

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОЧАСТИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ КР В КРИСТАЛЛАХ
С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРА НА ПАРАХ МЕДИ

В. С. Горелик, О. П. Максимов, М. М. Сувинский

УДК 535.361

Изучены спектры комбинационного рассеяния света третьего и четвертого порядков в кристаллах фосфида галлия. Обнаружены разрывы на поляритонных кривых в хлористом аммонии в области дипольно-активных колебательных тонов третьего и четвертого порядков.

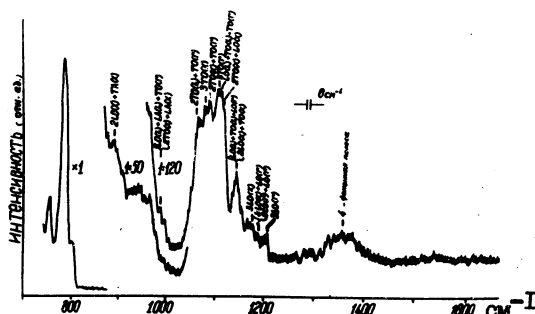
Наблюдения многочастичных процессов комбинационного рассеяния (КР) в кристаллах, происходящих с участием трех или большего числа колебательных квантов, обычно затруднены вследствие малой величины их эффективного сечения. Использование лазеров повышенной средней мощности открывает новые возможности для изучения таких процессов.

В настоящей работе сообщаются результаты исследования многочастичных процессов КР при возбуждении лазером на парах меди. Основные конструктивные особенности этого лазера описаны в работе /1/. Используемый нами лазер работал в квазинепрерывном режиме с частотой следования импульсов $\sim 10^4$ гц. При этом возбуждались две линии генерации $\lambda = 5105$ и 5782 \AA со средней мощностью более 5 Вт в каждой. Для уменьшения расходимости лазерного излучения использовался неустойчивый резонатор телескопического типа /2/.

Регистрация многофононных спектров КР проводилась под углом 90° к направлению возбуждающего излучения на двойном монохроматоре ДФС-24. Спектры КР на полиритонах регистрировались по известной схеме /3/ на спектрографе СТЭ-1 с дисперсией около 9 \AA/мм .

На рис. 1 приведены спектры КР третьего и четвертого порядков кристалла GaP, полученные при возбуждении линией $\lambda = 5782 \text{ \AA}$. Интенсивность этих спектров на два порядка меньше интенсивности

двухфононного спектра КР, фрагмент которого приведен на рисунке слева. Частоты наблюдаемых максимумов и их отнесение в соответствии с правилами отбора представлены в таблице I.

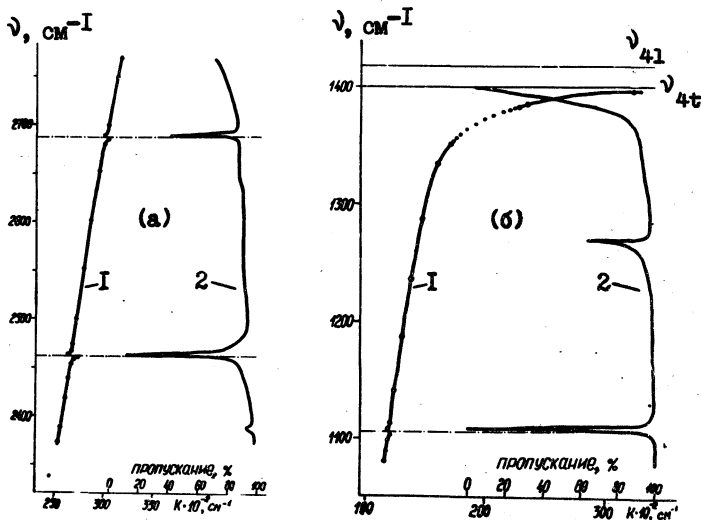


Р и с. I. Спектры КР третьего и четвертого порядков кристалла GaP.

