

# Влияние предыстории на диэлектрические свойства керамики и монокристаллов $\text{NaNbO}_3\text{--Gd}_{1/3}\text{NbO}_3$

© А.И. Бурханов, П.В. Бондаренко, С.И. Раевская\*, А.В. Шильников, И.П. Раевский\*

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет,  
400074 Волгоград, Россия

\* Научно-исследовательский институт физики при Ростовском государственном университете,  
344090 Ростов-на-Дону, Россия

E-mail: postmaster@vgasa.ru

Исследован низко- и инфранизкочастотный диэлектрический отклик керамики и монокристалла состава  $0.9\text{NaNbO}_3\text{--}0.1\text{Gd}_{1/3}\text{NbO}_3$  (NNG10) при различной предыстории материала. Выявлены отличия в характере диэлектрического старения в материале с размытым фазовым переходом на основе антисегнетоэлектрика  $\text{NaNbO}_3$  по сравнению с проявлением подобных явлений в сегнетоэлектриках-релаксорах.

Работа выполнена при поддержке гранта „Ведущие научные школы“ (НШ-1514.2003.2), гранта Минобрнауки РФ А04-2.9-889 и гранта РФФИ 05-03-32214.

PACS: 77.84.Dy, 77.80.Dj

## 1. Введение

Известно [1–6], что в релаксорных сегнетоэлектриках (РСЭ) (независимо от того находятся они в форме керамики или монокристалла) существенным образом проявляются эффекты предыстории, характеризующие их как неэргодические системы. Эти эффекты обусловлены особым фазовым состоянием материала: сосуществованием полярной и неполярной фаз в широком температурном интервале. В [7,8] представлены результаты исследований по группе материалов с размытым фазовым переходом на основе антисегнетоэлектрика (АСЭ)  $\text{NaNbO}_3$  где, в частности, были выявлены особенности кинетики диэлектрического отклика таких материалов. В настоящей работе исследуется долговременная релаксация поляризации NNG10 с целью выявления отличия характера эффектов старения в релаксорах на основе АСЭ от такового в РСЭ.

## 2. Образцы и методика измерений

Керамика NNG10 получена твердофазным синтезом с последующим горячим прессованием. Монокристалл был выращен из расплава с использованием системы  $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{--Nb}_2\text{O}_5\text{--B}_2\text{O}_3$  с примесью  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ . В качестве электродов использовалась серебряная паста. Исследование диэлектрического отклика образцов осуществлялось с применением мостовой схемы измерения в слабых полях (частота 1 kHz) и с LCR-метра R5083 (частота 100 kHz).

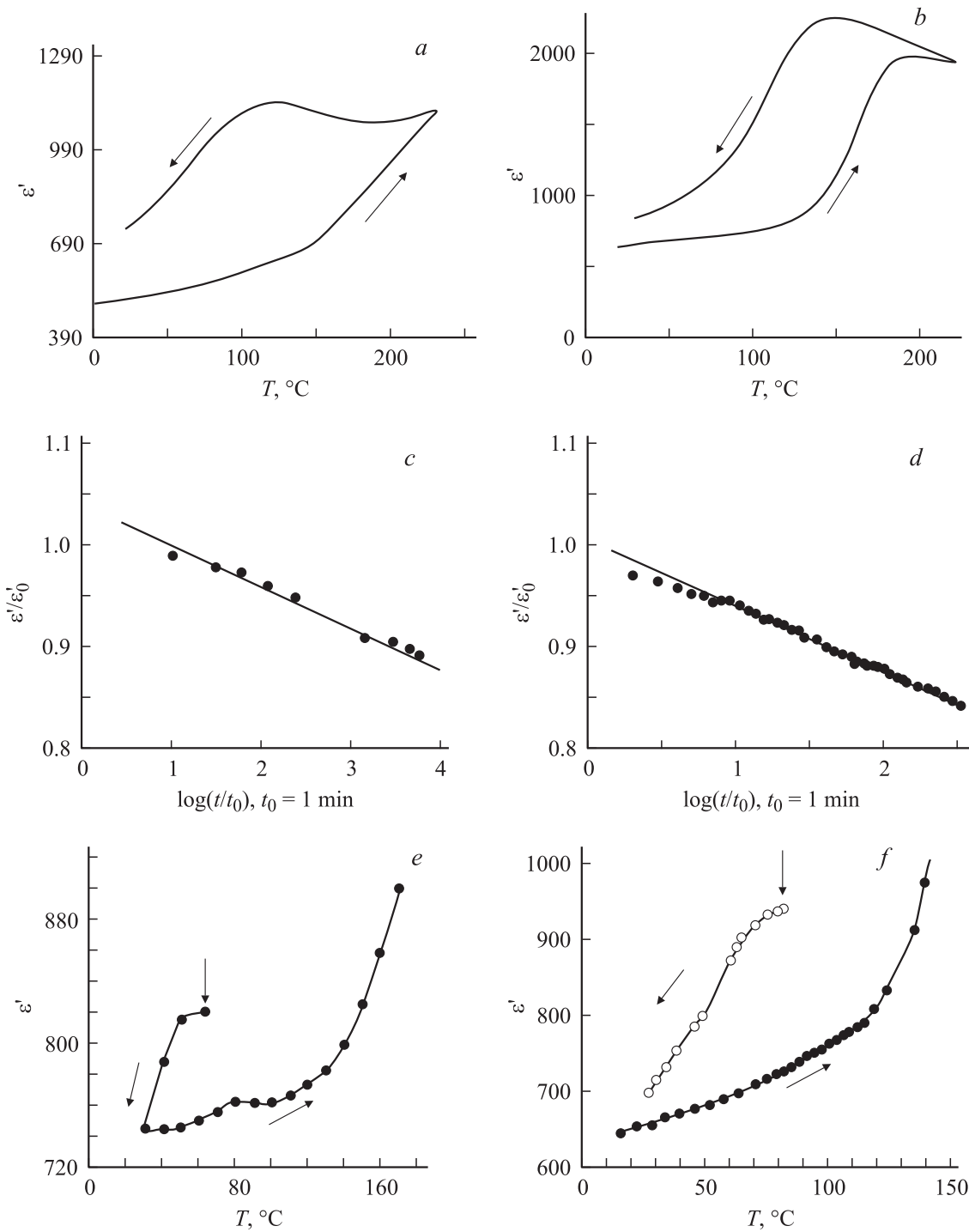
## 3. Экспериментальные результаты и обсуждение

