

# Исследование низко- и инфранизкочастотного диэлектрического отклика тонких пленок BST

© Р.А. Лалетин, А.И. Бурханов, **А.В. Шильников**, А.С. Сигов\*, К.А. Воротилов\*, В.А. Васильев\*

Волгоградский архитектурно-строительный университет,  
400074 Волгоград, Россия

\* Московский государственный институт радиотехники,  
электроники и автоматики (Технический университет),  
119454 Москва, Россия

E-mail: postmaster@vgasa.ru

Проведено исследование низко- и инфранизкочастотных диэлектрических свойств тонких пленок  $\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{TiO}_3$ , отожженных при температуре 750 и 900°C, в широкой области температур (от -180 до +100°C), частот (от 0.1 Hz до 10 kHz) и амплитуд электрического поля (от 15 до 255 kV/cm). Обнаружено, что в образцах имеет место гигантская релаксация, характерная для слоистых гетерогенных структур. Отмечено, что более высокая температура (900°C) отжига приводит к смещению области релаксации в сторону низких температур (высоких частот).

Работа выполнена при поддержке гранта „Ведущие научные школы“ (НШ-1514.2003.2).

PACS: 77.22.-d, 77.84.Dy, 77.22.Gm

## 1. Введение

Тонкие пленки на основе титаната бария-стронция (BST) представляют собой перспективные объекты для применения в целом ряде радиоэлектронных устройств (запоминающие устройства с произвольной выборкой, фазовращатели, вариконды, датчики ИК излучения). Кроме того, они интересны и как сложные гетерогенные материалы, изучение которых в последнее время очень актуально с фундаментальной точки зрения. В большинстве случаев исследования физических свойств тонких пленок BST проводятся на частотах от 100 kHz до 20 GHz, которые близки к рабочим частотам конструируемых на их основе приборов. Однако диэлектрический отклик таких многокомпонентных неоднородных материалов при более низких частотах может иметь ярко выраженную релаксационную природу. Об этом свидетельствует целый ряд теоретических работ [1,2]. При этом наиболее информативным для исследования таких релаксационных механизмов является метод низко- и инфранизкочастотной диэлектрической спектроскопии [3].

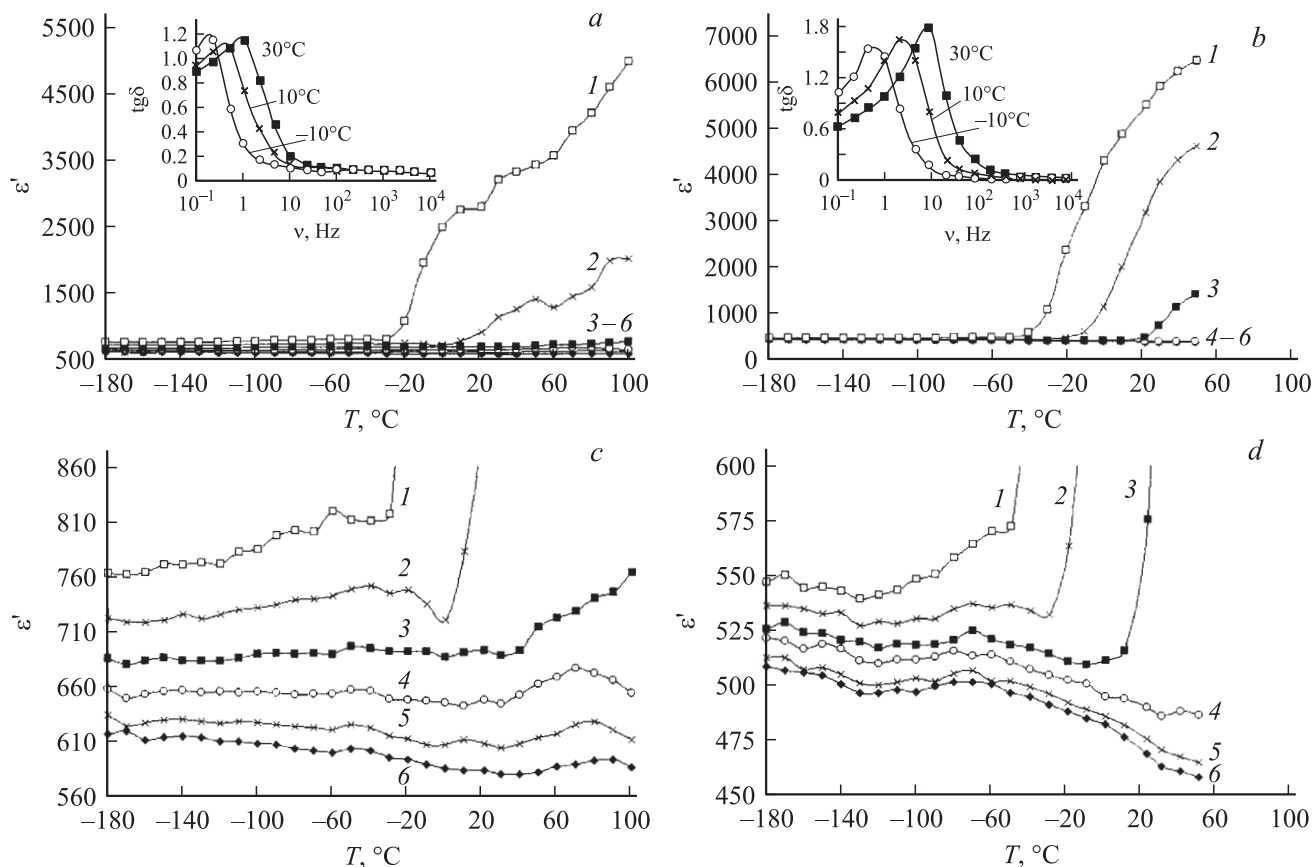
Целью данной работы было изучение низко- и инфранизкочастотного диэлектрического отклика тонких пленок титаната бария-стронция и выявление его особенностей при различных комбинациях внешних параметров (температуры, частоты и амплитуды электрического поля).

