

ГИПЕРОПАЛЕСЦЕНЦИЯ ВБЛИЗИ ТОЧКИ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА В КРИСТАЛЛАХ $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$

В.Н. Моисеенко, В.С. Горелик, В.Н. Шарайчук

Обнаружено аномальное возрастание интенсивности гиперрелеевского рассеяния света вблизи точки структурного фазового перехода в слабополярном сегнетоэлектрике $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$. Установлено, что вклад в наблюдаемую гиперопалесценцию в парафазе обусловлен мягкой модой и статическими флуктуациями параметра порядка.

Исследования спектральной и интегральной интенсивности рассеяния света вблизи точек структурных фазовых переходов позволяют получить ценную информацию о природе флуктуаций параметра порядка /1/. Особый интерес в этом плане представляют кристаллы слабополярных сегнетоэлектриков. Природа сегнетоэлектрических свойств слабополярных сегнетоэлектриков связывается с аномально малым эффективным зарядом мягкой моды /2, 3/. Следствием последнего обстоятельства является слабое диполь-дипольное взаимодействие, которое существенно только в ближайшей окрестности температуры перехода T_c /3/. Поэтому следует ожидать проявления флуктуационных эффектов в аномалиях физических свойств кристалла в окрестности сегнетоэлектрического перехода /4, 5/.

Настоящая работа посвящена экспериментальным исследованиям особенностей интенсивности гиперрелеевского рассеяния света (ГРР) вблизи точки сегнетоэлектрического перехода в кристаллах слабополярного сегнетоэлектрика $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$.

Кристаллы гептагерманата лития $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$ по совокупности сегнетоэлектрических свойств относятся к слабополярным сегнетоэлектрикам /6, 7/. Они испытывают собственный сегнетоэлектрический переход второго рода типа смещения $C_{2h}^5 \leftrightarrow D_{2h}^{14}$ при $T_c = 283,5$ К, который характеризуется слабой диэлектрической аномалией, малым значением константы Кюри — Вейсса ($C = 4,6$ К), выполнимостью закона Кюри — Вейсса лишь в ближайшей окрестности T_c ($\Delta T \approx 3,5$ К), малой величиной спонтанной поляризации ($P_s = 3 \cdot 10^{-8}$ Кл/см²). Для сравнения, значения соответствующих величин в одноосном сегнетоэлектрике германате свинца $\text{Pb}_3\text{Ge}_3\text{O}_{11}$ составляют: $C = 1,2 \cdot 10^4$ К, $\Delta T = 40$ К, $P_s = 4,6 \cdot 10^{-6}$ Кл/см² /8/.

Кристаллы $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$ хорошего оптического качества были выращены методом Чохральского. Легированные кристаллы содержали 0,6 ат.% Si ($T_c = 279$ К) и 10 ат.% Na ($T_c = 281,3$ К). Образцы

представляли собой параллелепипеды, грани которых были перпендикулярны кристаллографическим осям группы D_{2h}^{14} ($a \parallel [100]$, $b \parallel [010]$, $c \parallel [001]$). Все исследования проводились на полидоменных образцах.

Возбуждение ГРР осуществлялось излучением YAG:Nd³⁺ лазера с длиной волны $\lambda_1 = 1,06$ мкм, работающего в режиме модуляции добротности, со средней мощностью 5 Вт, длительностью импульсов генерации $10^{-6} - 10^{-7}$ с и частотой их следования 8 кГц.

Лазерное излучение направлялось на образец перпендикулярно оси с ($c \parallel P_z$). Для "очистки" исследуемой области спектра от линий газового разряда перед образцом устанавливался светофильтр КС-19. Излучение, рассеянное на частоте второй оптической гармоники ($\lambda_2 = 532$ нм), после светофильтра ЗС-8 и конденсора попадало на фотокатод ФЭУ-79, который располагался на алидаде гониометра ГС-5. Регистрация полезного сигнала осуществлялась в режиме счета фотонов с накоплением одноканальным анализатором УНО 4096-90. Использовалась схема регистрации рассеянного излучения "на 90°". Все измерения проводились в криостате с кварцевыми окнами в диапазоне температур 100—300 К. Скорость линейной развертки по температуре составляла ~ 1 К/мин. Температура контролировалась хромель-копелевой термопарой с точностью $\sim 0,1$ К.

