

## ПРОЯВЛЕНИЕ ФАЗОВОГО НАКЛЕПА В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ $\text{PbTiO}_3$

*В.Г.Гавриляченко, Е.А.Дулькин, А.Ф.Семенчев*

НИИ механики и прикладной математики  
при Ростовском государственном университете, Ростов-на-Дону  
(Поступило в Редакцию 1 августа 1994 г.)

Для собственных сегнетоэлектриков=несобственных сегнетоэластиков из оксидов семейства перовскитов характерна квазимартенситная кинетика фазового перехода (ФП) [1]. Мартенситные ФП сопровождается явление фазового наклепа (ФН) [2], и естественно, что при многократно повторяющихся циклах ФП в кристаллах  $\text{PbTiO}_3$  были обнаружены необратимые изменения структурного совершенства [3].

В настоящем сообщении приводятся данные о проявлении ФН при первых двадцати циклах ФП в кристаллах  $\text{PbTiO}_3$  в интервале температур 750–775 К.

ФП проходил в контролируемых условиях, при которых по кристаллу перемещалась одна плоская межфазная граница (ПМГ) (023) со скоростью порядка  $10^{-5} \text{ ms}^{-1}$  при одной и той же скорости нагрева и охлаждения  $5 \cdot 10^{-2} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$ . При таких условиях в сегнетофазе кристаллов образуется регулярная слоистая двойниковая структура с соотношением толщин слоев 1 : 3 и не возникает 180-градусные домены. В течение каждого цикла измерялись активность сигналов акустической эмиссии (АЭ)  $\dot{N}$  и их длительность  $\tau$  [4], а после каждого цикла измерялись упругие пьезоэлектрические характеристики кристаллов.

В результате проведенных исследований было установлено, что из всех электромеханических свойств наиболее чувствительна к термодорождению механическая добротность  $Q_m$ . Изменение других характеристик, а именно модулей гибкости, коэффициентов электромеханической связи, укладывается в интервал 10%.

На рис. 1 приведена зависимость  $Q_m$  от числа циклов  $n$ . Величина  $Q_m$  возрастает и достигает максимума при  $n = 6$ , после чего вновь уменьшается. Здесь же приведена зависимость полуширины профилей рентгеновского отражения 002  $\delta$ , полученная методом  $1/\Theta$  [3], которая служит критерием структурного совершенства кристаллов, так как зависит от плотности дислокаций. Кривая  $\delta(n)$ , напротив, имеет минимум при  $n = 6$ .

На рис. 2 приведены зависимости активности АЭ  $\dot{N}$  и длительности ее импульсов  $\tau$  от числа циклов  $n$ .  $\dot{N}(n)$  возрастает и достигает максимума при  $n = 6$ , после чего быстро уменьшается, приближаясь к нулю. Кривая  $\tau(n)$  монотонно возрастает, но уже после  $n = 10$  практически выходит на насыщение.

Что касается формы импульса АЭ, то он так же представляет определенный интерес. При переходе из сегнетофазы в парафазу появлению ПМГ соответствует всплеск  $\dot{N}$ , далее по мере продвижения ПМГ по кристаллу  $\dot{N}$  несколько уменьшается, а затем (к моменту ее выхода

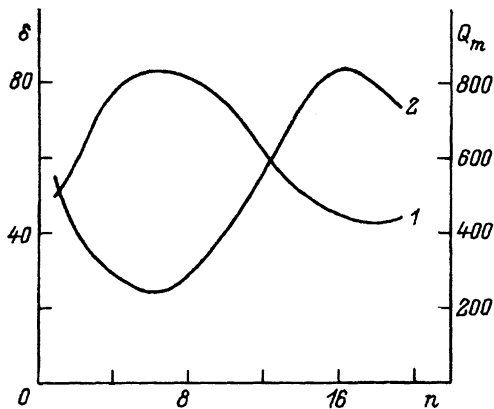


Рис. 1. Графики зависимостей механической добротности  $Q_m$  (1) и полуширины профилей рентгеновского отражения 002  $\delta$  (2) от числа  $n$  термоциклов кристаллов.

из кристалла)  $\dot{N}$  резко возрастает и пропадает с исчезновением ПМГ. Импульс АЭ заканчивается. При обратном переходе все повторяется, и максимум  $\dot{N}$  отвечает выходу ПМГ из кристалла. Отмечено так же, что при переходе в сегнетофазу  $\dot{N}$  в 2–3 раза больше, чем при переходе в парафазу. Подобное соотношение наблюдалось при термоупругом превращении в некоторых сплавах [2].

Из сравнения рис. 1 и 2 видно, что зависимости  $Q_m(n)$ ,  $\delta(n)$  и  $N(n)$  имеют экстремумы при  $n = 6$ . Первые две из них указывают на то, что в течение первых шести циклов внутреннее трение в кристаллах уменьшается и это коррелирует с их структурным совершенством. Максимум  $\dot{N}$  при  $n = 6$  явился неожиданным.

