

ПОДАВЛЕНИЕ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСТВА ОДНООСНЫМ МЕХАНИЧЕСКИМ НАПРЯЖЕНИЕМ В ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ПОЛЯРНОЙ ФАЗЕ ТИОМОЧЕВИНЫ

В. В. Гладкий, В. А. Кириков, Е. С. Иванова, С. Н. Каллаев

Недавно [1] в кристаллах тетраметиламмония—тетрахлорцинката (ТМА— $ZnCl_4$) обнаружен эффект подавления сегнетоэлектричества малым механическим одноосным напряжением: спонтанная поляризация исчезает под воздействием напряжения и вновь появляется после прекращения воздействия. Возможно, что эффект связан с близостью состояния кристалла к критической точке на фазовой диаграмме напряжение—температура и с переходом через эту точку в неполярное состояние под напряжением.

Представляет интерес попытка обнаружения аналогичного эффекта в других кристаллах, имеющих узкую по температуре полярную фазу. В настоящем сообщении приводятся данные, свидетельствующие о проявлении такого же эффекта в кристаллах тиомочевина $SC(NH_2)_2$.

Кристаллы тиомочевина обнаруживают сложную последовательность структурных фазовых переходов [2]. При комнатной температуре кристалл принадлежит к centrosymmetric group $Pnma (D_{2h}^{16})$ с параметрами ячейки $a=7.655 \text{ \AA}$, $b=8.537 \text{ \AA}$, $c=5.520 \text{ \AA}$ (фаза V). При уменьшении температуры при $T_i=202 \text{ K}$ появляется несоизмерная сверхструктура с волновым вектором модуляции $q=(2\pi/b)\delta$, которая переходит сначала в соразмерную с $\delta=1/9$ при $T=171 \text{ K}$ (фаза II'), а затем в соразмерную полярную фазу ($\delta=0$) со спонтанной поляризацией P_s вдоль оси a (X) (фаза I). Внутри температурного интервала с несоизмерной сверхструктурой имеется еще несколько фаз: неполярная IV, полярная III, существующая только во внешнем электрическом поле (при этом $\delta=1/8$), неполярная II и, наконец, в узкой температурной области ($\sim 0.6 \text{ K}$) еще одна полярная фаза II'' с $P_s=(3.5 \pm 1) \cdot 10^{-4} \text{ мкКл/см}^2$ [3], которая и являлась объектом исследования.

Образец кристалла представлял собой прямоугольный параллелепипед, ребра которого параллельны кристаллографическим осям координат. Грани образца, перпендикулярные полярной оси a (X), покрывались серебряной пастой. Измерялись диэлектрическая проницаемость ϵ_{xx} на частоте 1 кГц и поляризация P_x во внешнем поле E_x электрометрическим методом. Одноосное механическое напряжение прикладывалось вдоль оси b (Y).

На рис. 1 приведена температурная зависимость ϵ_{xx} в области полярной фазы II'', а также в более широкой области (вставка). Куполообразная часть кривой $\epsilon_{xx}(T)$ отмечает температурную область сегнетоэлектрической фазы II'' шириной $\sim (0.6 \pm 0.1) \text{ K}$. Аналогичную форму имеет температурная зависимость поляризации P_x , измеренной в электрических полях $E_x=0.24$ и 0.56 кВ/см (на рис. 1 не показана). Аномальная часть P_x , практически не зависящая от E_x (при $E_x > E_k$, E_k — коэрцитивное поле), является спонтанной поляризацией P_s . Значение максимальной $P_s \simeq (5 \pm 1) \text{ мкКл/см}^2$, полученной из кривых $P_x(T)$ при $E_x \neq 0$, удовлетворительно согласуется с данными [3].

