

05;07;12

ТЕРМООПТИЧЕСКАЯ ЗАПИСЬ ИНФОРМАЦИИ В КАПСУЛИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРОМ ХОЛЕСТЕРИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ

© В.Я.Зырянов, В.А.Жуйков, С.Л.Сморгон, В.Ф.Шабанов

Институт физики им. Л.В.Киренского СО РАН,
660036 Красноярск, Россия
(Поступило в Редакцию 8 июня 1995 г.
В окончательной редакции 19 октября 1995 г.)

Исследованы особенности термооптических эффектов, индуцированных лазерным излучением в пленках капсулированных полимером холестерических жидких кристаллов с большим гистерезисом вольтконтрастной характеристики. Показана возможность записи информации как в нормальной, так и в реверсивной рассеивающей моде, при этом можно реализовать градации серости, варьируя параметры лазерного излучения.

Введение

В последнее время появился ряд публикаций, посвященных разработке и исследованию электрооптически бистабильных пленок капсулированных полимером холестерических жидких кристаллов (КПХЖК) [1-7]. Отличительной особенностью данных структур является наличие гистерезиса вольт-контрастной характеристики, величина которого $U_{0.1\uparrow}/U_{0.1\downarrow}$ может достигать 2 и более (рис. 1) [4-7]. Здесь $U_{0.1\uparrow}$ и $U_{0.1\downarrow}$ — значения порогового поля для прямой и обратной ветви гистерезиса соответственно.

КПХЖК пленки с большим гистерезисом вольт-контрастной характеристики перспективны для использования в устройствах записи и отображения информации, например в дисплеях с матричной схемой адресации [1,2], в фотоадресуемых [3] или термоадресуемых [4-7] дисплеях. В фотоадресуемых дисплеях переключение бистабильного состояния из рассеивающего в прозрачное (нормальная рассеивающая мода) обеспечивается за счет локального увеличения напряжения электрического поля при облучении светом слоя фотопроводника, нанесенного на одну из подложек оптической ячейки [3]. На образец необходимо подать напряжение близкое к $U_{0.1\uparrow}$, а фотоиндуцированное увеличение напряжения должно превышать разницу $(U_{0.9\uparrow} - U_{0.1\uparrow})$.

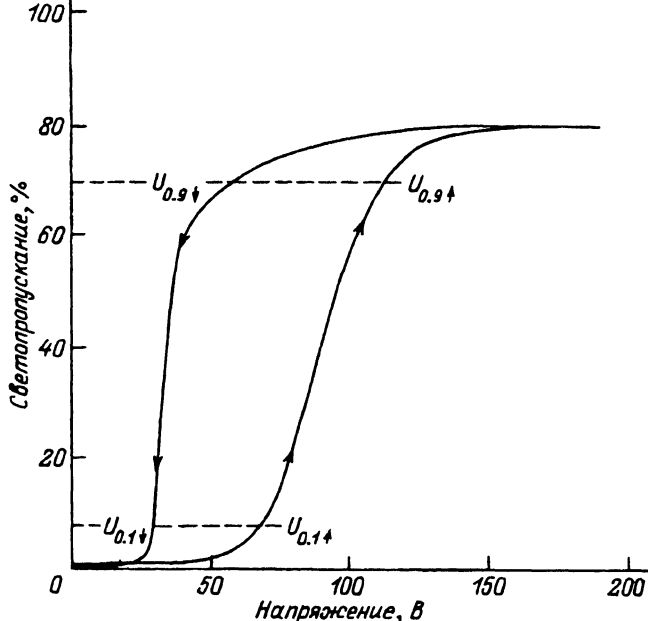


Рис. 1. Гистерезисная зависимость вольт-контрастной характеристики исследуемой КПХЖК пленки при комнатной температуре.

Метод термоадресации позволяет обойтись без фотопроводящего слоя. В этом случае оптическая ячейка состоит лишь из прозрачных электродов и КПХЖК пленки между ними [4-7]. Переключение бистабильного состояния реализуется за счет температурной трансформации гистерезисной зависимости вольт-контрастной характеристики. При этом запись информации возможна не только в нормальной, но и в реверсивной рассеивающей моде, когда записанное изображение представляет собой участок с сильным светорассеянием на прозрачном фоне [4-7].

