

Практически достигнуты характеристики ПВМС, приемлемые для его использования в системах оперативной обработки оптической информации.

Проводится дальнейшая работа по улучшению технических характеристик устройства и детальному исследованию механизма формирования потенциального рельефа и предельно достижимого разрешения.

Авторы считают своим долгом выразить глубокую благодарность Т. И. Греховой за предоставленные образцы монокристаллов, В. К. Машиновскому, П. Е. Твердохлебу и Б. И. Спектору за постоянное внимание к работе и помощь в проведении экспериментов и А. М. Васильеву и А. Н. Опарину за полезные обсуждения и содействие в конструктивном оформлении опытных образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. O. N. Tuite, D. Chen. Significant advance make optical storage the leading contende for mass memories of the future.— "IEEE Spectrum", 1973, № 10, p. 26.
2. А. И. Косарев, В. К. Соколов. Пространственно-временные модуляторы света.— «Зарубеж. радиоэлектроника», 1974, № 8, с. 59.
3. А. С. Сонин, А. С. Василевская. Электрооптические кристаллы. М., Атомиздат, 1971.
4. A. A. Ballman. The growth and properties of piezoelectric bismuth germanium oxide ($\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$).— "J. Cristal Growth", 1967, vol. 1, p. 37.
5. А. И. Сафонов, С. А. Барышев, Т. И. Никифорова, Г. Н. Антонов, С. А. Федулов. Выращивание и оптические свойства монокристаллов $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$.— «Кристаллография», 1968, т. 13, вып. 5, с. 914.
6. Б. Н. Литвин, Ю. В. Шалдин, И. Е. Питовранова. Синтез и электрооптические свойства монокристаллов Si-силленита.— «Кристаллография», 1968, т. 13, вып. 6, с. 1106.
7. R. E. Aldrich, S. L. Hou, M. L. Harvill. Electrical and optical properties of $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$.— "J. Appl. Phys.", 1971, vol. 42, № 1, p. 493.
8. S. L. Hou, D. S. Oliver. Pockels readout optical memory using $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$.— "Appl. Phys. Lett.", 1971, vol. 18, № 8, p. 325.
9. S. Lipson, P. Nisenson. Imaging characteristics of the Itek PROM.— "Appl. Opt.", 1974, vol. 13, № 9, p. 2052.
10. P. Nisenson, S. Iwasa. Real time optical processing with $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ PROM.— "Appl. Opt.", 1972, vol. 11, № 12, p. 2760.

Поступила в редакцию 2 февраля 1976 г.

УДК 537.226.33

А. Э. КАПЕНИЕКС, Э. Э. КЛОТИНЬШ, А. Э. КРУМИНЬ,
А. Р. ШТЕРНБЕРГ
(Рига)

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ОПЫТ СОЗДАНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ ТРАНСПАРАНТОВ ИЗ ПРОЗРАЧНОЙ СЕГНЕТОКЕРАМИКИ

Введение. Прошло около девяти лет со времени появления первых сообщений о перспективах использования прозрачной сегнетокерамики (СК) в устройствах для оптической записи, запоминания, обработки и выдачи информации (разработка сотрудников «Sandia Laboratories» Ленда и Хартлинга, США, 1967 г.) Интересно, что в этом же году в США были начаты также первые исследования в области голографических запоминающих устройств.

Как для голографической памяти, так и для выполнения других задач информатики одним из существеннейших узлов любого устройства является управляемый транспарант (УТ) — пространственно-временной модулятор света. Основной принцип работы УТ — это изменение оптических свойств тех или иных участков образующего его рабочего тела в результате воздействия управляющих электрических термических, аморфных полупроводники, различные комбинированные структуры (например, МДП), материалы, обладающие фотохромным и электрохромным эффектом и т. д.

Подробно не останавливаясь на вопросе о конкурентноспособности материала, в данной работе на базе классификации УТ по способу модуляции и способу адресации проанализируем физические основы создания УТ из прозрачной СК. Такой подход нам представляется целесообразным из-за отсутствия в настоящее время обзорных работ в этом направлении.

По способу модуляции существует подразделение на две группы — фазовую и амплитудную.

