
Структура, зеренное строение и диэлектрические свойства мультиферроиков $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{FeO}_3$ ($x = 0.00-0.50$)

*С.В. Хасбулатов, А.А. Павелко, Л.А. Шилкина, В.А. Алешин,
Л.А. Резниченко*

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Проведены исследования кристаллической структуры, зеренного строения и диэлектрических свойств высокотемпературного мультиферроика $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{FeO}_3$ в широком концентрационном интервале $x=0.00-0.50$.

Ключевые слова: мультиферроики, кристаллическая структура, зеренное строение, диэлектрические свойства.

Введение

Настоящая работа является продолжением предпринятых в [1-4] исследований интеллектуальных материалов и развивает их в направлении установления закономерностей формирования корреляционных связей состава – структура – свойства в веществах, сочетающих электрические и магнитные отклики [5,6].

Объекты. Методы получения и исследования образцов

Объектами исследования выступили керамики состава $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{FeO}_3$, ($x = 0.025-0.50$, $\Delta x = 0.025 \div 0,10$), полученные по методике, описанный в [7]. Рентгенографические исследования при комнатной температуре проводили методом порошковой дифракции с использованием дифрактометра ДРОН-3 (отфильтрованное $\text{Co}_{\text{K}\alpha}$ -излучение, схема фокусировки по Брэггу - Brentano). Зеренное строение объектов изучали на оптических микроскопе Leica DMI 5000M в отраженном свете при комнатной температуре. Относительная диэлектрическая проницаемость ($\varepsilon/\varepsilon_0$) исследовалась на специальном стенде с использованием прецизионного LCR-метра Agilent E4980A в интервале температур 300–900 К и диапазоне частот $20-2 \cdot 10^6$ Гц в условиях равномерного нагрева и охлаждения со скоростью 5 К/мин.

Экспериментальные результаты и обсуждение

Рентгенофазовый анализ показал, что при концентрации La $0.00 \leq x < 0.175$ образцы содержат соединения $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{40}$ и $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$, относительные интенсивности линий которых не превышают (3÷5) %, при $0.175 \leq x \leq 0.50$ примесные фазы отсутствовали. Фазовая диаграмма системы $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{FeO}_3$ в интервале $0.00 \leq x \leq 0.50$ имеет следующий вид: ромбоэдрическая (Рэ) фаза расположена в интервале $0.00 \leq x < 0.30$, ромбическая (P_1) фаза существует при $0.05 < x \leq 0.50$, фаза P_2 – в интервале $0.20 < x \leq 0.50$, две морфотропные области – $P_2 + P_1$ и $P_1 + P_2$ расположены в интервалах $0.05 < x \leq 0.20$ и $0.20 < x \leq 0.50$, соответственно.

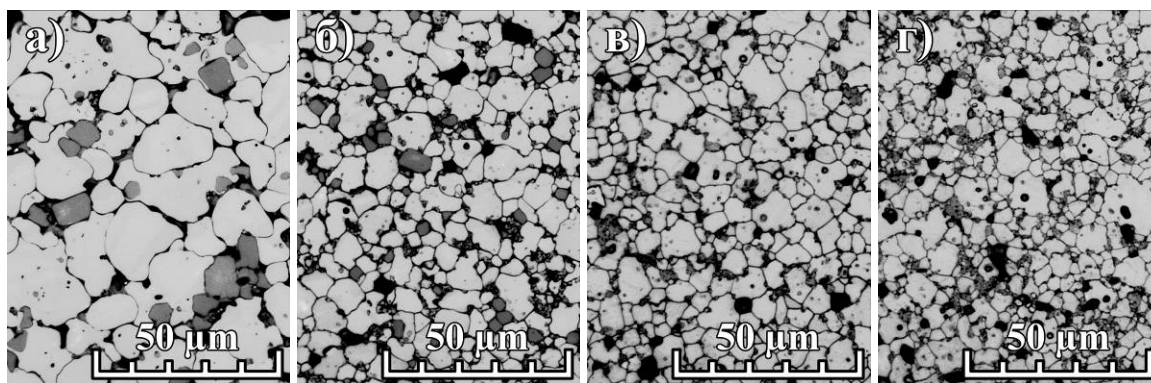


Рис. 2. – Поликристаллическое строение керамик $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{FeO}_3$ ($0.00 \leq x \leq 0,20$). а) $x=0,025$; б) $x=0,10$; в) $x=0,15$; г) $x=0,20$.

Поликристаллическое строение керамик $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{FeO}_3$ представлено зернами основной связной светлой фазы, а также кристаллитами второй («серой») фазы (рис.1). Первые имеют неправильную форму и большие размеры в сравнении со вторыми; кристаллиты «серой» фазы имеют более правильную огранку. Они располагаются одиночно, либо скоплениями между зернами основной фазы, а также внутри последних. Характерный тип такого строения керамик и приблизительное соотношение размеров кристаллитов двух фаз сохраняются с ростом концентрации La при общем уменьшении размеров зерен и количества неосновной фазы.