В работах [4-7] процесс переключения бистабильного состояния КПХЖК пленок исследовался в медленном режиме. Образцы помещались в термоювету, а цикл нагрев-охлаждение составлял несколько часов.

Целью настоящей работы является исследование более важного в прикладном аспекте термооптического способа записи информации, когда локальный разогрев КПХЖК пленки происходит за счет поглощения луча света, что дает возможность достигнуть достаточно высокого быстродействия.

Выбор материала и методика измерений

Измерения проводились с использованием образцов КПХЖК пленки, приготовленных аналогично методике [4-6]. В нематическую матрицу на основе дианобифенилов примешивался холестерик ХЗ в качестве хиральной компоненты. ХЖК капли капсулировались в пленке поливинилбутирала из расплава. Средний размер капель 2.5 мкм, толщина пленки около 15 мкм. ХЖК капли переходят в изотропное состоя-

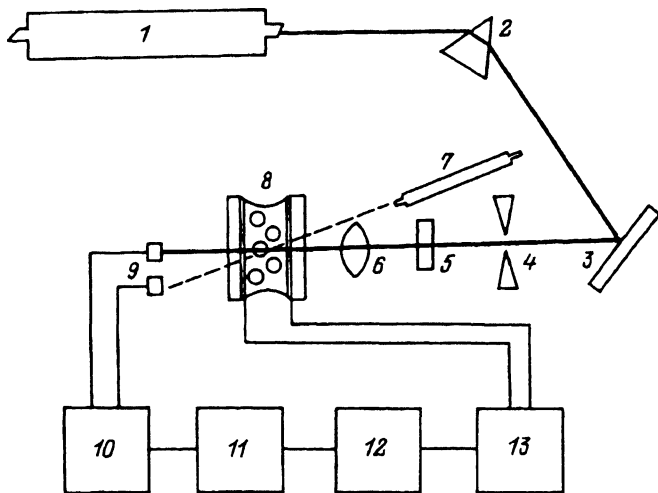


Рис. 2. Схема экспериментальной установки.

1 — аргонный лазер ЛГН-402, 2 — дисперсионная призма, 3 — зеркало, 4 — диафрагма, 5 — оптомеханический затвор, 6 — линза, 7 — гелий-неоновый лазер ЛГ-78, 8 — КПХЖК пленка, 9 — фотодиоды, 10 — запоминающий цифровой осциллограф С9-8, 11 — блок сопряжения, 12 — компьютер, 13 — генератор ГЗ-112/1 с усилителем.

ние при температуре $T_c = 34.2^\circ\text{C}$. Отношение $U_{0.1\uparrow}/U_{0.1\downarrow}$ при комнатной температуре составляет 2.1 (рис. 1).

Для повышения чувствительности к записываемому излучению в ХЖК композицию добавлялся краситель КД-184 с длиной волны максимума поглощения $\lambda_{\text{max}} = 0.530$ мкм. Концентрация красителя 0.2%.

На рис. 2 представлена схема экспериментальной установки. Из луча аргонного лазера 1 с помощью дисперсионной призмы 2 и диафрагмы 4 выделялась компонента с длиной волны $\lambda = 0.5145$ мкм. Световой импульс формировался оптомеханическим затвором 5. Для повышения однородности светового потока в точке измерения луч аргонного лазера расфокусировался линзой 6 так, что диаметр светового пятна на образце составлял 4 мм. Диаметр луча от гелий-неонового лазера 1 мм. Записывающий луч падал нормально на образец. Отклонение луча гелий-неонового лазера от нормали составляло 8 град. Проходящее излучение попадало на фотодиоды 9, сигнал с которых регистрировался двухлучевым осциллографом 10. Блок сопряжения 11 позволял проводить сбор информации и обработку данных с помощью компьютера 12.

КПХЖК пленка размещалась между стеклянных подложек, на внутренние поверхности которых напылены прозрачные электроды. От генератора 13 на образец подавалось переменное электрическое поле частотой 1 кГц.

Результаты

Излучение аргонного лазера поглощается практически только КПХЖК пленкой, так как используемые подложки прозрачны в данной области спектра. Это обеспечивает как быстрый нагрев освещенного участка образца, так и его быстрое охлаждение после отключения записывающего излучения.

