

МОЛЕКУЛЯРНОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА В МОНОКРИСТАЛЛАХ
НИОБАТА БАРИЯ-СТРОНЦИЯ

А. С. Золотыко, В. Ф. Китаева, Ю. С. Кузьминов, Н. М. Полозков,
Е. Я. Сиробаба, Н. Н. Соболев, В. В. Федоров

УДК 535.36

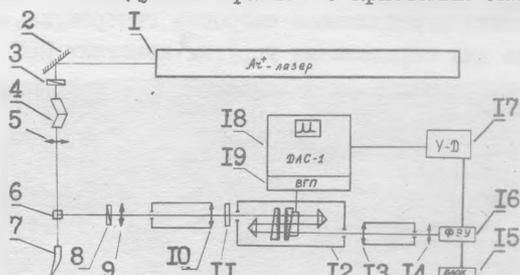
Получены различные поляризационные спектры для рассеяния света на фонах, распространяющихся вдоль кристаллографических направлений $[110]$, $[101]$, $[100]$ в кристаллах ниобата бария-стронция с разной концентрацией бария. Определены все упругие и некоторые фотоупругие константы этих кристаллов.

В работе излагаются результаты исследований молекулярного рассеяния света в кристаллах ниобата бария-стронция (НЭС) - $Ba_x Sr_{1-x} Nb_2 O_6$.

Кристаллы НЭС имеют высокие электрооптические, пьезоэлектрические коэффициенты и обладают хорошими акустическими и нелинейными свойствами, что определяет их большое практическое значение. В сегнетоэлектрической фазе кристаллы НЭС имеют точечную группу симметрии $4mm(C_{4v})$, а в пьезоэлектрической - $\bar{4}2m(D_{2d})$.

Целью настоящей работы явилось изучение особенностей молекулярного рассеяния света в этих кристаллах и определение упругих и фотоупругих постоянных. Для кристаллов точечных групп $4mm$ и $\bar{4}2m$ существует 6 независимых упругих и 7 фотоупругих постоянных /1/. Исследовались образцы НЭС с концентрацией бария 25% и 39%. Точка Кюри для кристалла с 25% Ва лежит в районе $60^\circ C$, а для второго образца несколько выше. Измеренные нами плотности этих кристаллов равны $5,25 \text{ г/см}^3$ и $5,33 \text{ г/см}^3$ соответственно. Показатели преломления на длине волны $\lambda = 5145 \text{ \AA}$ для НЭС с 25% Ва $n_o = 2,365$, $n_e = 2,350$ и для НЭС с 39% Ва $n_o = 2,365$, $n_e = 2,340$ /2/.

Схема экспериментальной установки для изучения рассеяния света приведена на рис. 1. Излучение одночастотного Ar^+ -лазера (модель Г7Г-03 "Спектра-физикс") на длине волны $\lambda = 5145 \text{ \AA}$ фокусировалось в исследуемый кристалл. Кристаллы были вырезаны



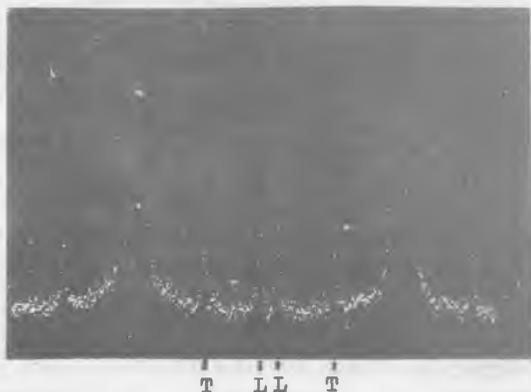
Р и с. 1. Схема экспериментальной установки. 1 - Ar^+ -лазер; 2 - зеркало; 3, 8 - поляризаторы; 4 - двойной ромб Френеля; 5, 9, 10, 13, 14 - объективы; 6 - исследуемый образец; 7 - рог Вуда; 11 - интерференционный светофильтр; 12 - трехпроходной интерферометр Фабри-Перо; 15 - блок питания ФЭУ; 16 - ФЭУ; 17 - усилитель-дискриминатор; 18 - система ДАС-1; 19 - высоковольтный генератор пилообразного напряжения