Фазовая модуляция предпочтительнее из-за меньших оптических потерь (высокой оптической эффективности), отсутствия нежелательного нагрева материала и возможности цветной записи информации. Однако при считывании (визуализации) фазовой записи необходима более сложная оптическая система. На основе прозрачной СК возможно осуществление обоих способов модуляции света. При фазовой записи используется эффект электрически контролируемого двупреломления в мелкозернистой керамике (для СК известной системы цирконата—титаната свинца, модифицированного лантаном (ЦТСЛ), размер зерен меньше 2 мкм). Тонкие поляризованные пластинки СК действуют подобно одноосному кристаллу с оптической осью, ориентированной вдоль направления поляризации (P), и эффективным двупреломлением $\Delta n |n_e - n_o|$, зависящим от величины P . Крупнозернистую СК (размер зерен больше 2 мкм), в свою очередь, можно применять для амплитудной модуляции света. Здесь используется эффект контролируемого светорассеяния, который обусловлен зависимостью углового распределения интенсивности рассеиваемого света от направления и величины P , а также от состояния доменной и фазовой структуры материала.

По способу адресации УТ подразделяется на электрически и оптически управляемые. Электрическая адресация может быть либо индивидуальной, либо матричной. При использовании индивидуальной адресации УТ работает в режиме покадровой выборки, матричной — в режиме построчной выборки. Индивидуальная адресация при большом числе элементов (10^2 — 10^4) затруднена из-за множества необходимых электродов и усложнения схем управления. Однако она по сравнению с матричной характеризуется возможностью селективной перезаписи информации, меньшими шумами, более высокой оптической эффективностью (H) и контрастностью (K). Последнее особенно характерно при использовании СК (таблица).

В УТ с индивидуальной адресацией можно использовать СК, обладающую квадратичным ЭО эффектом, и для недолговременного запоминания информации (если это необходимо) работать в режиме «квazi-памяти» (электростатической памяти) [1]. Следовательно, увеличивается быстродействие УТ, поскольку при переключении отсутствуют доменно-ориентационные процессы [2]. Кроме того, легко осуществимо стирание

информации и практически отсутствуют усталостные явления (более подробно см. в обзорных работах [3, 4]).

При матричной адресации требуется использование рабочего вещества с памятью (т. е. СК в сегнетоэлектрической фазе) и с наличием истинного порога переключения (последний не является строго определенным параметром для СК из-за ее полидоменной структуры с разбросом величин коэрцитивного поля E_c для отдельных доменов). Следовательно, хотя матричная адресация легче реализуема с технологической точки зрения и простоты схем управления и хотя применяются дополнительные приемы (например, деформирование пластинок [9] и др.) при использовании СК, основные параметры устройств еще требуют дальнейшего улучшения (см. таблицу). В этой связи уместно указать на оригинальную работу [10] об использовании индуцированного электрическим полем обратимого перехода [антисегнетоэлектрическое — сегнетоэлектрическое состояние (АСЭ — СЭ)] в керамике состава ЦТСЛ 7,9/70/30 (ЦТСЛ La/Zr/Ti). Повышена контрастность (определяется оптически изотропной, не рассеивающей света АСЭ фазой), имеется также возможность получения шкалы серых тонов (16 градаций).

Оптическая адресация может быть реализована либо на основе многослойной планарной системы ЭО материал — фоточувствительный слой — прозрачные электроды (так называемая гибридная структура), либо при использовании материала, одновременно обладающего ЭО свойствами и фоточувствительностью. Оптическая адресация действует как в покадровом, так и в поэлементном (сканирование) режиме.

Гибридные структуры далее подразделяются по физическому принципу запоминания информации. Это либо «электростатическая память» (например, в устройствах типа «Phototitus» [11]), либо «память» на основе остаточных доменных переориентаций в сегнетоэлектриках. Последняя, т. е. долговременная «память», без затраты энергии (что, разумеется, имеет место и при электрической адресации) является существенным преимуществом при использовании сегнетоэлектриков (в том числе СК) в оптоэлектронных устройствах. В зависимости от применяемого эффекта на основе СК создан ряд приборов, названных «Fepic» [12], «Cerapic» [13], «Fericon» [14], «Fewsic» [15], использующих электрически контролируемое двупреломление, рассеяние, локальное деформирование поверхности и обратимый переход АСЭ — СЭ фаза соответственно (во всех случаях — режим продольного эффекта). Как видно из таблицы, для вышеупомянутых устройств разрешающая способность весьма мала, оптические потери довольно велики (имеется в виду «Fepic» и «Cerapic»), быстродействие невысоко (последнее в основном определяется инерционностью использованных фотопроводниковых слоев). Относительно сложна и сама технология создания многослойных структур.

