

ИЗОЧАСТОТНЫЕ ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ КОМБИНАЦИОННОГО
РАССЕЙНИЯ ВЕЛИЗИ ТОЧКИ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В КРИСТАЛЛЕ
ГЕРМАНАТА СВИНЦА

В. С. Горелик, Л. И. Злобина, С. В. Иванова, Е. В. Синяков,
В. А. Юрин, В. Г. Моия

УДК 535.361

Обнаружено проявление мягкой моды в изочастотных зависимостях интенсивного рассеянного света кристаллов германата свинца. Показано, что наблюдаемое возрастание интенсивности удельно-летворительно описывается в рамках осцилляторной модели.

Исследования мягких мод в кристаллах германата свинца методом анализа спектров комбинационного рассеяния (КР) проводились ранее в ряде работ /1-3/. Другой метод исследования мягких мод, предложенный сравнительно недавно в работе /4/, основан на построении изочастотных температурных зависимостей интенсивности рассеянного света при фиксированных частотах спектрального прибора.

В настоящей работе впервые сообщается о результатах экспериментального исследования изочастотных зависимостей КР и сопоставлении их с простыми теоретическими моделями в случае кристалла германата свинца. Изочастотные температурные зависимости регистрировались для частот 0, 10, 11, 18, 19, 22, 23, 27, 31 см^{-1} при медленном изменении температуры кристалла от 300 до 600 К для $\chi(zz)_{yy}$ - геометрии рассеяния.

Теоретический анализ наблюдаемых изочастотных зависимостей может быть проведен на основе общих соотношений для спектральной интенсивности, полученных в работе /4/. При этом в случае осцилляторной модели для так называемой приведенной спектральной интенсивности, $i(\Omega, \chi) = KJ(\Omega, T)/T$ ($\chi = \Theta - T$, Θ - темпера-

тура перехода) имеет место соотношение

$$i(\Omega, x) = \frac{2A_0 x \Gamma}{(2A_0 x - \Omega^2) + \Gamma^2 \Omega^2}, \quad (I)$$

где K - некоторый коэффициент, не зависящий от температуры, $J(\Omega, T)$ - спектральная интенсивность рассеянного света, коэффициент A_0 определяется из соотношения $\Omega_0^2 = 2A_0 x (T < \Theta)$, Ω_0^2 - квадрат частоты мягкой моды; Γ - коэффициент затухания этой моды. Если пренебречь изменением величины Γ в рассматриваемой области температур вблизи точки перехода, то легко показать (см. /4/), что функция $i(\Omega, x)$ имеет максимум со следующими координатами:

$$i_0 = \Gamma / [2\Omega(\sqrt{\Omega^2 + \Gamma^2} - \Omega)], \quad x_0 = \Omega\sqrt{\Omega^2 + \Gamma^2} / 2A_0. \quad (2)$$

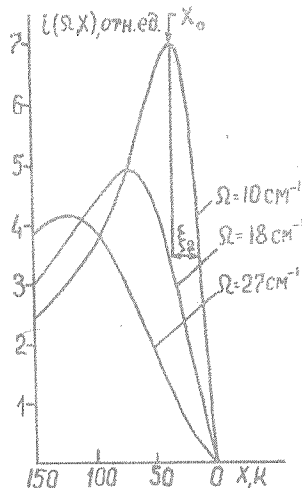
Для релаксаторной модели выражение для приведенной спектральной интенсивности вместо (I) принимает вид:

$$i(\Omega, x) = cx / (c^2 x^2 + \Omega^2), \quad (3)$$

где Cx - обратное время релаксации. При этом (3) получается из (I) при пренебрежении квадратом частоты в первом слагаемом знаменателя (I), что и соответствует условию релаксаторного режима; в этом случае:

$$c = 2A_0/\Gamma, \quad x_0 = \Omega/c, \quad i_0 = 1/2\Omega. \quad (4)$$

На рис. I приводятся теоретические изочастотные зависимости, соответствующие осцилляторной модели. При этом расчет был выполнен для частот Ω , используемых в нашем эксперименте. Характерными особенностями кривых рис. I являются: 1) наличие максимума для всех построенных кривых, 2) возрастание величины i_0 этого максимума с уменьшением Ω , 3) уменьшение величины x_0 с уменьшением частоты Ω , 4) уменьшение ширины ξ_2 обсуждаемых контуров с уменьшением частоты Ω .

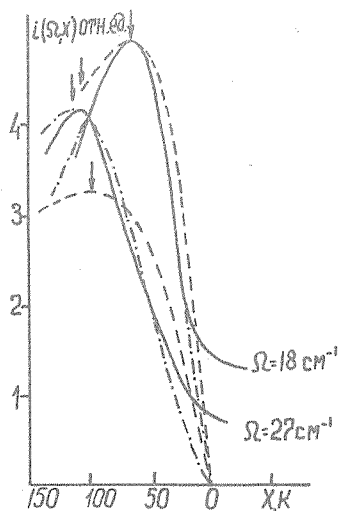


Р и с. I. Теоретические изохастотные зависимости для осцилляторной модели при $A_0 = 5 \text{ см}^{-2} \text{ град}^{-1}$, $\Gamma = 30 \text{ см}^{-1}$

Таблица I.

