

ЛИТЕРАТУРА

1. Биленко Д. И., Лодгауз В. А., Лясковский И. И. Контрастность оптически управляемых динамических транспарантов.— «Автометрия», 1976, № 3, с. 12.
2. Мари, Донжон. Монокристаллические сегнетоэлектрики и их применение в светоклапанных устройствах отображения информации.— ТИИЭР, 1973, № 7, с. 178.
3. Hulme K. F., Davies P. H., Cound V. M. Optimum longitudinal electrooptic effect in oblique-cut lithium-niobate plates.— "Electron. Let.", 1969, vol. 5, N 8, p. 171.

Поступила в редакцию 22 февраля 1978 г.;
окончательный вариант — 4 июля 1978 г.

УДК 621.378.001

В. А. ЖАБОТИНСКИЙ, Б. В. УЛЬЯНОВ, Э. М. ЯШИН
(Москва)

ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ СЕГНЕТОКЕРАМИКИ ЦТСЛ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ПОЛЕМ

Электрооптические эффекты в материале системы ЦТСЛ позволяют создавать на его основе для систем оптической обработки информации управляемые транспаранты (УТ), имеющие ряд преимуществ по сравнению с аналогичными устройствами на основе других материалов [1, 2].

Один из таких эффектов — управляемое рассеяние света в случае прохождения его через керамическую пластину [3]. При этом используется разница в светорассеивающих свойствах материала, находящегося в электрически поляризованном (ЭП) и электрически деполяризованном (ЭД) состоянии. Как известно [4], в ЭД-состоянии материал максимально рассеивает свет, рассеяние же в ЭП-состоянии существенно меньше.

Недостатком таких устройств, работающих, как правило, с использованием ЭП- и ЭД-состояний, являются большие потери света при прохождении через материал, находящийся в ЭП-состоянии [5]. Однако материал ЦТСЛ может находиться также в термически деполяризованном (ТД) состоянии, в которое он переводится нагревом выше температуры Кюри (T_c) и последующим охлаждением. При этом, если устранить потери света на отражение, прозрачность может быть близкой к 100%.

Цель настоящей работы — изучение возможности создания устройств, в которых для перевода материала в ТД-состояние используется высокочастотное электрическое поле.

Рассмотрим переключаемый элемент УТ, образованный областью керамики, находящейся между двумя полосковыми электродами шириной a , расположенными на противоположных поверхностях керамической пластины толщиной d перпендикулярно друг другу. Для нагревания этой области от исходной температуры T_0 (например, комнатной) до температуры T_c , т. е. на $\Delta T = T_c - T_0$ градусов, требуется количество теплоты Q , равное

$$Q = \lambda \rho V \Delta T, \quad (1)$$

где λ — удельная теплоемкость материала; ρ — удельный вес; V — объем нагреваемой области.

Основными механизмами, приводящими к нагреванию керамики, являются диэлектрические потери в объеме переключаемого элемента [6] и джоулевы потери в электродах. Обозначим мощность этих потерь соответственно P_d и $P_{дж}$. Время τ , необходимое для нагревания переключаемого элемента до температуры T_c ,

$$\tau = Q / (P_d + P_{дж}). \quad (2)$$

Для вычисления τ сделаем следующие предположения:

1. Поле в рассматриваемой области керамики однородно.
2. На нагревание рассматриваемой области идет тепло только от частей электродов, непосредственно примыкающих к этой области. Для этого введем коэффициент m , показывающий, какую долю от общей площади электродов (или от их общего сопротивления R) составляют части электродов, образующие рассматриваемый элемент. Учитывая распределение напряжения в последовательной цепи, состоящей из электродов с сопротивлением R и емкости элемента C , получим выражение для времени переключения элемента

$$\tau = \frac{\lambda \rho V \Delta T [1 + (\omega RC)^2]}{U^2 \omega C [m \omega RC + \operatorname{tg} \delta]}, \quad (3)$$

где U — напряжение, подаваемое на электроды; ω — частота поля; $V = a^2 d$ — объем нагреваемой области; $\operatorname{tg} \delta$ — тангенс угла потерь керамики.

