

АКУСТИЧЕСКИ ИНДУЦИРОВАННАЯ ДОМЕННАЯ СТРУКТУРА В НИОБАТЕ ЛИТИЯ

О.В.Быстров, А.В.Голенищева-Кутузов

*Казанский филиал Московского энергетического института
420066 г.Казань, Россия*

Поступила в редакцию 15 декабря 1994 г.

Обнаружено возникновение периодической структуры доменов с инверсной поляризацией в кристалле ниобата лития при возбуждении стоячей поверхностной акустической волны с одновременным облучением лазерным пучком в интервале температур 130 – 150 °С.

Создание периодических структур доменов в сегнетоэлектриках уже в течение двадцати лет является актуальной проблемой для акусто- и оптоэлектроники, поскольку с их помощью возможны генерирование и детектирование ультра- и гиперзвуковых волн, генерация второй гармоники лазерного излучения с эффективностью, значительно превышающей монодоменные преобразователи. Кроме того, изучение индуцированных доменных структур представляет значительный интерес в познании механизмов образования сегнетоэлектрических доменов.

К настоящему времени разработано несколько способов формирования регулярных доменных структур путем термической обработки в градиентном электрическом поле [1], путем воздействия сканирующим электронным пучком [2] и пространственно-периодическим легированием поверхности различными ионами [3]. Ширина доменов в исследованных образцах LiNbO_3 , LiTaO_3 , KTiOPO_4 могла варьироваться от долей микрометра до миллиметров. Однако эти способы достаточно сложны и поэтому уже давно в литературе обсуждается вопрос о возможности возникновения периодических доменных структур в фоторефрактивных кристаллах под действием оптического облучения [4]. В частности, были получены так называемые голографические решетки с периодическим изменением показателя преломления под действием оптического облучения в виде двух интерферирующих пучков [5], а также под действием однородного оптического облучения в условиях распространения поверхностных или объемных акустических волн [6,7]. Однако в обоих случаях удавалось получить только униполярные периодические изменения электрического поля в образцах без возникновения инвертированных направлений электрических полей в соседних полосах.

В данной статье мы сообщаем, по-видимому, о первом наблюдении возникновения регулярной доменной структуры в ниобате лития при одновременном облучении кристаллов лазерным пучком и возбуждении стоячей поверхностной акустической волны (ПАВ). Образцы ниобата лития в виде тонких пластин ($d = 1$ мм) YZ -срезы содержали ионы железа с концентрацией $10^{-2} - 10^{-4}$ ат.%. Стоячие ПАВ возбуждались вдоль оси Z с помощью системы двух встречно-штыревых преобразователей на частоте 34,1 МГц с амплитудами относительных деформаций $\varepsilon \sim 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-4}$. Облучение YZ -поверхности создавалось с помощью однородных пучков лазеров с длинами волн 0,53 и 0,63 мкм с интенсивностями от 50 до 500 мВт/см². Акустическое и оптическое воздействия

варьировались от 5 до 50 мин при термостатировании образцов в интервале температур 20 – 160 °С (рис.1).

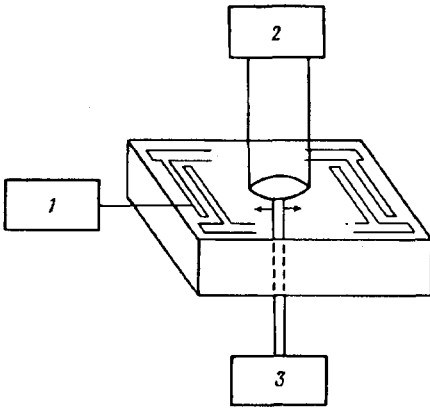


Рис.1

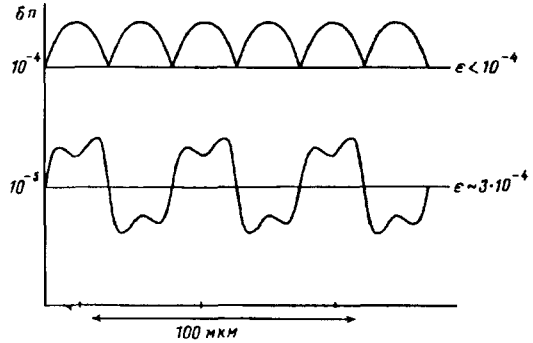


Рис.2

Рис.1. Схематическое изображение записи и считывания периодической доменной структуры: 1 – генератор ПАВ; 2 – силовые лазеры; 3 – считывающий лазер
Рис.2. Структуры изменений показателя преломления: 1 – однополярная; 2 – биполярная