Несомненный интерес представляют поэтому работы по объединению свойств фотопроводника и ЭО матрицы на основе СК и осуществлению прямой оптической записи в этом материале на основе эффекта оптически индуцированного изменения двупреломления (ОИИД). Однако для СК пока самым слабым местом является низкий порог чувствительности — несколько десятков Дж/см² ($\lambda = 488$ нм) и больше [16]. В качестве сравнения для гибридной структуры требуется около 10^{-2} Дж/см², а чувствительность лучших образцов монокристаллов уже сравнима с соответствующей величиной для фотоэмульсии (несколько десятков мкДж/см²). Следствием малой фоточувствительности СК является и низкое быстродействие при записи и стирании информации (см. таблицу), зато достаточно высока (по сравнению с гибридной структурой) разрешающая способность (около 200 лин/мм [16]) и

Возможности создания и основные параметры УТ на основе прозрачной СК

№ п. п.	Способ: адресации, модуляции	Используемый эффект	Параметры устройства					Литература
			Состав материала	Разрешающая способность, N (лин/мм), число n и размер элементов	Контрастность (K)	Быстродействие, с	Оптическая эффективность H , %	
1	Электрический, индивидуальный Фазовый	Поперечный, квадратичный	ЦТС.Л 9/65/35	$n = 256$ $2,0 \times 0,05$ мм	80 : 1	10^{-5}	Не задана	[5]
2	»	»	»	$n = 10$ $0,15 \times 0,15$ мм	100 : 1	10^{-7}	66	[6]
3	Электрический, матричный Фазовый	Продольный, «ЭО пачья»: а) краевой эффект	ЦТС.Л 7/65/35	$n = 128 \times 128$ $0,1 \times 0,1$ мм	10 : 1	10^{-5}	Низкая	[7]
4	»	»	ЦТС.Л 8/65/35	$n = 4 \times 4$ $0,1 \times 0,1$ мм	12 : 1	$2 \cdot 10^{-6}$	48	[8]
5	»	б) на деформированной пластинке	ЦТС.Л 7/65/35	$n = 128 \times 128$	25 : 1	10^{-5}	40	[9]
6	Электрический, матричный Амплитудный	Продольный, «ЭО пачья»	ЦТС.Л 7/65/35	$n = 32 \times 32$ $0,5 \times 0,5$ мм	5 : 1	10^{-5}	Не задана	[7]
7	Электрический, матричный Амплитудный	Продольный Индуцированный по-лем переход АСЭ—СЭ фаза	ЦТС.Л 7, 9/70/30	$n = 30 \times 30$	$> 10 : 1$	$\approx 10^{-5}$	Не задана	[10]
8	Оптический: а) гибридная структура «Fеггіс» Фазовый	Продольный, «ЭО пачья» на деформированной пластинке	ЦТС.Л 2/65/35	$N = 50$	10 : 1	$1 \div 10^{-2}$	50	[12]

9	б) гибридная структура «Сегнаприс» Амплитудный	Продольный, «ЭО панель»	ЦТСЛ 7/65/35	$N = 40$	100 : 1	$1 \div 10^{-1}$	[13]
10	в) гибридная структура «Ferguson» Фазовый	Продольный, локальные деформации поверхности	ЦТСЛ 7/65/35	$N = 60$	5 : 1	10^{-3}	[14]
11	г) гибридная структура «Ferguson» Фазовый	Продольный, переход АСЭ—СЭ фаза	ЦТСЛ 7,6/70/30	Не задана	1 : 20 ÷ 100	10^{-1}	[15]
12	Оптический — прямая запись в присутствии электрического поля Фазовый	Эффект ОИИД	ЦТСЛ 9/65/35	$N = 200$	10 : 1	\approx неопределено	[16]

дифракционная эффективность при голографической записи (около 30% для образца толщиной 100 мкм). В связи с изучением природы эффекта ОИИД и повышением фоточувствительности материала для общих замечаний.

