

## КОМБИНАЦИОННОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА В КВАНТОВОМ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКЕ В ГЕЛИЕВОЙ ОБЛАСТИ ТЕМПЕРАТУР

И.А. Дудак, В.С. Горелик, Ю.Н. Веневцев

*Исследовано комбинационное рассеяние света в квантовом сегнетоэлектрике — танталате калия в области гелиевых температур. Обнаружено возрастание спектральной интенсивности в низкочастотной области спектра при понижении температуры.*

На основе данных [1,2] по комбинационному рассеянию (КР) был сделан вывод о том, что в колебательном спектре номинально чистого кристалла танталата калия обнаруживаются только полосы второго порядка. В спектрах КР кристаллов танталата калия с примесью ниобия и лития [2-4] обнаружено также несколько однофононных пиков. Из температурной зависимости интенсивности одного из таких пиков, соответствующего поперечной оптической моде ( $TO_2$ ) в параэлектрической фазе  $KTa_{0,94}Nb_{0,06}O_3$ , был сделан вывод [3] о том, что однофононное рассеяние имеет место в этом кристалле в результате проявления ацентричных микроискажений с радиусом корреляции, превышающим размер элементарной ячейки.

Для выяснения этого вопроса в настоящей работе исследовано КР в образцах  $KTaO_3$ , выращенных без специально вводимых примесей. Анализ спектров КР был проведен в широкой области температур, включая гелиевую. Исследования проводились на поликристаллах, выращенных по стандартной методике из смеси  $K_2CO_3$  и  $Ta_2O_5$ . Анализ спектров КР проводился методом "на просвет" в диапазоне температур от 2,1 до 200 К с использованием в качестве возбуждающего излучения линии  $\lambda = 6328 \text{ \AA}$  гелий-неонового лазера мощностью около 40 мВт. Спектры КР регистрировались на спектрометре ДФС-24 при ширине щелей 100-200 мкм. Для исследования спектров КР кристаллов при температурах жидкого гелия был использован гелиевый криостат типа КР-15.

На рис. 1 показаны спектры КР, полученные в диапазоне температур от 12 до 72 К в области частот от 10 до  $140 \text{ см}^{-1}$ . При 12 К в обсуждаемом спектре проявляется линия КР с частотой  $93 \text{ см}^{-1}$ . С повышением температуры эта линия незначительно сдвигается в область высоких частот, и при 72 К ее частота равна  $102 \text{ см}^{-1}$ . Кроме того, при  $T = 12 \text{ К}$  обнаруживаются еще три особенности в спектре с частотами 35, 47 и  $52 \text{ см}^{-1}$ . При более высоких температурах заметными остаются лишь две из них (рис. 1). Соответствующие максимумы практически не сдвигаются при повышении температуры, а наблюдается лишь уменьшение спектральной интенсивности в обсуждаемой области частот.

На рис. 2 показаны спектры КР поликристалла танталата калия, полученные при 2,1 и 200 К в области частот  $10-600 \text{ см}^{-1}$ . Как видно из рисунка, в обсуждаемом спектре наряду с низкочастотными полосами проявляются линии КР с частотами 87, 200, 243, 275, 552, 576 и  $832 \text{ см}^{-1}$  при 2,1 К и с частотами 116, 264, 465,  $583 \text{ см}^{-1}$  при 200 К. Линии с частотами 200, 275, 552 и  $832 \text{ см}^{-1}$  были идентифицированы ранее как линии первого порядка  $TO_2$ ,  $TO_3$ ,  $TO_4$ ,  $LO_4$  [2].

Обнаружение в настоящей работе при низких температурах низкочастотных резких максимумов в спектре КР кристалла танталата калия, выращенного без специально вводимых примесей, можно объяснить как результат образования в процессе его роста структурных дефектов. Такие дефекты могут служить "затравками" для образования микрокластеров сегнетофазы, размеры которых возрастают с понижением температуры из-за "размягчения" кристаллической решетки. При наличии таких кластеров должны проявляться полосы КР первого порядка, что согласуется с экспериментом (рис. 1 и 2). В отличие от обычных процессов КР в идеальном кристалле, в данном случае в спектре должны проявляться фононы, соответствующие значениям квазиимпульса от 0 до  $\pi/a$  (где  $a$  — размер элементарной ячейки), и наблюдаемые максимумы следует относить к пикам плотности однофононных состояний. Интенсивность рассеяния в этом случае можно представить в виде:

$$J(\Omega) = A [n(\Omega) + 1] \rho_1(\Omega) S_1(T),$$

где  $[n(\Omega) + 1]$  – бозе-фактор,  $\rho_1(\Omega)$  – плотность фоновых состояний,  $S_1(T)$  – фактор, пропорциональный размерам микрокластеров.