После шестого цикла на участке спада зависимость  $\dot{N}(n)$  можно аппроксимировать экспоненциальной зависимостью [5]

$$\dot{N}_n = \dot{N}_6 \exp[-a(n - 6)], \quad (1)$$

где коэффициент  $a$  после подстановки измеренных величин оказывался равным 0.33.

Зависимость (1) определяется приростом плотности дислокаций за цикл ФП, а величина  $a$  того же порядка, что и в Ti-Ni-сплавах [5]. Из вышеизложенного следует, что при  $n > 6$  в кристаллах  $\text{PbTiO}_3$  проявляется ФН. Это объясняет увеличение  $\tau$ , которое отвечает времени

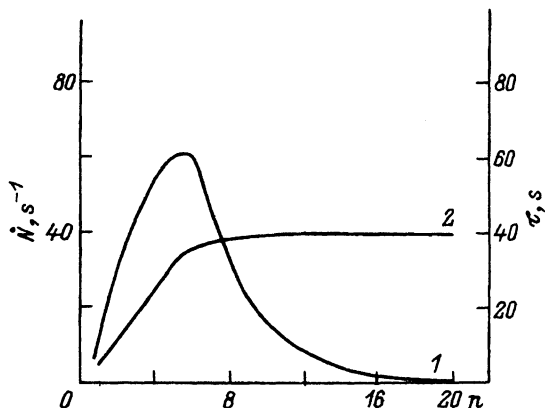


Рис. 2. Графики зависимостей активности сигналов АЭ  $\dot{N}$  (1) и их длительности  $\tau$  (2) от числа  $n$  термоциклов кристаллов.

перемещения ПМГ по кристаллам, и указывает на то, что скорость перемещения ПМГ зависит от количества генерируемых ей дислокаций.

Для объяснения максимума в зависимости  $\dot{N}(n)$  можно выдвинуть следующие предположения. В первом цикле интенсивной генерации дефектов ФН препятствует исходная матрица дефектов кристаллов. Возникшие дефекты ФН аннигилируют с исходными, вызывая АЭ [2]. Уменьшение плотности исходных дефектов способствует генерации дефектов ФН во втором цикле, что в свою очередь приводит к более массовой аннигиляции, вызывающей более активную АЭ. Процесс развивается лавинообразно, и к шестому циклу плотность исходных дефектов существенно уменьшается, о чем свидетельствуют минимум полуширины  $\delta$  и максимум добротности  $Q_m$ .

Следовательно, после шестого цикла проявляется только ФН, что следует из экспоненциальной зависимости  $\dot{N}(n)$  [5].

### Список литературы

- [1] Фесенко Е.Г., Гавриляченко В.Г., Семенчев А.Ф. Доменная структура многоосных сегнетоэлектрических кристаллов. Ростов-на-Дону (1990), 192 с.
- [2] Бойко В.С., Гарбер С.И., Косевич А.М. Обратимая пластичность кристаллов. М. (1991). 279 с.
- [3] Дудкевич П.В. Автореф. канд. дисс. Ростов-на-Дону (1990), 21 с.
- [4] Дулькин Е.А., Гавриляченко В.Г., Семенчев А.Ф. ФТТ 34, 5, 1628 (1992).
- [5] Плотников В.А., Монасевич Л.А., Паскаль Ю.И. ФММ 65, 6, 1219 (1988).

УДК 621.315.592

© Физика твердого тела, том 37, № 4, 1995  
Solid State Physics, vol. 37, N 4, 1995

## ОСНОВНОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКСИТОНА В КВАНТОВЫХ ПРОВОЛОКАХ

*Н.С.Авержиев, А.М.Моназов*

Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН, Санкт-Петербург  
(Поступило в Редакцию 23 августа 1994 г.)

Кулоновское притяжение имеет тенденцию эффективного усиления с понижением размерности пространства, в котором осуществляется движение частиц. Действительно, энергия основного состояния атома водорода равна  $E_0 = R_h = -me^4/2\hbar^2$ ; если же частицы двигаются в плоскости, то  $E_0 = 4R_h$ . В настоящее время в связи с искусственным созданием низкоразмерных структур задача о кулоновском взаимодействии частиц в таких структурах приобретает практический интерес, связанный с необходимостью определения положения энергетических уровней в этих системах. Данная работа посвящена изучению одномерных полупроводниковых структур [1,2], в которых свободное движение частиц осуществляется только в одном направлении. Заметим, что структуры на основе пористого кремния одномерны даже в том смысле, что поперечный размер полупроводниковой проволоки оказывается меньше, чем эффективный боровский радиус в этом материале [2].