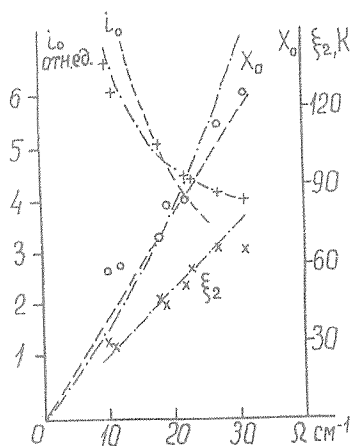
Сопоставление экспериментальных значений величин x_0 , i_0 и ξ_2 с теоретическими для нескольких значений частоты Ω

Величина	Модель	Частота Ω , см^{-1}							
		10	11	18	19	22	23	27	31
x_0 , К	Эксперимент	54	56	69	82	85	92	113	125
	Осциллятор	35	39	70	75	91	97	121	149
	Релаксатор	33	36	60	63	73	77	91	104
i_0 , отн. ед.	Эксперимент	6,7	6,1	5,0	4,8	4,4	4,4	4,1	4,0
	Осциллятор	7,0	6,5	5,0	4,8	4,5	4,4	4,2	4,0
	Релаксатор	9,0	8,2	5,0	4,8	4,1	3,9	3,3	2,9
ξ_2 , К	Эксперимент	29	27	45	43	50	57	65	64
	Осциллятор	23	26	43	45	53	56	67	77
	Релаксатор	24	27	46	46	54	56	66	76



Р и с. 2. Сопоставление контуров экспериментальных и теоретических зависимостей $i(\Omega, x)$ для $\Omega = 18$ и 27 см^{-1} ; пунктир - релаксаторная модель, штрих-пунктир - осцилляторная модель, сплошная кривая - эксперимент

Величина коэффициента A_0 температурного сдвига частоты мягкой моды вычислялась из соотношения $x_0 = \Omega \sqrt{\Omega^2 + I^2} / 2A_0$ по данным экспериментальной изочастотной температурной зависимости, полученной для $\Omega = 18 \text{ см}^{-1}$, и составляла $5 \text{ см}^{-2} \text{ град}^{-1}$. В табл. I приводятся расчетные и экспериментальные значения обсуждаемых величин x_0 , i_0 , A_0 и ξ_2 для нескольких значений частот Ω . Сравнение формы теоретических и экспериментальных кривых для трех значений частот Ω иллюстрируется рис. 2. Кроме того, на рис. 3 приводятся теоретические и экспериментальные зависимости величин i_0 , x_0 и ξ_2 от частоты Ω . Как видно из рис. 2 и 3, осцилляторная модель (штрих-пунктир) в рассматриваемой области частот наилучшим образом согласуется с экспериментом. Константа C для релаксаторной модели определялась из соотношения $C = \Omega / x_0$ для $\Omega = 18 \text{ см}^{-1}$ и составляла $C = 0,257 (\text{см} \cdot \text{град})^{-1}$. Как видно из рис. 2 и 3, можно говорить лишь о качественном



Р и с. 3. Зависимости величины i_0 , x_0 и ξ_2 от частоты Ω ; + — эксперимент для i_0 , o — для x_0 , x — для ξ_2 ; пунктир — релаксаторная модель, штрих-пунктир — осцилляторная модель; для зависимости $\xi_2(\Omega)$ пунктирная и штрих-пунктирная кривые совпадают

согласии теории с экспериментом в обсуждаемой области частот для этой модели. Это вполне естественно, т.к. вследствие сравнительно небольшой величины коэффициента затухания ($\Gamma = 30 \text{ см}^{-1}$) релаксаторная модель должна быть применима лишь для частот $\Omega \ll 30 \text{ см}^{-1}$, в то время как в наших экспериментах надежный полезный сигнал удалось выявить лишь для частот $\Omega \geq 10 \text{ см}^{-1}$.

Таким образом, как показало выполненное исследование, экспериментальные изочастотные зависимости КР в области мягкой моды германата свинца находятся в качественном согласии с теоретическими зависимостями, соответствующими моделями одного осциллятора или релаксатора. Обнаруженные резкие изменения интенсивности изочастотных сигналов вблизи точки перехода могут быть использованы для оптической индикации фазового перехода в обсуждаемом кристалле.

Поступила в редакцию
28 октября 1982 г.

Л и т е р а т у р а

1. K. Hisano, J. F. Ryan, Sol. State Commun., 11, 119 (1972).
2. K. Hisano, K. Toda, Journal of Raman Spectroscopy, 10, 24 (1981).
3. В. С. Горелик, Труды ФИАН, 132, "Наука", М., 1982 г., с. 15-140.
4. В. С. Горелик, С. В. Иванова, Краткие сообщения по физике ФИАН № II, 18 (1981).