

О СВЯЗИ ИЗОЧАСТОТНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ НЕУПРУТОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА С ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ АНОМАЛИЯМИ В КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ

В. С. Горелик, Б. С. Умаров, М. Умаров

УДК 535.361

Исследована изочастотная температурная зависимость интенсивности неупругого рассеяния света в сегнетоэлектрическом кристалле ниобата лития в области частот $\Omega = 15 - 100 \text{ см}^{-1}$, при различных геометриях рассеяния. Вычислен коэффициент температурной зависимости реализации мягкой моды.

В настоящей работе была поставлена задача выполнить исследование изочастотных температурных зависимостей неупругого рассеяния света /1,2/ для кристалла ниобата лития и установить их взаимосвязь с диэлектрическими аномалиями вблизи точки сегнетоэлектрического перехода для этого кристалла ($\theta = 1450 \text{ К}$).

Температурная зависимость интенсивности изочастотного рассеяния в рамках известной осцилляторной модели /3/ описывается в виде функции $i(\Omega, x)$ ($x = \theta - T$):

$$i(\Omega, x) = 2A_0 x \Gamma / [(2A_0 x - \Omega)^2 + \Gamma^2 \Omega^2]. \quad (1)$$

Соотношение (2) при $\Gamma \ll \Omega$, Ω_0 соответствует квазигармоническому (осцилляторному) режиму. В случае $\Gamma > \Omega$, Ω_0 реализуется релаксационный режим, для которого вместо (1) имеет место:

$$i(\Omega, x) = \Omega_R / (\Omega_R^2 + \Omega^2), \quad (2)$$

где $\Omega_R = bx$ и $b = 2A_0/\Gamma^2$.

Функции (1) и (2) всегда имеют максимум, координаты которого $x_0(\Omega)$ и $i_0(\Omega)$ имеют для осцилляторной и релаксационной моделей соответственно следующий вид:

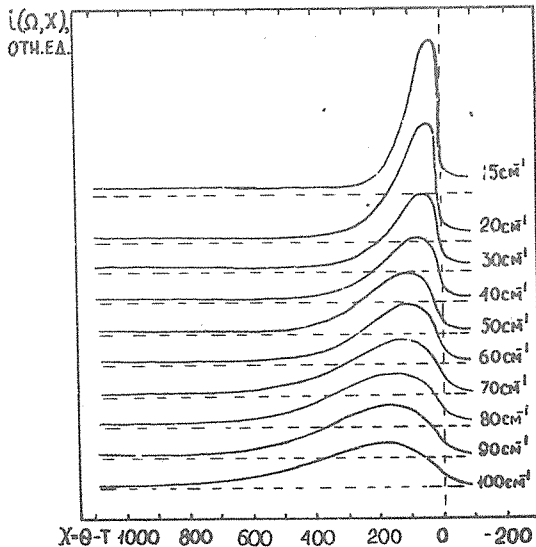
$$i_0(\Omega) = \Gamma / [2\Omega(\sqrt{\Omega^2 + \Gamma^2} - \Omega)]; \quad i_0(\Omega) = 1/2\Omega. \quad (3)$$

$$x_0(\Omega) = \Omega\sqrt{\Omega^2 + \Gamma^2}/2A_0; \quad x_0(\Omega) = \Omega/b. \quad (4)$$

Для оценки ширины контура изочастотной зависимости используется величина $\eta(\Omega)$, задаваемая соотношениями:

$$\eta(\Omega) = \Omega\sqrt{2\Gamma^2 - 4\Omega(\sqrt{\Omega^2 + \Gamma^2} - \Omega)}/A_0; \quad \eta(\Omega) = \Omega\sqrt{3}/b. \quad (5)$$

