

Г. И. ВИДРО, Е. Г. МУХИНА

(Саратов)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ СИСТЕМЫ ЦТСЛ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В ИНДИКАТОРНЫХ УСТРОЙСТВАХ

В последнее время среди пассивных индикаторов, являющихся фактически модуляторами световых потоков, поступающих извне, появились устройства, в качестве рабочего материала которых используется прозрачная сегнетокерамика [1—3]. Эти устройства обладают высоким быстродействием, устойчивостью к радиации и колебаниям температуры, нетребовательны к герметизации.

Принцип действия индикаторных устройств на основе сегнетокерамики и их конструктивные особенности в значительной мере определяются электрооптическими свойствами материала. В настоящей работе для исследования электрооптических характеристик сегнетокерамики — величины двулучепреломления (разности хода) и относительного светопропускания материала в скрещенных поляроидах в зависимости от величины управляющего электрического поля — использовалась установка, собранная на базе стандартного лазерного эллипсометрического микроскопа ЛЭМ-2. Измерения проводились в монохроматическом свете ($\lambda = 630$ нм). Интенсивность потока излучения определялась по величине фототока приемного устройства. Разность хода измерялась с помощью компенсатора Сенармона (фазовая пластина $\lambda/4$).

Исследования проводились на пластинах прозрачной сегнетокерамики, представляющей собой полученный горячим прессованием твердый раствор цирконата — титаната свинца, легированный лантаном (ЦТСЛ х/65/35), с различным содержанием лантана. Для подачи электрического поля на пластины наносились прозрачные электроды из окиси индия (In_2O_3).

На рис. 1 приведены зависимости светопропускания электрооптических модуляторов света на сегнетокерамике с различным содержанием лантана (поперечный электрооптический эффект). Содержание лантана в сегнетокерамике системы ЦТСЛ х/65/35 существенно влияет на зависимость светопропускания оптического модулятора света от величины управляющих напряжений. Уменьшение содержания лантана приводит к снижению управляющих напряжений. Однако при содержании лантана $\leq 8,5\%$ у сегнетокерамики наблюдается гистерезис поляризации. У этих об-

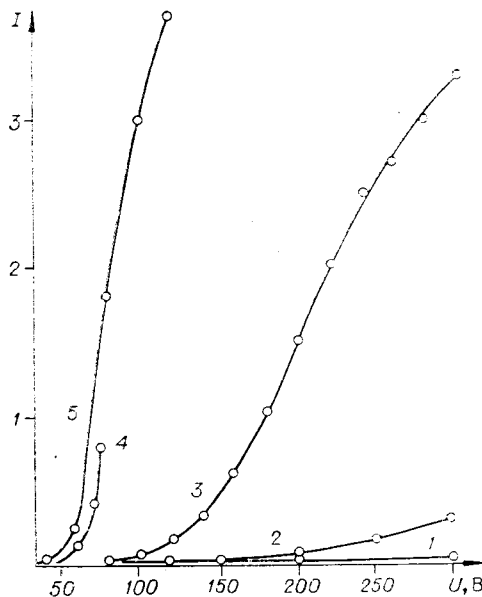


Рис. 1. Зависимость относительного светопропускания сегнетокерамики от величины управляющего напряжения (поперечный электрооптический эффект; промежуток между электродами 200 мкм):

1 — образец керамики с содержанием лантана 11%; 2 — 10,5%; 3 — 9,2%; 4 — 7,8%; 5 — 8,5%.