Использование эффекта двупреломления по сравнению с эффектом рассеяния света, несмотря на некоторые осложнения в конструкции устройств, предпочтительнее, во-первых, из-за общих преимуществ фазового эффекта, во-вторых, из-за более высоких эксплуатационных параметров приборов в целом. В частности, при абсолютной оценке свойств более высокими характеристиками обладают устройства, в которых используется поперечный ЭО эффект двупреломления с индивидуальной адресацией (ограничения заключаются в трудностях симметричного расположения большого числа элементов на одной пластинке и в усложнении схем управления).

В ряду перспективнейших ЭО эффектов в СК следует выделить, во-первых, управляемый по фазовый переход АСЭ—СЭ [10, 15], во-вторых, модифицированный краевой эффект [20] (успешно синтезированы эффекты деполяризации рассеянного света и контролируемого двупреломления) и, в-третьих, несомненно, эффект ОИИД*.

Из приведенного обзора следует, что в настоящее время нельзя выделить оптимальный способ адресации для прозрачной СК. Поэтому в основе экспериментальной части настоящей работы были поставлены следующие задачи:

1) выявление особенностей поперечного эффекта двупреломления в прозрачной СК типа ЦТСЛ с целью дальнейшего оптимизирования параметров макета УТ;

* Исследования эффекта ОИИД в прозрачной СК проведены также в нашей лаборатории [21]. Эксперименты по увеличению чувствительности эффекта продолжаются.

2) анализ физических ограничений реализации матричной адресации на основе СК.

Макет УТ на основе поперечного эффекта дупреломления. К УТ предъявляются следующие требования: а) высокие значения контрастности ($K \approx 100:1$) и оптической эффективности ($H \approx 55\%$); б) быстродействие до 10^{-7} с, память недолговременная; в) возможность управления УТ при помощи полупроводниковой электроники.

Основа макета УТ — сегнетокерамическая пластинка с планарными электродами специальной формы, которая помещается между скрещенными поляроидами. Как следует из литературного обзора, требуемые значения параметров K и H осуществимы лишь при использовании индивидуальной адресации. Это, в свою очередь, ограничивает емкость транспаранта до нескольких сотен элементов. Используемая в УТ сегнетокерамика должна при комнатной температуре находиться в параэлектрической фазе или близкой к этому состоянию (например, ЦТСЛ 11—13/65/35). Отсутствие доменных переключений под воздействием внешнего поля в вышеупомянутой СК приводит к высокому быстродействию [2], большой контрастности и оптической эффективности [3, 4]. Кроме того, в сегнетофазе параметры K и H имеют более низкие значения из-за того, что процесс доменных переориентаций характеризуется неоднородностью по объему и приводит к частичному рассеянию света. Однако квадратичный ЭО эффект для ЦТСЛ 11—13/65/35, обусловленный в основном нелинейностью поляризации, характеризуется высокими значениями полуволновых напряжений (около 350 В для ЦТСЛ 11/65/35), что затрудняет управление УТ при помощи стандартных полупроводниковых схем. Выход из положения — применение СК, которая при комнатной температуре находится в так называемом квазисегнетоэлектрическом состоянии [1] (например, ЦТСЛ 9/65/35, широко используемый заграничными фирмами [3—6]). В этом материале в отсутствие поля Δn равно нулю (домены отсутствуют или их размер меньше λ). Под воздействием электрического поля происходит индуцирование макроскопического сегнетоэлектрического состояния и рост значений P и Δn в отдельных доменах, которые в основном ориентированы в направлении поля. Следовательно, в данном случае в керамике преобладает «истинный» ЭО эффект и процессы доменных переориентаций играют весьма малую роль. Фазовый переход для данной СК сильно размыт.

Однако СК состава ЦТСЛ 9/65/35, получаемая в нашей лаборатории, при комнатной температуре характеризуется четко выраженными остаточными явлениями после выключения поля ($P \neq 0$; $\Delta n \neq 0$) [22, 23], что существенно снижает величину K . Эти расхождения обусловлены технологическими условиями получения СК. Нами применялось горячее прессование с использованием исходного сырья, полученного методом смешения окисей [22]. Проводился поиск такого состава, который одновременно удовлетворяет следующим требованиям: 1) отсутствие остаточных явлений; 2) относительно малое полуволновое напряжение; 3) наличие высокого быстродействия. В результате комплексных исследований (по методике [24]) был выбран состав ЦТСЛ 10/65/35.