В результате исследований температурной зависимости интегральной интенсивности ГРР в геометрии $b(cc)a$ вблизи точки сегнетоэлектрического перехода был обнаружен максимум интенсивности ГРР λ -образной формы с резким нарастанием интенсивности при $T \rightarrow T_c^-$ и более плавным при $T \rightarrow T_c^+$ (рис. 1). Величина и положение пика незначительно изменялись в зависимости от направления изменения температуры.

Вклад в интенсивность ГРР в окрестности T_c дают динамические и статические флуктуации параметра порядка.

При учете динамических флуктуаций интегральная интенсивность I рассеяния света записывается в виде:

$$I = \int_{-\infty}^{+\infty} J(\omega, T) d\omega, \quad (1)$$

где $J(\omega, T) = K[n(\omega, T) + 1] \omega \Gamma / [(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \Gamma^2 \omega^2]$ — интенсивность соответствующего гиперкомбинационного рассеяния, $K = \text{const}$, $n(\omega, T)$ — фактор Бозе — Эйнштейна, ω_0^2 — квадрат частоты мягкой моды, ответственной за фазовый переход.

Вблизи точки перехода интегральная интенсивность определяется следующим образом /1, 9/:

$$I \propto \begin{cases} \frac{kT}{a(T-T_c)} & \text{при } T > T_c, \\ \frac{kT}{2a(T_c-T)} & \text{при } T < T_c. \end{cases} \quad (2a)$$

$$\quad \quad \quad (26)$$

Здесь коэффициент a характеризует температурную зависимость частоты мягкой моды: $\omega_0^2 = a(T-T_c)$ в приближении теории Ландау при $T > T_c$; k — постоянная Больцмана.

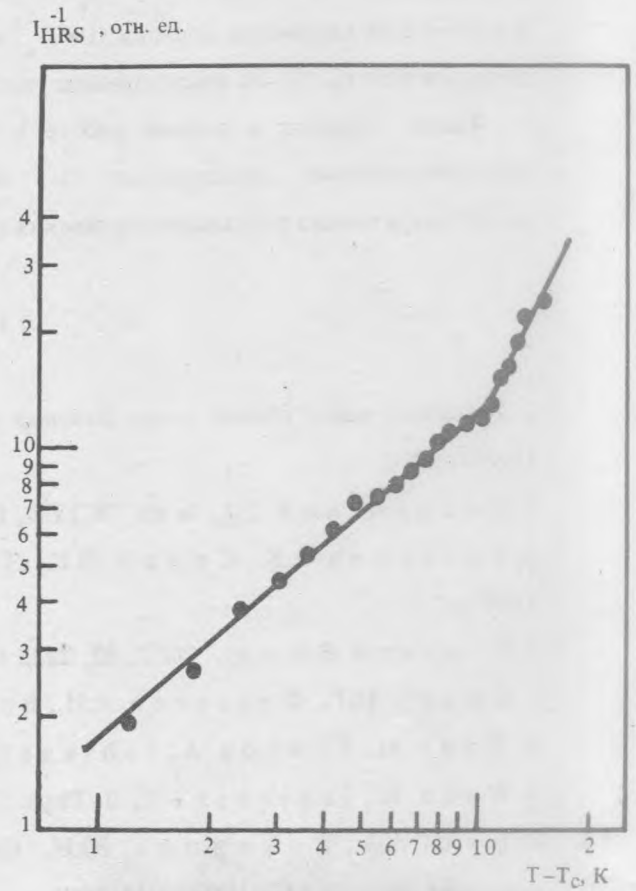
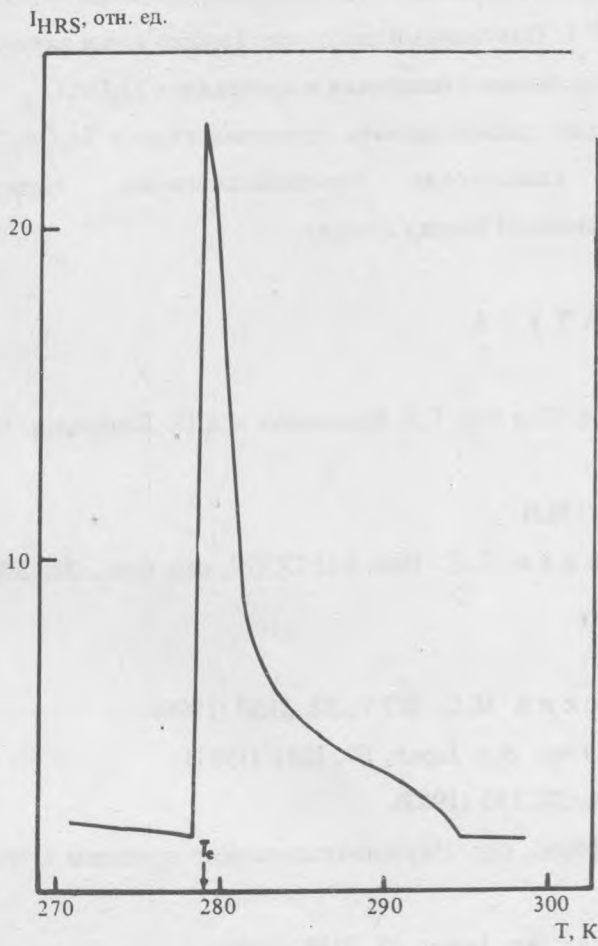


