

Исследование фазовых переходов в антисегнетоэлектрических кристаллах $PbZrO_3$ и $PbHfO_3$ методом акустической эмиссии

© Е.А. Дулькин, В.Г. Гавриляченко, О.Е. Фесенко

Научно-исследовательский институт механики и прикладной математики при Ростовском-на-Дону государственном университете, 344090 Ростов-на-Дону, Россия

(Поступила в Редакцию 25 июня 1996 г.
В окончательной редакции 5 декабря 1996 г.)

Известно, что структурные фазовые переходы (ФП) сопровождаются излучением волн напряжений — акустической эмиссией (АЭ). Сопоставление различных механизмов излучения показывает, что наибольший вклад в АЭ при ФП вносят процессы, связанные с исчезновением или появлением дислокаций в кристаллах [1]. Возникновение дислокаций обусловлено, в частности, кристаллографической несовместимостью исходной и новой фаз на межфазной границе (МГ). Когерентное сопряжение фаз может быть достигнуто благодаря двойникованию низкосимметричной фазы, наблюдаемому обычно при мартенситных ФП [2].

В [3] было отмечено сходство общих черт мартенситных и сегнетоэлектрических (СЭ) ФП, также протекающих за счет перемещения по кристаллам МГ и сопровождающихся двойникованием СЭ-фазы. Исследование ФП в керамике $BaTiO_3$ показало, что величина активности \dot{N} АЭ при $T = 285$ К заметно меньше, чем ФП $T = 191$ и 404 К, что отражает относительную степень когерентности сопрягающихся фаз [4]. В этой связи представляют интерес антисегнетоэлектрики (АСЭ), ФП в которых методом АЭ ранее не исследовались.

Цель настоящей работы — исследовать особенности механического согласования СЭ- и АСЭ-фаз при ФП их друг в друга и в параэлектрическую (ПЭ) фазу. В качестве объектов исследований были выбраны кристаллы $PbZrO_3$, испытывающие фазовые переходы АСЭ–СЭ–ПЭ, и кристаллы $PbHfO_3$, испытывающие фазовые переходы АСЭ–АСЭ–ПЭ.

Исследования проводились по методикам [5,6]. Одновременно измерялись активность \dot{N} АЭ и относительная дилатация $\Delta L/L$, а также наблюдались доменные структуры (ДС) кристаллов при их безградиентном термоциклировании в области ФП в интервале температур 150 – 250°C со скоростью нагрева и охлаждения 2 – $3^\circ\text{C}/\text{min}$.

Результаты измерений кристаллов $PbZrO_3$ представлены на рис. 1. $PbZrO_3$ испытывает два ФП в следующей последовательности [7]: АСЭ– 210°C –СЭ– 222°C –ПЭ.

ФП АСЭ–СЭ протекает без видимой перестройки ДС и не сопровождается ни дилатацией, ни АЭ (рис. 1, *a*). ФП СЭ–ПЭ сопровождается дилатационным скачком и всплеском АЭ. На стадии охлаждения ФП ПЭ–СЭ сопровождается формированием сложной ДС, дилатационным скачком и всплеском АЭ с \dot{N} , большей, чем при ФП СЭ–ПЭ (рис. 1, *b*). ФП СЭ–АСЭ также не сопрово-

ждается дилатационным скачком, как и ФП АСЭ–СЭ, но сопровождается слабой АЭ (рис. 1, *b*).

Результаты измерений кристаллов $PbHfO_3$ представлены на рис. 2. $PbHfO_3$ испытывает два ФП в последовательности [7]: АСЭI– 163°C –АСЭII– 200.5°C –ПЭ.

ФП АСЭI–АСЭII никак себя не проявляет: видимых изменений исходной 90° ДС замечено не было, АЭ и дилатация также не были зарегистрированы (рис. 2, *a*). ФП АСЭII–ПЭ протекал за счет перемещения нескольких

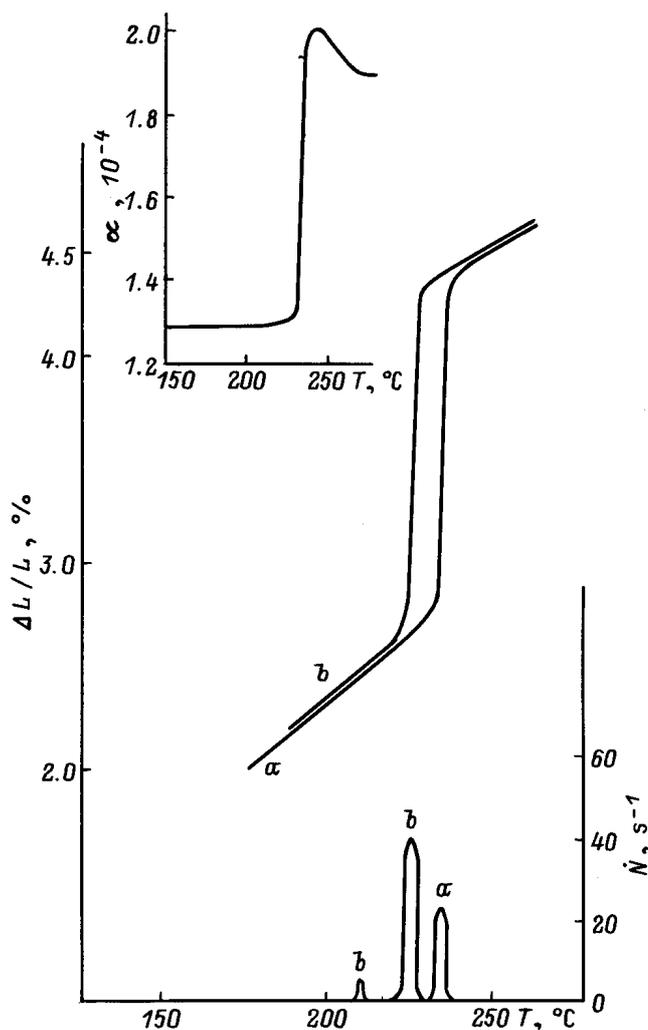


Рис. 1. Результаты измерений относительной дилатации $\Delta L/L$ и активности \dot{N} АЭ кристаллов $PbZrO_3$ в области ФП.

