

## ТОНКАЯ СТРУКТУРА ЛИНИИ РЕЛЕЯ В КРИСТАЛЛЕ САПФИРА

*В. Ф. Китаева, И. Л. Чистый*

В настоящем сообщении излагаются результаты исследования тонкой структуры линии релеевского рассеяния в синтетическом кристалле сапфира.

В качестве источника возбуждения рассеяния использовалась линия  $\lambda = 4880 \text{ \AA}$   $\text{Ar}^+$ -лазера, конструкция которого описана в [1]. Исследуемый образец кристалла сапфира высокого оптического качества<sup>1)</sup> был

---

<sup>1)</sup> Этот кристалл сапфира был выращен в ИК АН СССР и любезно предоставлен Х.С.Багдасаровым в распоряжение И.Л.Фабелинского. Авторы признательны Х.С.Багдасарову за возможность провести работу на первоклассном кристалле.

вырезан, как показано на рис. 1, в форме шестигранной призмы. Оптическая ось кристалла совпадала с осью  $z$ . Рассеянный свет наблюдался вдоль этой оси. Возбуждающий свет направлялся вдоль оси  $x$  (кристаллографическое направление  $11\bar{2}0$ ), составляющей угол  $14^\circ$  с нормалью к входной грани кристалла, с помощью стеклянной призмы.

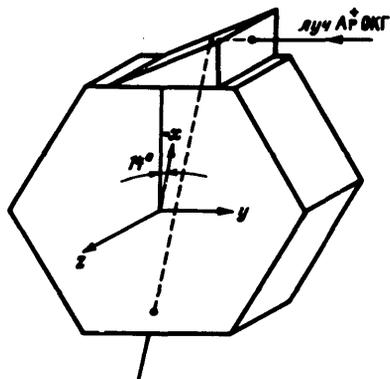


Рис. 1. Ориентация главных осей кристалла сапфира относительно падающего и рассеянного света. Возбуждающий свет направляется вдоль оси  $x$ , рассеянный свет наблюдается вдоль оси  $z$

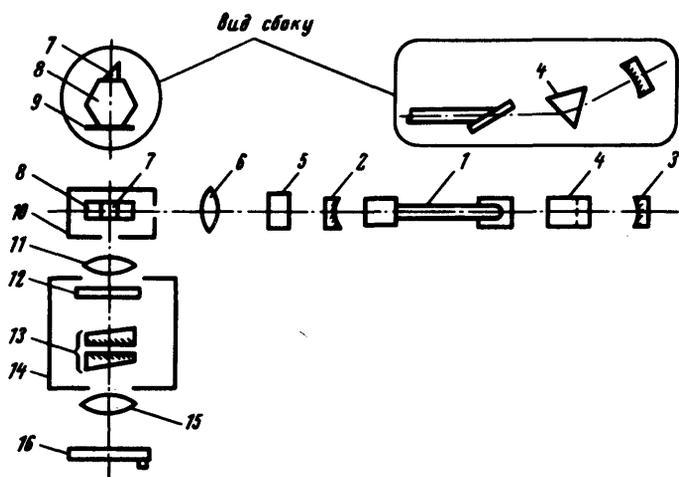


Рис. 2. Схема экспериментальной установки: 1.— газоразрядная трубка, 2, 3 — диэлектрические зеркала, 4.— брус-теровская призма, обеспечивающая генерацию на  $\lambda 4880 \text{ \AA}$ , 5 — кварцевая пластинка, 6 — линза с  $f_1 = 208 \text{ мм}$ , фокусирующая излучение в кристалл, 7 — поворотная призма, 3 — кристалл сапфира, 9 — пластина из черного стекла, 10 — светонепроницаемая черная коробка, 11 — коллиматорная линза с  $f_2 = 300 \text{ мм}$ , 12 — светофильтр СЗС-3, 13 — эталон Фабри — Перо, толщиной  $1 \text{ мм}$ , 14.— термостат, 15 — камерная линза с  $f_3 = 270 \text{ мм}$ , 16 — касета

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 2. Излучение  $\text{Ag}^+$ -лазера мощностью  $0,5 \text{ вт}$  в линии  $\lambda = 4880 \text{ \AA}$  фокусировалось линзой  $f_1$  в кристалл сапфира. Спектр релеевского рассеяния изучался с помощью эталона Фабри — Перо, работавшего в параллельном пучке лучей и регистрировался фотографически.

Вектор  $E$  возбуждающего света был либо перпендикулярен плоскости рассеяния ( $xz$ ), либо параллелен ей. Поворот плоскости поляризации на  $90^\circ$  осуществлялся с помощью кварцевой пластинки толщиной  $8,7 \text{ мк}$ .

