

Исследование процессов переключения кристаллов ниобата бария-стронция методом теплового эффекта Баркгаузена

© Н.Н. Большакова, Т.О. Зазнобин, В.В. Иванов, Е.Б. Муравьева, Б.Б. Педько

Тверской государственной университет,
170002 Тверь, Россия

E-mail: Boris.Pedko@tversu.ru

Впервые исследована термоиндуцированная перестройка доменной структуры кристаллов ниобата бария-стронция с фоторефрактивными примесями хрома и церия методом теплового эффекта Баркгаузена.

Работа выполнена при поддержке программы Минобразования РНП 2.1.1.3674.

PACS: 77.80.Dj, 77.84.-s, 77.84.Dy

1. Введение

В настоящее время внимание исследователей привлекают кристаллы, обладающие релаксорными свойствами, среди которых выделяется ниобат бария-стронция $\text{Sr}_x\text{Ba}_{1-x}\text{Nb}_2\text{O}_6$ (SBN) (конгруэнтный состав $x = 0.61$) — фоторефрактивный материал, широко используемый в нелинейной оптике [1,2].

Целью настоящей работы является изучение процессов переполяризации кристаллов чистого SBN и примесных SBN:Ce, SBN:Cr, SBN:(Ce + Cr) в интервале температур 0–150°C, включающем область точки Кюри (T_p), методом теплового эффекта Баркгаузена [3]. Интенсивность перестройки доменной структуры оценивалась по скорости следования скачков переполяризации. Концентрации примесей 500 и 2000 ppm соответствуют их содержанию в шихте, используемой при росте кристаллов (1 ppm = 10^{-4} at.%).

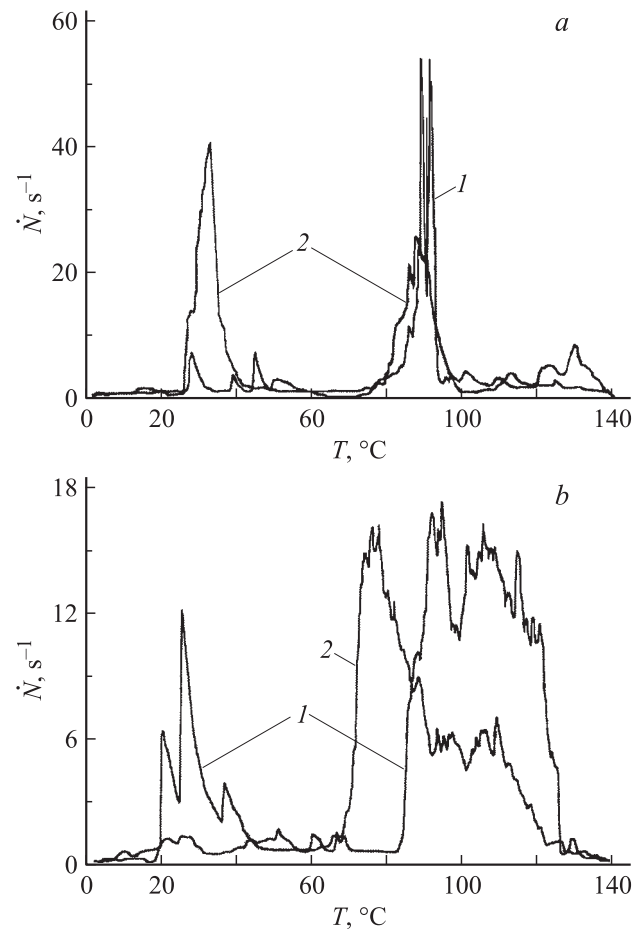
2. Экспериментальные результаты

Установлено, что при первичном нагревании как чистых, так и примесных образцов SBN в отсутствие внешних электрических полей в интервале температур 30–130°C возникают единичные скачки переполяризации, что свидетельствует о слабовыраженной перестройке доменной структуры. Для активизации этих процессов нагревание кристаллов проводилось в присутствии постоянного электрического поля.

При нагревании беспримесного образца SBN в присутствии постоянного электрического поля $E = 100$ V/cm скачки переполяризации появляются при $T \sim 30^\circ\text{C}$, наиболее интенсивно они реализуются в интервале температур 80–100°C, наибольшая скорость их следования составляет ~ 50 s $^{-1}$ (кривая 1 на рисунке, а). Кривая $N(T)$ имеет один ярко выраженный максимум при $T \sim 90^\circ\text{C}$. Отметим, что скачки переполяризации наблюдаются при температурах, превышающих области точки Кюри ($T_p \sim 80^\circ\text{C}$), определенную по максимуму температурной зависимости диэлектрической проницаемости.