Обнаружение доменной структуры производилось компенсационным методом измерения изменений показателя преломления δn с помощью сканирования вдоль оси Z фокусированным пучком (диаметр 10 мкм) маломощного гелий-неонового лазера. Как известно [5], при фоторефрактивном эффекте δn прямо пропорционально величине индуцированного в образце электрического поля E_i . Таким образом, знак и значение δn будут определять направление и величину поля E_i . Индуцированные одновременным акустическим и оптическим воздействием значения δn исследовались после охлаждения образцов до комнатной температуры.

Было обнаружено, что при $\varepsilon < 10^{-4}$ и указанном температурном диапазоне изменения δn имеют вид униполярной периодической структуры с периодом, кратным длине акустической волны (рис.2, кривая 1), что неоднократно наблюдалось и ранее [6, 7], причем форма и амплитуда δn мало зависели от температуры и интенсивности оптических пучков. Однако при увеличении амплитуды деформации в стоячей ПАВ до $3 \cdot 10^{-4}$ и температурах 130–150 °С было обнаружено симметричное биполярное изменение показателя преломления (рис.2, кривая 2). Искажения симметричной формы связаны с генерацией второй гармоники ПАВ. Изменения δn составляли $\sim 5 \cdot 10^{-4}$ при облучении с $\lambda_{ин} = 0,67$ мкм и $8 \cdot 10^{-4}$ при $\lambda_{ин} = 0,53$ мкм, что соответствовало величинам индуцированных полей $6 \cdot 10^4$ В/см и $9 \cdot 10^4$ В/см. Мы полагаем, что такой полосовой характер δn соответствует изменению направления поля E_i в соседних полосах на π , то есть возникновению периодической доменной структуры. Возникшая доменная структура весьма устойчива, ее нельзя было стереть интенсивным ультрафиолетовым облучением и повторным нагревом до 500 °С.

Механизм образования акустоиндуцированной доменной акустоиндуцированной доменной структуры в фоторефрактивной среде можно представить следу-

ющим образом. Под действием оптического облучения происходит возбуждение свободных электронов от примесных (ионы Fe^{2+}) или структурных ($\text{Nb}-\text{V}_0$) центров, которые затем перераспределяются в поле стоячей ПАВ и впоследствии поглощаются ловушечными центрами (ионы Fe^{3+}).

Перераспределение электронов и создает однополярное изменение показателя преломления без образования доменной структуры. С повышением температуры до 150°C увеличивается подвижность ионов, входящих в решетку кристалла. Их перемещение в поле электронных зарядов и образует, по нашему мнению, доменную структуру. Известно [4, 8], что при повышении температуры до 150°C необходимое поле для изменения направления поляризации понижается до 10^4 В/см по сравнению с 10^6 В/см при комнатной температуре. Как показали наши оценки, выполненные с помощью акустоэлектрического эффекта, повышение амплитуды деформации в ПАВ позволяет значительно повысить плотность распределения электронов в пучностях волны и создать поля от $5 \cdot 10^4$ В/см до 10^5 В/см. Наиболее вероятными ионами смещения являются группы OH^- , оптический спектр которых несколько изменяется при нагреве.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 94-02-04234а).

-
1. В.В.Антипов, А.А.Блистанов, Н.С.Сорокин, С.И.Чижиков, Кристаллография **30**, 428 (1985).
 2. M.Gupta, W.Kozlovsky, and A.Nutt, Appl. Phys. Lett. **64**, 3210 (1994).
 3. N.Ming, J.Hong, and D.Peng, J.Mater. Sci. **17**, 1663 (1982).
 4. R.Matuil and R.Pupp, J.Phys. D. **21**, 1556 (1988).
 5. М.Лайнс, А.Гласс. Сегнетоэлектрики и родственные им материалы, М.: Мир, 1981.
 6. N.Berg, B.Udelson, and T.Lee, Appl. Phys. Lett. **31**, 555 (1977).
 7. Ю.В.Владимирцев, А.В.Голенищев-Кутузов, Письма в ЖТФ **9**, 909 (1983).
 8. V.Kovalevich, L.A.Shuvalov, and T.R.Volk, Phys. Stat. Sol. A **45**, 249 (1978).