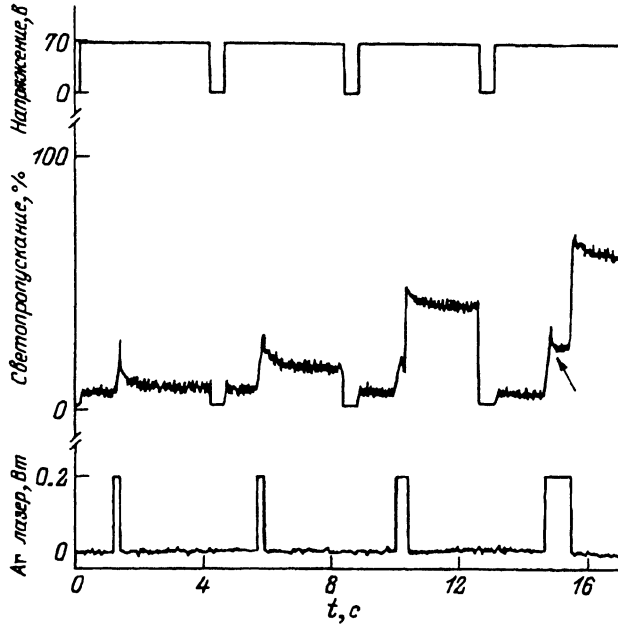


Рис. 3. Осциллограммы процесса записи/стирания информации в нормальной рассеивающей моде для длительности импульса аргонового лазера 0.15, 0.23, 0.30 и 0.89 с соответственно.

Для реализации режима термооптической записи в нормальной рассеивающей моде к образцу было приложено электрическое поле, величина которого близка к пороговому значению $U_{0.1\uparrow}$ при температуре 20°C . величина поля насыщения $U_{0.9\uparrow}$ КПХЖК пленки вблизи точки фазового перехода (34.2°C) становится меньше значения $U_{0.1\uparrow}$ (20°C) [4-6], что приводит к переориентации нагретых капель ЖК и, следовательно, переходу участка образца в более прозрачное состояние, которое фиксируется при последующем охлаждении.

На рис. 3 показаны осциллограммы электрического поля, импульса излучения аргонового лазера и проходящего через образец излучения от гелий-неонового лазера для нескольких значений длительности записываемого импульса в режиме нормальной рассеивающей моды. Мощность излучения аргонового лазера в ходе эксперимента оставалась неизменной и для данной длины волны составляла 0.2 Вт. На осциллограмме светопропускания стрелкой показан момент достижения точки фазового перехода. Как видно, длительности импульса записываемого излучения в несколько десятых долей секунды достаточно, чтобы нагреть участок образца до температуры, близкой или превышающей температуру фазового перехода ХЖК капель в изотропное состояние. Записанное изображение стирается кратковременным отключением электрического поля, после чего КПХЖК материал готов к следующему циклу записи информации.

Для термоконтактного способа записи информации было показано, что число переориентированных капель ХЖК и, следовательно, контраст зависят от достигнутого максимума температуры [7]. В термооптическом варианте максимум температуры при нагреве участка

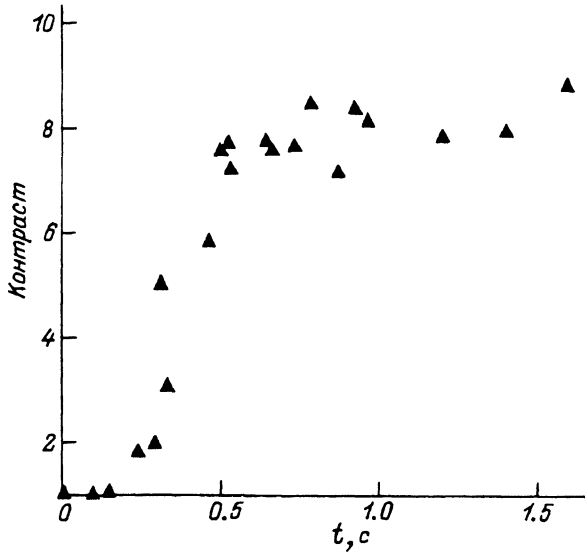


Рис. 4. Зависимость контраста от длительности записывающего импульса для нормальной рассеивающей моды.

