

ИЗМЕРЕНИЕ ДИСПЕРСИИ КУБИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ
ВОСПРИИМЧИВОСТИ КРИСТАЛЛА LiIO_3

Ю. Н. Поливанов, А. Т. Суходольский

УДК 539.287

Измерена дисперсия компонент C_{11} и C_{16} тензора кубической нелинейной восприимчивости кристалла LiIO_3 методом трехволнового оптического смешения.

В связи с интересом, который проявляется в последнее время к процессам, описываемым нелинейными восприимчивостями высших порядков (см., например, /1/), важным представляется вопрос о измерении величины и дисперсии нелинейной восприимчивости третьего порядка $\chi^{(3)}$. Одной из трудностей, возникающих при измерении нелинейных восприимчивостей $\chi^{(3)}$ в кристаллах без центра симметрии методом генерации гармоник, является разделение прямых и каскадных процессов, участвующих в образовании исследуемого сигнала. Кроме этого, обычно измеряются не отдельные компоненты тензора нелинейной восприимчивости, а эффективные нелинейности $\chi_{\text{эф}}$.

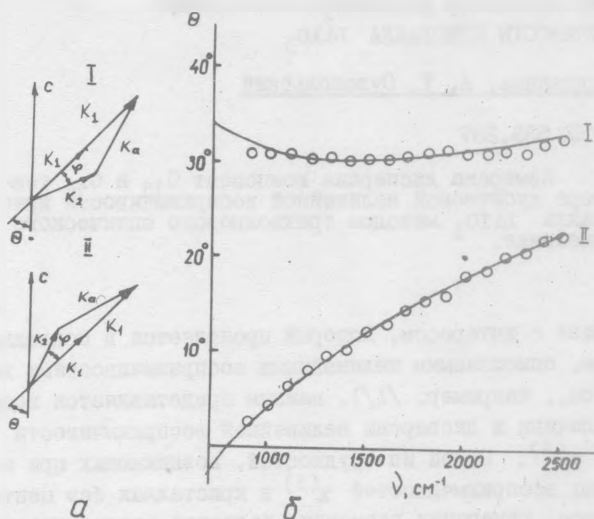
В данной работе сообщается о первом измерении дисперсии отдельных компонент тензора кубической нелинейной восприимчивости кристалла LiIO_3 методом трехволнового оптического смешения.

Нами проводилось исследование зависимости интенсивности излучения на частоте $\omega_a = 2\omega_1 - \omega_2$ от величины $\omega_1 - \omega_2$ при неколлинеарном смешении излучения лазеров с частотами ω_1 , ω_1 и ω_2 . Наибольшая эффективность такого процесса достигается при выполнении условия фазового синхронизма

$$\Delta k_a \equiv k_a - (2k_1 - k_2) = 0, \quad (I)$$

где k_a , k_1 и k_2 - волновые вектора излучения на частотах ω_a , ω_1 и ω_2 соответственно. Заметим, что в интенсивность сигнала I_a на частоте ω_a в общем случае могут давать вклад как прямые, так и

каскадные (или двухступенчатые) процессы. Однако, в работе /2/ было показано, что каскадные процессы можно исключить соответствующим выбором геометрии взаимодействующих волн, что и реализовано в данном случае.



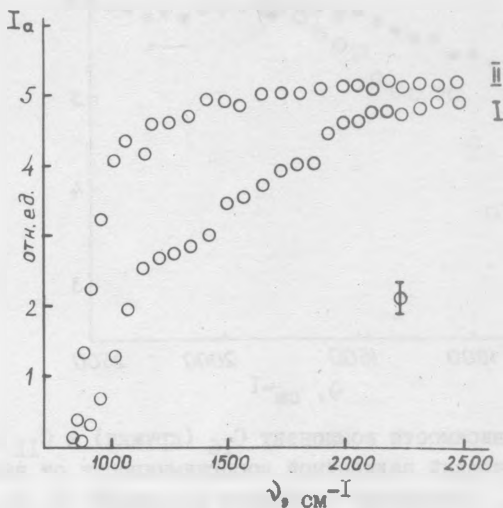
Р и с. 1. (а) Геометрия взаимного расположения волновых векторов взаимодействующих волн. (б) Перестроечные кривые для трехволнового смещения при геометриях, указанных на рисунке (а). Сплошные кривые - результаты расчета, кружки - экспериментальные значения

Исследования проводились при смещении излучения второй гармоники лазера на $\text{YAG}:\text{Nd}^{3+}$ ($\lambda_1 = 0,532$ мкм) и излучения лазера на красителе родамин 6Ж ($\lambda_2 = 0,56 - 0,62$ мкм), при взаимодействии $k_a^e = k_1^e + k_1^o - k_2^o$, где о и е обозначают поляризации волн - обыкновенную и необыкновенную соответственно. Установка описана в работе /3/.

При коллинеарном взаимодействии световых волн эффективная нелинейная восприимчивость для данного типа взаимодействия в кристалле LiIO_3 имеет вид /4/

$$\chi_{\text{эф}}^{(3)} = \frac{c_{11}}{3} \cos^2 \theta + c_{16} \sin^2 \theta, \quad (2)$$

