

- [6] Кутсар А. Р., Родионов Ю. Л., Зимин В. И., Исфандияров Г. Г. // ФММ. 1980. № 3. С. 644—647.
 [7] Пирсон У. Кристаллохимия и физика металлов и сплавов. Ч. 2 М. Мир, 1977. 472 с.
 [8] Штремель М. А., Капуткина Л. М., Прокошкин С. Д., Капуткин Д. Е., Чусов С. Ю. // ФММ. 1992. № 5. С. 25—33.

Московский институт
 стали и сплавов

Поступило в Редакцию
 30 июля 1991 г.
 В окончательной редакции
 3 августа 1992 г.

© Физика твердого тела, том 35, № 1, 1993
 Solid State Physics, vol 35, № 1, 1993

ГИСТЕРЕЗИСНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СКОРОСТИ ЗВУКА В ОБЛАСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ НЕСОРАЗМЕРНОЙ СУПЕРИОННОЙ ФАЗЫ КРИСТАЛЛА LiKSO_4

Б. Ф. Борисов, Т. Краевский, А. К. Раджабов, Е. В. Чарнак

Кристалл литий-калиевого сульфата LiKSO_4 относится к многочисленной группе кристаллов, имеющих фазу прототипа со структурой $\alpha\text{-K}_2\text{SO}_4$. Многие представители этого класса переходят в несоразмерную фазу как при низких, так и при высоких температурах. Особенностью LiKSO_4 являются фазовые переходы при высокой температуре из парафазы сначала в состояние с соразмерной, а затем — с несоразмерной модуляцией [1,2], в котором кристалл одновременно является сегнетоэластиком [3,4] и супериоником [5,6]. К настоящему времени не имеется однозначных данных относительно точных температур высокотемпературных фазовых переходов, а также относительно симметрии кристалла в модулированной фазе [7].

По наиболее поздним данным переход в соразмерную сегнетоэластическую фазу происходит при $T_c = 708$ К, в несоразмерную фазу — при $T_{ci} = 743$ К и фазу прототипа — при $T_i = 943$ К [1,5]. В области температур между комнатной и T_c LiKSO_4 имеет гексагональную симметрию 6 [8,9]. Наиболее вероятной симметрией при $T_c < T < T_i$ является ромбическая mmm [5,10]. Сочетание сегнетоэластических и суперионных свойств с несоразмерной структурой может привести к необычному поведению акустических параметров в высокотемпературной области, что делает акустические исследования особенно интересными. Однако измерения температурных зависимостей модулей упругости методом мандельштам-бриллюэновского рассеяния никаких аномалий, присущих несоразмерной фазе, не выявили [5].

В настоящей работе приводятся результаты исследований температурной зависимости скоростей продольных акустических волн, распространяющихся вдоль двух взаимно-перпендикулярных направлений кристалла LiKSO_4 , соответствующих кристаллофизическим осям z и y гексагональной фазы в диапазоне температур 300—930 К. Измерения $\Delta v^i/v_0^i = [v^i(T) - v^i(T = 300 \text{ К})]/v^i(T = 300 \text{ К})$ ($i = x, y, z$) проводились импульсно-фазовым методом [11,12] на частоте 7 МГц. Исследуемый образец помещался между двумя достаточно длинными, выходящими за пределы термостатирующей камеры, звукопроводами, к внешним торцам которых приклеивались пьезопреобразователи из кварца или ниобата лития. Контакт между образцом и звукопроводом внутри термостата осуществлялся без склейки (так называемый оптический контакт) за счет прижима атмосферным давлением. Точность относительных измерений скорости составляла