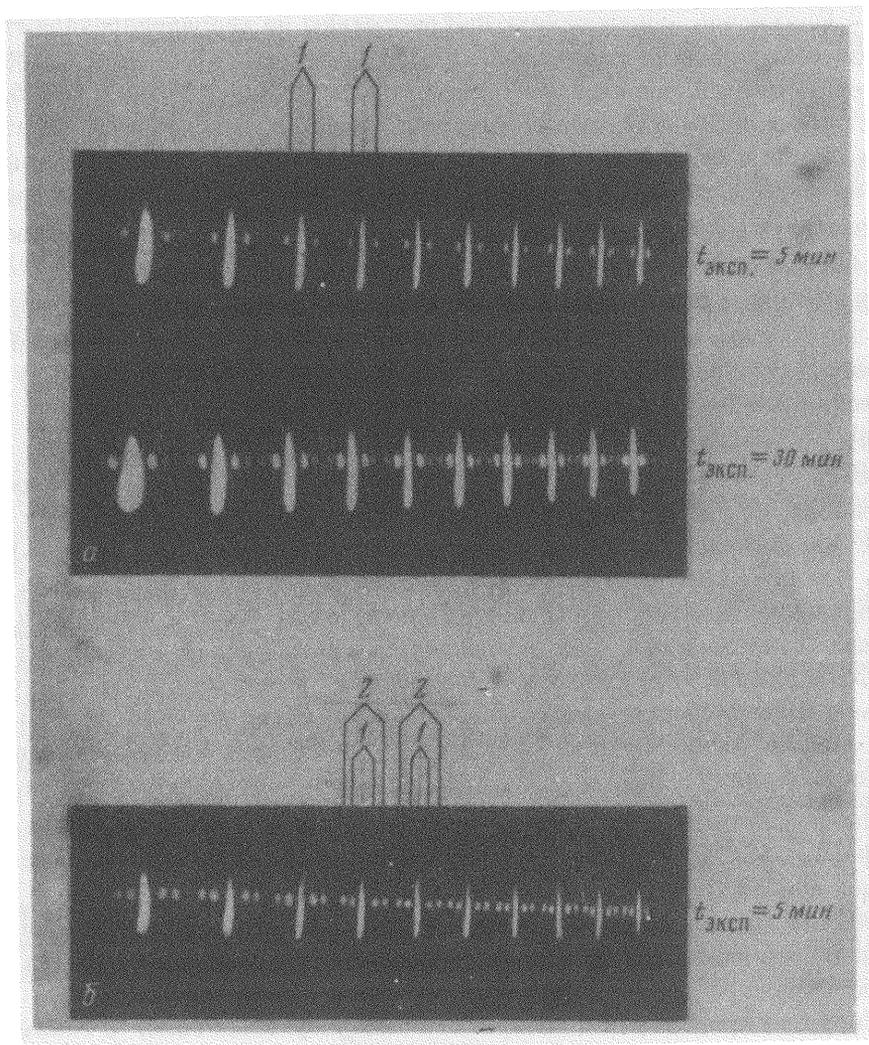


Рис. 3. Спектрограммы рассеянного света: *a* – вектор  $E$  возбуждающего света перпендикулярен плоскости рассеяния, *б* – вектор  $E$  возбуждающего света параллелен плоскости рассеяния. Стрелками под номером *1* указаны "поперечные" компоненты МБ, под номером *2* – "продольные"

Для устранения несовершенства полировки поверхностей кристалла и сведения к минимуму паразитного света применялась иммерсионная жидкость (глицерин). Для устранения света красной люминесценции

кристалла, перед эталоном Фабри – Перо помещался зеленый свето-фильтр СЗС-3.

Полученные спектрограммы приведены на рис. 3, *a* и *б*. В случае 3, *a* вектор  $E$  возбуждающего света был перпендикулярен плоскости рассеяния, в случае 3, *б* – параллелен плоскости рассеяния. В первом случае (3, *a*) фактически наблюдаются только компоненты Манделштама – Бриллюэна, соответствующие рассеянию на квазипоперечной гиперзвуковой волне ("поперечные" компоненты МБ). Компоненты, соответствующие рассеянию на квазипродольной звуковой волне ("продольные" компоненты МБ), имеют ничтожно малую интенсивность. Во втором случае (3, *б*) наблюдаются как "поперечные" компоненты МБ (интенсивность  $I_T$ ), так и "продольные" ( $I_L$ ). Интенсивности этих компонент близки друг к другу и их измерение обычным методом фотографической фотометрии дает  $I_L/I_T = 0,74$ .

Было установлено, что вектор  $E$  поперечных компонент в случае 3, *a* параллелен плоскости рассеяния, а в случае 3, *б* – перпендикулярен плоскости рассеяния. Вектор  $E$  "продольных" компонент (3, *б*) параллелен плоскости рассеяния.

