

Влияние отжига на пьезоэлектрические свойства кристаллов SBN

© О.В. Малышкина, А.А. Мовчикова, Б.Б. Педько

Тверской государственный университет,
170002 Тверь, Россия

E-mail: Olga.Malyshkina@mail.ru

Показано, что кристаллы ниобата бария-стронция $\text{Sr}_{0.61}\text{Ba}_{0.39}\text{Nb}_2\text{O}_6$ (SBN), подвергшиеся высокотемпературному отжигу, поляризуются в постоянном электрическом поле более однородно, чем неотожженные образцы. Исследования проведены на беспримесных монокристаллах SBN и SBN с примесями Cr и Ce.

Работа выполнена при поддержке программы Минобрнауки РФ 2.1.1.3674.

PACS: 77.22.Ej, 77.70.+a, 77.84.Dy

Твердые растворы ниобата бария-стронция $\text{Sr}_x\text{Ba}_{1-x}\text{Nb}_2\text{O}_6$ (SBN) интересны тем, что частично заполненная кристаллическая структура данных материалов позволяет вводить довольно широкий диапазон примесей (от ионов переходных металлов до редкоземельных ионов), которые могут существенно изменять диэлектрические и оптические свойства [1,2]. С учетом этого обстоятельства представляет интерес исследование влияния высокотемпературного отжига на пьезоэлектрические свойства кристаллов SBN с примесями Ce и Cr и их сравнение с теми же характеристиками беспримесных образцов.

В настоящей работе исследовано влияние высокотемпературного отжига (отжиг производился в воздушной атмосфере при температуре 200°C) на состояние поляризации в беспримесных кристаллах SBN ($x = 0.61$) и SBN, легированных ионами Ce^{3+} (200, 500, 1000 и 4000 ppm) и Cr^{3+} (1000 и 2000 ppm). Большую информацию по распределению поляризации и объемного заряда в сегнетоэлектрических кристаллах можно получить, исследуя частотные зависимости пьезотока. При наличии в образце неоднородного распределения поляризации пьезокоэффициент, рассчитанный по величине пьезотока, зависит от степени монодоменности образца, и, следовательно, его можно считать эффективным пьезокоэффициентом, характеризующим униполярность сегнетоэлектрика и зависящим от координаты.

Исследования проводились динамическим методом с использованием прямоугольной модуляции теплового потока. Измерения пьезокоэффициента проводились для сторон образца, соответствующих выходу отрицательного и положительного концов вектора поляризации ($-P_s$ и $+P_s$ соответственно). Направление вектора поляризации определялось путем сравнения фазы основного сигнала с фазой опорного сигнала, поступающего с генератора на экран осциллографа.

Во всех поляризованных образцах SBN как с примесью Ce, так и с примесью Cr (рис. 1), наблюдалось неоднородное распределение пьезокоэффициента по толщине образца. Обнаружено увеличение пьезокоэффициента в слое, лежащем на глубине от $30\ \mu\text{m}$ до $80\text{--}120\ \mu\text{m}$ (в зависимости от вида и концентрации примеси). У поляризованных кристаллов с двойной при-

месью наблюдается аналогичное состояние поляризации в поверхностном слое. В то же время у беспримесного кристалла SBN увеличение пьезокоэффициента в поверхностном слое наблюдается только на стороне, соответствующей $-P_s$. На другой стороне величина пьезотока вблизи поверхности незначительно меньше, чем в глубине. Описанное выше поведение пьезокоэффициента свидетельствует о том, что поляризация в слое больше, чем вблизи поверхности и в глубине кристалла. Такой характер распределения пьезокоэффициента может свидетельствовать о том, что полной поляризации кристалла во вращаемом поле не происходит. Полученные результаты полностью согласуются с исследованиями электрооптических свойств SBN [3].

Высокотемпературный отжиг примесных кристаллов SBN приводит к их полной деполяризации, тогда как у беспримесных кристаллов SBN в результате отжига наблюдается частичная переполаризация образца. Так, по направлению пьезотока установлено, что вектор поляризации с обеих сторон образца направлен из глубины к поверхности. Данный факт свидетельствует о том, что

