

Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

В. М. Иванов, Т. В. Лаптинская, А. Н. Пенин, Слабые колебания в спектрах параметрического рассеяния света,
Докл. АН СССР, 1981, том 260, номер 2, 321–324

<https://www.mathnet.ru/dan44711>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<https://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.9.175

22 мая 2025 г., 05:49:29



то $\alpha \sim N^{-1/2} = \langle (\Delta N)^2 \rangle^{1/2} / N$, что совпадает с формулой для флуктуаций числа частиц в выделенном объеме идеального газа [7]. Это указывает на то, что замыкание планкеона может быть связано с флуктуациями планкеонного вакуума [8].

Всесоюзный научно-исследовательский институт
физико-технических и радиотехнических измерений, Москва

Поступило
24 III 1981

ЛИТЕРАТУРА

1. Станюкович К.П. – ДАН, 1966, т. 168, № 4, с. 781.
2. Станюкович К.П. В сб.: Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. М.: Атомиздат, вып. 2, 1969, с. 40.
3. Марков М.А. – ЖЭТФ, 1966, т. 51, № 3, с. 878.
4. Chernikov N.A., Tagirov E.A. – Ann. Inst. Henri Poincaré, 1968, v. 9A, № 2, p. 109.
5. Станюкович К.П. В сб.: Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. М.: Атомиздат, 1974, вып. 5, с. 123.
6. Флюгге З. Задачи по квантовой механике. М.: Мир, т. 1, 1974.
7. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М.: Наука, ч. 1, 1976.
8. Станюкович К.П., Мельников В.Н. В сб.: Горение и взрыв в космосе и на Земле. М.: Изд-во ВАГО АН СССР, 1980, с. 20.

УДК 535.375.5

ФИЗИКА

В.М. ИВАНОВ, Т.В. ЛАПТИНСКАЯ, А.Н. ПЕНИН

СЛАБЫЕ КОЛЕБАНИЯ В СПЕКТРАХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

(Представлено академиком Л.В. Келдышем 23 II 1981)

В работе впервые показана возможность обнаружения слабых колебаний и измерения динамических и оптических параметров колебаний кристаллической решетки нецентросимметричных кристаллов методом спектроскопии параметрического рассеяния света (п.р.). Измерены силы осцилляторов, константы затухания и резонансные вклады в квадратичную и кубичную восприимчивости некоторых колебаний в кристалле формиата лития.

Преимущества метода п.р. по сравнению с традиционными методами оптической спектроскопии – методом комбинационного рассеяния света (к.р.) и методом инфракрасного поглощения – особенно ярко проявляются в исследовании колебаний с малой величиной силы осциллятора [1] ($S \sim 10^{-5} - 10^{-8}$) и малыми значениями тензора кубичной восприимчивости ($\gamma \sim 10^{-16} - 10^{-19}$ см²/дин).

Частотно-угловое распределение интенсивности рассеяния (спектр п.р.) в окрестности колебания решетки определяется интерференцией резонансных частей линейной, квадратичной и кубичной по полю восприимчивостей, характеризующих рассматриваемый резонанс, фоновых частей линейной и квадратичной восприимчивостей, которые определяются электронными и остальными решеточными колебаниями [2–4]. Таким образом, вместо регистрации слабого рассеянного излучения (как в методе к.р.) при использовании метода п.р. можно регистрировать модуляцию слабыми колебаниями параметров рассеянного излучения, интенсивность которого зависит в основном от величины квадратичной восприимчивости.

Исследование конкретного вида спектра п.р. дает возможность определить величины резонансных восприимчивостей. Информация о рассеивающей среде, заложен-