в виде прямоугольных параллелепипедов, одна из граней которых совпадала либо с направлением $[110]$, либо с $[100]$. Рассеянный свет наблюдался под углом 90° к падающему. Падающий свет был поляризован в плоскости рассеяния или перпендикулярно ей. Для поворота плоскости поляризации использовался двойной ромб Френеля.

Рассеянный свет исследовался с помощью трехпроходного интерферометра Фабри-Перо фирмы "Берли" с автоматической подстройкой параллельности зеркал, что обеспечивало высокий контраст интерференционной картины ($\sim 10^8$). Стабилизация интерферометра осуществлялась по линии релеевского рассеяния. Перед интерферометром помещался интерференционный светофильтр с шириной полосы пропускания 40 см^{-1} , чтобы убрать линии комбинационного рассеяния. Свет регистрировался ФЭУ с охлаждаемым фотокатодом. ФЭУ работал в режиме счета фотонов. Сигнал с ФЭУ через усилитель-дискриминатор поступал на многоканальный анализатор спектра системы ДАС-1. Запись спектра осуществлялась в 1024 каналах памяти анализатора.

Она продолжалась обычно не более 5 минут. На рис. 2 приведен один из полученных спектров.

Обработка спектра МБ-рассеяния света состояла в измерении смещения компонент МБ и их относительных интенсивностей. По величине смещения определялась скорость гиперзвука, которая использовалась для определения упругих констант НБС.



Р и с. 2. Спектр манделъштам-бриллюэновского рассеяния света в кристалле НБС с 39%Ba ($\nu\mathcal{E}$ - спектр, направление падающего света $[100]$, рассеянного - $[010]$, T - поперечные компоненты, L - продольные)

В табл. I приведены измеренные скорости продольных и поперечных гиперзвуковых волн, исследованные ориентации кристаллов, а также соотношения, связывающие скорости гиперзвука с упругими константами кристалла для этих ориентаций /3/. Из таблицы видно, что скорость продольных звуковых волн в кристалле НБС $6+6,5$ км/с, поперечных - $3,4+3,5$ км/с и она практически не зависит от концентрации бария (25 или 39%). Значения упругих констант НБС приведены в табл. 2.

Точность определения констант c_{II} и c_{44} составляет $2+3\%$, $c_{66} - 4+6\%$, c_{12} , $c_{33} - 8+12\%$ и $c_{13} - 15\%$.

Для кристалла НБС были рассчитаны также некоторые фотоупругие константы из измеренных относительных интенсивностей компонент МБ с помощью соотношений

Таблица I

Расчетные формулы и скорости гиперзвука ^{ж)}

Ориентация кристалла	Направление звуковой волны	Связь скорости гиперзвука с упругими постоянными кристалла	Волна	Скорость гиперзвука, км/с	
				$\text{Ba}_{0,25}\text{Sr}_{0,75}\text{Nb}_2\text{O}_6$	$\text{Ba}_{0,39}\text{Sr}_{0,61}\text{Nb}_2\text{O}_6$
[100] - - [010]	[110]	$\rho v_{T_1}^2 = c_{44}$	T_1	3,49	3,49
		$\rho v_L^2 = \frac{1}{2} (c_{11} + c_{12} + 2c_{66})$	L	6,45	6,51
[001] - - [100]	[101]	$\rho v_{T_1}^2 = \frac{1}{2} (c_{44} + c_{66})$	T_1	3,52	3,48
		$\rho v_{T_2}^2 + \rho v_L^2 = \frac{1}{2} (c_{11} + c_{33} + 2c_{44})$	T_2, L	3,40	3,40
		$\rho v_L^2 - \rho v_{T_2}^2 =$ $= \frac{1}{2} \sqrt{(c_{11} - c_{33})^2 + 4(c_{13} + c_{44})^2}$	T_2, L	3,98	6,05
[110] - - [110]	[100]	$\rho v_{T_1}^2 = c_{44}$	T_1	3,49	3,49
		$\rho v_L^2 = c_{11}$	L	6,58	6,51

