

## ПОЛЯРИТОННЫЙ ФЕРМИ-РЕЗОНАНС В КРИСТАЛЛЕ ИОДАТА ЛИТИЯ

Ю.Н. Полибанов, С.Н. Полуэктов

УДК 535.375.5

*Сопоставлены наблюдаемые особенности в дисперсии поляритонов при ферми-резонансе со структурой в фононном спектре второго порядка. Поляритонная ветвь уширяется внутри зоны двухчастичных состояний и испытывает разрывы на краю зоны и при взаимодействии с квазибифонами.*

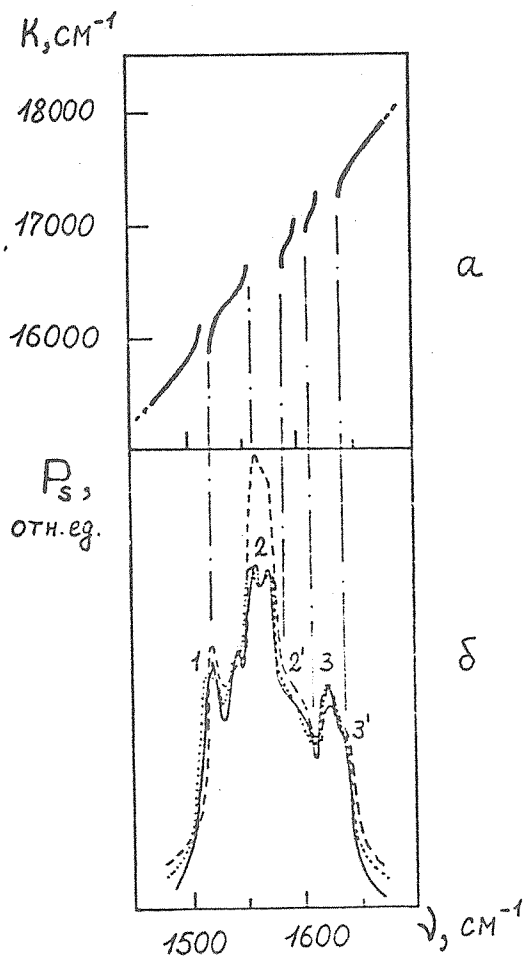
Поляритонный ферми-резонанс реализуется, когда дисперсионная ветвь поляритонов пересекает область фононного спектра второго порядка, соответствующую обертонам и составным тонам фундаментальных колебаний кристалла. Характер проявления ферми-резонанса зависит как от структуры, так и от ангармонизма, приводящего к взаимодействию участвующих в резонансе возбуждений и перенормировке спектров двухчастичных возбуждений, которая может сопровождаться образованием квазисвязанных или связанных состояний (бифононов) (см., напр., /1-3/).

Данная работа посвящена экспериментальному изучению и сопоставлению фононных спектров комбинационного рассеяния (КР) света второго порядка и дисперсии поляритонов в области проявления поляритонного ферми-резонанса кристалла иодата лития ( $\text{LiIO}_3$ ) с целью установления влияния структуры спектров второго порядка на характер дисперсии поляритонов.

Отметим, что о наблюдении поляритонного ферми-резонанса в этом кристалле сообщалось ранее в работах /4,5/. Однако отсутствие данных о спектрах второго порядка не позволяло дать интерпретацию наблюдаемых особенностей. Так в /4/ особенности полученных спектров объяснялись наличием трех слабых (как в КР, так и в ИК) фактически одночастичных резонансов с силами осцилляторов порядка  $10^{-4}$  и частотами 1490, 1550 и  $1610 \text{ см}^{-1}$ . В наших экспериментах /5/, проведенных при использовании спектрографа с более высокой (примерно на порядок) обратной дисперсией, было обнаружено четыре резонанса на частотах 1520, 1560-1590, 1609 и  $1630 \text{ см}^{-1}$ . В области  $1560-1590 \text{ см}^{-1}$  наблюдалась диффузная полоса, и разрыв в дисперсионной ветви поляритонов не удалось удовлетворительно описать введением одночастичного возбуждения.

Для выявления наблюдаемых особенностей нами были проведены тща-

тельные эксперименты по КР света на поляритах (как описано в /5,6/) и измерена дисперсия поляритонов в интересующей нас области спектра. Ре-



Р и с. 1. Дисперсия поляритонов (а), полученная в условиях ферми-резонанса с фоновым спектром второго порядка (б) симметрии  $E_1$  в кристалле  $\text{LiIO}_3$ . Штриховой линией показан полученный нами спектр КР второго порядка, точками – экспериментальный и сплошной кривой – расчетный спектры ИК поглощения, взятые из работы /9/.  $\vec{k}$  – волновой вектор поляритонов,  $\nu$  – частота поляритонов и оптических фононов (стоксов сдвиг рассеянного света),  $P_s$  – интенсивность КР