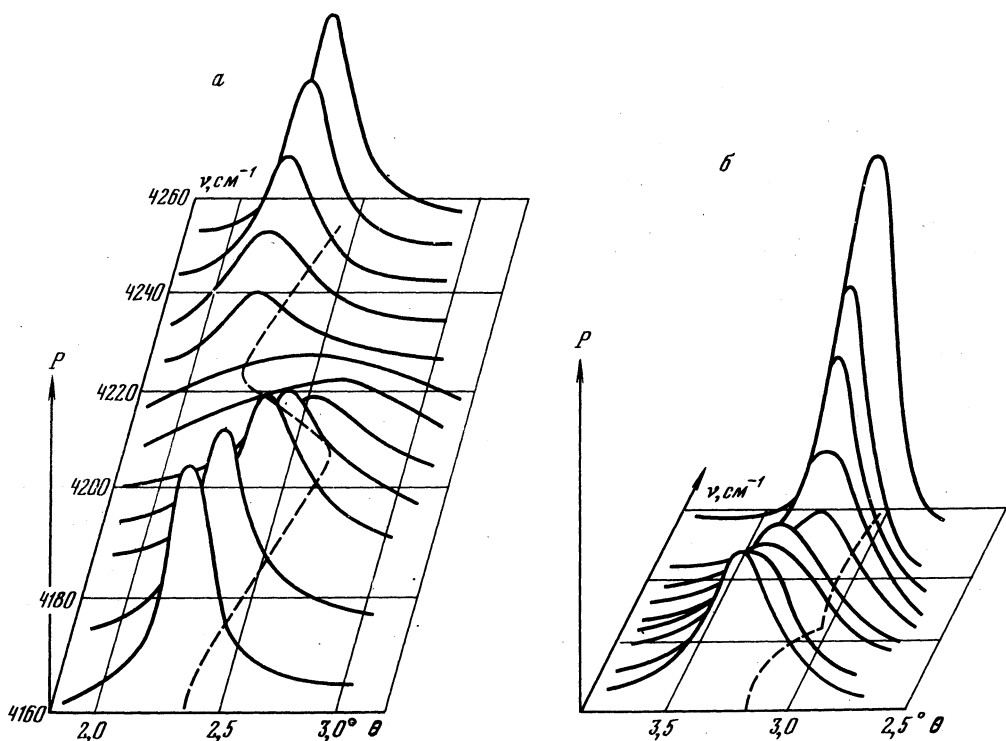


Рис. 1. Спектры параметрического рассеяния вблизи колебаний I (а) и II (б)

ная в спектре п.р., связана с его характеристиками: перестроечной кривой, интенсивностью рассеяния, угловой и спектральной формой и шириной перестроечной кривой. Перестроечная кривая $\nu(\theta)$ спектра — кривая максимумов интенсивности рассеяния, определяемая из условия

$$dP/d\theta|_{\omega=\text{const}} = 0,$$

где P — интенсивность сигнальной волны, θ — угол рассеяния. Перестроечная кривая есть результат совместного решения уравнения дисперсии среды

$$\epsilon(\omega) = (ck/\omega)^2$$

и уравнения пространственного синхронизма

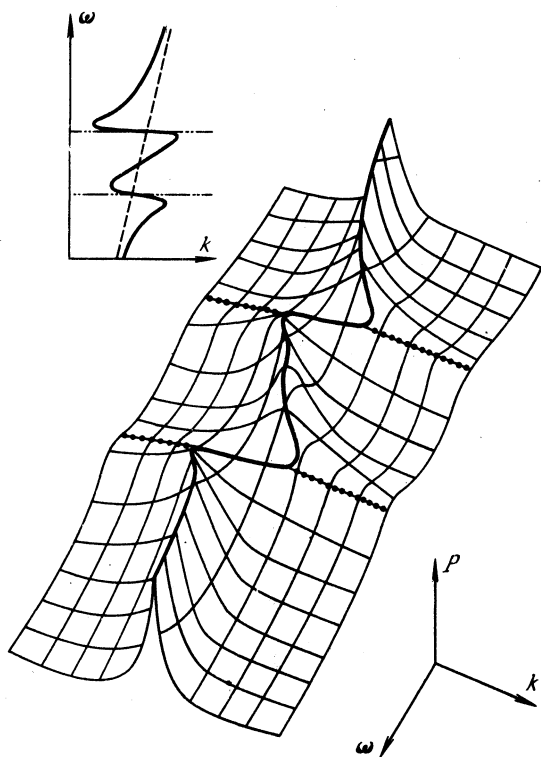
$$(1) \quad \mathbf{k} = \mathbf{k}_L - \mathbf{k}_S.$$

Величины волновых векторов накачки \mathbf{k}_L и сигнальной волны \mathbf{k}_S определяются характеристиками среды в видимом диапазоне спектра, куда, как правило, попадают частоты накачки ω_L и сигнала ω_S

$$\omega_S = \omega_L - \omega.$$

Выполнение условия (1) сильно зависит от частоты накачки и от геометрии рассеяния, определяемой ориентацией ортов поляризации и волновых векторов всех волн относительно элементов симметрии рассеивающего объема, направления наблюдения и расположения плоскости треугольника синхронизма. Соответствующим подбором геометрии рассеяния можно обеспечить максимальную модуляцию параметров рассеянного излучения исследуемыми колебаниями и тем самым, максимальное изменение перестроечной кривой.