Рис. 1. Температурная зависимость интенсивности аномального гиперрелеевского рассеяния света I вблизи точки сегнетоэлектрического перехода в кристаллах $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$.

Рис. 2. Зависимость величины I^{-1} от разности $T - T_c$ в логарифмических координатах.

Статические флуктуации параметра порядка обусловлены наличием точечных дефектов /10/. При этом интенсивность гиперрелеевского рассеяния определяется соотношением:

$$I \propto \omega_0^{-4} \propto (T - T_c)^{-2}. \quad (3)$$

С целью выяснения статической или динамической природы наблюдаемой гиперопалесценции строилась зависимость I^{-1} от разности $T - T_c$ в логарифмических координатах со стороны парафазы ($T > T_c^+$) (рис. 2). Как видно из рисунка, указанная зависимость имеет линейный характер и определяется двумя наклонами: для $T > 290,6$ К $I \propto T/(T - T_c)^{1,8}$, для $T < 290,6$ К $I \propto T/(T - T_c)^{0,9}$. Наблюдаемый характер температурной зависимости I в параэлектрической фазе свидетельствует о наличии как динамического, так и статического вкладов в аномальное рассеяние. В непосредственной окрестности T_c ($T \rightarrow T_c^+$) доминирующим является рассеяние на динамических флуктуациях параметра порядка ($I \propto \omega_0^{-2} \propto (T - T_c)$). Полученный результат хорошо коррелирует с данными работы [9] по исследованию гиперкомбинационного рассеяния в кристаллах $Li_2Ge_7O_{15}$.

Таким образом, в данной работе в кристаллах слабополярного сегнетоэлектрика $Li_2Ge_7O_{15}$ экспериментально обнаружена и изучена критическая гиперопалесценция, которая удовлетворительно описывается в рамках флуктуационной теории Ландау.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рассеяние света вблизи точек фазовых переходов. Под ред. Г.З. Камминза и А.П. Леванюка. М., Наука, 1990.
2. Смоленский Г.А. и др. ЖЭТФ, 88, 1020 (1985).
3. Таганцев А.К., Синий И.Г., Прохорова С.Д. Изв. АН СССР, сер. физ., 51, 2082 (1987).
4. Струков Б.А. и др. ФТТ, 32, 2823 (1990).
5. Синий И.Г., Федосеев А.И., Волнянский М.Д. ФТТ, 32, 3130 (1990).
6. Wada M., Sawada A., Ishikashi Y. J. Phys. Soc. Japan, 50, 1811 (1981).
7. Wada M., Ishikashi Y. J. Phys. Soc. Japan, 52, 193 (1983).
8. Буш А.А., Веневцев Ю.Н. Обзор информ., сер. Научно-технические прогнозы в обл. физ.-хим. иссл. М.: НИИТЭХИМ, 1981.
9. Morioko Y., Wada M., Sawada A. J. Phys. Soc. Japan, 57, 3198 (1988).
10. Puset-Elfroth W., Schwall F. Appl. Phys., A51, 361 (1990).

Поступила в редакцию 20 марта 1992 г.