

Низко- и инфранизкочастотные диэлектрические свойства керамики $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 + 2 \text{ wt.}\% \text{Li}_2\text{O}$

© А.И. Бурханов¹, И.Е. Туманов¹, К. Борманис², А. Калване²

¹ Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, Волгоград, Россия

² Институт физики твердого тела Латвийского университета, Рига, Латвия

E-mail: burkhanov@inbox.ru

Исследован диэлектрический отклик сегнетокерамики $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ (PMN) с примесью лития (2 wt.%). Установлено, что фазовый переход имеет релаксорный характер, как и в PMN без Li. Однако в отличие от „чистого“ PMN, в PMN + 2 wt.% Li_2O дисперсия диэлектрического отклика при температурах ниже температуры низкочастотного максимума диэлектрической проницаемости описывается уравнением Коула–Коула. Анализ параметров дисперсии в широкой области температур показал, что она может быть связана с релаксацией доменных границ в PMN + 2 wt.% Li_2O , причиной появления которых, вероятнее всего, является наличие в PMN + 2 wt.% Li_2O аномально крупных зерен.

1. Введение

Изучение влияния Li_2O на физические свойства сегнетокерамики является актуальным [1]. В связи с этим, цель настоящей работы состоит в исследовании влияния примеси лития (2 wt.% Li_2O) на характер диэлектрического отклика керамики $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ (PMN) с применением методики низко- и инфранизкочастотной диэлектрической спектроскопии в широкой области температур.

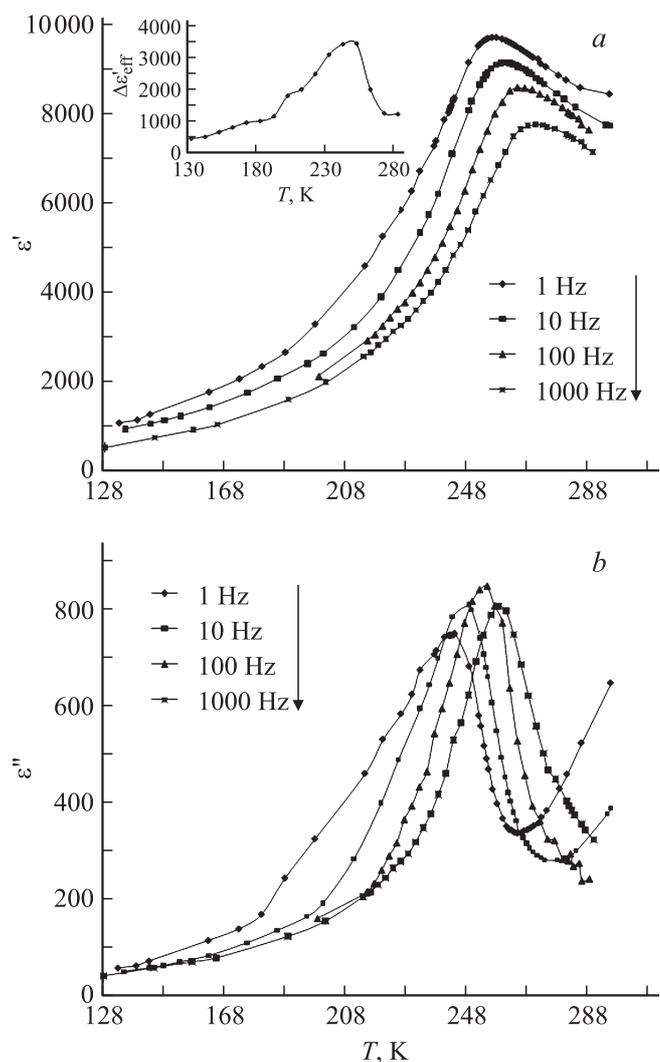
2. Методика и образцы

Исследуемая керамика $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 + 2 \text{ wt.}\% \text{Li}_2\text{O}$ была приготовлена по обычной керамической технологии. Измерения действительной $\epsilon'(T)$ и мнимой $\epsilon''(T)$ частей комплексной диэлектрической проницаемости ϵ^* проводились на образцах размером $7 \times 4.5 \times 2.5 \text{ mm}^3$. В качестве электродов использовалось серебро, нанесенное методом вжигания на большие грани образца при температуре 700°C .

Исследование диэлектрического отклика керамики проводилось мостовым методом в слабом измерительном поле напряженностью $E < 1 \text{ V/cm}$ в диапазоне частот $\nu = 0.1\text{--}1000 \text{ Hz}$ в режиме охлаждения ($\sim 0.2 \text{ K/min}$) от 293 до 123 K.

