

**ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ  
ДИНАМИЧЕСКОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ  
И СПОНТАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ  
TlInS<sub>2</sub> — НЕСОБСТВЕННОГО СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКА  
С НЕСОРАЗМЕРНОЙ ФАЗОЙ**

*К. Р. Аллахвердиев, А. А. Бабинова, Б. Р. Гаджиев, Т. Г. Мамедов*

Определены частотная и температурная зависимости действительной и мнимой частей динамической восприимчивости в несоизмерной фазе и температурное поведение спонтанной поляризации в соразмерной фазе кристаллов TlInS<sub>2</sub>. Из сравнения теории с экспериментом найдены параметры термодинамического потенциала.

Соединение TlInS<sub>2</sub> политипно [1], причем, согласно данным нейтронографических исследований [2], одна из модификаций его претерпевает структурный фазовый переход с промежуточной несоизмерной фазой с  $q_{inc} = (\delta, \delta, 0.25)$ , причем  $T_I = 216$  К (температура перехода из высокосимметричной в несоизмерную фазу), а  $T_c = 200$  К (температура перехода из несоизмерной в соразмерную фазу). При комнатной температуре кристаллы TlInS<sub>2</sub> имеют пространный группу симметрии  $C_{2h}^2$  [3].

Экспериментальные исследования температурной и частотной зависимостей действительной и мнимой частей динамической проницаемости и температурной зависимости спонтанной поляризации проводились в [4, 5]. Целью настоящей работы является сопоставление экспериментальных данных для одной из групп образцов работы [4] (при этом используется вся кривая в области существования несоизмерной фазы), а также полученной нами температурной зависимости спонтанной поляризации  $P_s$  кристаллов TlInS<sub>2</sub> в соразмерной фазе с феноменологической теорией и основанное на таком сопоставлении выполнение численных оценок коэффициентов термодинамического потенциала для этого кристалла.

Свободная энергия, построенная из соображений симметрии в рамках приближения постоянной амплитуды, согласно [6, 7], имеет следующую форму:

$$F = \frac{1}{2x_0} \int_0^{2x_0} f(x) dx, \quad (1)$$

где плотность свободной энергии

$$f(x) = (\alpha/2) \rho^2 + (\beta/4) \rho^4 + \gamma \rho^8 \cos 8\varphi - \delta \rho^2 (d\varphi/dx), \\ (k/2) \rho^2 (d\varphi/dx)^2 + 2\xi P_y \rho^4 \sin 4\varphi + (\chi_2/2) (1 + g_1 \rho^2) P_y^2 - P_y E_y. \quad (2)$$

Используя определения динамической восприимчивости, после вычислений, аналогичных [8, 9], при  $E_y \rightarrow 0$  находим

$$\chi_y(\omega) = \frac{\chi_{ст} - \chi_2^0}{1 + i \frac{\gamma_1 k^2}{64 (k')^2 \rho^{8\gamma}} \omega - \frac{m_1 k^2}{64 (k')^2 \rho^{8\gamma}} \omega^2} + \chi_2^0, \quad (3)$$

где

$$\chi_{ст} = \chi_0^2 \left[ 1 + \frac{1}{1+c} \left( \frac{E(k)}{(1-k^2)K(k)} - 1 \right) \right]. \quad (4)$$

Температурная зависимость параметра  $k$  и параметра порядка  $\rho$  определена соотношениями

$$\rho^2 = -a/\beta; \quad \frac{E(k)}{k} = \frac{1}{a(1+c)^{1/2}} \frac{1}{(1-T/T_1)^3}. \quad (5), (6)$$

Коэффициент  $(\gamma_1 k^2 / 64 (k')^2 \rho^8 \bar{\gamma})$  имеет смысл времени релаксации  $\tau$  [5, 7, 8], и нетрудно показать, что вблизи  $T_c$  в несоразмерной фазе  $\tau \sim (T - T_c)^{-1}$  расходится. При этом необходимо учесть, что в несоразмерной фазе  $\gamma_1 = \gamma_1^0 \rho^2$ .

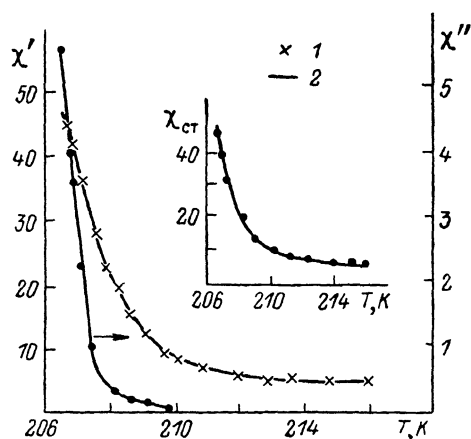


Рис. 1. Температурные зависимости  $\chi_{ст}$ ,  $\chi'$  и  $\chi''$  ( $\omega=110$  Гц) кристаллов  $TlInS_2$  в несоразмерной фазе.

1 — эксперимент [4], 2 — теория.

