

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ, ВЫЗВАННЫХ ВНЕШНИМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ, В КЕРАМИКЕ НА ОСНОВЕ ЦИРКОНАТА-ТАНТАЛАТА СВИНЦА-ЛАНТАНА

Ю.А.Попов, А.Б.Боковиков

Научно-исследовательский институт физики и прикладной математики
при Уральском государственном университете,
620083, Екатеринбург, Россия
(Поступило в Редакцию 7 декабря 1993 г.)

В последнее время одним из наиболее перспективных применений прозрачной керамики на основе цирконата-танталата свинца-лантана (ЦТСЛ) становится ее использование в качестве активного элемента для управляемых светофильтров, рассчитанных для работы в видимой области спектра.

Данный материал обладает высокими электрооптическими параметрами при достаточно равномерном распределении их значений в объеме материала, что позволяет создавать на их основе широкоапертурные (до 100 мм и более) активные оптические элементы.

Традиционно данный материал применялся для создания широкоапертурных электрооптических модуляторов света и других подобных активных оптических элементов [1-3]. При этом рабочее значение напряженности электрического поля составляет обычно от 8 до 10 кВ/см. Применение данного материала для создания управляемых светофильтров (т.е. светофильтров с регулируемой формой спектра пропускания) требует значительно больших управляющих полей — до 15-25 кВ/см. Кроме того, в этом случае значительную роль начинает играть временная стабильность зависимости электрооптических показателей от управляющего напряжения.

Электрооптический эффект в сегнетокерамике ЦТСЛ исследуется уже достаточно давно [4-6]. Известны также исследования изменения микроскопической структуры керамики под действием внешнего электрического поля [7], где выявлены процессы с большими постоянными времени.

На протяжении ряда лет данный материал нами применялся в качестве активного элемента для создания управляемых светофильтров. В ходе работы был выявлен эффект нестабильности во времени спектра пропускания светофильтра, который нельзя объяснить внешними факторами (нестабильностью управляющего напряжения или изменением температуры окружающей среды). Отсюда было сделано предположение о наличии некоторых переходных процессов в сегнетокерамике, вызванных внешним электрическим полем.

Настоящая работа посвящена исследованию переходных процессов, т.е. процессов, вызванных изменением внешнего электрического поля, в ЦТСЛ керамике состава 9.75/65/35.

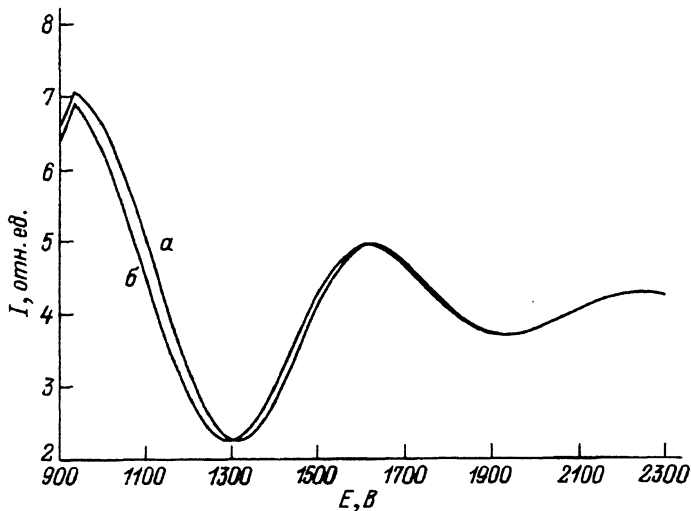


Рис. 1. Зависимость интенсивности прошедшего света от управляющего напряжения при приложении напряжения пилообразной формы.

a — после 15 циклов, *b* — после 480 циклов.

Была использована следующая схема эксперимента. Излучение от источника света пропускали через систему из скрещенных поляризаторов, между которыми расположена пластинка из ЦТСЛ керамики размерами 22×30 мм и толщиной 0.55 мм. На одну из граней пластинки была напылена система встречно-штыревых электродов с постоянным шагом 1 мм. Пластинка расположена так, что ось наибольшей скорости наведенного двупреломления составляла угол 45 град с осями пропускания поляризаторов. Прошедшее через систему излучения регистрировалось фотоприемником.

Поскольку измерение спектра в реальном времени — достаточно трудоемкая операция, то измеряли не спектр пропускания полученной поляризационно-оптической системы, а интегральное излучение, прошедшее через нее в рабочем интервале длин волн света.

Действительно, спектр пропускания описанной системы можно представить в следующем виде:

$$I(\lambda, E) = \cos^2 \left(\frac{2\pi}{\lambda} l \Delta n(E) \right), \quad (1)$$

где λ — длина волны света, Δn — двупреломление, зависящее от приложенного напряжения, l — толщина пластинки.

