

# Фазовые переходы в поляризованных гетерофазных системах на основе цирконата-титаната свинца

© Е.В. Милов, Г.М. Акбаева, В.Г. Гавриляченко, А.Ф. Семенчев

Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Россия

E-mail: semenchevaf@sfedu.ru

Исследованы зависимости токов деполяризации, определены фазовые превращения между фазами  $R3c$ ,  $R3m$ ,  $P4mm$  и  $Pm3m$  в образцах пятикомпонентной гетерофазной сегнетокерамики на основе цирконата-титаната свинца.

## 1. Введение

В разработке сегнетокерамических материалов для применения в различных областях электронной техники наибольший успех был достигнут при использовании многокомпонентных систем на основе цирконата-титаната свинца [1]. Многие из них принадлежат области  $x-T$ -фазовой диаграммы вблизи морфотропного фазового перехода. Такие составы представляют собой гетерофазные твердые растворы, в которых помимо фазового перехода (ФП) в точке Кюри  $T_c$  возможны и другие ФП; температура, при которой они проявляются, заметно ниже  $T_c$  [2,3].

Цель настоящей работы — дальнейшее исследование таких переходов в сегнетокерамических материалах, разработанных в НИИ физики ЮФУ.

## 2. Образцы и методика эксперимента

Основные исследования проведены на образцах пятикомпонентного твердого раствора, относящегося к сегнетомягким материалам и проявляющего релаксорные свойства [2,3]. Кроме того, низкотемпературные ФП (НТФП) были обнаружены в материалах ПКР-1 и ПКР-8, которые нашли широкое применение в пьезотехнике [1].

Поляризация образцов осуществлялась в режиме со следующими параметрами: поляризующее поле в интервале  $(0.5-3)E_c$ , где  $E_c$  — коэрцитивное поле, определяемое по петле гистерезиса ( $E_c = 5 \text{ kV/cm}$ ); выдержка в поле 15 мин при комнатной температуре. Ток деполяризации образцов измерялся в режиме короткого замыкания при линейном росте температуры термостата со скоростью порядка 20 K/min.

Рентгенограммы образцов в температурной камере получены с помощью дифрактометра ДРОН-3М с фокусировкой Брэгга–Брентано методом пошагового сканирования. Обработка рентгенограмм проведена с помощью полнопрофильной программы Pwsc-2.4 Ю.И. Кабиным.

## 3. Результаты исследований и обсуждение

На рис. 1 и 2 показаны зависимости тока деполяризации  $I_p$  от температуры. Из рис. 1 следует, что по

мере возрастания поляризующего поля от 3 до 4 kV/cm в зависимости  $I_p(T)$  формируются два максимума: низкотемпературный, указывающий на разрушение поляризации при НТФП, и высокотемпературный, отражающий полное разрушение поляризованного состояния. При повышении поляризующего поля (рис. 2) оказалось, что первый максимум  $I_p$  достиг насыщения уже при  $E_p = 4 \text{ kV/cm}$ , в то время как второй продолжает увеличиваться, и при  $E_p = 15 \text{ kV/cm}$  его величина удваивается.

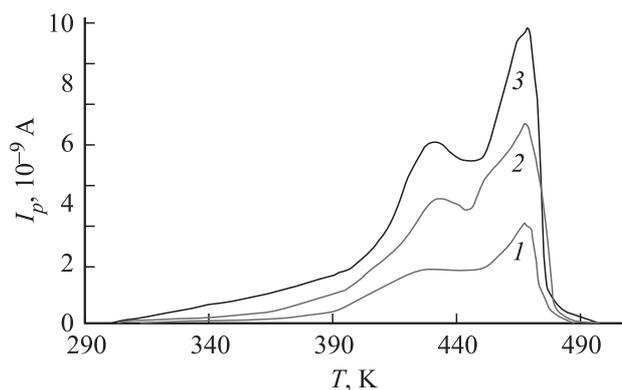


Рис. 1. Температурные зависимости токов деполяризации образцов, поляризованных различными полями.  $E_p = 3$  (1), 3.5 (2) и 4 kV/cm (3).

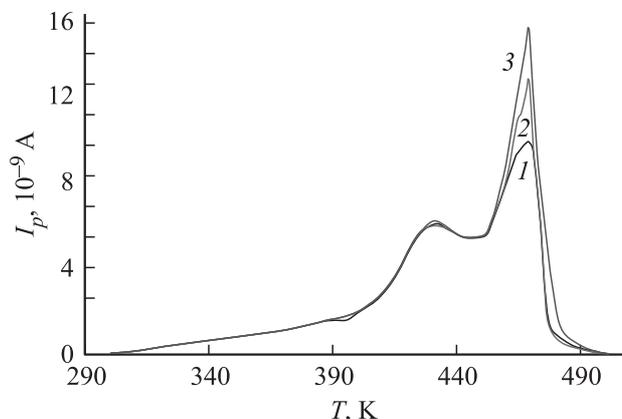


Рис. 2. Температурные зависимости токов деполяризации образцов, поляризованных различными полями.  $E_p = 4$  (1), 7 (2) и 15 kV/cm (3).

Согласно рентгеноструктурным данным, неполяризованные образцы при комнатной температуре представляют смесь фаз  $R3c$  и  $P4mm$ . При нагревании фаза  $R3c$  теряет устойчивость при 420 К, при этом происходит ФП в фазу  $R3m$ , которая наряду с фазой  $P4mm$  существует вплоть до  $T_c$ . Поляризация образцов снижает границу устойчивости фазы  $R3c$  примерно на 20 К, а в области НТФП (400–440 К) наблюдается размытый переход  $R3m \rightarrow P4mm$ . При 460 К в образце проявляется фаза  $Pm3m$ , фаза  $P4mm$  теряет устойчивость при 470 К, а остатки фазы  $R3m$  присутствуют вплоть до 510 К.

#### 4. Заключение

Из полученных экспериментальных данных следует, что в исходном состоянии объем образца поделен между кристаллитами фаз  $R3c$  и  $P4mm$ . При воздействии внешнего поля сначала поляризуются кристаллиты фазы  $R3c$ , их поляризация достигает насыщения уже при поле, равном 4 кВ/см. При возрастании температуры поляризованная фаза  $R3c$  переходит в фазу  $R3m$ , которая также остается поляризованной [2].

Тетрагональные кристаллиты полностью вовлекаются в процесс поляризации в сильных полях. Таким образом, если поляризовать гетерофазный образец при комнатной температуре в слабом поле, то в результате получим поляризованные кристаллиты ромбоэдрической фазы в окружении неполяризованных тетрагональных кристаллитов.

#### Список литературы

- [1] Е.Г. Фесенко, А.Я. Данцигер, О.Н. Разумовская. Новые пьезокерамические материалы. Изд-во Ростов. ун-та, Ростов н/Д (1983). 156 с.
- [2] И.В. Юхнов, В.Г. Гавриляченко, А.Ф. Семенчев, Г.М. Акбаева. ФТГ **51**, 1372 (2009).
- [3] В.Г. Гавриляченко, Г.М. Акбаева, А.Ф. Семенчев. В сб. тр.: 14 Междунар. симп. „Порядок, беспорядок и свойства оксидов“/ Под ред. Ю.М. Гуфана. Изд-во ЮФУ, Ростов н/Д (2010). Т. 1. С. 111.