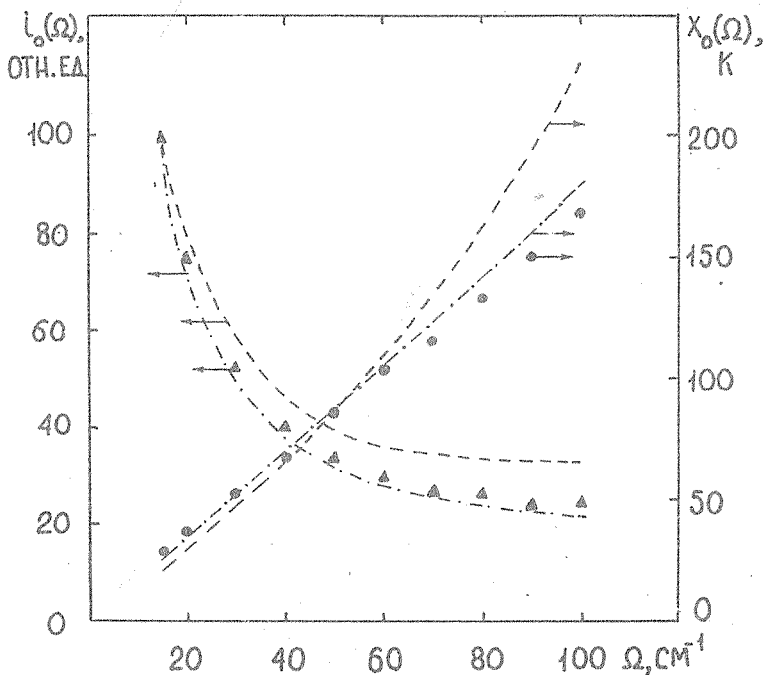
Нами были построены спектральные интенсивности $i(\Omega, x)$ для геометрий рассеяния $X(ZZ)Y$ и $X(ZX)Y$. Полученная зависимость $i(\Omega, x)$ для геометрии $X(ZZ)Y$ показана на рис. 1. Как видно из этого рисунка, на изочастотных зависимостях, соответствующих возбуждению мягкой моды, обнаруживаются отчетливые максимумы, положение которых стремится к точке перехода, а интенсивность увеличивается с уменьшением частоты Ω . В то же время на изочастотных зависимостях, соответствующих геометрии рассеяния $X(ZX)Y$, каких-либо особенностей вблизи точки пере-



Р и с. 1. Приведенные изочастотные зависимости $i(\Omega, x)$ для ниобата лития при геометрии $x(ZZ)Y$. Горизонтальные штриховые линии соответствуют уровню фона

хода не обнаруживается. Экспериментальные и теоретические зависимости $i_0(\Omega)$, $x_0(\Omega)$ и $\eta(\Omega)$ для осцилляторной модели приводятся на рис. 2, 3 и в табл. I. При расчетах константа затухания оценивалась из обычных спектров КР и полагалась неизменной в области фазового перехода ($\Gamma = 100 \text{ см}^{-1}$). Величину A_0 можно оценить из (4), используя экспериментальные значения x_0 . Такая оценка делалась для частоты $\Omega = 50 \text{ см}^{-1}$; при этом $A_0 = 28 \text{ см}^{-2} \text{ град}^{-1}$. Как видно из рис. 2, наблюдается удовлетворительное согласие теоретических и экспериментальных зависимостей $i_0(\Omega)$; в то же время зависимости $x_0(\Omega)$ сильно расходятся, начиная с 50 см^{-1} . Похожая ситуация имеет место для функции $\eta(\Omega)$ (см. рис. 3 и табл. I).

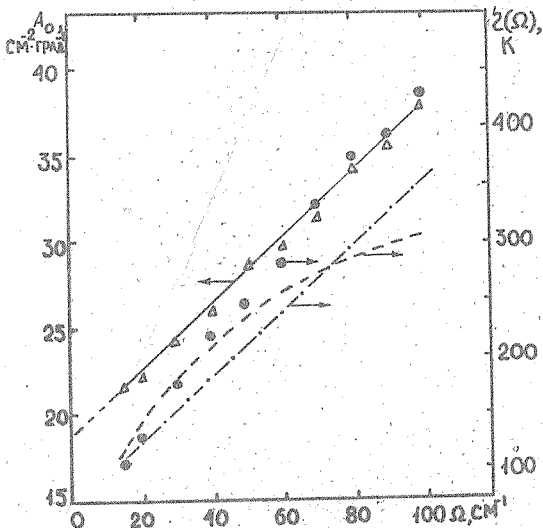
Из соотношения (4) можно получить значения A_0 , соответствующие различным частотам Ω и положениям максимумов x_0 . Со-



