

ФЕРМИ-РЕЗОНАНС ПРИ КОМБИНАЦИОННОМ РАССЕЯНИИ СВЕТА НА ПОЛЯРИТОНАХ В КРИСТАЛЛЕ α - HfO_3

*В. Ф. Китаева, Л. А. Кулевский, Ю. Н. Поливанов,
С. Н. Полуэктов*

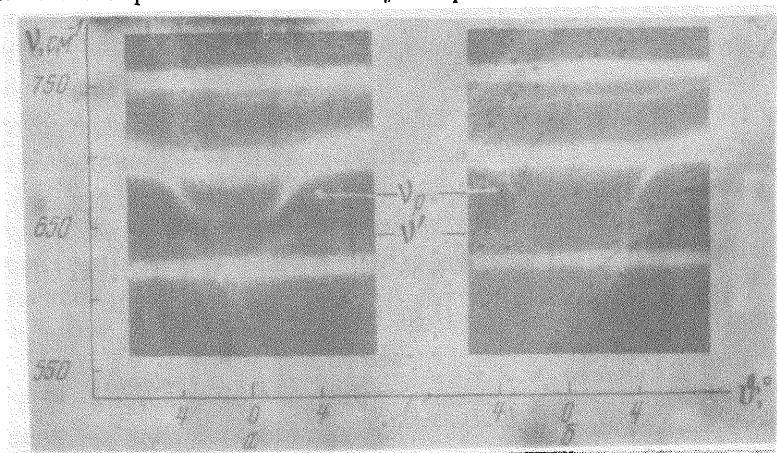
Явление поляритонного ферми-резонанса возникает, когда частота какого-либо дипольно-активного колебания кристаллической решетки ν' (в общем случае любого порядка) оказывается близкой к частоте поляритона $\nu_p(\theta)$ [1, 2] той же симметрии.

Настоящее сообщение посвящено первому наблюдению поляритонного ферми-резонанса при комбинационном рассеянии света на поляритонах в двuosном кристалле α - HfO_3 , принадлежащем к точечной группе симметрии 222. Это явление возникает, когда поляритонная ветвь $\nu_p(\theta)$, связанная с дипольно-активным фононом B_1 ($\nu_p(\theta = 90^\circ) = 736 \text{ см}^{-1}$ [3]), пересекает ветвь двух связанных фононов симметрии B_2 и B_3 , которые, связываясь, образуют состояние с симметрией $B_2 \times B_3 \times A = B_1$ и частотой $\nu' \approx 650 \text{ см}^{-1}$ (слабое колебание симметрии B_1 на частоте $\sim 650 \text{ см}^{-1}$ наблюдалось в поглощении [3]). Пересечение ветвей связанного состояния двух фононов и поляритона достигалось соответствующим выбором направлений поляризации и распространения возбуждающего излучения в кристалле с учетом поляритонного характера дисперсии оптических фононов. Рассеяние света на поляритонах наблюдалось с помощью фотографической методики, при которой шель спектрографа помещается в фокальной плоскости линзы, расположенной после исследуемого образца.

На рисунке представлены частотно-угловые спектры комбинационного рассеяния света в кристалле α - HfO_3 , когда возбуждающее излучение аргонового лазера ($\lambda_0 = 5145 \text{ \AA}$) распространялось в главной

плоскости кристалла YZ под углом $\Theta = 32^\circ$ (а), 39° (б) к кристаллографической оси Z (обозначения кристаллографических осей соответствуют условию $N_x \geq N_y > N_z$, N_i – главные значения показателей преломления кристалла), где θ – угол между направлениями волновых векторов возбуждающего k_0 и рассеянного k_s излучений, ν – частотный сдвиг рассеянного стоксового излучения. Возбуждающее излучение было поляризовано перпендикулярно кристаллографической оси X , а щель спектрографа была расположена параллельно оси X .¹

Три интенсивных горизонтальных линии на рисунке с частотами 633 , 715 и 782 см^{-1} соответствуют комбинационному рассеянию света на неполярных колебаниях решетки симметрии A [3], частота рассеяния на которых не зависит от угла рассеяния θ .