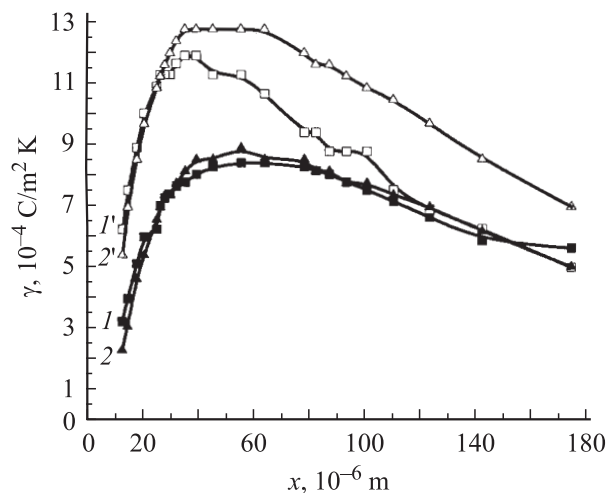


Рис. 1. Распределение эффективных значений пьезокоэффициента по толщине кристаллов SBN, легированных Ce (1000 ppm) (1 и 1') и Cr (1000 ppm) (2 и 2'). 1, 2 соответствуют положительному концу вектора поляризации; 1', 2' — отрицательному.

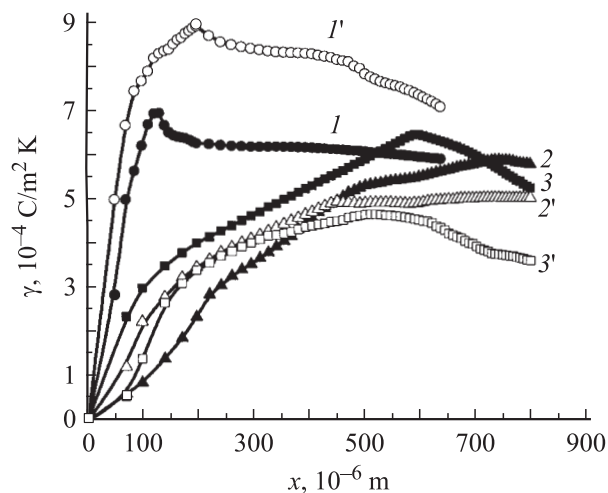


Рис. 2. Координатная зависимость эффективного значения пьрокоэффициента для беспримесного кристалла SBN (I, I'), SBN:Cr (1000 ppm) ($2, 2'$), SBN:Ce (1000 ppm) ($3, 3'$). $I-3$ соответствуют положительному концу вектора поляризации, $I'-3'$ — отрицательному.

после отжига в беспримесном кристалле SBN возникает система встречных доменов, существование которых отмечалось авторами [4].

Повторная поляризация отожженных образцов показывает, что в этом случае образцы поляризуются более однородно. Об этом свидетельствует как прямоугольная форма пьроотклика, наблюдаемая на частоте 1 Hz, так и расчет координатных зависимостей пьрокоэффициента (рис. 2). У всех поляризованных отожженных кристаллов SBN эффективное значение пьрокоэффициента, наблюдаемое в глубине образца, больше, чем у поляризованных неотожженных образцов.

Более однородное распределение поляризации по толщине кристаллов SBN, наблюдаемое у отожженных образцов, по сравнению с неотожженными можно объяснить изменением условий зародышеобразования и увеличением подвижности доменных стенок. Об увеличении подвижности доменных границ также свидетельствуют эксперименты по наблюдению теплового эффекта Баркгаузена в этих кристаллах [5].

Авторы благодарят профессоров S. Karphan и R. Pankrath (Университет г. Оснабрюк, ФРГ) за предоставленные для исследования кристаллы.

Список литературы

- [1] Ю.С. Кузьминов. Сегнетоэлектрические кристаллы для управления лазерным излучением. Наука, М. (1982).
- [2] T. Woike, U. Doerfler, L. Tsankov, G. Weckwerth, D. Wolf, M. Woehlecke, T. Granzow, R. Pankrath, M. Imlau, W. Kleemann. Appl. Phys. B **72**, 661 (2001).
- [3] Т.Р. Волк, Н.Р. Иванов, Д.В. Исаков, Л.И. Ивлева, П.А. Лыков. ФГТ **47**, 2, 293 (2005).

- [4] Н.М. Бездетный, А.Х. Зейналы, В.Е. Хуторский. Изв. АН СССР. Сер. физ. **48**, 1, 200 (1984).
- [5] O.V. Malyshkina, A.A. Movchikova, B.B. Ped'ko, T.O. Zaznabin. The International Jubilee Conference „Single crystals and their application in the XXI century — 2004“. VNIISIMS, Alexandrov (2004). P. 166.