

ВЫНУЖДЕННОЕ КОМБИНАЦИОННОЕ РАССЕЯНИЕ И ГЕНЕРАЦИЯ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В КВАРЦЕ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

*И.М.Арефьев, С.В.Кривохижа, Ю.И.Кызыласов,
В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский*

В этой работе наблюдалось инфракрасное (ИК) излучение при вынужденном комбинационном рассеянии (ВКР) в монокристаллах кварца при температуре около 10°K . Если луч лазера направлен вдоль оси кристалла z и рассеяние регистрируется вперед в том же направлении, то в спектре ВКР наблюдаются стоксовы и антистоксовы линии, обусловленные основными колебаниями решетки кварца, $\nu_1 = 130 \text{ см}^{-1}$ и $\nu_2 = 467 \text{ см}^{-1}$. Некоторые линии этого спектра наблюдались ранее [1, 2].

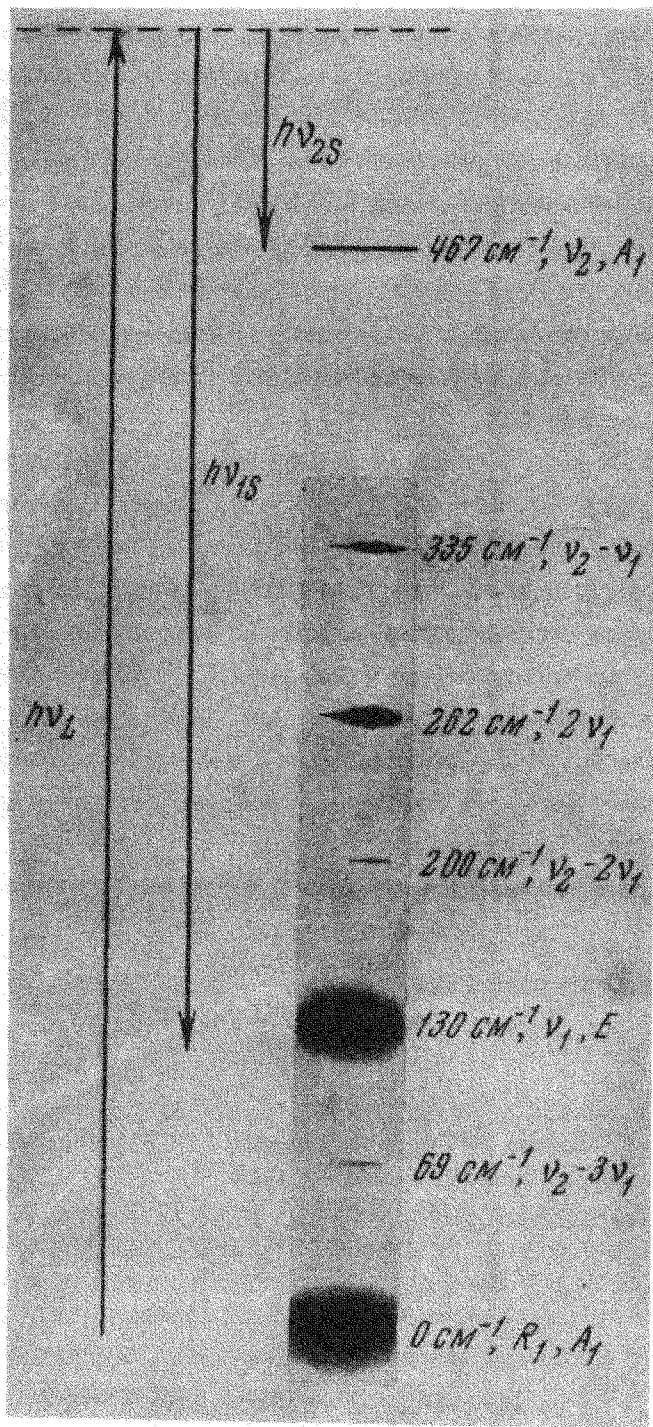
На рисунке показана стоксова часть наиболее подробного спектра ВКР в кварце при температуре $\sim 9^{\circ}\text{K}$ вблизи возбуждающей линии рубинового лазера $R_1 = 6943 \text{ \AA}$, полученного нами на дифракционном спектрографе с линейной дисперсией $3,3 \text{ см}^{-1}/\text{мм}$ в области R_1 . Указаны смещения наблюдаемых линий, их интерпретация и тип симметрии основных уровней.