Параметры УТ (H , K и управляющее напряжение U), кроме состава СК, определяются также его геометрией, т. е. толщиной пластины, на основе которой создан УТ, и рисунком планарных электродов.

Толщина h задается главным образом требуемой величиной оптической эффективности H^* , которая, в свою очередь, зависит от пассив-

* Здесь и дальше H характеризует оптическую эффективность одного элемента УТ; принимается, что пропускание поляроидов равно 1,0.

ных (без воздействия поля) оптических потерь G при данной длине волны λ :

$$H = M(1 - G), \quad (1)$$

где M — коэффициент модуляции светового потока во внешнем поле. [Величина M меняется в пределах от 0,90 до 0,95 в зависимости от соотношения α/h , если $\alpha/h \geq 1$ (α — расстояние между электродами)].

Величина оптических потерь

$$G = G_1 + G_2, \quad (2)$$

где G_1 — потери на отражение ($G_1 = 0,30$ для ЦТСЛ 10/65/35); G_2 — потери на пропускание, обусловленные поглощением и рассеянием света в сегнетокерамике.

Величина G_2 определяется толщиной пластинки h , длиной волны светового излучения λ и апертурным углом приемника света β . Из требования $H > 0,55$ следует $G_2 < 0,10$. Это условие для состава ЦТСЛ 10/65/35 ($\lambda = 632,8$ нм, $\beta \approx 10^\circ$) выполняется, если $h \leq 150$ мкм.

Второй основной фактор, определяющий U , H и K , — расстояние между электродами (α) для отдельного элемента УТ. От α главным образом зависит управляющее, т. е. полуволновое напряжение U , поскольку $U \sim \alpha$. Однако с уменьшением α увеличивается неоднородность электрического поля как вдоль распространения светового луча, так и в плоскости пластинки [25]. Это явление особенно усиливается при $\alpha/h < 1$. Неоднородность электрического поля в объеме приводит к тому, что различные точки рабочей области УТ имеют отличительные полуволновые напряжения и в конечном счете уменьшаются величины K и H . Из этих соображений следует, что оптимум (т. е. «малое» значение U , требуемая контрастность и оптическая эффективность) имеет место при $\alpha \approx h$.

На СК пластинке диаметром 23 мм (определяется конструкцией установки горячего прессования) размещаются 46 элементов, как это показано на рис. 1. Центральный электрод шириной 0,8 мм является общим, остальные 46 электродов коммутируются электрическим полем (невыбранные находятся при потенциале среднего электрода, а к выбранным подается определенная разность потенциала). Основные характеристики макета получены на установке, собранной на основе поляризационного микроскопа МИН-8 в режиме воздействия прямоугольных импульсов длительностью 10 мкс ($\lambda = 632,8$ нм). Основные параметры УТ соответствуют выдвинутым требованиям: $U = 160$ В, $H = 0,57$, $K = 200 : 1^*$.

На рис. 2 показана рабочая часть макета УТ. Два рядом стоящих элемента находятся во включенном состоянии, следующие четыре — не включены. В противоположном ряду включены все элементы (за центральным электродом). Наблюдается паразитное взаимодействие соседних элементов УТ. Кроме того, светятся также зазоры между выводами выбранных и невыбранных электродов. Паразитная емкость между выводами затрудняет управление УТ в импульсном режиме. Световые наводки можно устранить,

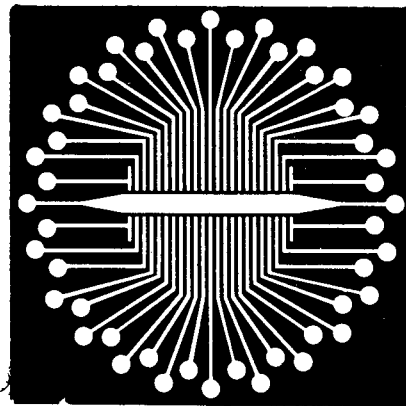


Рис. 1. Система электродов макета управляемого транспаранта.

* Как установлено, время переключения самого материала меньше 10^{-8} с [2—4].