На рисунке представлены температурные зависимости диэлектрической проницаемости  $\epsilon'(T)$  в керамике NNG10 (a) и монокристалле NNG10 (b); временные

зависимости нормированной величины диэлектрической проницаемости  $\epsilon'/\epsilon'_0[\lg(t/t_0)]$  керамики (c) и монокристалла (d) при постоянной температуре  $T_i < T_m$  ( $T_m$  — температура максимума  $\epsilon'(T)$ ); частные температурные циклы  $\epsilon'(T)$  (охлаждение–нагрев) после выдержки керамики (e) и монокристалла (f). Следует отметить, что выдержка образцов (c, d) осуществлялась после их охлаждения от  $T \geq T_m$  до температуры выдержки (старения)  $T_i$ . Как в случае керамики, так и в случае монокристалла наблюдается спад  $\epsilon'$  с течением времени. Начиная с некоторого времени, этот спад подчиняется логарифмическому закону.

Как следует из хода частных температурных циклов  $\epsilon'(T)$  для керамического образца NNG10 (часть e), в режиме нагрева на кривой  $\epsilon'(T)$  наблюдается небольшая аномалия в виде отклонения (увеличение значений  $\epsilon'$ ) от хода  $\epsilon'(T)$  в „нестаревшем“ образце (штриховая кривая на рисунке, e) с последующим появлением излома на зависимости  $\epsilon'(T)$  вблизи  $T_i$ . В монокристалле также проявляется подобный характер поведения  $\epsilon'(T)$ , но значительно слабее (часть f).

По-видимому, данная особенность поведения диэлектрического отклика обуславливается тем, что при старении материала NNG10 в области температур, соответствующих размытому АСЭ-параэлектрическому фазовому переходу, может возникать такое состояние, когда в некоторой части объема образца неполярная фаза „замораживается“ дефектами структуры. При последующем (после охлаждения) нагреве образца начинается разрушение данного метастабильного состояния при температуре, превышающей температуру старения, но ниже температуры „основного“ фазового перехода  $T_m$ . Поэтому можно предположить, что в такой ситуации возможен „обратный“ (по отношению к основному) фазовый переход из неполярной фазы в антиполярную в ранее „замороженных“ неполярных областях материала. Вероятно, следствием такого разрушения метастабильного состояния является увеличение зна-



Температурные зависимости  $\varepsilon'(T)$  в керамике NNG10 для 1 kHz (a) и в монокристалле NNG10 для 100 kHz (b), временные зависимости нормированной диэлектрической проницаемости  $\varepsilon'/\varepsilon'_0(t)$  керамики для 1 kHz (c), монокристалла для 100 kHz (d) и частные температурные циклы  $\varepsilon'(T)$  (охлаждение–нагрев) на частоте 1 kHz после выдержки образцов (e — керамики, f — монокристалла).

чений  $\varepsilon'(T)$  сначала в области температур старения и лишь затем в области основного фазового перехода из антисегнетоэлектрической фазы в параэлектрическую. То, что в керамике это проявляется более заметным образом, может говорить о том, что количество пиннирующих (стабилизирующих) дефек-

тов здесь значительно больше, чем в монокристалле. В то же время не исключается влияния и такого фактора (который определяет характер кинетики в керамике), как значительные механические напряжения, возникающие в керамической структуре при фазовых переходах.

## Список литературы

- [1] E.V. Colla, E.Yu. Koroleva, N.M. Okuneva, S.B. Vakhrushev. Phys. Rev. Lett. **4**, 9, 1681 (1995).
- [2] W.Y. Pan, T.R. Shrout, L.E. Cross. J. Mater. Science Lett. **8**, 771 (1989).
- [3] G. Borchardt, J. von Cieminski, G. Schmidt. Phys. Stat. Sol. **59a**, 2, 749 (1980).
- [4] A.I. Burkhanov, A.V. Shilnikov, V. Dimza. Ferroelectrics **131**, 267 (1992).
- [5] В.В. Гладкий, В.А. Кириков, С.В. Нехлюдов, Т.В. Волк, Л.И. Ивлева. Письма в ЖТЭФ **71**, 1, 38 (2000).
- [6] F. Alberici, P. Doussineau, A. Levelut. J. Phys. I France **7**, 329 (1997).
- [7] L.N. Korotkov, S.A. Gridnev, M.A. Belousov. Ferroelectrics **299**, 109 (2004).
- [8] М.Н. Олехнович, Ю.В. Радюш, Н.П. Вышатко, И.И. Мороз, А.В. Пушкарев, М.Н. Палатников. ФТТ **47**, 4, 679 (2005).