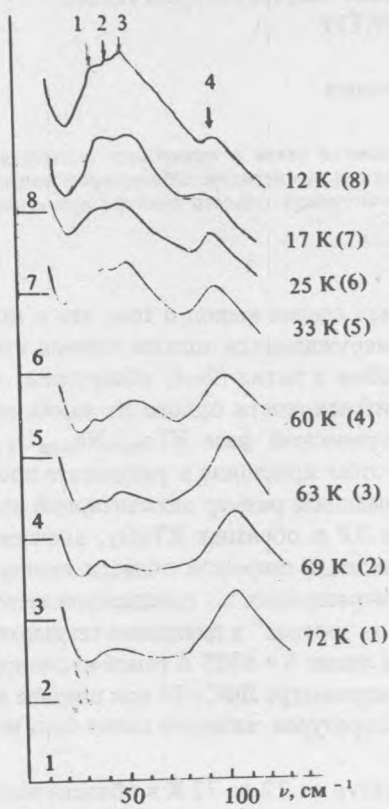
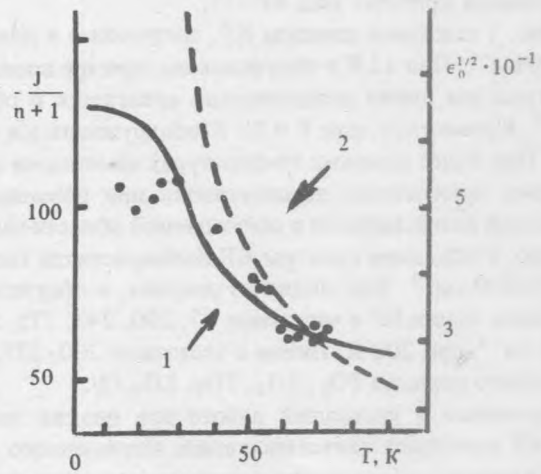


Рис. 1. Спектры КР поликристалла КТaO<sub>3</sub> в диапазоне температур от 12 до 72 К. Слева указан уровень фона для каждого спектра; максимумы 1–4 соответствуют частотам 35, 47, 52 и 93 см<sup>-1</sup>.

Рис. 3. Температурная зависимость приведенной спектральной интенсивности  $J/(n+1)$  для частоты  $\Omega = 50$  см<sup>-1</sup>. Точки – эксперимент, кривые 1 и 2 соответствуют функциям  $\sqrt{\epsilon_0(T)}$  и  $\epsilon_0(T)$ , построенным на основе данных работы /5/ и нормированных при температуре 60 К.



Из полученных спектров КР были найдены температурные зависимости спектральной интенсивности низкочастотных линий КР. При этом было обнаружено, что с повышением температуры их интенсивность уменьшается. На рис. 3 приводятся полученные значения приведенной спектральной интенсивности (с учетом бозе-фактора) для значения частоты  $\Omega = 50$  см<sup>-1</sup>. На этом же рисунке приводятся нормированные кривые температурной зависимости диэлектрической проницаемости  $\epsilon_0(T)$  и функции  $\sqrt{\epsilon_0(T)}/5$ . Согласно динамическим теориям сегнетоэлектричества  $\epsilon_0(T) \sim 1/\Omega_0^2(T)$ . Функция  $\sqrt{\epsilon_0(T)} \sim 1/\Omega_0(T)$  характеризует температурную зависимость длины корреляции вблизи точки перехода, поэтому можно предполагать, что величина  $\sqrt{\epsilon_0(T)}$  пропорциональна размерам микрокластеров. Как видно из рисунка, температурная зависимость  $J(\Omega)/[n(\Omega) + 1]$  лучше согласуется с функцией  $\sqrt{\epsilon_0(T)}$  (кривая 1), чем с  $\epsilon_0(T)$  (кривая 2).

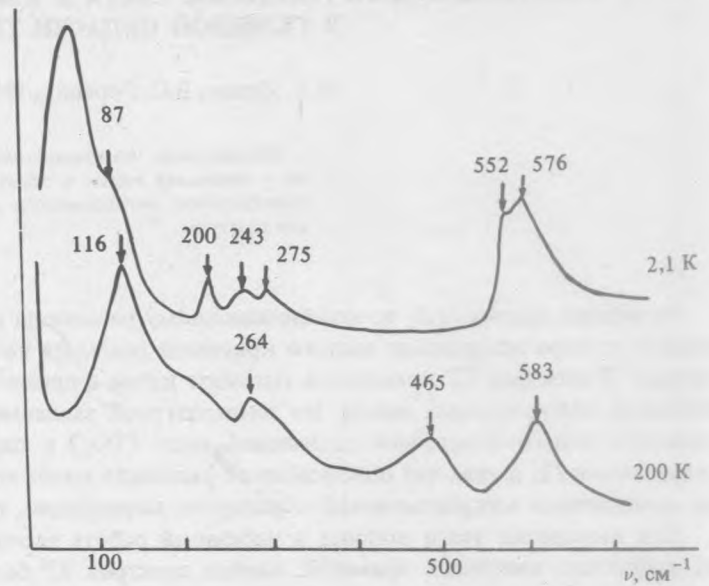


Рис. 2. Спектры КР поликристалла КТaO<sub>3</sub> при температурах 2,1 и 200 К.

Таким образом, в данной работе обнаружено возрастание спектральной интенсивности в низкочастотной области спектра квантового сегнетоэлектрика при понижении температуры.

Авторы выражают благодарность В.В. Богатко за выращивание образцов для исследований и В.Б. Гиномдану за помощь в криогенных исследованиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Nilsen W. G., Skinner J. G. Journ. Chem. Phys., **47**, 1413 (1967).
2. Prater R. L., Chase L. L., Boatner L. A. Phys. Rev., **B23**, 221 (1981).
3. Yacoby Y. Z. Physik, **B31**, 275 (1978).
4. Prater R. L., Chase L. L., Boatner L. A. Phys. Rev., **B23**, 5904 (1981).
5. Samara G. A., Morosin B. Phys. Rev., **B8**, 1256 (1973).

Поступила в редакцию 29 сентября 1986 г.