

- [10] Robertson J. // Phys. Rev. 1984. V. B29. N 4. P. 2131—2137.
[11] Brown F. C., Bachach R. Z., Skibowski M. // Phys. Rev. 1976. V. 13. N 6. P. 2633—2635.

Ленинградский государственный университет
Ленинград

Поступило в Редакцию
13 июля 1989 г.
В окончательной редакции
24 ноября 1989 г.

УДК 537.226.4 : 538.956

© Физика твердого тела, том 32, № 5, 1990
Solid State Physics, vol. 32, N 5, 1990

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ В КРИСТАЛЛАХ $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$

М. Д. Волнянский, А. Ю. Кудзин, Д. Е. Медведь

В последнее время активно изучаются слабополярные сегнетоэлектрики, которые обнаруживают ряд аномальных свойств при сегнетоэлектрическом (СЭ) фазовом переходе (ФП), отличающих их от традиционных сегнетоэлектриков.

Гептагерманат лития $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$ (ЛГО) является удобным объектом для исследования, представляющим слабополярные СЭ, так как относительно легко можно вырастить крупные, высококачественные монокристаллы методом Чохральского: фазовый переход отчетливо выражен и происходит в легко доступном температурном интервале. Изучены диэлектрические, упругие, оптические свойства ЛГО, проведены рентгеновские исследования ФП. Вместе с тем отсутствуют данные по доменной структуре, окончательно не выяснен механизм ФП, поэтому представляется полезным исследование внутреннего трения в ЛГО, которое может дать дополнительную информацию по этим вопросам.

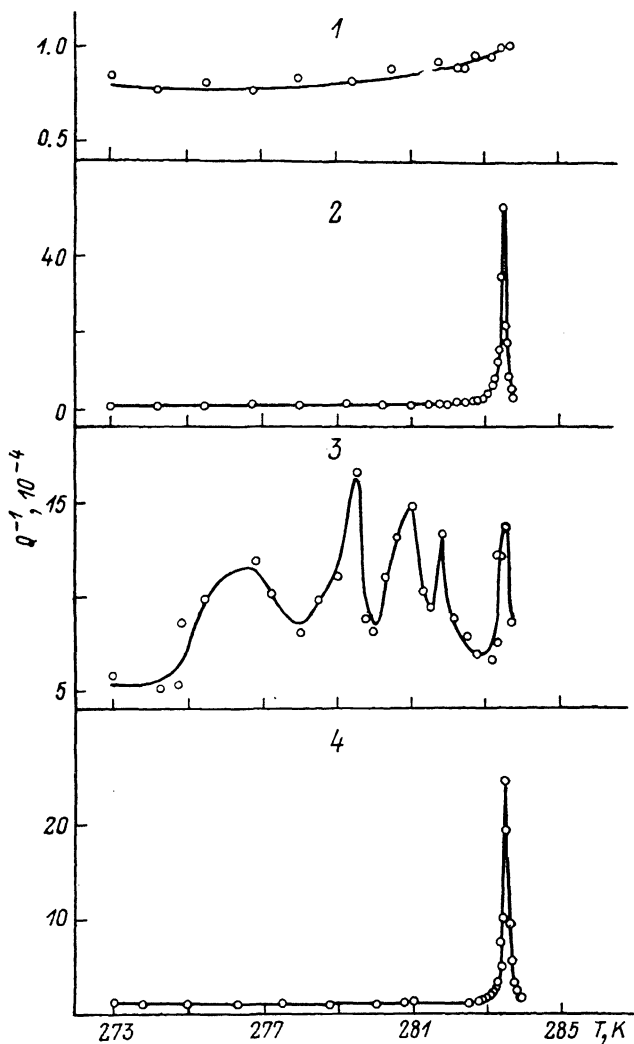
В данном сообщении приводятся результаты измерений внутреннего трения Q^{-1} в образцах ЛГО по методике затухания собственных механических колебаний пьезорезонатора. Исследовались образцы в виде брусков необходимой кристаллографической ориентации, в которых возбуждались колебания по длине за счет пьезомодулей d_{31} , d_{32} , d'_{24} , d'_{15} , а также пластинки и бруски с возбуждением толщинных колебаний за счет d_{33} . Методика приготовления образцов описана в [1], а измерительная установка — в [2].

Для монодоменизации образцов в сегнетофазе они охлаждались от комнатной температуры через ФП под E_+ , приложенным по направлению возникновения спонтанной поляризации, до ≈ 273 К. Величина поляризующего поля была $> E_c$ для ЛГО.

Температурные зависимости Q^{-1} всех исследованных мод колебаний показаны на рисунке. Для всех образцов, исключая возбуждение с использованием d_{33} , вдали от T_c внутреннее трение практически не зависит от температуры и наблюдается высокая (для сегнетоэлектрических кристаллов) механическая добротность $\approx 1 \cdot 10^{-4}$. Вблизи фазового перехода во всех образцах наблюдалось увеличение Q^{-1} , однако характер аномального поведения различен. Для брусков d_{31} (продольные колебания вдоль [100]) имеется слабое увеличение Q^{-1} на $\approx 20\%$ при приближении к T_c . Выше T_c образцы не возбуждались, поэтому спадающей ветви $Q^{-1}(T)$ не наблюдалось. Для брусков d_{32} (продольные колебания вдоль [010]) обнаружено резкое возрастание Q^{-1} при приближении к T_c . Значение Q^{-1} в пике в 40—50 раз превышает средний уровень затухания вдали от T_c . Эти образцы возбуждаются также в температурном интервале на ≈ 0.5 К выше пика Q^{-1} , при этом Q^{-1} падает до значения, равного среднему уровню затухания в сегнетоэлектрической фазе. Аномальное поведение Q^{-1} имеет место в узком интервале температур (1—1.5 К).