Интегральная интенсивность, измеряемая фотоприемником, при этом будет зависеть от приложенного напряжения

$$I(E) = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} I(\lambda, E) S(\lambda) d\lambda, \quad (2)$$

где λ — длина волны света, $S(\lambda)$ — спектральная характеристика фотоприемника.

Характерный вид этой зависимости при толщине пластинки 0.55 мм в рабочем диапазоне напряжений (что соответствует наведенному дупреломлению примерно от 0.0005 до 0.0025) представлен на рис. 1, из которого видно, что путем измерения этой зависимости можно косвенно судить об изменении спектра пропускания системы и, следовательно, об изменении наведенного дупреломления.

При проведении измерений на пластинку циклически подавалось линейно нарастающее напряжение и одновременно с этим измерялась интенсивность прошедшего через систему излучения. Таким образом, были созданы квазистационарные условия, в которых наблюдался переходный процесс. Напряжение, прилагаемое к пластинке, изменялось от 900 до 2300 В, что соответствует изменению напряженности поля от 9000 до 23 000 В/см. Продолжительность одного цикла составляла 0.8 с, что обеспечивало наблюдение достаточно быстро протекающих процессов.

В ходе экспериментов были получены семейства кривых (рис. 1 и 2), измеренных через различные промежутки времени после длительной (24 ч) выдержки пластинки в отсутствие поля. На обоих рисунках приведены лишь первая и последняя из последовательно измеренных кривых. При этом напряжение на пластинке имело пилообразную с периодом 0.8 с (рис. 1) и треугольную с периодом 1.6 с (рис. 2) формы. Во всех случаях измерение производилось при нарастании управляющего напряжения. Видно, что с течением времени происходит смещение кривой в сторону меньших напряжений, причем величина этого смещения разная для разных управляющих напряжений и уменьшается по мере роста напряжения. Видно принципиальное различие кривых на рис. 1 и 2 в области низких управляющих напряжений.

На рис. 3 приведена зависимость смещения кривых, представленных на рис. 1, от времени (для точки $E = 11\,360$ В/см), откуда можно получить величину постоянной времени. Она составляет 191 с. На

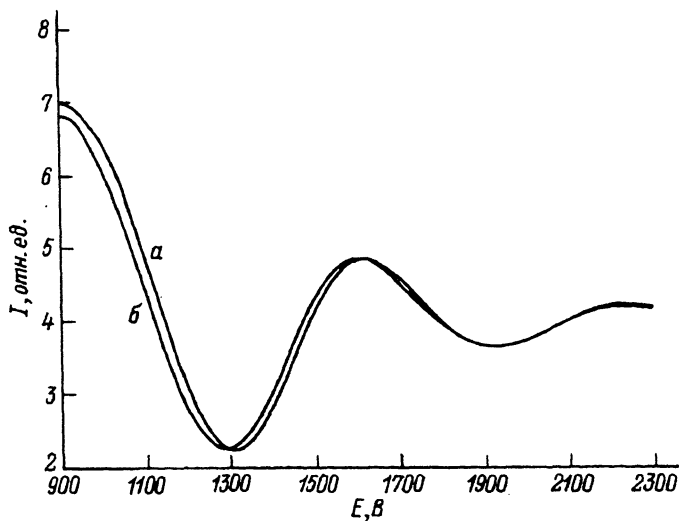


Рис. 2. Зависимость интенсивности прошедшего света от управляющего напряжения при приложении напряжения треугольной формы.

a — после 15 циклов, *b* — после 480 циклов.

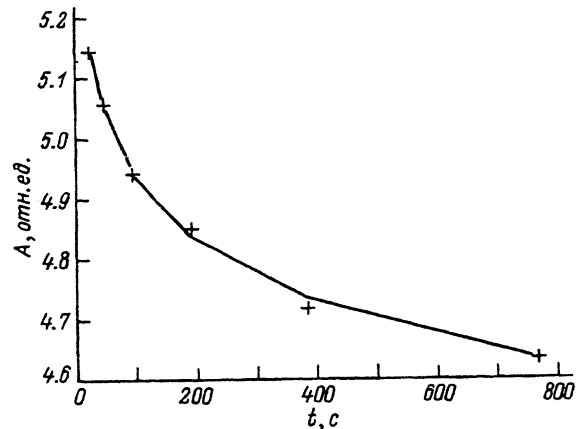


Рис. 3. Зависимость величины смещения кривой A относительно исходного положения от времени.

рис. 4 приведена зависимость величины смещения кривых от управляющего напряжения в течение цикла его нарастания, откуда, зная длительность цикла, можно получить величину еще одной постоянной времени. Она составляет 0.32 с.

