

- [3] Голенищев-Кутузов В. А., Самарцев В. В. Магнитная квантовая акустика. М.: Наука, 1977. 197 с.
 [4] Guermeur R., Joffrin J., Levelut A., Penne J. // Solid State Comm. 1968. V. 6. P. 519—522.

Тбилисский государственный университет
 им. Ив. Джавахишвили

Поступило в Редакцию
 18 мая 1992 г.

УДК 537.226.4

© Физика твердого тела, том 34, № 10, 1992
 Solid State Physics, vol. 34, N 10, 1992

ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛА $TlInS_2$ В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР 1.5—100 К

А. Б. Есенгалиев, Ф. М. Салаев, В. К. Новик

В наших предыдущих работах [1–3] было показано, что температурные зависимости пирокoeffициента γ^σ совершенных кристаллов линейных пирокоелектриков описываются при температурах вплоть до 1.5 К суммой функций теплоемкости Дебая и Эйнштейна, а сегнетоэлектриков — только эйнштейновскими функциями. Такие зависимости были названы нами каноническими. Отклонения от них, как было установлено [1–3], обусловлены присутствием примесей в исследованных кристаллах. Особый случай представляет дигидрофосфат калия KH_2PO_4 : даже в совершенных монокристаллах этого соединения имеет место аномальное поведение γ^σ со сменой знака при 15—17 К [4]. Мы показали, что причиной такого поведения является низкотемпературная динамика собственных элементов структуры KH_2PO_4 — протонов. Более того, нам удалось получить каноническую зависимость $\gamma^\sigma(T)$ идеального кристалла [4].

Таким образом, было установлено [1–4] общее для полярных диэлектриков явление — образование дополнительной компоненты спонтанной поляризации P_{S_d} в поле исходной матрицы P_{S_m} при низких ($T \ll 20$ К) температурах.

С целью проверки вышесказанного в настоящей работе исследован не попавший ранее в поле нашего зрения полярный материал — слоистый монокристалл $TlInS_2$ [5]. Проведенные исследования полностью подтвердили справедливость наших утверждений. Ниже излагаются результаты экспериментов и их краткое обсуждение.

Объектом изучения был монокристалл $TlInS_2$, представлявший собой параллелепипед размерами $15 \times 3 \times 1.2$ мм с нанесенными на перпендикулярные к полярной оси поверхности серебряными электродами. Перед измерениями кристалл охлаждался до 1.5 К в постоянном электрическом поле 1.4 кВ/см. Пирокoeffициент измерялся статическим методом на установке, описанной в [6].

Измеренная зависимость $\gamma^\sigma(T)$ представлена на рис. 1. Как видно, исходный образец проявляет аномальное поведение пирокoeffициента со сменой знака при $T = 4$ К. В интервале 4.5—26 К зависимость $\gamma^\sigma(T)$ аппроксимируется каноническим выражением

$$\gamma^\sigma = - [6.18E(36.2 \text{ К}) + 33.9E(92.6 \text{ К})] \cdot 10^{-11} \text{ Кл} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{К}^{-1},$$

где $E(\Theta_E)$ — функция теплоемкости Эйнштейна (в скобках — значение характеристических температур). Дополнительная компонента пирокoeffициента

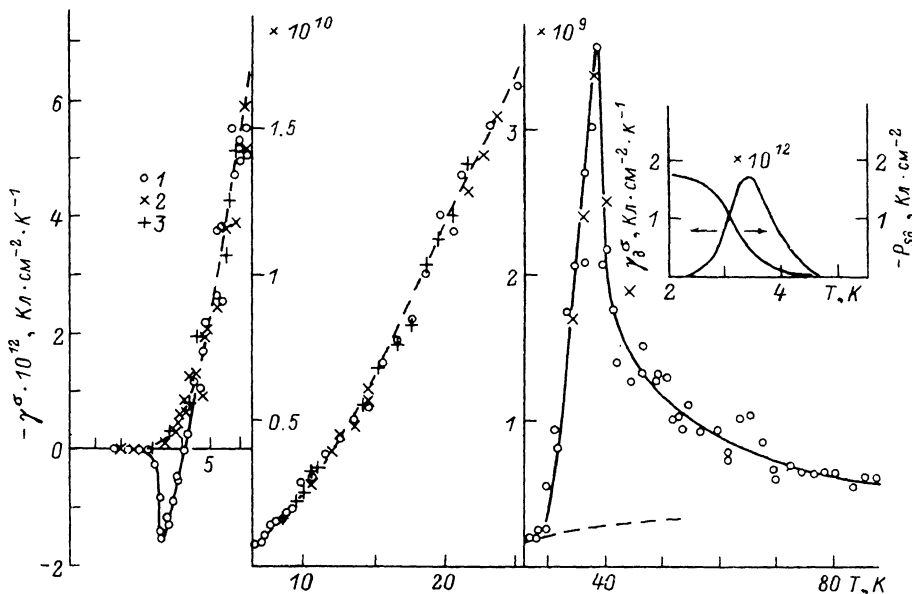


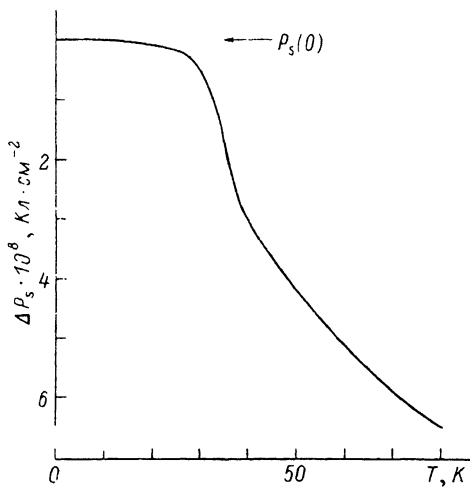
Рис. 1. Температурные зависимости пирокоэффициента монокристалла TiInS_2 .