ж) v_L - скорость распространения продольной, v_{T_2} - поперечной гиперзвуковой волны.

$$Z_{V\Sigma} = \frac{i_T}{i_L} = \frac{P_{44}^2 (c_{11} + c_{12} + 2c_{66})}{4c_{44}P_{31}^2}$$

$$Z_{H\Sigma} = \frac{i_T}{i_L} \frac{P_{44}^2 (c_{11} + c_{12} + 2c_{66})}{4c_{44}P_{66}^2}$$

для случая, когда свет падает в направлении [100], рассеивается в направлении [010].

Упругие постоянные НБС

Таблица 2

Содержание бария, %	с. 10 ¹² дин/см ²					
	c ₁₁	c ₁₂	c ₁₃	c ₃₃	c ₄₄	c ₆₆
25	2,27	0,78	0,56	1,43	0,64	0,66
39	2,26	0,98	0,63	1,55	0,65	0,64

Здесь $Z_{V\Sigma}$ и $Z_{H\Sigma}$ - относительные интенсивности поперечной и продольной компонент в $V\Sigma$ и $H\Sigma$ -спектрах *), i_T , i_L интенсивность поперечной и продольной компоненты, P_{31} , P_{44} , P_{66} - фотоупругие константы. Для получения абсолютных значений фотоупругих постоянных НБС, как и в работе /4/, записывался спектр молекулярного рассеяния в плавленном кварце.

Фотоупругие константы НБС приведены в табл. 3.

Точность определения фотоупругих констант составляет ~15%. Константы P_{44} и P_{66} определены впервые, константа P_{31} измерялась ультразвуковым методом для НБС с 25% Ва в работе /5/, где для нее получено значение 0,11, хорошо совпадающее с полученным в настоящей работе.

Упругие и фотоупругие константы НБС, приведенные в табл. 2 и 3, рассчитаны без учета пьезоэффекта. Пьезоконстанты НБС неизвестны, однако для оценки роли пьезоэффекта можно воспользо-

*) Первый индекс характеризует поляризацию падающего света, второй - рассеянного, v - перпендикулярно плоскости рассеяния, H - параллельно, Σ - свет неполяризован.

Таблица 3

Фотоупругие постоянные НБС

Содержание бария, %	P_{31}	P_{44}	P_{66}
25	0,112	0,058	0,044
39	0,122	0,056	0,030

ваться пьезоконстантами $Ba_5NaNb_5O_{15}$ (банана), свойства которого близки к свойствам НБС. Проведенные оценки показали, что поправка за счет пьезоэффекта не превышает точность определения констант в настоящей работе.

Анализ полученных результатов показывает, что упругие и фотоупругие свойства НБС слабо зависят от концентрации бария при изменении ее в пределах от 25 до 39%.

Поступила в редакцию
5 июля 1979 г.

Л и т е р а т у р а

1. Ю. И. Сиротин, М. П. Шаскольская, Основы кристаллофизики, "Наука", М., 1975 г.
2. E. L. Venturini, E. G. Spenser, P. V. Lenzo, A. A. Ballman, J. Appl. Phys., 39, 343 (1968).
3. И. Л. Фабелинский, Молекулярное рассеяние света, Физматгиз, М., 1965 г.
4. И. Л. Чистый, В. Ф. Китаева, В. В. Осико, Н. Н. Соболев, Б. П. Стариков, М. И. Тимошечкин, ФТТ, 17, в. 5, 1434 (1975).
5. E. L. Venturini, E. G. Spenser, J. Appl. Phys., 40, 1622 (1970).