результаты измерений представлены на рис. 1а. Кроме того, был получен фононный спектр КР света второго порядка при регистрации рассеяния под углом  $90^\circ$  по отношению к возбуждающему излучению на двойном спектрометре LRDH-800 (фирма "Кодерг", Франция) со спектральной шириной  $2,5 \text{ см}^{-1}$  при рассеянии излучения аргонового лазера (514,5 нм) мощностью около 1 Вт в геометрии рассеяния  $x(y,z)y$ , которая соответствует проявлению колебаний симметрии  $E_1$ . Полученный спектр показан на рис. 1б штриховой кривой. Сложный вид спектра обусловлен, как это следует из фононного спектра первого порядка [7,8], переналожением нескольких обертонов и составных тонов валентных колебаний иона  $\text{Ю}_3^-$ , сопровождающимся взаимодействием (резонанс Дарлинга-Денниссона, соответствующий взаимодействию между возбуждениями второго порядка).

Наряду с нашими данными на рис. 1б приведены также экспериментальные и расчетные спектры ИК поглощения, взятые из работы [9]. Видно, что все фононные спектры хорошо согласуются друг с другом, хотя полоса, отмеченная цифрой 2, несколько больше в КР, чем в ИК спектрах, что обусловлено, по-видимому, вкладом продольной компоненты в спектрах рассеяния второго порядка, которая может проявляться в используемой геометрии рассеяния, но отсутствует в ИК поглощении.

При теоретическом анализе [9] предполагалось, что в рассматриваемой области находится три пары зон двухчастичных возбуждений, причем между зонами в каждой паре существует резонансное взаимодействие (резонанс Дарлинга-Денниссона), тогда как взаимодействие между зонами различных пар пренебрежимо мало. В этой модели пики 1, 2 и 3 соответствуют квазисвязанным состояниям (квазибифонам), а участки сплошного спектра 1' и 3', примыкающие к квазибифонам с высокочастотной стороны — зонам двухчастичных состояний. Дублетная структура максимума 2 обусловлена давидовским расщеплением.

В свете такой теоретической интерпретации и из сопоставления фононных спектров второго порядка с дисперсией поляритонов (см. рис. 1) можно сделать следующие заключения.

1) Взаимодействие поляритонов с квазисвязанным состоянием 1 приводит к образованию разрыва поляритонной ветви. 2) Разрыв вблизи полосы 2 не может быть описан введением одночастичного возбуждения, и возможно, что в этой области действительно образуются два давидовски расщепленных бифона, между которыми поляритонная ветвь не наблюдается из-за малого расщепления, а полоса в поляритонном спектре обусловлена вкладом продольной составляющей фононного спектра второго порядка (что видно из сравнения фононных ИК и КР спектров). 3) Внутри зоны двухчастичных со-

стояний  $2'$  наблюдается поляритонная ветвь, испытывающая разрыв на краю зоны. Поляритонная ветвь в этой области уширена, что обусловлено появлением дополнительного канала распада на два свободных фонона. 4) Последний разрыв наблюдается между квазисвязанным состоянием 3 и высокочастотной границей зоны двухчастичных состояний  $3'$  и поэтому не может быть описан введением одночастичного возбуждения. Однако поляритонная ветвь сильно уширяется при разрыве на границе зоны.

Таким образом, анализ поляритонных спектров КР света в кристалле иодата лития показывает, что при ферми-резонансе поляритонная дисперсионная ветвь может испытывать разрывы при взаимодействии с квазисвязанными состояниями двух фононов (квазибифононами) и может существовать внутри зоны двухчастичных возбуждений, уширяясь при этом из-за включения дополнительного канала релаксации поляритонов на два свободных фонона. Эти особенности находятся в соответствии с выводами теории /1-3/. Интересно также, что разрыв в поляритонной ветви наблюдается и на краю зоны двухчастичных состояний, даже при наличии квазисвязанного состояния на другом краю этой зоны. Скорее всего, это связано с особенностями функции плотности двухфононных состояний /2/, поскольку, как это следует из рисунка, в области разрывов на краю зоны наблюдается существенное изменение производной функции плотности состояний.

Институт общей физики АН СССР

Поступила в редакцию 5 марта 1984 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В.М. Агранович, И.Й. Лалов, ЖЭТФ, 61, 656 (1971).
2. V.M. Agranovich, I.I. Lalov, Solid State Comm., 19, 503 (1976).
3. М.П. Лисица, А.М. Яремко, А.Ю. Тхорик, в сб. Квантовая электроника. Киев, "Наукова думка", № 4, 1983 г., с. 56-66.
4. К.Д. Кнейпл и др., Письма в ЖЭТФ, 18, 89 (1973).
5. L.A. Kulevsky, Yu.N. Polivanov, S.N. Poluektov, J. Raman Spectrosc., 3, 239 (1975).
6. Ю.Н. Поливанов, УФН, 126, 185 (1978).
7. W. Otaguro et al., Phys. Rev. B 4, 4542 (1971).
8. Д.Ф. Байса и др., Укр. физ. журн., 18, 1615 (1973).
9. Т.А. Гаврилко и др., Укр. физ. журн., 27, 1235 (1982).