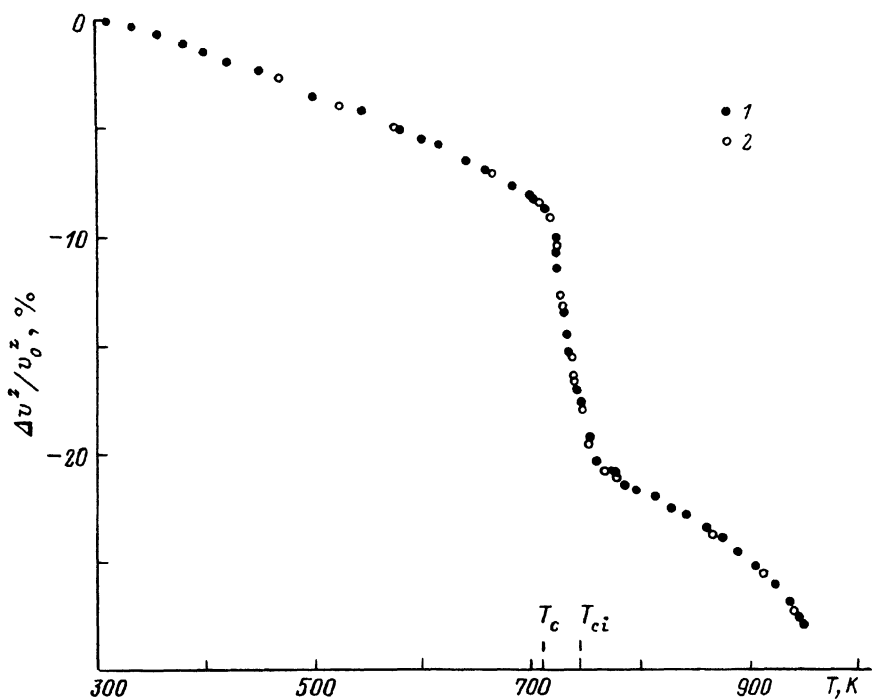


Рис. 1. Температурная зависимость изменения относительной скорости для звуковой волны, распространяющейся вдоль оси z .

1 — нагрев, 2 — охлаждение.

$10^{-2}\%$. Измерения производились в режимах медленного нагрева и охлаждения с выдерживанием образца при постоянной температуре перед измерениями в течение 15—20 мин. Точность термостатирования составляла не менее 1 К.

Как показали измерения, скорость звука вдоль осей линейно уменьшалась с ростом температуры от комнатной до температуры, равной приблизительно 570 К (рис. 1, 2). Начиная с $T_c \approx 708$ К наблюдалось резкое уменьшение скоростей, причем основное изменение приходилось на интервал 708—740 К. В несоизмеренной фазе скорость незначительно уменьшалась с температурой, дальнейшее существенное уменьшение скорости возникало при приближении к T_i . Для волны, распространяющейся вдоль направления z гексагональной фазы, кривая, полученная при охлаждении, в пределах точности термостатирования совпадала с кривой, полученной при нагреве (рис. 1), тогда как для волны, распространяющейся вдоль оси y , наблюдался значительный температурный гистерезис, охватывавший всю исследованную область при $T > T_c$ (рис. 2). Петли гистерезиса имеют некоторые особенности, характерные, в частности, для гистерезиса диэлектрической проницаемости в области lock-in перехода [13], т. е. при повторных процессах нагрева и охлаждения от различных температур наблюдается тенденция сближения кривых с основными закономерностями нагрев—охлаждение, хотя для скорости в данном случае эта тенденция выражена не столь ярко. При этом ширина петли гистерезиса максимальна вблизи T_{ci} .

Естественно предположить, что наблюдаемый гистерезис обусловлен существованием несоизмеренной фазы. Обращают на себя внимание следующие характерные особенности наблюдаемого эффекта: большая величина температурного