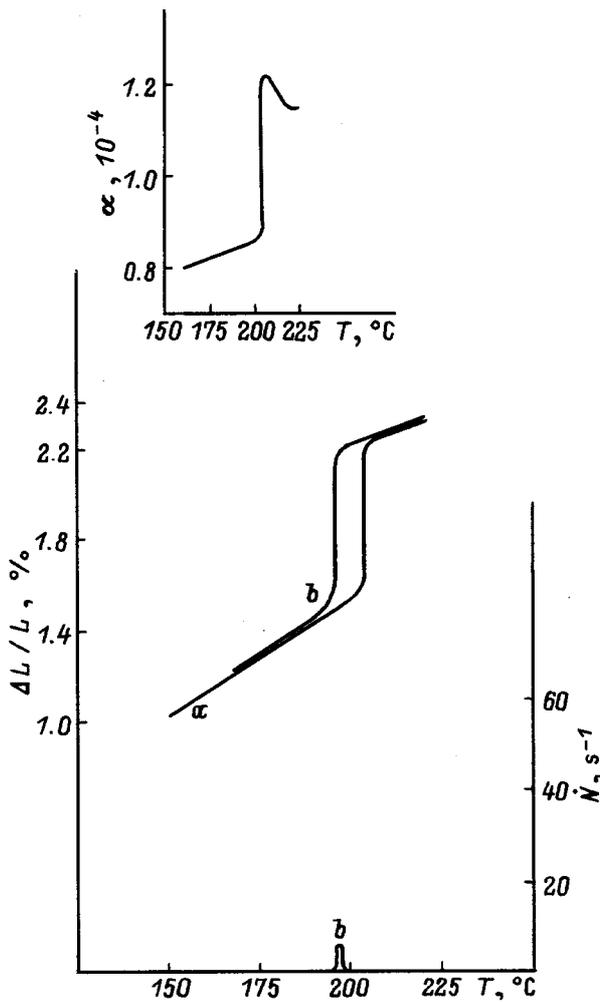


Рис. 2. Результаты измерений относительной дилатации $\Delta L/L$ и активности \dot{N} АЭ кристаллов $PbHfO_3$ в области ФП.

плоских МГ, он сопровождался дилатационным скачком, но не АЭ.

ФП ПЭ–АСЭП на стадии охлаждения протекает за счет перемещения нескольких МГ, вследствие чего возникает слоистая ДС с соотношением толщин двойников $a/c = 3/1$ (аналогично исходной ДС). Этот ФП сопровождался дилатационным скачком и слабой АЭ (рис. 2, *b*). ФП АСЭП–АСЭИ также никак не проявил себя, как и обратный ему ФП, видимых изменений ДС не замечено, АЭ и дилатации также не было зарегистрировано.

Сравним ДС, относительные величины дилатационных скачков и соответствующих им величин \dot{N} , сопровождающих ФП в кристаллах $PbZrO_3$ и $PbHfO_3$. В $PbZrO_3$ дилатация сопровождается интенсивной АЭ как при ФП СЭ–ПЭ, так и при ФП ПЭ–СЭ, по завершении которого в кристаллах формируется сложная ДС. Следовательно, высокий уровень АЭ свидетельствует о некогерентном сопряжении фаз при ФП ПЭ–СЭ.

В $PbHfO_3$ величина дилатации вдвое меньше, и лишь ФП ПЭ–АСЭП сопровождается слабой АЭ при формиро-

вании ДС. Низкий уровень АЭ отвечает, очевидно, более согласованному взаимодействию фаз при ФП ПЭ–АСЭ. Отсутствие дилатации и АЭ при неизменной ДС приводит к выводу о том, что ФП АСЭП–АСЭИ в $PbHfO_3$ протекает в условиях оптимального согласования фаз.

Список литературы

- [1] В.С. Бойко, Р.И. Гарбер, А.М. Косевич. Обратимая пластичность кристаллов. Наука, М. (1991). 280 с.
- [2] Я.С. Уманский, Ю.А. Скаков. Физика металлов. Атомиздат, М. (1978). 352 с.
- [3] Е.Г. Фесенко, В.Г. Гавриляченко, А.Ф. Семенчев. Доменная структура многоосных сегнетоэлектрических кристаллов. Изд-во Рост. ун-та. Ростов н/Д (1990). 192 с.
- [4] В.А. Калитенко, В.М. Перга, И.Н. Саливонов. ФТТ **22**, 6, 1638 (1980).
- [5] Е.А. Дулькин, В.Г. Гавриляченко, А.Ф. Семенчев. ФТТ **34**, 5, 1628 (1992).
- [6] Е.А. Дулькин. СФХТ **5**, 1, 103 (1992).
- [7] О.Е. Фесенко. Фазовые переходы в сверхсильных электрических полях. Изд-во Рост. ун-та. Ростов н/Д (1984). 144 с.