Если коэффициент усиления стоксова излучения на частоте 467 см^{-1} больше, чем на частоте 130 см^{-1} , то возможна генерация ИК излучения на переходе $A_1 \rightarrow E$ с частотой 337 см^{-1} , не совпадающей с частотой резонанса кварца. Возможно получение ИК генерации при переходах с уровня A_1 (467 см^{-1}) на другие уровни, не проявляющиеся в спектре ВКР [3]. Такими уровнями могут быть уровни основных колебаний кварца; 266 см^{-1} и около 400 см^{-1} с симметрией E .

Оценки показывают, что при ширине спонтанной линии 130 см^{-1} в $0,1 \text{ см}^{-1}$ [2] в условиях нашего опыта (см. ниже) можно создать инверсную заселенность между уровнями A_1 (0) и E (130 см^{-1}) и получить генерацию на этой частоте в образце кварца [4].

Условия генерации ИК излучения будут еще более благоприятными в результате повторного ВКР (см. рисунок).

В наших первых опытах регистрировался суммарный поток ИК излучения. Луч рубинового лазера мощностью $100 - 200 \text{ Мвт}$ и длительностью импульса 12 нсек линзой с фокусным расстоянием 5 см фокусировался внутрь кристалла кварца, ориентированного указанным выше образом. Исследованные кристаллы имели форму параллелепипедов длиной $2 - 5 \text{ см}$ с длинным ребром вдоль оси z . Кристаллы крепились на хладопроводе внутри гелиевого криостата с окнами из плавленного



Спектр вынужденного комбинационного рассеяния в кварце при температуре около 9°K

кварца (толщиной 3 мм) и имели температуру 8 – 14°K в разных опытах. Вблизи выходного окна криостата устанавливался термостолбик (постоянная времени $\tau = 0,2$ сек) с окном из кристаллического кварца (толщиной 2 мм), подключенный к гальванометру с чувствительностью 0,02 мкв. Видимое, возможное ультрафиолетовое и ближнее ИК излучение подавлялось с помощью фильтров из черной фотографической бумаги, черного полиэтилена или тефлона, покрытого слоем скипидарной сажи. Вместе с окнами на криостате и термостолбике эти фильтры подавляли излучение с длиной волны меньше приблизительно 40 мк. С разными кристаллами и фильтрами, и различной мощностью лазера были зарегистрированы сигналы до 1 мкс. Под углом рассеяния 90° сигнал не наблюдался.

При добавлении к фильтру из черной бумаги прозрачной стеклянной пластинки, не пропускающей ИК излучения, сигнал не наблюдался. При добавлении к тому же фильтру пластинки парафина (толщиной 2,5 мм), имеющей пропускание в видимой области менее 1%, сигнал уменьшался до 30 – 40% от первоначальной величины, что находится в соответствии с пропусканием парафина в области 40 – 100 мк. При замене черной бумаги на черный полиэтилен сигнал увеличился в 3,5 раза, что близко к отношению коэффициентов пропускания этих фильтров на длине волны ~ 75 мк. Эти опыты подтверждают, что регистрировалось длинноволновое ИК излучение.

Авторы благодарят В.П.Зайцева и И.Ф.Зайцева за помощь в работе.

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

Поступило в редакцию
3 июня 1968 г.

Литература

- [1] С.В.Кривохижа, Д.И.Маш, В.В.Морозов, В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский. Письма ЖЭТФ, 3, 378, 1966. I. L. Fabelinskij and V. S. Starunov. Appl. Optics, 6, 1793, 1967.
- [2] P. E. Tannenwald, D. L. Weinberg. IEEE Journ. Quant. Electronics, 3, 334, 1967; P. E. Tannenwald. J. Appl. Physics, 12, 4788, 1967; П.Танненвальд. Вынужденное комбинационное рассеяние в кварце. Доклад на Симпозиуме по нелинейной оптике в г.Ереване, 1967 г.
- [3] В.С.Горелик, В.А.Зубов, М.М.Сушинский, В.А.Чирков. Письма ЖЭТФ, 4, 52, 1966.
- [4] F. DeMartini. J. Appl. Phys., 37, 4507, 1966.