Влияние одноосного механического напряжения σ_{yy} на ϵ_{xx} в области полярной фазы II'' показано на рис. 1 «жирной» линией. После понижения температуры значение ϵ_{xx} переходит из точки 1 в точку 2 при приложении $\sigma_{yy} \simeq 30 \text{ кГ/см}^2$. Затем при повышении температуры нагруженного кристалла значение ϵ_{xx} изменяется от точки 2 к точке 3. Снятие нагрузки в точке 3 переводит ϵ_{xx} в точку 4. При дальнейшем охлаждении механически свободного образца значение ϵ_{xx} постепенно переходит на соответ-

ствующую кривую $\epsilon_{xx}(T)$. Главный результат рис. 1: напряжение σ_{yy} сглаживает аномальный температурный максимум ϵ_{xx} , основной вклад в который, по-видимому, дают колебания доменных стенок полярной фазы.

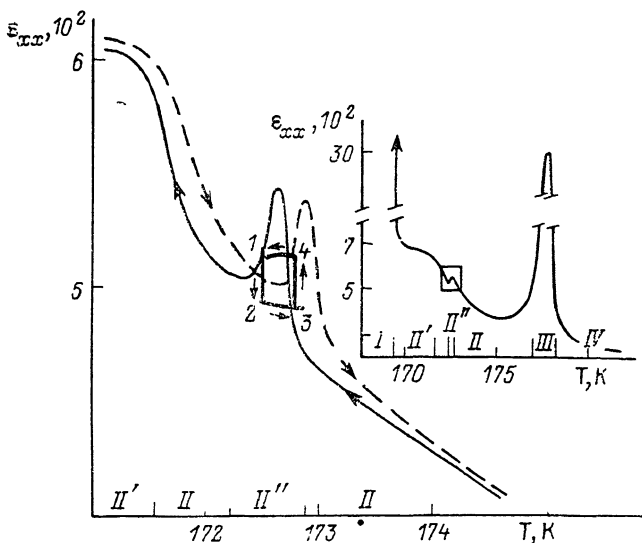


Рис. 1. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости ϵ_{xx} титмочевины в области полярной фазы II' и влияние одноосного механического напряжения σ_{yy} на ϵ_{xx} .

На вставке — зависимость $\epsilon_{xx}(T)$ в широком температурном интервале, область полярной фазы II'' обведена квадратом.

На рис. 2 приводятся результаты измерений воздействия напряжения σ_{yy} на ϵ_{xx} и поляризацию P_x при $T = \text{const}$ внутри полярной фазы II'' . Видно, что σ_{yy} эффективно изменяет ϵ_{xx} и P_x . Причем изменение P_x при

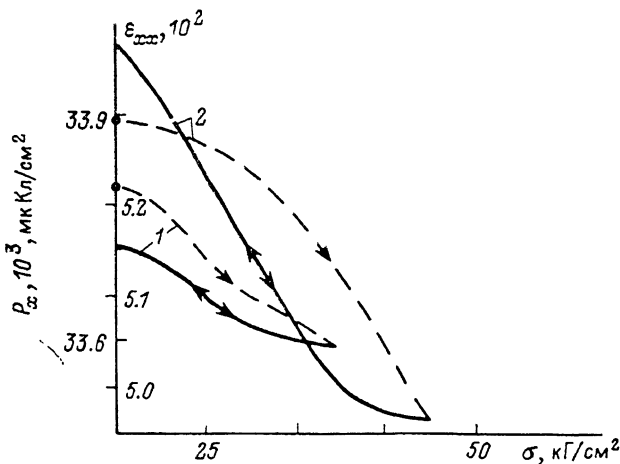


Рис. 2. Зависимость диэлектрической проницаемости ϵ_{xx} (1) и поляризации P_x в поле $E_x \neq 0$ (2) от одноосного механического напряжения σ_{yy} в области полярной фазы II'' титмочевины при постоянной температуре T .

$E_x = 0.64$ кВ/см, $\Delta T = T_{\text{max}} - T = 0.14$ (1) и 0.17 К (2), где T_{max} — температура максимума ϵ_{xx} .