Отсутствие "продольных" компонент МБ в рассеянном свете при освещении кристалла светом с вектором  $E$ , перпендикулярным плоскости рассеяния, не наблюдалось ни в одном из исследованных до сих пор кристаллов (кварце, каменной соли, исландском шпате, алмазе и др.) [2]. Для всех кристаллов в рассматриваемом случае интенсивность "продольных" компонент МБ максимальна, в том числе и для кристалла кварца, относящегося, как и сапфир, к тригональной сингонии. И только в алмазе интенсивность "поперечных" компонент в этом случае больше интенсивности "продольных", однако, всего только в  $\sim 2$  раза. Для сапфира интенсивность "продольных" компонент МБ максимальна при освещении его светом с  $E$ , параллельным плоскости рассеяния.

Наблюдавшаяся нами особенность в рассеянии света в кристалле сапфира, по-видимому, обусловлена молекулярным строением элементарной ячейки кристалла сапфира.

Обработка полученных нами спектрограмм дает для скорости квазипродольного гиперзвука в кристалле сапфира величину 10 600 м/сек, для квазипоперечного – 6 170 м/сек.

Скорости продольных и поперечных гиперзвуковых волн, а также соотношения интенсивностей компонент МБ можно рассчитать, если известны упругие и упругооптические константы кристалла. Для расчета скоростей гиперзвуковых волн в сапфире мы воспользовались упругими константами, определенными из ультразвуковых измерений, работы [3] ( $C_{11} = 4,968 \cdot 10^{+12}$ ;  $C_{33} = 4,981 \cdot 10^{+12}$ ;  $C_{44} = 1,474 \cdot 10^{+12}$ ;  $C_{12} = 1,636 \cdot 10^{+12}$ ;  $C_{13} = 1,109 \cdot 10^{+12}$ ;  $C_{14} = -0,235 \cdot 10^{+12}$  дин/см<sup>2</sup>). Для расчета интенсивностей компонент МБ в сапфире использовались упругооптические константы розового рубина [4] ( $P_{11} = -0,23$ ;  $P_{33} = -0,20$ ;  $P_{44} = -0,10$ ;  $P_{12} = -0,03$ ;  $P_{13} = 0,02$ ;  $P_{14} = 0,00$ ;  $P_{31} = -0,04$ ;  $P_{41} = 0,01$ ). Расчет интенсивностей проводился по известным формулам [5, 2].

Результаты проведенных расчетов приведены в таблице. В этой же таблице приведены экспериментальные результаты настоящей работы.

Скорость гиперзвука в сапфире, м/сек			Отношение интенсивностей компонент МБ ( $I_L / I_T$ )				
	Эксперимент		Расчет		Эксперимент		Расчет
	$z, a$	$z, b$			$z, a$	$z, b$	
$v_L$	—	$10620 \pm 300$	10680	$z, a$	0	0,0017	
$v_T$	$6180 \pm 200$	$6150 \pm 300$	6210	$z, b$	0,74	0,736	

Из таблицы видно, что расчет хорошо согласуется с экспериментом.

Использование в настоящей работе  $Ag^+$ -лазера позволило одновременно наблюдать как "продольные", так и "поперечные" компоненты МБ, определить их положение и соотношение интенсивностей. В работе [6] для возбуждения рассеяния в сапфире использовалась линия  $\lambda = 2537 \text{ \AA}$  ртутной лампы. Можно думать, что наблюдавшиеся в [6] компоненты МБ были обусловлены поперечной гиперзвуковой волной. В условиях работы [6], как показывают наши расчеты, интенсивность "поперечной" компоненты в 5 раз превосходит интенсивность продольных.

Особенность рассеяния света в кристалле сапфира, по-видимому, можно использовать для избирательного возбуждения продольной и поперечной гиперзвуковых волн с помощью техники вынужденного рассеяния света.

Авторы приносят глубокую благодарность проф. Н.Н.Соболеву и проф. И.Л.Фабелинскому за постоянный интерес к работе и плодотворное ее обсуждение, доктору физ-мат. наук Г.П.Мотулевич за ценные советы и студенту В.Н.Бахару за помощь в расчетах.

Физический институт  
им. П.Н.Лебедева  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
19 апреля 1971 г.

### Литература

- [1] Н.А.Афонников, А.П.Болтаев, В.Ф.Китаева, А.Е.Новик, В.П.Сасоров, И.Л.Чистый. ЖПС, 11, 886, 1969.
- [2] И.Л.Фабелинский. Молекулярное рассеяние света, М., 1965.
- [3] J.B.Wachtman, Jr., W.E.Tefft, D.C.Lam, Jr., R.P.Stinchfield. J.Research NBS, 64A, 213, 1960.
- [4] R.M.Waxter, E.N.Furabaugh. J.Research NBS, 74A, 215, 1970.
- [5] Г.П.Мотулевич. Труды ФИАН, 5, 9, 1950; Изв. АН СССР, сер. физ., 11, 390, 1947.
- [6] R.S.Krishnan. Proc. Ind. Acad. Sci., 26A, 450, 1947.