Наблюдаемый сдвиг кривых в сторону меньших напряжений можно объяснить перераспределением упругого поля внутри керамической пластины при скачкообразном изменении внешнего электрического поля. Поскольку в исходном состоянии (при длительной выдержке в отсутствие электрического поля) упругое поле имеет хаотическую структуру, при приложении внешнего электрического поля вследствие обратного пьезоэлектрического эффекта происходят перераспределение исходного упругого поля и, как следствие этого процесса, сравнительно медленное изменение электрооптических параметров.

Таким образом, в результате проведенных экспериментов выявлен факт наличия в сегнетокерамике ПТСЛ 9.75/65/35 с квадратичным электрооптическим эффектом переходных процессов, вызванных изменением внешнего поля. Выявлены как минимум два переходных процесса при изменении управляющего напряжения: быстрый (с постоянной времени 0.32 с) и медленный (постоянная времени 191 с). Оба процесса можно качественно объяснить перераспределением внутреннего упругого поля при изменении внешнего электрического поля и связанным с ним изменением электрооптических параметров материала.

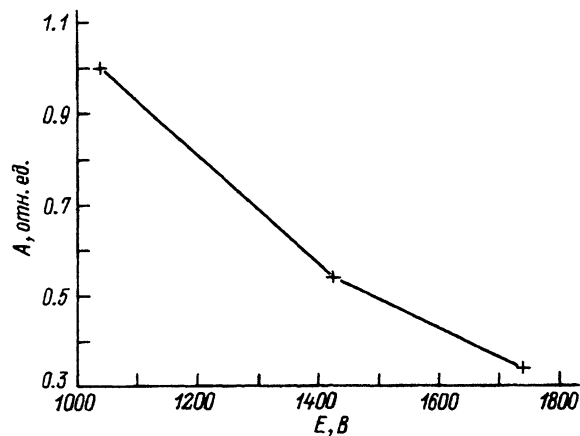


Рис. 4. Зависимость величины смещения кривой A относительно исходного положения от управляющего напряжения.

- [1] Трофимов И.Е. // III Межведомственный семинар-выставка "Получение, исследование и применение прозрачной сегнетокерамики". Тез. докл. Рига, 1988. С. 256-258.
- [2] Дадешидзе В.В., Джмугадзе Д.Ф., Цнобиладзе Н.А. // Там же. С. 262-264.
- [3] Котлерис Ю.Я., Клотиньш Э.Э. // Структура и свойства сегнетоэлектриков. Сб. науч. тр. Рига, 1983. С. 144-171.
- [4] Борисов В.Л., Красавчиков А.В. // III Межведомственный семинар-выставка "Получение, исследование и применение прозрачной сегнетокерамики". Тез. докл. Рига, 1988. С. 119-121.
- [5] Штернберг А.Р., Хлидек П., Звара М. // Физические свойства сегнетоэлектрических материалов. Сб. науч. тр. Рига, 1981. С. 13-22.
- [6] Кните М.Э. // Актуальные проблемы физики и химии сегнетоэлектриков. Сб. науч. тр. Рига, 1987. С. 108-129.
- [7] Шебанов Л.А. // III Межведомственный семинар-выставка "Получение, исследование и применение прозрачной сегнетокерамики". Тез. докл. Рига, 1988. С. 89-91.

05;07;12

Журнал технической физики, т. 64, в. 10, 1994

© 1994 г.

СТРУКТУРНЫЕ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК PZT , ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Ю.Н. Дроздов, Е.Б. Ключенков, Л.А. Суслов

Институт прикладной физики РАН,
603600, Нижний Новгород, Россия
(Поступило в Редакцию 22 декабря 1993 г.)

Конденсаторные структуры с ориентированными пленками сегнетоэлектрических материалов, в частности $PbZr_xTi_{1-x}O_3$ (PZT), являются весьма перспективными объектами для создания на их основе элементов памяти [1]. Технология изготовления таких структур включает в себя получение структурно совершенных нижних электродов, эпитаксиальный рост на них пленок сегнетоэлектриков и нанесение верхних электродов; кроме того, полный технологический процесс может включать и промежуточные этапы фотолитографического формирования рисунков на различных слоях. В работе [2] показано, что вследствие хорошего соответствия кристаллографических параметров в качестве нижних электродов для пленок PZT целесообразно применять эпитаксиальные слои высокотемпературного сверхпроводника $YBa_2Cu_3O_x$ ($YBCO$). Поскольку в настоящее время для получения слоев $YBCO$ хорошо отработан метод лазерного распыления, то представляется важным осаждение пленок PZT тем же методом, что позволит создавать конденсаторные структуры в едином технологическом цикле.

В настоящей работе приводятся результаты исследования структурных и диэлектрических свойств пленок PZT , осажденных из эрозионной лазерной плазмы в среде кислорода на подложки монокристаллического титаната стронция $SrTiO_3$ (STO) с ориентацией (001) как без подслоев, так и с подслоями $YBCO$.