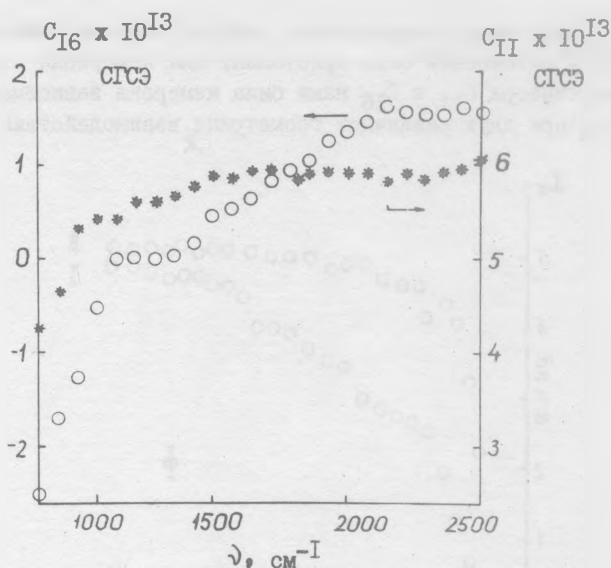
где θ - угол между направлением распространения взаимодействующих волн и оптической осью кристалла. Для измерения отдельных компонент тензора C_{II} и C_{I6} нами была измерена зависимость I_a от $\omega_1 - \omega_2$ при двух различных геометриях взаимодействия, показан-



Р и с. 2. Экспериментальные зависимости интенсивности сигнала I_a от частоты $\nu \equiv \nu_1 - \nu_2$, полученные при двух геометриях взаимодействующих волн, показанных на рис. 1а

ных на рис. 1а. При этом переход от геометрии I к геометрии II осуществлялся поворотом кристалла на 180° относительно падающих лучей. Кристалл толщиной 3 мм был вырезан под углом 21° к оптической оси.

Перестроечные кривые для указанных геометрий взаимодействия представлены на рис. 1б (при $\varphi = 1^\circ$). При этом угол φ выбирался таким образом, чтобы исключить влияние каскадных процессов /2/ в области частот $\nu \equiv \nu_1 - \nu_2 = (\omega_1 - \omega_2)/2\pi c \approx 1000 \div 2500 \text{ см}^{-1}$. Зависимости интенсивностей I_a от ν , нормированные на интенсивность лазеров, представлены на рис. 2. Из этих зависимостей с учетом перестроечных кривых (рис. 1б) можно получить отношение



Р и с. 3. Зависимости компонент C_{I6} (кружки) и C_{II} (звездочки) тензора кубической нелинейной восприимчивости от частоты $\nu \equiv \nu_1 - \nu_2$, полученные с помощью уравнений (3) на основании экспериментальных данных, представленных на рис. 1 и 2

C_{II}/C_{I6} в исследуемом диапазоне частот ν , а также ход дисперсии этих величин в относительных единицах. При двух различных геометриях взаимодействия интенсивности регистрируемого сигнала на некоторой частоте ν^* можно представить в виде

$$I_a^{(I)}(\nu^*) \sim \left(\frac{C_{11}}{3} \cos^2 \theta_1 + C_{16} \sin^2 \theta_1 \right)^2 I_1^2 I_2, \quad (3)$$

$$I_a^{(II)}(\nu^*) \sim \left(\frac{C_{11}}{3} \cos^2 \theta_2 + C_{16} \sin^2 \theta_2 \right)^2 I_1^2 I_2.$$

При этом, решая систему уравнений (3) с учетом полученных из эксперимента данных, можно определить на каждой частоте по четыре независимых корня для C_{II} и C_{I6} . Если воспользоваться ре-

зультатами работы /5/ по измерению величины и знака $\chi_{\text{эф}}^{(3)}$ ($\approx 1,9 \cdot 10^{-13}$ СГСЭ, при угле $\theta = 22,5^\circ$ и $\nu = 2300 \text{ см}^{-1}$), то можно исключить две пары корней системы (3), которые дают отрицательные знаки для $\chi_{\text{эф}}^{(3)}$, и определить значения C_{II} и C_{I6} в абсолютных единицах. Из оставшихся двух пар корней была выбрана та из них, в которой величина C_{I6} лучше согласуется с результатами измерений, выполненных методом генерации третьей гармоники /6/. Результаты, полученные таким образом, представлены на рис. 3.

Как видно из рис. 3, обе компоненты (C_{II} и C_{I6}) тензора кубической нелинейной восприимчивости уменьшаются по мере приближения частоты $\nu = \nu_1 - \nu_2$ к области фоновнного спектра кристалла. Более того, компонента C_{I6} обращается в ноль при $\nu \approx 1200 \text{ см}^{-1}$ и меняет знак на отрицательный при $\nu < 1200 \text{ см}^{-1}$. Такой характер зависимости C_{II} и C_{I6} от частоты ν объясняется интерференцией решеточного и электронного вкладов в нелинейную восприимчивость третьего порядка. Интересно сравнить частоты, при которых происходит компенсация электронных и решеточных вкладов в нелинейную восприимчивость второго (d_{31}) и третьего (C_{I6}) порядков. Они равны $\sim 1010 \text{ см}^{-1}$ и $\sim 1200 \text{ см}^{-1}$ соответственно.

Поступила в редакцию
 2 декабря 1977 г.

Л и т е р а т у р а

1. S. Akhmanov. "Nonlinear Spectroscopy". Enrico Fermi Summer School, Varenna, Italy, 1975.
2. Ю. Н. Поливанов, Р. Ш. Саяхов, А. Т. Суходольский, Краткие сообщения по физике ФИАН, № 12, 16 (1976).
3. Ю. Н. Поливанов, А. Т. Суходольский, "Квантовая электроника" (в печати, Труды У Вавиловской конференции).
4. J. E. Midwinter, J. Warner, Brit J. Appl. Phys., 16, 1667 (1965).
5. Ю. Н. Поливанов, А. Т. Суходольский, Письма ЖЭТФ, 24, 240 (1977).
6. M. Okada, Appl. Phys. Lett., 18, 451 (1971).
7. L. A. Kulevsky, Yu. N. Polivanov, S. N. Poluektov, J. Raman Spectr., 2, 239 (1975).