$\sigma_{yy} \approx 44$ кг/см² равно 4.5 ± 1.0 мкКл/см², что соответствует значению спонтанной поляризации P_s , полученной из данных измерения $P_x(T)$ при $E_x \neq 0$ механически свободного кристалла при той же температуре. Таким образом, результаты измерений P_x и ϵ_{xx} при $\sigma_{yy} \neq 0$ показывают,

что одноосное напряжение σ_{yy} , так же как в [1] в кристаллах ТМА— $ZnCl_4$, приводит к исчезновению спонтанной поляризации в промежуточной по температуре полярной фазе тиомочевинины.

Необходимо отметить, что в отличие от данных [1] первая половина цикла изменения σ_{yy} на рис. 2 (штриховые линии), вторая половина и все последующие циклы (сплошные линии) приводят к несколько различным изменениям ϵ_{xx} и P_x (есть остаточные значения ϵ_{xx} и P_x). По-видимому, это различие связано с тем, что кристалл тиомочевинины в отличие от ТМА— $ZnCl_2$ при этих температурах имеет несоразмерную сверхструктуру [2] со специфическими эффектами механической памяти, подробно исследованными в Rb_2ZnCl_4 в [4] и связанными с переходом кристалла под влиянием однократного внешнего напряжения в другое долгоживущее метастабильное состояние. В результате эффекты обратимого подавления спонтанной поляризации и механической памяти складываются. Отметим также, что вне интервала полярной фазы II'' эффекты механической памяти также наблюдаются (остаточные значения ϵ_{xx} и P_x после первого цикла изменения σ_{yy} на порядок меньше, чем в фазе II''), однако практически полностью отсутствует эффект обратимого изменения ϵ_{xx} и P_x под воздействием механического напряжения σ_{yy} .

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Каллаев С. Н., Гладкий В. В., Кириков В. А., Шувалов Л. А. // Письма в ЖЭТФ. 1989. Т. 50. № 2. С. 98—101.
- [2] Denoyer F., Currat R. Incommensurate Phases in Dielectrics. 2. Materials / Ed. R. Blinc, A. P. Levanyuk. N. Holland, 1986. P. 134—160.
- [3] McKenzie D. R., Dryden J. S. // J. Phys. C: Sol. St. Phys. 1973. V. 6. N 4. P. 767—773.
- [4] Гладкий В. В., Кириков В. А., Желудев И. С., Гаврилова И. В. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 6. С. 1690—1697.

Институт кристаллографии АН СССР
Москва

Поступило в Редакцию
1 февраля 1990 г.

© Физика твердого тела, том 32, № 7, 1990
Solid State Physics, vol. 32, N 7, 1990

УПРУГИЕ СВОЙСТВА МАГНЕТОПЛЮМБИТА $PbFe_{12}O_{19}$

Т. П. Сорокина, С. И. Бурков, Б. П. Сорокин, О. П. Квашнина

Магнетоплюмбит $PbFe_{12}O_{19}$ (PbM) известен в литературе как кристалл с рядом интересных особенностей в сравнении с другими ферритами структурного типа M [1, 2]. Хорошо изучены его магнитные и электрические свойства, но тем не менее упругие свойства исследованы недостаточно.

$PbFe_{12}O_{19}$ относится к гексагональной симметрии. Упругий тензор содержит пять констант: C_{11} , C_{33} , C_{44} , C_{12} , C_{13} .

Исследования упругих параметров проведены на образцах монокристаллов, контроль ориентации которых осуществлялся рентгеновским способом с точностью $\pm 10'$. Скорости упругих волн определены импульсно-фазовым методом на частоте 10 МГц [3] с точностью 0.1 %. Упругие постоянные затем рассчитывались по известным соотношениям кристаллоакустики с использованием значения плотности, вычисленной из структурных данных: $\rho = 5.74 \cdot 10^3$ кг/м³. Точность расчета упругих постоянных, за исключением C_{13} , составила 0.2 %, для C_{13} — 0.4 %.

В табл. 1, 2 приведены значения скоростей распространения упругих волн и рассчитанные из них упругие постоянные монокристалла $PbFe_{12}O_{19}$ при 300 К. Там же указаны постоянные для $BaFe_{12}O_{19}$, обладающего