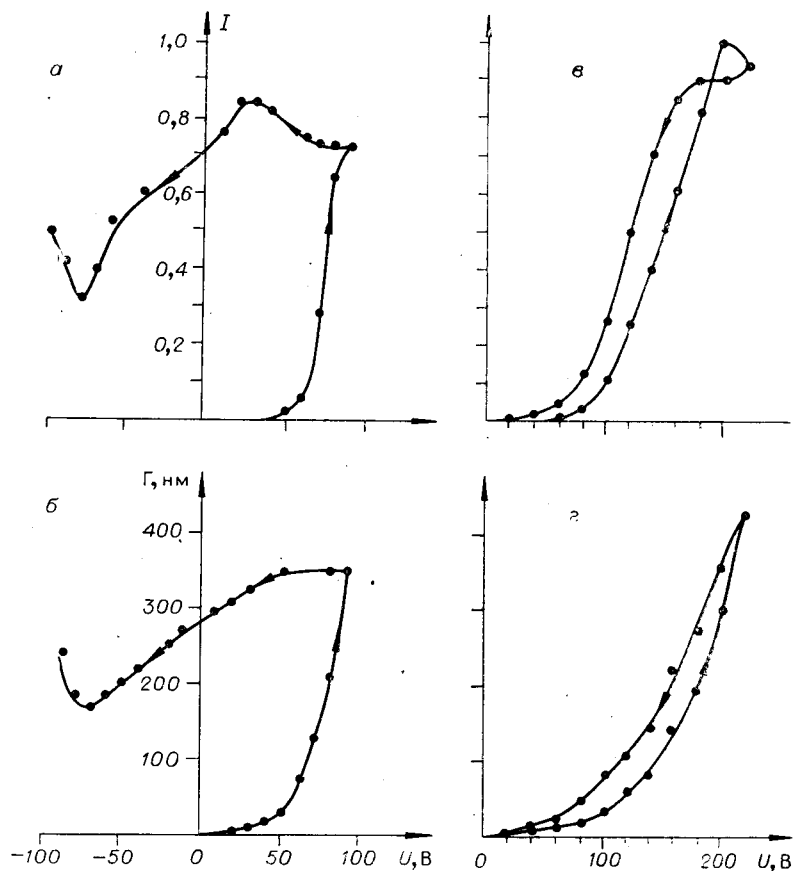


Рис. 2. Зависимость относительного светопропускания I и разности хода Γ от величины управляющего напряжения (поперечный электрооптический эффект; промежуток между электродами 200 мкм):
 а, б — образец керамики с содержанием лантана 7,8%; в, г — 9,2%.

разцов относительное светопропускание модулятора света при снятии электрического поля остается достаточно большим («память») и, к сожалению, имеется остаточное светопропускание даже при подаче электрического поля обратного знака (рис. 2, а), что согласуется с результатами работы [4].

Из рис. 2, б следует, что остаточное светопропускание связано с наличием остаточного двулучепреломления системы. Таким образом, электрически керамика с «памятью» деполяризуется неполностью. Наличие остаточного светопропускания такой системы снижает возможности использования ее в модуляторах света (индикаторных устройствах).

Следует отметить, что и у образцов, практически не имеющих диэлектрического гистерезиса ($La > 8,5\%$), наблюдается некоторое запаздывание на зависимости светопропускания модулятора света от напряжения U (см. рис. 2, в). Однако при снятии электрического поля электрооптический эффект у этих образцов вследствие деполяризации (разность хода $\Gamma = 0$) полностью исчезает (см. рис. 2, г).

Следовательно, для изготовления электрооптических модуляторов света целесообразно, по-видимому, использование прозрачной сегнето-керамики системы ЦТСЛ х/65/35 с узкой петлей диэлектрического гистерезиса. В такой керамике, согласно фазовой диаграмме, наблюдается квадратичный электрооптический эффект [5] При этом характеристики

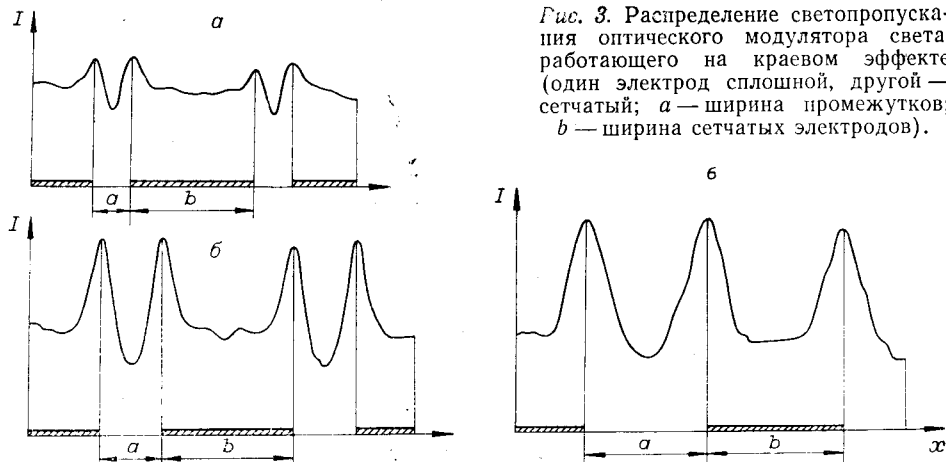


Рис. 3. Распределение светопропускания оптического модулятора света, работающего на краевом эффекте (один электрод сплошной, другой — сетчатый; a — ширина промежутков; b — ширина сетчатых электродов).

приборов существенно зависят от конфигурации управляющих электродов. В связи с тем, что увеличение расстояния между электродами приводит к росту управляющих напряжений, создание модуляторов света (индикаторных устройств) сравнительно большой площади может быть достигнуто путем использования системы микроэлектродов, представляющей собой чередующиеся прозрачные проводящие электроды и рабочие промежутки.