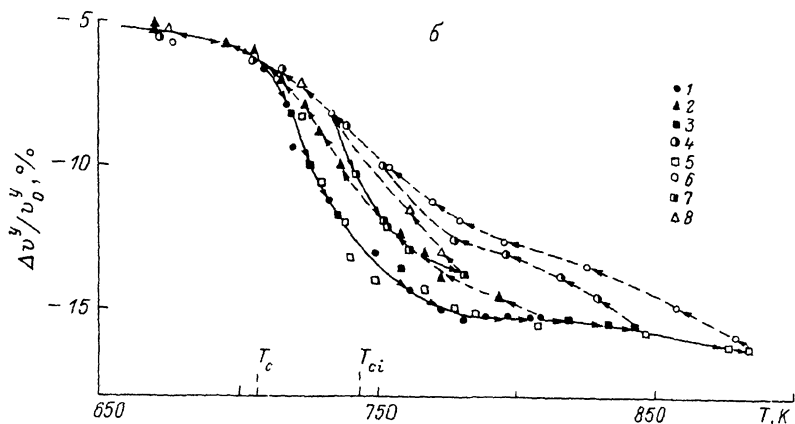
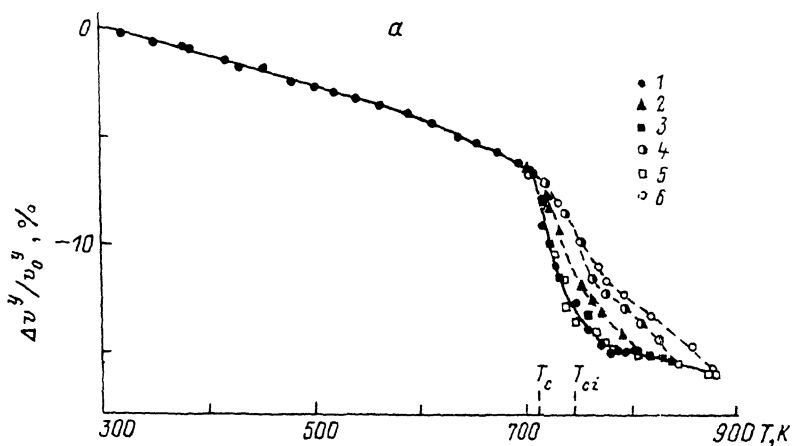


Рис. 2. Температурные зависимости изменения относительной скорости для волны, распространяющейся вдоль оси у.

Сплошные линии — нагрев, штриховые линии — охлаждение. Экспериментальные точки на рис. 2а показаны частично. 1, 2 — первый; 3, 4 — второй; 5, 6 — третий; 7, 8 — четвертый циклы «нагрев—охлаждение».

интервала существования гистерезиса, сильная анизотропия. Следует предположить, что, поскольку выше T_c LiKSO_4 является литиевым суперионом, в образовании гистерезиса существенную роль играет перераспределение зарядов в поле несоразмерной модуляции [14].

Список литературы

- [1] Li Y. Y. // *Solid State Commun.* 1984. V. 51. N 4. P. 335—348.
- [2] Zhang M. S., Katiyar R. S., Scott J.F. // *Ferroelectrics.* 1987. V. 74. P. 305—309.
- [3] Breczewski T., Krajewski T., Mroz B. // *Ferroelectrics.* 1981. V. 33. P. 9—15.
- [4] Krajewski T., Breczewski T., Piskunowicz P., Mroz B. // *Ferroelectrics Lett.* 1985. V. 4. P. 95—98.
- [5] Pimenta M. A., Echegut P., Luspini Y., Hauret G., Gervais F., Abelard P. // *Phys. Rev. B.* 1989. V. 39. N 5. P. 3361—3371.
- [6] Pimenta M. A., Echegut P., Gervais F., Abelard P. // *Solid State Ionics.* 1988. V. 28—30. P. 224—227.
- [7] Mroz B., Tuczynski J. A., Kieft H., Clouter M. J. // *J. Phys.: Condens. Matter.* 1989. V. 1. N 11. P. 5565—5569.
- [8] Bradicy A. J. // *Phil. Mag.* 1925. V. 49. N 9. P. 1225—1229.
- [9] Bansal M. L., Deb S. K., Roy A. P., Sahni V. C. // *Solid State Commun.* 1980. V. 36. N 11. P. 1047—1051.
- [10] Chung S. J., Hahn T. // *Acta Crystallogr. Sect. A.* 1972. V. 28. N 3. P. 557—563.

- [11] Charnaya E. V., Rakhimov I. // *Ferroelectrics*. 1990. V. 112. P. 55—64.
- [12] Недбай А. И., Ходжахонов И. И., Чарная Е. В. // *Акуст. журн.* 1988. Т. 34. N 1. С. 181—184.
- [13] Unruh H.-G. // *Phys. C.: Solid State Phys.* 1983. V. 16. N 10. P. 3245--3251.
- [14] Вихнин В. С. // *ФТТ*. 1986. Т. 28. N 11. С. 2186—2189.

Санкт-Петербургский
государственный университет

Поступило в Редакцию
1 сентября 1992 г.