Экспериментальная проверка полученного выражения производилась с использованием материала ЦТСЛ 8/65/35 с размером зерна $\sim 2,5$ мкм. При этом величина $a = 1$ мм, $d = 0,2$ мм. Сопротивление R прозрачных электродов составляло 220 Ом, $m = 0,2$, $C = 320$ пФ, $\operatorname{tg} \delta = 0,03$ [7]. Остальные необходимые для расчетов значения величин следующие:

$$\lambda = 0,33 \text{ Дж/г} \cdot ^\circ\text{C} [8], \quad \rho = 7,8 \text{ г/см}^3 [9].$$

Свет лазера ЛГ-36 проходил через переключаемый элемент пластины, расположенной перпендикулярно лучу. Интенсивность проходящего излучения регистрировалась фотоумножителем ФЭУ-60, сигнал с которого подавался на вход запоминающего осциллографа С1-29. Перевод керамики из ТД- в ЭП-состояние производился подачей на электроды постоянного напряжения. При этом материал из состояния с максимальной прозрачностью переходил в состояние, при котором происходило значительное светорассеяние. На рис. 1 изображена зависимость относительной контрастности K от напряжения U_1 на электродах.

Для переключения элемента в ТД-состояние на электроды подавался высокочастотный сигнал с генератора Г4-68 и одновременно производился запуск развертки осциллографа. Таким образом, наблюдалась зависимость интенсивности проходящего света от времени и определялось время переключения элемента.

Зависимость времени переключения τ от величины напряжения переменного поля U при различных значениях частоты $f = \omega / 2\pi$ показана на рис. 2. Сплошная кривая рассчитана по формуле (3) для

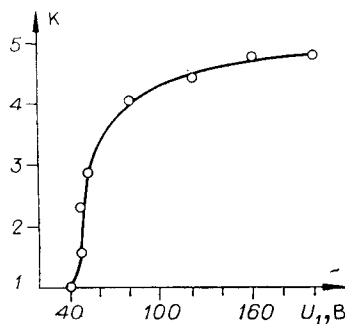
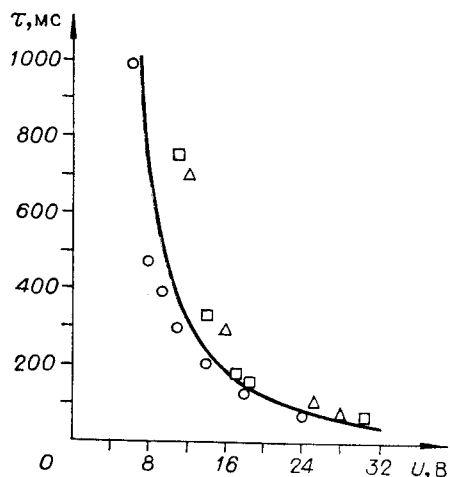


Рис. 1. Зависимость относительной контрастности K от напряжения U_1 на электродах при переходе материала из ТД- в ЭП-состояние.

Рис. 2. Зависимость времени переключения τ из ЭП- в ТД-состояние от величины напряжения переменного поля U при различных значениях частоты f : сплошная линия — теоретическая кривая ($f=10$ МГц), \circ — $f=10$ МГц, Δ — $f=12$ МГц, \square — $f=16$ МГц.



$f=10$ МГц. При этом значения τ при изменении f от 10 до 30 МГц отличаются не более чем на 3%. Как видно из рисунка, получено удовлетворительное соответствие между теоретическими и экспериментальными данными, причем рассчитанные и экспериментально полученные значения τ тем ближе, чем больше напряжение, т. е. меньше время переключения. Это, по-видимому, является следствием того, что формула (3) не учитывает потерь тепла, а эти потери сказываются тем меньше, чем быстрее нагревается элемент.

Исследование зависимости τ от частоты также показало хорошее соответствие между теоретическими и экспериментальными данными. Для примера в таблице приведены теоретические и экспериментальные значения τ , полученные при различных значениях f и $U=14$ В.