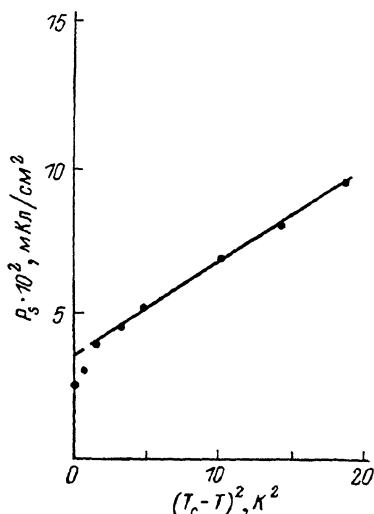


Рис. 2. Температурная зависимость спонтанной поляризации  $P_s$  в кристаллах  $TlInS_2$  в соразмерной фазе.

Из выражения (3), используя  $\chi_y(\omega) = \chi'(\omega) - i\chi''(\omega)$ , можно получить температурную и частотную зависимости действительной  $\chi'$  и мнимой  $\chi''$  частей динамической восприимчивости, которые справедливы в окрестности  $T_c$  внутри несоразмерной фазы. Из совместного сравнения теоретических и экспериментальных результатов [4] для  $\chi_{ст}$ ,  $\chi'$  и  $\chi''$  (рис. 1) определены параметры  $a=79$ ,  $c=3.5$ ,  $\gamma_1^0/m_1^0=7.5$ ,  $4\alpha_0\gamma^{1/2}/\beta (m_1^0)^{1/2} = 5.5$ .

Кристаллы  $TlInS_2$  для измерений спонтанной поляризации были выращены в вакуированных кварцевых ампулах модифицированным методом Бриджмена. Для измерений использовались образцы размерами  $5 \times 2 \times 12$  мм, удельная проводимость которых при комнатной температуре была  $10^{-5} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ . Для исследования петель диэлектрического гистерезиса на частоте 50 Гц использовалась модифицированная схема Сойера—Тауэра.

В статическом случае термодинамический потенциал (1) для механически свободного кристалла  $TlInS_2$  в полярной фазе для спонтанной поляризации  $P_s$ , амплитуды и фазы параметра порядка дает следующие решения [10]:

$$\rho^2 = (a_T/\beta)(T - \theta), \quad P_s = (2\xi/\chi_0^2) \rho^4, \quad \cos \varphi = 0. \quad (7)-(9)$$

Результаты измерений поляризации (рис. 2) использованы для проверки справедливости уравнений (7), (8). Наклон прямой линии на рис. 2

дает величину коэффициента  $2\xi\alpha_T^2/\chi_2^2\beta^2=3.3\cdot 10^{-3}$  мКл/см<sup>2</sup>·К<sup>2</sup>. Отметим, что экспериментальные точки, отклоняющиеся от прямой линии, относятся к узкой области температур вблизи  $T_c$ , где существенны влияния неоднородностей кристалла и где возникает хаотическое распределение доменных стенок, ответственных за возникновение метастабильных состояний [11].

В заключение авторы выражают благодарность А. П. Леванюку и Ф. М. Гашимзаде за обсуждение.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Абдуллаева С. Г., Абдинбеков С. С., Гусейнов Г. Г. // ДАН Азерб. ССР. 1980. Т. 36. № 8. С. 34—38.
- [2] Вахрушев С. Б., Жданов В. В., Квятковский Б. Е. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1984. Т. 39. № 6. С. 245—247.
- [3] Hencel W., Hoescheimer H. D., Carlone C., Werner A., Ves A. // Phys. Rev. 1981. V. 26. N 6. P. 3211—3221.
- [4] Алиев Р. А., Аллахвердиев К. Р., Баранов А. И. и др. // ФТТ. 1984. Т. 26. № 5. С. 1271—1276.
- [5] Аллахвердиев К. Р., Баранов А. И., Мамедов Т. Г. и др. // Препринт ИФАН Азерб. ССР, № 259. Баку, 1988.
- [6] Гашимзаде Ф. М., Гаджиев Б. Р., Аллахвердиев К. Р. и др. // ФТТ. 1985. Т. 27. № 8. С. 2286—2290.
- [7] Гашимзаде Ф. М., Гаджиев Б. Р. // Препринт ИФАН Азерб. ССР, № 199. Баку, 1986.
- [8] Horioka M., Savada A. // Ferroelectrics. 1986. V. 66. P. 303—312.
- [9] Струков Б. А., Леванюк А. П. Физические основы сегнетоэлектрических явлений в кристаллах. М., 1983.
- [10] Гладкий В. В., Джабраилов А. М., Кириков В. А. и др. // ФТТ. 1986. Т. 28. № 8. С. 2397—2401.
- [11] Струков Б. А. // Изв. АН СССР, сер. физ. 1987. Т. 51. № 10. С. 1717—1725.

Институт физики АН АзССР  
Баку

Поступило в Редакцию  
6 апреля 1988 г.  
В окончательной редакции  
15 декабря 1988 г.