Нагревание образцов SBN:Ce (кривая 2 на рисунке, а) и SBN:(Ce + Cr) (кривая 1 на рисунке, б) в при-

сутствии внешнего электрического поля 100 V/cm вызывает появление скачков переполяризации при $T \sim 20^\circ\text{C}$. Обращают на себя внимание два максимума на температурной зависимости скорости следования скачков переключения, первый из которых лежит существенно ниже T_p (в интервале температур 25–50°C), а второй — в



Температурные зависимости скорости следования скачков переключения ($E = 100$ V/cm), полученные для различных кристаллов. а — чистый SBN (1), SBN:Ce 500 ppm (2); б — SBN:(Ce + Cr) 500 ppm (1), SBN:Cr 2000 ppm (2).

интервале 80–110°C, что на $\sim 30^\circ\text{C}$ выше температуры фазового перехода.

Нагревание образцов SBN с примесью Cr при той же величине приложенного поля сопровождается появлением скачков переполаризации при $T \sim 15^\circ\text{C}$ (кривая 2 на рисунке, *b*). Наиболее интенсивно они реализуются в температурном интервале 60–120°C. При этом кривая $\dot{N}(T)$ имеет лишь один максимум.

Для поляризованных образцов скорость следования скачков Баркгаузена на два порядка выше, чем в случае неполяризованного. Для всех образцов на кривой $\dot{N}(T)$ наблюдаются два ярко выраженных максимума в областях температур 20–60 и 90–130°C.

3. Обсуждение результатов

Известно, что кристаллы SBN:0.61 имеют 180° доменную структуру [4–6]. Для них характерны относительно крупные иглообразные домены — четырехгранные пирамиды с поперечным сечением $\sim 12\ \mu\text{m}$, длиной 0.2–0.5 mm и углом при вершине порядка 0.5° . При приложении поля преобладает их фронтальное прорастание, а стадия бокового движения доменных стенок и „слипания“ доменов выражена слабо. В кристаллах SBN выявляется и более мелкая доменная структура [7], ее средний поперечный размер $2.5\ \mu\text{m}$, высота $\sim 12\ \mu\text{m}$, а угол при вершине $\sim 10^\circ$, что в 20 раз больше, чем у иглообразных доменов. Эта структура сильно электрически компенсирована и малоподвижна. Два максимума на кривой температурной зависимости скорости следования скачков переключения могут отражать различия в поведении этих доменов: низкотемпературная аномалия соответствует перестройке крупной игольчатой доменной структуры, а высокотемпературная — менее подвижной мелкой структуры. Методом травления в кристаллах SBN:Cr выявлена значительно более мелкая доменная структура по сравнению с SBN:Ce, тогда как крупная игольчатая не обнаружена. Поэтому на зависимости $\dot{N}(T)$ для кристаллов SBN:Cr наблюдается единственный максимум.

Появление скачков переполаризации при изменении температуры кристаллов SBN вызвано внутренним деполаризующим полем [8], величина которого оценена для центральной части пластины: $E_3 \sim 0.3\ \text{kV/cm}$ ($\dot{T} = 0.7\ \text{K/s}$). Напряженность E_3 близка к величине „порогового“ поля начала переключения кристаллов группы SBN $\sim 0.2\ \text{kV/cm}$ [9,10].

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

Список литературы

- [1] R. Neurgaonkar, W. Cory, J. Oliver, M. Ewbank, W. Hall. Opt. Eng. В 62, 392 (1987).
- [2] Th. Woike, G. Weckwerth, R. Pankrath. Solid State Commun. В 102, 743 (1997); Appl. Phys. В 72, 661 (2001).

- [3] В.М. Рудяк. Процессы переключения в нелинейных кристаллах. М. (1986). 248 с.
- [4] L.A. Bursill, P.J. Lin. Phil. Mag. В 54, 157 (1986).
- [5] G. Fogarty, B. Steiner, M. Cronin-Golomb, U. Laor, M.H. Garrett, J. Martin, R. Uhrin. J. Opt. Soc. Am. В 13, 11, 2636 (2003).
- [6] Н.Р. Иванов, Т.Р. Волк, Л.И. Ивлева, С.П. Чумакова, А.В. Гинзберг. Кристаллография 47, 6, 1065 (2002).
- [7] Н.Р. Иванов, Т.Р. Волк, Л.И. Ивлева, С.П. Чумакова, А.В. Гинзберг. Кристаллография 49, 6, 1115 (2004).
- [8] Н.Н. Большакова, В.М. Рудяк, Н.Н. Черешнева. Кристаллография 42, 6, 1096 (1997).
- [9] В.Ю. Салобутин. Автореф. канд. дис. Твер. ун-т, Тверь (2000).
- [10] Д.В. Исаков. Автореф. канд. дис. ИК РАН, М. (2003). 22 с.