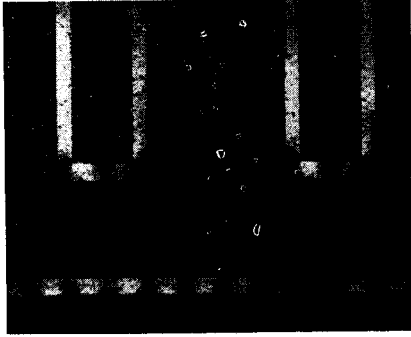


Рис. 2. Фотография рабочей части макета управляемого транспаранта.

применяя специальные диафрагмы, изготовленные фотолитографическим способом. Для снижения паразитных электрических емкостей необходимо уменьшить ширину приводящих электродов и разместить их на пластинке радиально.

С целью уточнения пределов применимости прозрачной СК состава ЦТСЛ 10/65/35 в информационной технике дополнительно были определены два важных параметра: изменение значений K и H при циклическом переключении и устойчивость СК к лазерному излучению. В соответствии с ра-

ботами зарубежных фирм, проведенными на СК (см. [3, 4]), установлено, что для состава ЦТСЛ 10/65/35 параметры K и H практически не меняются вплоть до $5 \cdot 10^{10}$ циклов переключения.

Устойчивость СК к лазерному излучению определялась при двух длинах волн — 441,6 и 632,8 нм. Выяснилось, что самый низкий порог «повреждения» сопровождается эффектом ОИИД. Определена величина критической экспозиции, при которой $\Delta \bar{n}$ уменьшается на 10% (от значения $\Delta \bar{n}$, индуцированного электрическим полем). Критическая экспозиция составляет 7000 Дж/см² для $\lambda = 632,8$ нм и 30 Дж/см² для $\lambda = 441,6$ нм.

Анализ работы макета транспаранта, а также и эксплуатационные исследования показывали, что применение индивидуальной электрической адресации оправдано для построения УТ.

Анализ основных ограничений реализации матричной адресации. Использование матричной адресации выдвигает ряд специфических требований к материалу УТ, а именно: материал должен обладать памятью и порогом переключения (см. введение). Эти свойства более выражены для механизма доменных переключений в сегнетоэлектриках, поэтому матричная адресация обычно осуществляется на СК состава ЦТСЛ 7—8/65/35, являющегося сегнетожестким материалом (см. таблицу). Однако механизм доменных переключений в этих материалах имеет две нежелательные особенности: усталостные явления при циклическом переключении и слабо выраженный порог переключения как при использовании поперечного эффекта двупреломления [2, 3], так и при работе с краевым эффектом [7, 9].

Вопрос о наличии усталости в ЦТСЛ 8/65/35 дискуссионный. Так, в работе [12] отмечается, что, используя продольный эффект двупреломления в механически деформированных пластинках, процессы усталости отсутствуют вплоть до 10^8 циклов переключения. Однако в работах [9, 26] сообщается о явлениях усталости в СК типа ЦТСЛ 8/65/35. Нами исследовано влияние циклического переключения под воздействием несимметричных биполярных импульсов на контрастность (K) при поперечном эффекте двупреломления. Наблюдается изменение K уже после 10^4 — 10^5 переключений. Направление (снижение или рост) и абсолютные изменения величины K отличаются для разных образцов и зависят от режима воздействия (в основном от амплитуды поля стирания).

Процессы усталости в ЦТСЛ 8/65/35, по-видимому, обусловлены постепенным накоплением объемных зарядов на доменных стенках. В результате этого доменные стенки локализуются и число доменных переключений уменьшается. В ЦТСЛ 8/65/35 эффекты усталости выражены намного слабее, чем, например, в монокристаллах титаната бария и в твердых растворах на его основе. Это явление, по нашему мнению, обусловлено малой концентрацией доменных стенок в ЦТСЛ

8/65/35 из-за мелкозернистой структуры последнего [22]. Если настоящее предположение верно, то один из путей уменьшения процессов усталости СК — синтез «сверхмелкозернистой» (конечно, в технологически разумных пределах) керамики.

Отсутствие выраженного порога переключения для ЦТСЛ 8/65/35 обусловлено поликристалличностью, неоднородностью (флюктуациями) состава и наличием объемных зарядов, что приводит к существованию вполне определенного распределения доменов по внутренним и коэрцитивным полям. Для наличия более резкого порога переключения надо использовать такой материал, в котором вышеупомянутое распределение является узким. Последнее, как правило, осуществляется в сегнетоэлектрических твердых растворах с четким фазовым переходом [например, твердые растворы на основе (Ba, Sr) TiO₃]. К сожалению, СК данного состава в настоящее время не обладает необходимым оптическим качеством.