1 — исходная зависимость, 2 — после семидневного нахождения образца в воде, 3 — после четырехдневного нахождения образца в этиловом спирте. Штриховая линия — теоретическая аппроксимация (каноническая зависимость). На вставке — температурные зависимости дополнительных компонент пирокоэффициента и спонтанной поляризации.

$\gamma_d^\sigma(T)$ (см. вставку на рис. 1) может быть получена вычитанием канонической зависимости (штриховая линия) из измеренной $\gamma^\sigma(T)$. Обращает на себя внимание узость диапазона существования $\gamma_d^\sigma(T)$: 2.3—4.7 К. Интегрирование $\gamma_d^\sigma(T)$ по температуре дает дополнительную компоненту спонтанной поляризации $P_{S_d}(T)$. Наблюдаемая аномалия пирокоэффициента γ_d^σ объясняется, по всей видимости, присутствием неких дефектов (примесей) в кристаллической решетке. Предполагая, что это могут быть молекулы воды между решеточными слоями, мы с целью усиления величин γ_d^σ и P_{S_d} поместили исследуемый кристалл в воду на 7 дней. Однако полученный результат оказался противоположным ожидаемому. Из рис. 1 видно, что экспериментальные точки 2 с очень большой точностью ложатся на штриховую линию во всем аппроксимированном интервале температур (до 26 К). Это свидетельствует об обращении компонент γ_d^σ и P_{S_d} в нуль и о том, что зависимость $\gamma^\sigma(T)$ монокристалла TiInS_2 определяется только ангармонизмом двух оптических мод с частотами 25.1 и 64.3 см^{-1} в области 0—26 К, т. е. является типичной для совершенных сегнетоэлектриков канонической зависимостью. Низкочастотные оптические фотоны характерны для слоистых кристаллов [7], и таким фотонам соответствуют колебания слоев как жестких молекул относительно друг друга. Четырехдневная выдержка образца в этиловом спирте не приводит к каким-либо заметным изменениям (рис. 1,3).

На основании имеющихся опытных данных непротиворечивое объяснение наблюдаемого подавления дополнительной компоненты поляризации затруднительно. Более подробно осветить этот вопрос мы напомним впоследствии. Сегодня можно лишь допустить, что молекулы воды разрывают слабые связи примесей, ответственных за образование P_{S_d} , с каркасом решетки. Вероятно, молекулы H_2O также приводят к ослаблению связей между слоями кристалла,

Рис. 2. Температурная зависимость спонтанной поляризации монокристалла TlInS_2 .



При $T > 26$ К, как видно из рис. 1, «включается» более эффективный по сравнению с ангармонизмом оптических колебаний механизм температурного изменения P_S . По всем признакам — это механизм фазового перехода с критической температурой $T \approx 38$ К. По-видимому, при этой температуре происходит переход «полярная фаза — полярная фаза», причем в высокотемпературной фазе ($T > 50$ К) пироккоэффициент слабо уменьшается с ростом температуры. Область существования такого слабого полярного состояния, согласно [5], простирается до 200 К. В низкотемпературной фазе ($T < 38$ К) наблюдается значительное изменение γ^σ с температурой — более чем на три порядка. Интегрирование зависимости $\gamma_m^\sigma(T)$ (штриховая линия) по температуре в пределах от 0 до 100 К дает значение $P_{S_m}(0) \approx 0.06$ мКл/см². Соотношение величин $|P_{S_d}|$ и $|P_{S_m}|$ в настоящем случае такое же, как и ранее установленное [2–4]: $|P_{S_d}|/|P_{S_m}| < 10^{-4}$.

Температурная зависимость спонтанной поляризации показана на рис. 2. Как и ранее, исследованные материалы [1–4], TlInS_2 имеют уменьшающуюся с ростом температуры поляризацию.

Список литературы

- [1] Гаврилова Н. Д., Максимов Е. Г., Новик В. К., Дрождин С. Н. // ФТТ. 1985. Т. 27. № 9. С. 2597–2609.
- [2] Новиков В. Н., Новик В. К., Есенгалиев А. Б. // ФТТ. 1991. Т. 33. № 7. С. 2006–2014.
- [3] Есенгалиев А. Б., Новиков В. Н., Новик В. К., Гаврилова Н. Д. // ФНТ. 1991. Т. 17. № 4. С. 523–531.
- [4] Есенгалиев А. Б. // Автореф. канд. дис. М., 1992.
- [5] Алиев Р. А., Аллахвердиев К. Р., Баранов А. И. и др. // ФТТ. 1984. Т. 26. № 5. С. 1271–1276.
- [6] Новиков В. Н., Новик В. К., Гаврилова Н. Д., Калева Г. М. // ПТЭ. 1988. № 6. С. 187–188.
- [7] Беленький Г. Л., Салаев Э. Ю., Сулейманов Р. А. // УФН. 1988. Т. 155. № 1. С. 89–127.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило в Редакцию
21 мая 1992 г.