С изменением геометрии электродов изменяется распределение светопропускания в рабочем промежутке между электродами. Было установлено, что относительное светопропускание (поперечный электрооптический эффект) имеет спад вблизи электродов*. При этом распределение светопропускания более однородно при увеличении отношения величины рабочего промежутка к толщине пластины, что согласуется с данными работы [6].

Несколько иная картина распределения относительного светопропускания присуща электрооптическому модулятору, работающему на краевом эффекте (на одну сторону пластины сегнетокерамики нанесен сплошной прозрачный электрод, на другую — сетчатый [3, 7]). В этом случае основной эффект наблюдается у краев электродов (рис. 3), что связано с распределением перпендикулярной составляющей электрического поля при такой конфигурации электродов. Из рис. 3 следует, что электрооптический эффект имеет место и под электродами. Это приводит к увеличению общего светопропускания системы.

Из сравнения распределения относительного светопропускания модуляторов с различной геометрией электродов (см. рис. 3, a — $в$) следует, что величина относительного светопропускания изменяется

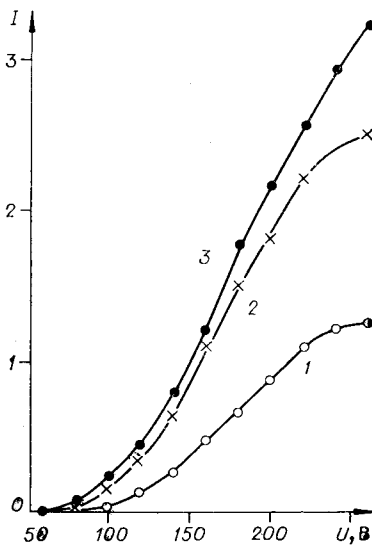


Рис. 4. Зависимость относительного светопропускания от величины управляющего напряжения (краевой эффект: a — ширина промежутка; b — ширина электрода; c — толщина пластины):

1 — $a : b : c = 1 : 4 : 4$; 2 — $a : b : c = 2 : 4 : 4$; 3 — $a : b : c = 4 : 4 : 4$.

* Измерения проводились с помощью регистрирующего микрофотометра.

не только у краев электродов, но и во всем межэлектродном промежутке. Так, при малом межэлектродном промежутке (см. рис. 3, *a*) наблюдается несколько более равномерное светопропускание, но при этом имеет место существенное уменьшение относительного светопропускания модулятора по всей площади (рис. 4, кривая 1).

Из рис. 3, 4 следует, что в случае соотношения ширины межэлектродного промежутка *a*, электродов *b* и толщины пластины *c*— $a:b:c=1:1:1$ (4:4:4) — можно получить достаточно высокие значения относительного светопропускания, используя сравнительно невысокие управляющие напряжения. Однако при этом распределение светопропускания не равномерно. При использовании такого электрооптического модулятора света в качестве индикаторного устройства изображение знака состоит из отдельных линий, размер которых определяется геометрией электродов. Уменьшение толщины пластины сегнетокерамики до размеров <100 мкм позволяет получить изображение знака, воспринимаемое визуально практически как равномерное. При этом могут быть также значительно снижены управляющие напряжения.

Проведенные исследования были использованы при конструировании индикаторных устройств на прозрачной сегнетокерамике, работающих как на поперечном, так и на краевом эффектах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лэнд С., Тэчер Ф. Электрооптические материалы на основе сегнетоэлектрической керамики и приборы.— «ТИИЭР», 1969, т. 57, № 5, с. 13.
2. Электрически управляемая керамика отпирает поляризованный «затвор».— «Электроника», 1975, № 11, с. 6.
3. Drake M. D. PLZT matrix-type block data composers.— “Appl. Opt.”, 1974, vol. 13, N 2, p. 347.
4. Капениекс А. Э., Клотиньш Э. Э., Круминь А. Э., Штернберг А. Р. Состояние проблемы и опыт создания управляемых транспарантов из прозрачной сегнетокерамики.— «Автометрия», 1976, № 4, с. 43.
5. Карл К., Гейзен К. Диэлектрические и оптические свойства квазисегнетоэлектрической PLZT-керамики.— «ТИИЭР», 1973, т. 61, № 7, с. 207.
6. Клотиньш Э. Э., Круминь А. Э., Ауза В. Я., Ильин У. Ю., Димза В. И. Распределение электрического поля в электрооптическом модуляторе с планарными электродами.— «Ученые записки. Электрооптическая сегнетокерамика». Рига, изд. Латв. ГУ им. П. Стучки, 1975, т. 230, с. 247.
7. Smith W. D. Memory and display applications for PLZT ceramics.— “J. Solid State Chem.”, 1975, vol. 12, p. 186.

*Поступила в редакцию 25 марта 1977 г.;
окончательный вариант — 19 июля 1977 г.*