Сравнение теоретических и экспериментальных значений времени переключения τ при различной величине частоты f поля и напряжении $U=14$ В

f , МГц		0,5	1	6	10	16
τ , мс	Теоретическое	290	135	245	230	228
	Экспериментальное	310	100	230	200	330

Измеренная в эксперименте величина светопропускания в состоянии «Открыто» составляла около 65%, т. е. потери света определялись в основном отражениями от плоскостей пластины (показатель преломления материала $n=2,6$).

Получена максимальная величина контрастности около 5:1, что, однако, не является пределом, так как оптимизацией толщины керамической пластины и размеров зерна [3] можно значительно увеличить контрастность. Кроме того, можно осуществить переключение элемента между ЭД- и ТД-состояниями. В наших экспериментах такой режим работы позволил увеличить контрастность более чем в 4 раза.

Уменьшение величины τ возможно путем использования материала с меньшим значением T_c . Уменьшение τ также возможно при увеличении U , однако, как показали эксперименты, такое увеличение нежелательно, так как при этом в материале появляются трещины. Это, по-видимому, объясняется неоднородным тепловым расширением материала при нагревании.

Таким образом, для систем оптической обработки информации, в которых величина быстродействия не должна превышать $5 \cdot 10^{-2}$ с на один цикл записи — стирания, можно рекомендовать изготовление УТ по вышеизложенному принципу. При этом могут быть получены величины контрастности $>5:1$. Светопропускание достигает 65%, а при устранении отражений путем применения антиотражающих покрытий возможно его увеличение почти до 100%.

3. Keve E. T., Annis A. D. Studies of phases, phase transitions and properties of some PLZT ceramics.—“Ferroelectrics”, 1973, vol. 5, p. 77.
4. Smith W. D., Land C. E. Scattering-mode ferroelectric — photoconductor image storage and display devices.—“Appl. Phys. Lett.”, 1972, vol. 20, N 4, p. 169.
5. Land C. E., Tracher P. D., Haertling G. H. Electrooptic ceramics.—“Appl. Sol. St. Sci.”, 1974, vol. 4, p. 137—233.
6. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., Физматгиз, 1962.
7. Haertling G. H., Land C. E. Hot-pressed (Pb, La) (Zr, Ti)O₃ ferroelectric ceramics for electrooptic applications.—“J. Amer. Cer. Soc.”, 1971, vol. 54, N 1, p. 1.
8. Haertling G. H. Electrooptic ceramic materials.—“WESCON Techn. Pap.”, 1971, paper 31/1.
9. Liu et al. The piezoelectric properties of the lanthanum-doped ferroelectric PLZT ceramics.—“Ferroelectrics”, 1972, vol. 3, p. 281.

*Поступила в редакцию 17 августа 1978 г.;
окончательный вариант — 8 декабря 1978 г.*

УДК 535.317.1 : 535.8

Ж. БЮЛЯБУА, Д. КУРЖОН
(Безансон, Франция)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОЛОГРАММ В КАЧЕСТВЕ ВХОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НЕКОГЕРЕНТНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Голография изучалась и развивалась, особенно во Франции, как средство записи трехмерных оптических изображений, т. е. как средство, позволяющее в любой момент восстановить амплитуду и фазу зарегистрированных волн. В последнее время многими исследователями предпринимались попытки найти голограммам другие применения.

Цель нашей работы — показать возможность модификации классических свойств оптических систем при использовании голограмм в качестве их элементов.

Рассмотрим два примера. При демонстрации голографического фильма для большой аудитории зрителей необходимо иметь специальный голографический экран, т. е. оптический элемент, который на этапе восстановления формирует множество изображений (по числу зрителей или мест в зале). В этом случае голограмма выполняет две различные функции: во-первых, формирует трехмерные изображения; во-вторых, мультиплицирует голографические изображения.

Другой пример. Известно, что восстановление классических голограмм, как правило, производится в когерентном свете. Исключения составляют лишь голограммы Денисюка [1]. Для того чтобы избежать этого требования и тем самым использовать при восстановлении некогерентный свет, были предложены различные методы получения голограмм, в том числе и метод «радужных голограмм», описанный Бентоном [2]. Процесс получения таких голограмм является двухступенчатым*. Вторичная голограмма дает восстановленное изображение в

* Ф. Юу недавно показал, что такие голограммы можно получить и в один этап [3]. В этом случае используются изображающие свойства линзы.