Слабо выраженный порог переключения для ЦТСЛ 8/65/35 обуславливает низкие эксплуатационные параметры при матричной адресации (см. таблицу). Для преодоления этого ограничения целесообразно продолжать работу в следующих направлениях:

- 1) подробно исследовать комбинированные эффекты в СК состава ЦТСЛ (краевой эффект и эффект деполяризации рассеянного света);
- 2) провести поиск новых составов СК с выраженным порогом для доменных переключений среди составов с четким фазовым переходом;
- 3) изучить возможность создания УТ на основе отдельного коммутирования столбцов и строк, используя две пластинки СК [27].

ВЫВОДЫ

Анализируются основные способы создания управляемых транспарантов (УТ) на основе прозрачной сегнетокерамики (СК). На основе исследования особенностей поперечного эффекта двупреломления создан макет УТ на 46 элементов. Проведен анализ основных факторов, препятствующих реализации матричной адресации, и обсуждены способы их устранения.

Авторы выражают благодарность В. Я. Фрицбергу за ценные указания и постоянный интерес к работе и А. Я. Важа и И. Э. Бруверису за изготовление образцов прозрачной сегнетокерамики.

ЛИТЕРАТУРА

1. K. Carl, K. Geisen. Dielectric and optical properties of a quasiferroelectric PLZT ceramic.— "Proc. IEEE", 1973, vol. 61, № 7, p. 967—974.
2. А. Р. Штернберг, Г. В. Либерт, У. Ю. Ильин, А. Э. Капеняк. Исследование динамики электрооптического эффекта в прозрачной сегнетокерамике.— «Изв. АН СССР. Сер. физ.», 1975, т. 39, № 6, с. 1302—1306.
3. C. E. Land, P. D. Thacher, G. H. Naertling. Electrooptic ceramics.— "Appl. Solid State Sci.", 1974, vol. 4, p. 137—233.
4. А. Р. Штернберг. Электрооптические свойства сегнетокерамики и принципы построения светомодулирующих устройств на ее основе (обзор).— В кн.: Электрооптическая сегнетокерамика. (Учен. зап.). Т. 230. Рига, Изд. отд. ЛГУ им. П. Стучки, 1975, с. 21—133.
5. J. T. Cutchen, J. D. Harris, G. R. Laguna. PLZT electrooptic shutters: applications.— "Appl. Opt.", 1975, vol. 14, № 8, p. 1866—1873.
6. P. Waterworth, G. A. A. Chilton. Integrated electrooptic modulator arrays.— "Optoelectronics", 1972, vol. 4, p. 339—340.
7. M. D. Drake. PLZT matrix-type block data composers.— "Appl. Opt.", 1974, vol. 13, № 2, p. 347—352.
8. Н. Г. Гарбуз, В. А. Жаботинский, И. Н. Компанец, Т. М. Костина, П. Н. Семочкин, А. Г. Соболев, Э. М. Яшин. Исследование электрооптических свойств прозрачной ЦТСЛ-керамики.— «Автоматика», 1975, № 3, с. 59—67.
9. H. N. Roberts. Strain-biased PLZT input devices (page composers) for holographic memories and optical data processing.— "Appl. Opt.", 1972, vol. 11, № 2, p. 397—404.