образца может регулироваться длительностью и интенсивностью лазерного импульса. На рис. 4 показана зависимость контраста записанного изображения в зависимости от длительности импульса аргонового лазера. Отсюда видно, что, варьируя длительность импульса в пределах от 0.2 до 0.5 с, можно изменять контраст записываемого изображения от 0 до 17. При дальнейшем увеличении длительности импульса кривая зависимости контраста выходит на насыщение. Эти данные качественно хорошо согласуются с результатами работы [7], где показана аналогичная форма кривой контраста в зависимости от максимальной температуры нагрева КПХЖК пленки, помещенной в термокувету.

Термооптическая адресация существенно расширяет возможности записи информации в режиме реверсивной рассеивающей моды. Ранее [4–6] в режиме медленного нагрева и охлаждения была экспериментально реализована реверсивная мода лишь для метастабильного полупрозрачного состояния КПХЖК пленки, соответствующего величине приложенного напряжения примерно $U_{0.31}$. Поэтому яркость записанного изображения была невысокой изначально, а с течением времени еще уменьшалась вследствие релаксации светопропускания всего образца. Однако еще в работе [4] было предсказано, что при определенных условиях можно обеспечить переключение КПХЖК пленки из стабильного прозрачного состояния, соответствующего напряжению $U_{0.91}$ на обратной ветви гистерезиса (рис. 1), в рассеивающее состояние. Эти условия выполняются при лазерной адресации, когда температурный цикл нагрев–охлаждение может проходить достаточно быстро.

На рис. 5 представлены осциллограммы термооптической записи в реверсивном режиме, когда напряжение на подложках в момент записи приблизительно соответствует $U_{0.91}$ (рис. 1). Записанное изображение стирается импульсом электрического поля, по величине втрое большим напряжению $U_{0.91}$.

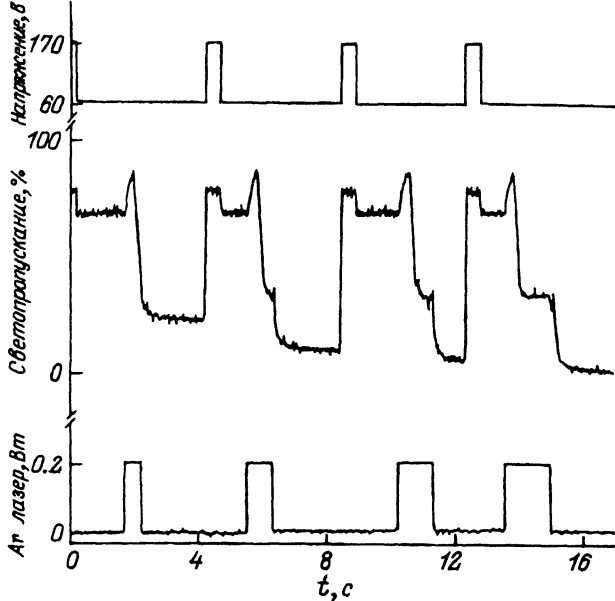


Рис. 5. Осциллограммы процесса записи/стирания информации в реверсивной рассеивающей моде для длительности импульса аргонового лазера 0.54, 0.82, 1.16 и 1.67 с соответственно.

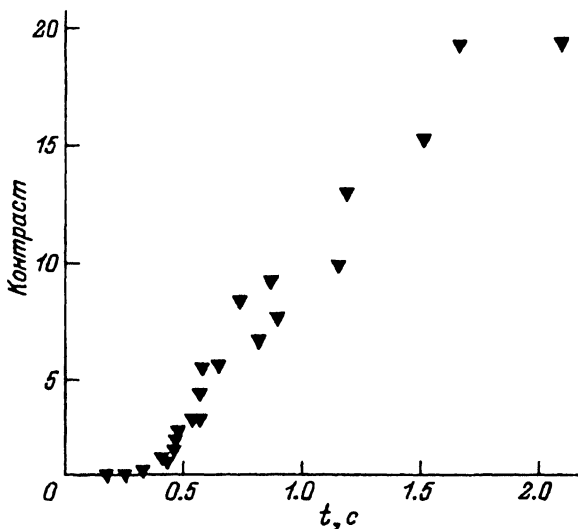


Рис. 6. Зависимость контраста от длительности записывающего импульса для реверсивной рассеивающей моды.