Р и с. 2. Зависимости величин i_0 и χ_0 от частоты Ω для ниобата лития: Δ , \circ - эксперимент; пунктир - теория (осцилляционная модель), штрих-пунктир - теория (релаксационная модель)

гласно простейшему варианту теории эта величина не должна зависеть от частоты; однако, как и в случае танталата лития /5/, оказывается, что A_0 линейно возрастает с частотой Ω (см. рис. 3 и таблицу). Из полученной зависимости можно оценить предельное значение величины A_0 при малых частотах; оно оказывается равным $19 \text{ см}^{-2} \text{ град}^{-1}$.

Для релаксационной модели теоретическое значение $i_0(\Omega)$, вычисленное для 15 см^{-1} согласно (I), совмещалось с экспериментальным. Полученные теоретические зависимости $i_0(\Omega)$ и $\chi_0(\Omega)$ вместе с экспериментальными значениями показаны на рис. 2.



Р и с. 3. Зависимость температурной ширины $\gamma(\bullet)$ и температурного коэффициента сдвига A_0 (Δ) от частоты Ω для ньюбита лития: \bullet, Δ - эксперимент; пунктир - теория (осцилляторная модель), штрих-пунктир - теория (релаксационная модель)

В соответствии с (4) коэффициент b , характеризующий температурную зависимость частоты релаксации, равнялся $0,56 \text{ см}^{-1}\text{град}^{-1}$. Как видно из этого рисунка, хорошее согласие теоретических и экспериментальных значений $i_0(\Omega)$ и $x_0(\Omega)$ наблюдается при малых частотах Ω . С увеличением частоты ($\Omega \geq 60 \text{ см}^{-1}$) эти кривые начинают расходиться. Аналогичная картина имеет место для теоретических и экспериментальных зависимостей ширины $\gamma(\Omega)$ (см. рис. 3).

На основе соотношений (1) и (2) были рассчитаны теоретические зависимости $i(\Omega, x)$ для $\Omega = 15 \text{ см}^{-1}$ в рамках осцилляторной и релаксационной моделей. При их сопоставлении с экспери-

Таблица I.

α , см ⁻¹	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100
x_0 , К (экс.)	29	37	53	68	84	103	116	133	150	168
x_0 , К (осц.)	22	29	46	64	84	107	133	162	194	229
x_0 , К (рел.)	27	35	53	70	84	105	122	140	158	177
i_0 , отн. ед. (экс.)	100	72	51	42	36	33	31	30	29	28
i_0 , отн. ед. (осц.)	100	84	63	51	45	41	38	36	34	33
i_0 , отн. ед. (рел.)	100	60	44	38	33	31	29	28	27	27
η , К (экс.)	105	130	175	215	245	280	330	375	390	430
η , К (осц.)	112	139	181	213	237	265	271	284	295	305
η , К (рел.)	110	125	160	182	212	338	274	297	325	354
A_0 , см ⁻² град ⁻¹	21	22	24	26	28	29	32	34	36	38

ментальными данными выяснилось, что релаксационная кривая лучше описывает эксперимент, чем осцилляторная.

Поступила в редакцию
1 ноября 1982 г.

Л и т е р а т у р а

1. В. Л. Гинзбург, УФН, 77, 621 (1962).
2. I. P. Kaminov, W. P. Johnston, Phys. Rev., 168, 1045 (1967).
3. В. С. Горелик и др., ФТТ, 18, 2297 (1976).
4. В. С. Горелик, С. В. Иванова, Краткие сообщения по физике ФИАН № 11, 18 (1981).