## 2. Экспериментальные результаты и обсуждение

В качестве объектов исследования было выбрано два тонкопленочных образца с составом  $\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{TiO}_3$ , изготовленных на подложках Pt/Ti/SiO<sub>2</sub>/Si и отожженных при температуре 750 и 900°C в течение 20 минут.

Толщина полученных пленок составляла 0.2 μm. При электрических измерениях платиновый слой использовался в качестве нижнего (общего) электрода. Верхние электроды (контактные площадки) площадью 0.03 mm<sup>2</sup> были изготовлены из никеля (Ni). Изучаемые диэлектрические параметры пленок были получены посредством измерения петель поляризации (ПП) и их последующей компьютерной обработки. Исследование отклика образцов проводилось в широкой области температур (от -180 до +100°C), частот (от 0.1 Hz до 10 kHz) и амплитуд электрического поля (от 15 до 255 kV/cm).

На рисунке (части *a, b*) представлены температурные зависимости эффективной диэлектрической проницаемости  $\varepsilon'(T)$ , измеренной при различных частотах электрического поля с амплитудой  $E_0 = 235$  kV/cm для образцов, отожженных при температуре 750 (*a*) и 900°C (*b*). Нижние части этих же зависимостей в более крупном масштабе приведены на частях *c* и *d*. Видно, что у представленных кривых  $\varepsilon'(T)$  наблюдается определенная „пороговая“ температура  $T_{th}$ , вблизи которой происходит изменение поведения зависимости  $\varepsilon'(T)$ . Значение  $T_{th}$  увеличивается с ростом частоты измерительного поля. Если при самой низкой частоте (0.1 Hz) наблюдается резкое увеличение  $\varepsilon'$  при  $T_{th}$ , то при более высоких частотах при подходе к  $T_{th}$  происходит сначала уменьшение  $\varepsilon'$  и лишь затем ее увеличение. Такое разделение может указывать на то, что область температур -100—+20°C является областью фазового перехода [4]. В этом случае на релаксацию, связанную с поведением фазовых (доменных) границ в области сегнетоэлектрического фазового перехода, накладывается релаксация, характерная для слоистых гетерогенных структур [1,2]. Подтверждением последнего могут служить частотные зависимости тангенса угла диэлектрических потерь  $\text{tg } \delta$ , приведенные на вставках



Температурные зависимости эффективной диэлектрической проницаемости  $\epsilon'(T)$  на различных частотах ( $\nu = 0.1$  (1), 1 (2), 10 (3), 100 Hz (4) и 1 (5), 10 kHz (6)) электрического поля с амплитудой  $E_0 = 235$  kV/cm для образцов тонких пленок BST, отожженных при температуре 750 (a) и 900°C (b). Нижние части этих же зависимостей в более крупном масштабе приведены на частях c, d. На вставках к частям a, b приведены частотные зависимости тангенса угла диэлектрических потерь  $\text{tg } \delta$  соответствующих образцов при различных температурах.

к частям a и b. При этом такого рода релаксация является более выраженной в образце с температурой отжига 900°C.

## Список литературы

- [1] A.V. Turik, G.S. Radchenko. *J. Phys. D: Appl. Phys.* **35**, 1188 (2002).
- [2] А.В. Турик, А.И. Чернобабов, Г.С. Радченко, С.А. Турик. *ФТТ* **46**, 12, 2139 (2004).
- [3] А.В. Шильников. *Изв. АН СССР. Сер. физ.* **51**, 10, 1726 (1987).
- [4] L.A. Knauss, J.M. Pond, J.S. Horwitz, D.B. Chrisey, C.H. Mueller, R. Treese. *Appl. Phys. Lett.* **35**, 1, 25 (1996).