Частотно-угловой спектр рассеяния света на поляритонах $\nu_p(\theta)$ в кристалле $\alpha\text{-HfO}_3$ при возбуждении излучением аргонового лазера с $\lambda_0 = 5145 \text{ \AA}$, ν – частотный сдвиг рассеянного стоксового излучения, θ – угол между направлениями волновых векторов возбуждающего и рассеянного излучений и Θ – угол между волновым вектором возбуждающего излучения и кристаллографической осью Z : а – $\Theta = 32^\circ$, б – $\Theta = 39^\circ$

Из рисунка видно, что поляритонная ветвь $\nu_p(\theta)$ испытывает дублетное расщепление с $\delta\nu = 10 \text{ см}^{-1}$ в окрестности более слабого колебания $\nu' \approx 650 \text{ см}^{-1}$ и происходит перераспределение в интенсивности рассеянного света на колебаниях ν' и поляритоне $\nu_p(\theta)$. При этом с увеличением угла θ от значения $\theta = 0^\circ$ по мере приближения частоты $\nu_p(\theta)$ к ν' интенсивность рассеяния значительно ослабевает и, в конечном итоге, переходит в соответствующую (слабую) линию чисто комбинационного рассеяния на колебаниях решетки с частотой ν' ¹⁾. Далее, вблизи $\nu_p(\theta) \approx \nu' + \delta\nu$ возникает коротковолновая компонента поляритонной ветви, интенсивность которой нарастает при удалении

¹⁾ Интенсивность рассеянного света при $\nu < 630 \text{ см}^{-1}$ на рисунке существенно занижена, так как эта область попадает в край поглощения фильтра, обрезающего возбуждающее излучение.

$\nu_p(\theta)$ от $\nu' + \delta\nu$ и быстро становится преобладающей. В области резонанса вклад обеих ветвей в интенсивность рассеяния становится одного порядка величины. Следует отметить, что наблюдаемое поведение поляритонной ветви $\nu_p(\theta)$ качественно хорошо согласуется с теоретическими выводами работы [1, 2], однако, количественные сравнения трудно проводить из-за отсутствия в литературе значений параметров кристалла $\alpha\text{-HfO}_3$, необходимых при расчете.

Отметим, что наблюдаемое явление, по-видимому, можно считать экспериментальным доказательством существования связанного состояния двух фононов в кристалле $\alpha\text{-HfO}_3$, так как при отсутствии связанного состояния на частоте ν' в поляритонном спектре, согласно [2], не должно наблюдаться расщепления (щель). Заметим, что пересечение поляритонной ветви с фононной линией второго порядка наблюдалось ранее в кристалле $\text{K}_3\text{Cu}(\text{CN})_4$ [4], однако при этом наблюдался лишь обмен в интенсивностях рассеянного излучения на поляритоне и фононном повторении, при этом вопрос о наличии щели в поляритонном спектре остался нерешенным.

В заключение авторы выражают благодарность А.М.Прохорову и Н.Н.Соболеву за поддержку работы и Г.Ф.Добржанскому за предоставление образцов кристалла $\alpha\text{-HfO}_3$.

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

Поступила в редакцию
30 мая 1972 г.

Литература

- [1] В.Л.Стрижевский, Г.Э.Понат, Ю.П.Яшкир. Оптика и спектроскопия, 31, 388, 1971.
- [2] В.М.Агранович, И.И.Лалов. ФТТ, 13, 1032, 1971; ЖЭТФ, 61, 656, 1971.
- [3] L.Couture, M. Krauzman, J.P.Mathieu. C.R.Acad. Sci., 269, B1278, 1969.
- [4] R.Claus, H.W.Schrötter. Optics Comm., 2, 105, 1970.