3. Экспериментальные результаты и обсуждение

Зависимости $\epsilon'(T)$ и $\epsilon''(T)$ (см. рисунок) на различных частотах в керамике PMN + 2 wt.% Li_2O показывают, что имеется существенная частотная зависимость температуры T_m , соответствующей максимуму $\epsilon'(T)$. Такое поведение аналогично частотной зависимости T_m , отмечаемой в „чистой“ керамике PMN [2], что указывает



Температурные зависимости $\epsilon'(T)$ (a) и $\epsilon''(T)$ (b) для керамики PMN + 2 wt.% Li_2O на различных частотах.

на релаксаторный характер диэлектрического отклика в $PMN + 2 \text{ wt.\% } Li_2O$.

На вставке к рисунку представлена температурная зависимость эффективной глубины дисперсии $\Delta\varepsilon_{\text{eff}} = \varepsilon'_{1 \text{ Hz}} - \varepsilon'_{1 \text{ kHz}}$. Аномалия $\Delta\varepsilon_{\text{eff}}$ в виде максимума $\Delta\varepsilon'_{\text{eff}}(T)$ расположена при температуре $T \approx 245 \text{ K}$, что на 10 K ниже T_m на частоте 1 Hz. Это также подобно поведению $\Delta\varepsilon'_{\text{eff}}(T)$ в PMN без Li , и, можно считать, что в данном случае, как и в других релаксаторах, фазовый переход из параэлектрической фазы в сегнетоэлектрическую фазу проходит в несколько этапов: накопление полярных областей, их рост, возникновение микродоменов и постепенное (при достаточно низких температурах) появление доменной структуры.

Применение закона Фогеля–Фулчера для частот релаксации ν_r , полученных на основе данных по дисперсии ε^* :

$$\nu_r = \nu_0 \exp\left(-\frac{E_a}{k(T - T_f)}\right) \quad (1)$$

(где ν_0 — частота попыток преодоления потенциального барьера E_a ; k — постоянная Больцмана; T_f — температура замораживания), при анализе температурной зависимости частот релаксации для исследованного диапазона частот и интервала температур показало хорошее совпадение экспериментальных и аппроксимационных данных. Были получены значения для предэкспоненциального множителя $f_0 = 1 \cdot 10^9 \text{ Hz}$, а также для $E_a = 0.16 \text{ eV}$ и $T_f = 132 \text{ K}$, которые согласуются с литературными данными, описывающими процессы релаксации поляризации в различных сегнетоэлектрических материалах при температурах ниже температуры фазового перехода. В то же время, если сравнивать с данными аппроксимации по формуле (1), представленными в [2] для PMN , можно отметить что E_a для „чистого“ PMN имеет более низкие значения, а температура замораживания расположена существенно выше. Это позволяет предположить, что в легированном литием PMN , в отличие от „чистого“ PMN , где наблюдаемая релаксация поляризации связана с поведением полярных кластеров, вероятнее всего, мы имеем дело с релаксацией фазовых или доменных границ взаимодействующих с дефектами структуры. Тогда найденные значения E_a и T_f хорошо согласуются с полученными, например, для сегнетоэлектрика KDP , где наблюдаются эффекты замораживания доменных границ [3]. Поскольку в „чистом“ PMN без воздействия сильным электрическим полем доменной структуры не фиксируется, в $PMN + 2 \text{ wt.\% } Li_2O$ причиной появления сегнетоэлектрических доменов без полевого воздействия, возможно, является наличие аномально больших зерен [1], в которых может возникнуть такая структура.

Можно сделать вывод, что, несмотря на релаксаторный характер температурных зависимостей $\varepsilon'(T)$ и $\varepsilon''(T)$, поведение низко- и инфранизкочастотной дисперсии указывает на возможность появления в керамике $PMN + 2 \text{ wt.\% } Li_2O$ доменной структуры при $T < T_m$.

Список литературы

- [1] J.G. Fisher, M.-S. Kim, H.-Y. Lee, S.-J.L. Kang. *J. Am. Ceram. Soc.*, **87**, N 5, 937 (2004).
- [2] A. Levstik, Z. Kutnjak, C. Filipic, R. Pirc. *Phys. Rev.* **57**, 11 204 (1998).
- [3] А.С. Сидоркин. Доменная структура в сегнетоэлектриках и родственных материалах. Физматлит, М. (2000). 240 с.