На рис. 6 показана зависимость контраста записанного изображения в реверсивной рассеивающей моде от длительности импульса аргонового лазера. Контраст растет примерно в линейном режиме в диапазоне от 0.4 до 1.6 с, затем кривая начинает выходить на насыщение. Такой характер зависимости можно объяснить следующим. Известно, что в КПЖК пленках с пластичной матрицей в сильном электрическом

поле происходит процесс ориентации не только объема капель ЖК, но и приповерхностных слоев на границе раздела ЖК и полимера [8,9]. Это проявляется в остаточной ориентации ансамбля капель ЖК после выключения поля, которая обусловлена ориентирующим воздействием границы раздела. Поверхностный слой, а вместе с ним капли ЖК медленно релаксируют в исходное состояние. Процесс релаксации можно ускорить повышением температуры образца.

Аналогичный эффект может наблюдаться для исследуемого материала, так как поливинилбутиральная пленка существенно пластифицируется за счет части ЖК, остающейся в полимере в растворенном состоянии. Чем выше температура нагрева КПХЖК пленки, тем быстрее разрушается ориентированное состояние приповерхностного слоя. Следовательно, при охлаждении все большее количество капель ХЖК будет переходить в исходное, неориентированное состояние, обеспечивая увеличение контраста.

Заключение

Анализ результатов, полученных в данной работе, показывает перспективность использования КПХЖК пленок с большим гистерезисом вольт-контрастной характеристики в дисплейных устройствах с термооптической адресацией. При этом термооптический способ записи информации обеспечивает преимущество по ряду параметров перед известными решениями [3-7].

Метод фотоадресации [3] предлагает более сложную конструкцию ячейки с использованием слоя фотопроводника, при этом запись информации реализуется лишь в нормальной рассеивающей моде.

Термоконтактный способ записи информации [4-7], например нагретым паром, не может обеспечить хорошего разрешения и быстродействия, так как в этом случае ячейка-сэндвич нагревается по всей толщине.

Метод термооптической адресации позволяет осуществить запись изображения как в нормальной, так и в реверсивной рассеивающей моде. В обоих случаях величину контраста можно изменить, варьируя параметры лазерного излучения, например длительность светового импульса. Для использования в прикладных целях особенно перспективна реверсивная рассеивающая мода в силу более удобного управления контрастом, при этом в проекционном варианте реализуется привычный стандарт — черное изображение на белом фоне.

Используя схему термооптической записи (рис. 2), можно существенно повысить быстродействие. Так, фокусировка записывающего луча до диаметра, равного 100 мкм, приводит к увеличению плотности мощности излучения более чем на три порядка, что соответственно позволяет уменьшить время записи до миллисекундного диапазона. Кроме того, скорость записи возрастает при увеличении поглощающей способности КПХЖК пленки, например, за счет повышения концентрации красителя.

Список литературы

- [1] *Doane J.W., Yang D.-K., Chien L.-C.* // Appl. Phys. Lett. 1992. Vol. 60. P. 3102-3104.
 - [2] *Yang D.-K., Doane J.W.* // SID 92 Digest. 1992. Vol. 23. P. 759-761.
 - [3] *Fujikake H., Takizawa K., Kikuchi H.* et al. // SID 93 Digest. 1993. Vol. 24. P. 873-876.
 - [4] *Зырянов В.Я., Сморгон С.Л., Жуйков В.А.* и др. // Препринт № 780Ф. ИФ СО РАН. Красноярск, 1993. 27 с.
 - [5] *Зырянов В.Я., Сморгон С.Л., Жуйков В.А.* и др. // Письма ЖЭТФ. 1994. Т. 59. Вып. 8. С. 520-522.
 - [6] *Сморгон С.Л., Жуйков В.А., Зырянов В.Я.* и др. // Автометрия. 1994. № 4. С. 27-33.
 - [7] *Баранник А.В., Жуйков В.А., Зырянов В.Я.* и др. // ЖТФ (в печати).
 - [8] *West J.L., Doane J.W., Zumer S.* et al. // US Patent. 1987. UN 4.685.771. 20 p.
 - [9] *Yataguchi R., Sato S.* // Jpn. J. Appl. Phys. 1992. Vol. 31. N 3A. P. 1254-1256.
-