  $\langle \theta \rangle_k$ , сохраняющаяся после снятия напряжения. При напряжении  $U_{\pm} = 1.4$  В в процесс деформации геликоидальной структуры электрическим полем начинает вовлекаться движение дисклинаций, „стыкующих“ геликоидальную структуру ЖК с плоской поверхностью электродов ячейки (линий „дехирализации“ [5]). При напряжении  $U_{\pm} = 2$  В ЖК-слой переходит в одно из двух однородных состояний, при котором все длинные оси молекул направлены параллельно плоскости стекол ячейки и образуют с осью  $OZ$  угол  $\theta = +29^\circ$  или  $-29^\circ$  (угол наклона длинных осей молекул в смектическом С слое) в зависимости от знака поля. При снятии внешнего напряжения ЖК-слой переходит в одно из нескольких возможных твист-состояний, характерных для закрученных структур,



**а** Рис. 2. Осциллограммы электрооптического отклика геликоидального смектического  $C^*$  жидкого кристалла на знакопеременное импульсное напряжение (меандр) в зависимости от амплитуды импульсов: **а** – форма возбуждающего напряжения, частота меандра 200 Гц (период следования импульсов 5 мс); **б** – электрооптический отклик при амплитуде импульсов  $\pm 0.1$  В; **в** –  $\pm 0.4$  В; **г** –  $\pm 1.4$  В; **д** –  $\pm 2.7$  В; **е** –  $\pm 5.2$  В.

заклученных в тонком зазоре [6]. При этом, как видно из рис. 1, гистерезис зависимости угла  $\langle \theta \rangle (U_-)$  характеризуется сохранением при нулевом напряжении значения  $\langle \theta \rangle$  почти той же величины, что и  $\theta$ .

При подаче на ЖК-слой знакопеременного импульсного напряжения  $U_{\Omega}$  (меандр) мы обнаружили, что 1) гистерезис зависимости  $\langle \theta \rangle (U_{\Omega})$  практически отсутствует и замечен лишь при частотах менее 200 Гц при напряжении 1.5–2.5 В; 2) время выхода осциллограммы отклика на уровень 0.9 от максимального составляет 200–300 мкм и не зависит от амплитуды импульсов вплоть до 1.5 В, рис. 2; 3) такие электрооптические характеристики, как глубина модуляции, контраст и пропускание целиком определяются углом  $\langle \theta \rangle$  и взаимным расположением ЖК-ячейки, поляризатора и анализатора, а также анизотропией коэффициента преломления ЖК-слоя для широкого пучка монохроматического света  $\langle \Delta n \rangle$ , которая для длины волны 0.633 мкм составила 0.10. Например, для частоты меандра 200 Гц и напряжении  $\pm 1.5$  В угол  $\langle \theta \rangle = 20^\circ$ , так что в согласии с теорией одноосной пластинки при 100% пропускании глубина модуляции составила 95%. В то же время дальнейшее повышение напряжения меандра приводит к ухудшению электрооптических характеристик ЖК-слоя. Например, при  $\pm 2.7$  В, когда в процесс деформации геликоида вовлекается динамика движения дисклинаций, резко растет время переключения в согласии с [2], а при  $U_{\Omega} > 5$  В уменьшается глубина модуляции из-за значительного превышения угла  $\theta = 29^\circ$  над оптимальным ( $22.5^\circ$ ); 4) требуемые напряжения для достижения равных электрооптических откликов пропорциональны толщине, т. е. эффект носит полевой характер.

- [1] Meyer R.B., Liebert L., Strzelc-  
ski L., Keller P. - J. Phys., 1975, v. 36,  
p. 1069.
- [2] Ostrovski B.I., Rabinovich A.Z.,  
Chigrinov V.G. Adv. in Liquid Cryst. Re-  
search and Application, ed. by L. Bata. Pergamon  
Press, Oxford-Akad. Kiadó, Budapest-1980. 469 с.
- [3] Береснев Л.А., Байкалов В.А., Блинов Л.М. -  
ЖТФ, 1982, т. 52, с. 1110.
- [4] Baikalov V.A., Beresnev L.A.,  
Blinov L.M. - Mol. Cryst. Liq. Cryst., 1985,  
v. 127, p. 397.
- [5] Glogarova M., Fousek J., Lej-  
ček L. - J. Pavel. Ferroelectrics, 1984, v. 58, p. 161.
- [6] Clark N.A., Lagerwall S.T. - Ferroelectrics,  
1984, v. 59, p. 25.

Поступило в Редакцию  
28 июля 1987 г.  
В окончательной редакции  
9 ноября 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 3

12 февраля 1988 г.

ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ СТРУКТУРА  
СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЖИДКИЙ  
КРИСТАЛЛ - ФОТОПРОВОДНИК

Л.А. Береснев, Л.М. Блинов, Д.И. Дергачев,  
А.И. Жиндулис, И.С. Клименко, С.И. Паеда,  
А.А. Сергеев

В данной работе исследована возможность использования в ка-  
честве светомодулирующего слоя в структуре жидкий кристалл-фото-  
проводник [1] тонкого слоя сегнетоэлектрического жидкого кристал-  
ла [2] с высокой величиной спонтанной поляризации и малым шагом  
геликоидальной структуры. Сегнетоэлектрические жидкие кристаллы  
(СЖК) обладают более широким спектром электрооптических эффек-  
тов, чем традиционные нематические, поскольку для СЖК оптиче-  
ские состояния, соответствующие разным поляриностям электрическо-  
го поля, различаются, что обуславливает увеличение информационной  
емкости устройств на их основе и упрощает схемы управления. Кро-  
ме того, времена переключения в СЖК могут составлять микросек-  
кунды и доли микросекунд при управляющих напряжениях единицы и  
десятки вольт [3, 4].