Таблица I

Частота, см ⁻¹		Отнесение	Частота, см ⁻¹		Отнесение
экспер.	расчет		экспер.	расчет	
890	888	2LO(X) + TA(X)	III6	III3	2TO(X) + LO(X)
975	972	LO(L) + LA(L) + TO(Г)		III8	LO(X) + TO(X) + TO(Г)
	975	2TO(X) + LA(X)	II40	II40	LO(L) + TO(L) + LO(Г)
1058	1055	2TO(L) + TO(Г)		II43	2LO(X) + TO(X)
1086	1081	3TO(X)	II73	II74	3LO(X)
	1087	2TO(X) + TO(Г)		II86	2LO(X) + LO(Г)
1106	1099	3TO(Г)	II85	II87	2LO(L) + LO(Г)
	1103	LO(L) + TO(L) + TO(Г)		I207	I208
			I350	-	Четырехфононный максимум

В колонке "расчет" указаны ожидаемые значения частот соответствующих трехфононных комбинаций, полученные с использованием частот фононов критических точек зоны Бриллюэна кристалла GaP



Р и с. 2. Участки поляритонной кривой в области а) зоны $2\nu_4$, б) фундаментального колебания $\nu_4(F_2)$ кристалла Mn_2Cl . I - поляритонные кривые; 2 - кривые пропускания тонких пленок

(последние были определены путем анализа двухфононных спектров КР). Следует отметить, что в пределах погрешностей измерений ожидаемые частоты и частоты наблюдаемых максимумов трехфононного спектра КР совпадают.

Мы обнаружили проявление многочастичных колебательных состояний также при исследовании КР на поляритонах в кристаллах Mn_2Cl . На рис. 2 приведены участки поляритонной кривой в области двухфононной зоны $2\nu_4$ (рис. 2а) и фундаментального поляритонного колебания $\nu_4(F_2)$ (рис. 2б) кристалла Mn_2Cl , полученные при $T = 10^\circ K$ (кривые I). На поляритонной кривой были обнаружены три дополнительных разрыва с частотами 1107, 2462 и 2695 cm^{-1} ; положение разрывов на рисунках отмечено пунктирными линиями. На этих

же рисунках приведен спектр ИК пропускания /4/ тонких монокристаллических пленок NH_4Cl при $T = 20^\circ\text{K}$ (кривые 2). Следует отметить, что зоны многочастичных состояний в рассматриваемом кристалле являются довольно широкими /4/. Однако, разрывы на поляритонных кривых (рис. 2а,б) соответствуют лишь наиболее интенсивным и резким пикам многофононного поглощения. В случае же менее интенсивных максимумов поглощения разрывы не возникают (см., например, рис. 2б). Это обстоятельство, а также быстрое уменьшение интенсивности рассеяния на поляритонах практически до нуля при угловом отклонении от области разрыва свидетельствует о том, что в обсуждаемых случаях имеет место эффект взаимодействия поляритонов не со связанными, а с диссоциированными (многочастичными) состояниями.

В работе /5/ отмечается, что разрывы поляритонных кривых за счет диссоциированных колебательных состояний могут быть объяснены как результат сильного затухания поляритонов вследствие их распада на чисто механические возбуждения кристалла. Такое затухание приводит к нарушению обычных условий синхронизма в элементарных процессах рассеяния и соответственно к падению интенсивности рассеяния на единицу телесного угла. Такая точка зрения, действительно, качественно согласуется с наблюдаемой нами корреляцией в положении многочастичных разрывов и пиков поглощения (рис. 2). Для количественного сопоставления экспериментальных результатов с теорией требуется знание плотности многочастичных состояний, вычисленной с учетом ангармонических эффектов.

Таким образом, нами установлено, что учет лишь фундаментальных полярных колебаний может быть недостаточным для точного описания закона дисперсии поляритонов в кристалле. Экспериментально показано существование в хлористом аммонии особенностей на поляритонной кривой в области зон многочастичных состояний.

Обнаруженные особенности поляритонного спектра необходимо учитывать при создании перестраиваемых квантовых генераторов инфракрасного излучения, использующих поляритонный эффект.

Поступила в редакцию
30 декабря 1976 г.

Л и т е р а т у р а

1. А. А. Исаев, М. А. Казарян, Г. Г. Петран, Письма в ЖЭТФ, 16, 40 (1972).
2. К. И. Земсков, А. А. Исаев, М. А. Казарян, Г. Г. Петран, С. Г. Раутман, Кв. электроника, 1, 863 (1974).
3. Д. Н. Клышко, А. Н. Пенни, Б. Ф. Полковников, Письма в ЖЭТФ, 11, 5 (1970).
4. N. E. Schumaker, C. W. Garland, J. Chem. Phys., 58, 382 (1970).
5. V. M. Agranovich, I. I. Lelov, Solid State Commun., 19, 503 (1976).