10. A. Kumada, K. Suzuki, K. Kitta, G. Toda. PLZT application to image display devices.— Digest of Techn. Papers of the 7th Conf. on Solid State Devices, Tokyo, 1975, p. 37—38.
11. G. Marie, J. Donjon. Single-crystal ferroelectrics and their applications in light-valve display devices.— "Proc. IEEE", 1973, vol. 61, № 7, p. 942—958.
12. J. R. Maldonado, A. H. Meitzler. Strain-biased ferroelectric — photoconductor image storage and display devices.— "Proc. IEEE", 1971, vol. 59, № 3, p. 368—382.
13. W. D. Smith, C. E. Land. Scattering-mode ferroelectric-photoconductor image storage and display devices.— "Appl. Phys. Lett.", 1972, vol. 20, № 4, p. 169—171.
14. C. E. Land, W. D. Smith. Reflective-mode ferroelectric-photoconductor image storage and display devices.— "Appl. Phys. Lett.", 1973, vol. 23, № 2, p. 57—59.
15. A. Kumada, K. Suzuki, K. Kitta. PLZT analog space modulator.— Proc. of the 6th Conference on Solid State Devices. Tokyo, 1974, p. 87—92.
16. J. M. Rouchon, F. Micheron. Electrooptical properties and photoinduced effects in PLZT ceramics.— "Czech. J. Phys.", 1975, vol. 25, p. 575—584.
17. А. Э. Круминь, М. Э. Ванечек. Исследование фотопроводимости в прозрачной сегнетокерамике цирконата-титаната свинца, модифицированного лантаном.— В кн.: Фазовые переходы в сегнетозлектрических твердых растворах. (Учен. зап.). Т. 235. Рига, Изд. отд. ЛГУ им. П. Стучки, 1975, с. 171—181.
18. K. Tanaka, Y. Hamakawa. Photochromic effect in impurity doped PLZT ceramics.— "Electron. Lett.", 1974, vol. 10, № 17, p. 350—351.
19. J. M. Rouchon, M. Vergnolle, F. Micheron. Photorefractive process in PLZT ceramics.— "Symp. Digest of IEEE Symp. on Appl. of Ferroelectrics", Albuquerque, New-Mexico, 1975, p. 106.
20. C. E. Land, W. D. Smith. PLZT ceramic numeric display devices.— "IEDM Techn. Dig.", 1974, p. 356—359.
21. А. Э. Круминь, А. Р. Штернберг, П. А. Августов, Э. А. Кривад. Исследование оптически индуцированного изменения двупреломления (ОИИД) в сегнетокерамике.— В кн.: Электрооптическая сегнетокерамика. (Учен. зап.). Т. 230. Рига, Изд. отд. ЛГУ им. П. Стучки, 1975, с. 185—209.
22. А. Р. Штернберг, А. Я. Важа, М. К. Антонова, А. Э. Круминь, И. Э. Бруверис, А. Э. Брант, П. П. Капостинь, Г. В. Либерт, Я. А. Харья. Получение и физические характеристики электрооптической сегнетокерамики на основе ЦТСЛ.— В кн.: Электрооптическая сегнетокерамика. (Учен. зап.). Т. 230. Рига, Изд. отд. ЛГУ им. П. Стучки, 1975, с. 185—209.
23. А. Р. Штернберг, А. Э. Капениекс, Э. Х. Пуриньш, В. А. Фрейманис, Т. Б. Романовский, А. П. Гаевскис, З. М. Лаздиня, И. Т. Перро. Исследование особенностей физических свойств в сегнетокерамике состава ЦТСЛ в области морфотропной границы.— В кн.: Электрооптическая сегнетокерамика. (Учен. зап.). Т. 230. Рига, Изд. отд. ЛГУ им. П. Стучки, 1975, с. 220—239.
24. Э. Э. Штиц, А. Э. Круминь, Ю. А. Звиргзд, М. А. Логин, Ю. К. Попов, А. Р. Штернберг. Экспериментальная установка для синхронного исследования электрооптических и диэлектрических характеристик сегнетозлектриков в импульсном режиме.— В кн.: Электрооптическая сегнетокерамика. (Учен. зап.). Т. 230. Рига, Изд. отд. ЛГУ им. П. Стучки, 1975, с. 170—184.
25. Э. Э. Клотиньш, А. Э. Круминь, В. Я. Ауза, У. Ю. Ильин, В. И. Димза. Распределение электрического поля в электрооптическом модуляторе света с планарными электродами.— В кн.: Электрооптическая сегнетокерамика. (Учен. зап.) Т. 230. Рига, Изд. отд. ЛГУ им. П. Стучки, 1975, с. 247—277.
26. W. R. Salaneck. Some fatiguing effects in 8/65/35 PLZT fine grained ferroelectric ceramic.— "Ferroelectrics", 1972, vol. 4, № 2, p. 97—101.
27. G. W. Taylor. A method of matrix addressing polarization rotating or retarding light-valve arrays.— "Proc. IEEE", 1970, vol. 58, № 11, p. 1812—1818.

Поступила в редакцию 2 февраля 1976 г.