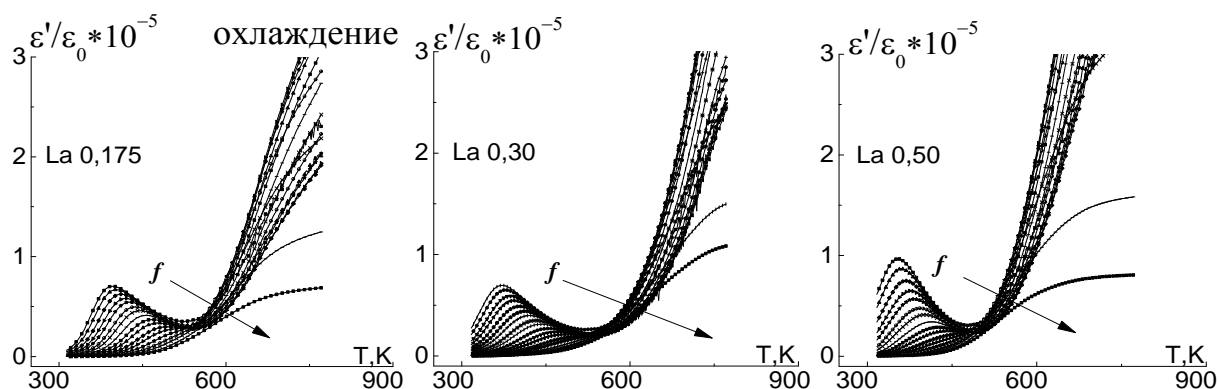


Рис.2. – Зависимости $\varepsilon''/\varepsilon_0(T)$ образцов керамики $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{FeO}_3$ $0.00 \leq x \leq 0,50$ от температуры в интервале частот $(25 \div 1,2 \cdot 10^6)$ Гц, (стрелкой указан рост частоты, f)

На рис.2 показаны зависимости характеристик диэлектрического отклика. Анализ результатов показал, что рассматриваемые зависимости $\varepsilon''/\varepsilon_0$ испытывают аномалии в области температур (300–450)К, имеющие вид сильно дисперсионных максимумов релаксационной природы, связанные, по-видимому, с явлением максвелл-вагнеровской поляризации [8-10].

Заключение

Полученные результаты необходимо использовать при разработке высокотемпературных мультиферроиков типа BiFeO_3 .

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ: темы №№ 1927, 213.01-2014/012-ВГ и 3.1246.2014/К, Соглашение № 14.575.21.0007, Грант Президента РФ № МК-3232-2015-2.

Литература

1. Дудкина С.И., Шилкина Л.А., Андриюшина А.Н., Резниченко Л.А., Разумовская О.Н. // Инженерный вестник Дона. 2015. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2860.



2. Андриюшина И.Н., Резниченко Л.А., А.В. Павленко и др. // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». 2015. № 2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2901.
3. Андриюшина И.Н., Шилкина Л.А., Резниченко Л.А. и др. // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». 2015. № 2, URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2py2015/2944.
4. Толмачев Г.Н., Ковтун А.П., Захарченко И.Н. и др. // ФТТ. 2015. Т. 57. № 10. С. 2050-2055.
5. Звездин А.К., Пятаков А.П. // УФН. 2012. Т. 182. № 6. С. 593-620.
6. Catalan G., Scott J.F. // Adv. Mater. 2009. V. 21. pp. 2463-2485.
7. Разумовская О.Н., Вербенко И.А., Андриюшин К.П. и др. // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. 2009. Т. 9. №1. С. 126-131.
8. Chang F., Song G., Fang K. et al. // Journal of Rare Earths. 2006. V. 24. pp. 273-276.
9. Biswal M.R., Nanda J., Mishra N.C. et al. // Advanced Materials Letters. 2014. V. 5. N 9. pp. 531-537.
10. Palaimiene E., Macutkevicius J., Karpinsky D.V. et al. // Applied Physics Letters. 2015. V. 106. № 1. P. 012906.

References

1. Reznichenko L.A., Verbenko I.A., Andrjushina I.N. et al. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2015. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2860.
2. Andrjushina I.N., Reznichenko L.A., A.V. Pavlenko et al. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2015. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2901.
3. Andrjushina I.N., Shilkina L.A., Reznichenko L.A. et al. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2015. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2py2015/2944.
4. Tolmachev G.N., Kovtun A.P., Zakharchenko I.N. et al. Physics of the Solid State. 2015. V. 57. № 10. pp. 2106-2111.



5. Zvezdin A.K., Pjatakov A.P. UFN. 2012. T. 182. № 6. S. 593-620.
6. Catalan G., Scott J.F. Adv. Mater. 2009. V. 21. P. 2463-2485.
7. Razumovskaja O.N., Verbenko I.A., Andrjushin K.P. et al. Fundamental'nye problemy radioelektronного приборостроения. 2009. V. 9. №1. pp. 126-131.
8. Chang F., Song G., Fang K. et al. Journal of Rare Earths. 2006. V. 24. pp. 273-276.
9. Biswal M.R., Nanda J., Mishra N.C. et al. Advanced Materials Letters. 2014. V. 5. N 9. pp. 531-537.
10. Palaimiene E., Macutkevic J., Karpinsky D.V. et al. Applied Physics Letters. 2015. V. 106. № 1. P. 012906.