В брусках d'_{15} и d'_{24} поведение Q^{-1} при ФП аналогичное, однако температурный интервал аномалии Q^{-1} еще уже (≈ 0.5 K), а Q^{-1} в пике в ≈ 15 раз выше среднего уровня затухания.

Продольная мода колебаний по толщине вдоль сегнетоэлектрической оси (используя пьезомодуль d_{33}) возбуждалась как на пластинках C -среза, так и на брусках d_{31} на соответствующей частоте. На исследованных об-



Температурные зависимости Q^{-1} кристаллов $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$ для продольных колебаний вдоль: 1 — $[100]$ (d_{31}), 2 — $[010]$ (d_{32}), 3 — $[001]$ (d_{33}), 4 — $ZY\omega - 45^\circ$ (d'_{24}).

разцах наблюдается в среднем более высокий уровень затухания (в 5—10 раз выше, чем на других модах колебаний). Температурная зависимость Q^{-1} представляла собой последовательность нескольких небольших пиков (в ≈ 2 раза превышающих по амплитуде средний уровень затухания), последний из которых приходился на T_c .

В сегнетоэлектрических кристаллах внутреннее трение, как правило, связано с доменными процессами, а в районе СЭ ФП — непосредственно с фазовым переходом. Предполагая, что затухание упругих волн в кристаллах $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$ описывается механизмом Ландау—Халатникова, и используя полученные данные по внутреннему трению, смогли оценить время релаксации τ по формуле, приведенной в [3]. При температуре 280 K $\tau \approx 2 \cdot 10^{-8}$ с, что на несколько порядков больше, чем в кристаллах

KDP. В кристаллах ЛГО обнаружена значительная пространственная анизотропия внутреннего трения. При фазовом переходе аномалия Q^{-1} при возбуждении колебаний вдоль [010] в 15—20 раз больше по амплитуде, чем аналогичные данные при возбуждении вдоль [100]. Такое поведение Q^{-1} коррелирует с аномалиями некоторых других свойств ЛГО при ФП. Измерения теплового расширения [4] показали, что температурная производная теплового расширения $(dL/dT)/L$ в сегнетоэлектрической фазе вблизи ФП вдоль направления [010] в 5 раз больше, чем вдоль направления [100], а при удалении от T_c — более чем в 50 раз. Сравнение температурных зависимостей скоростей продольных ультразвуковых волн в окрестности температур ФП показывает также, что уменьшение $v_{[010]}$ составляет около 20 % при T_c от значения при комнатной температуре, в то время как для $v_{[100]}$ — всего около 4 % [4]. Кроме того, исследование структурных изменений в ЛГО при СЭ ФП [5] показало: 1) парафаза характеризуется анизотропным тепловым движением атомов, в котором принципиальная ось колебаний направлена между двумя сегнетоэлектрическими конфигурациями; 2) остов кристаллографической решетки, образованный германатными полиэдрами, претерпевает ФП типа смещения через подавление качающегося движения тетраэдров $[\text{GeO}_4]$, при котором смещение атомов кислорода достигает почти 0.3 Å и происходит в плоскости (100). По-видимому, такое поведение кристаллической решетки ЛГО приводит к наблюдаемой анизотропии Q^{-1} в этом материале.

Список литературы

- [1] Волнянский М. Д., Кудзин А. Ю. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 10. С. 3123—3125.
- [2] Волнянский М. Д., Чертков И. Л. Диэлектрические кристаллы сложных окислов. Днепропетровск, 1987. С. 111—116.
- [3] Смоленский Г. А. и др. Физика сегнетоэлектрических явлений. Л., 1985.
- [4] Wada M., Ishibashi Y. // J. Phys. Soc. Jap. 1983. V. 52. N 1. P. 193—199.
- [5] Iwata Y., Shibuya I., Wada M., Sawada A., Ishibashi Y. // J. Phys. Soc. Jap. 1987. V. 56. N 7. P. 2420—2427.

Днепропетровский государственный университет
Днепропетровск

Поступило в Редакцию
2 марта 1989 г.
В окончательной редакции
28 ноября 1989 г.

ФАЗОВАЯ P — T ДИАГРАММА СОБСТВЕННОГО НЕСОРАЗМЕРНОГО СЕГНЕТОЭЛАСТИКА Cs_2CdBr_4 : УПРУГИЕ СВОЙСТВА

О. Г. Влох, А. В. Китык, О. М. Мокрый, В. Г. Грибик

Известно, что значительные по величине внешние воздействия (электрическое поле, механическое напряжение, гидростатическое давление и др.) существенным образом искажают структуру несоизоморфных фаз (НФ) сегнетоэлектриков или сегнетоэластиков, вызывая в ряде случаев появление на их фазовых диаграммах тройных точек, в которых сливаются линии несоизоморфных и соизоморфных фазовых переходов (ФП). Подобного рода точка недавно была обнаружена авторами этой работы на фазовой диаграмме давление—температура (P — T диаграмме) в собственном несоизоморфном сегнетоэластике Cs_2CdBr_4 (подробное изложение результатов будет опубликовано вскоре). При атмосферном давлении эти кристаллы обладают последовательностью трех фазовых переходов: исходная параэластическая фаза (ПФ, пр. группа $Pnma$)— $T_1=252$ К →