Рис. 2. Распределение интенсивности рассеяния для двух слабых колебаний (на частотах 4100 и 4200 см^{-1})



В работе исследованы колебания, относящиеся к спектру второго порядка кристалла формиата лития моногидрата $\text{LiHCOO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ в диапазоне 4000–6000 см^{-1} . Спектр п.р. исследовался при такой геометрии рассеяния, когда волновой вектор накачки и вектор поляризации сигнальной волны лежали в плоскости XOZ кристалла, содержащей оптические оси, вектор поляризации накачки совпадал с осью OY , плоскость треугольника волновых векторов содержала ось OY . Условия синхронизма изменялись при изменении угла φ между вектором k_L и осью OX в пределах от $\varphi = 0$ до $\varphi = 17^\circ$. При этом дисперсионная кривая в поляритонной области не менялась. Если при $\varphi = 0$ на перестроечной кривой уверенно наблюдались два колебания с частотами 4200 см^{-1} (I) и 5100 см^{-1} (II), то уже при $\varphi = 5^\circ$ можно было зарегистрировать более восьми колебаний.

Из полученных спектров п.р. были построены дисперсии диэлектрической проницаемости и квадратичной восприимчивости в этом диапазоне. Спектры п.р. подробно исследованы в окрестностях колебаний I и II. На основании полученной картины распределения из одноосцилляторной модели [3] определялись значения сил осцилляторов, констант затухания, резонансных вкладов в квадратичную и кубичную восприимчивости. Использование этой модели возможно в данном случае, потому что расположенные вблизи колебаний I и II резонансы оказывают значительно меньшее возмущающее действие на перестроечную кривую и ошибка, возникающая из-за неучета их влияния, не превышает 10%. Возможность расчета параметров колебания I по одноосцилляторной модели подтверждается расчетом вида спектра по двухосцилляторной модели. Общий вид распределения интенсивности рассеяния в ω, k плоскости приведен на рис. 2 в виде сечений интенсивности рассеяния по k и по ω в изомерической проекции. Жирной линией выделена перестроечная кривая, точками – сечения вдоль резонансных частот, вверху отдельно дана дисперсионная кривая (штриховой линией обозначена дисперсия при отсутствии колебаний). На рис. 1а приведен спектр п.р. в области колебания I. Сплошными линиями нанесены кривые зависимости интенсивности рассеяния от угла на заданной частоте. Штриховая линия определяет ход перестроечной кривой в плоскости ν, θ . Перестроечная кривая проходит через резонанс без разрывов с образованием участка с аномальным ходом дисперсии. Образование аномальной ветви рассеяния свидетельствует о малых величинах константы затухания и резонансного вклада в кубичную восприимчивость [4], а также о малой к.р. активности колебания.

Т а б л и ц а 1

Параметры колебаний I и II

Параметр	I	II
Частота, см^{-1}	4200	5100
Сила осциллятора, 10^{-5}	5	0,1
Константа затухания, см^{-1}	8	20
Вклад в квадратичную восприимчивость, $10^{-11} \text{ см/дин}^{1/2}$	8	5
Вклад в кубичную восприимчивость, $10^{-15} \text{ см}^2/\text{дин}$	1,6	31

На рис. 1б приведен спектр п.р. в области колебания II. Отличие от рис. 1а вызвано тем, что у колебания II константа затухания Γ значительно больше величины LO-TO-расщепления. Величины параметров этих двух колебаний, определенные по одноосцилляторной модели, приведены в табл. 1.

Оценка сил осцилляторов Λ' других колебаний, наблюдающихся в спектрах п.р., дала следующие результаты: у колебаний с частотами 4080 и 4100 см^{-1} они имеют порядок 10^{-6} , а у колебаний с частотами 4350, 4900, 5410 и 5552 см^{-1} не превышают 10^{-7} .

Полученные результаты свидетельствуют об успешной применимости метода п.р. для количественного определения ряда параметров слабых колебаний. Учет при расчетах большего числа осцилляторов несомненно увеличит точность определения этих параметров и расширит область применения данного метода.

Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова

Поступило
2 III 1981

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Л. Стрижевский, Ю.Н. Якир, Оптика и спектроскопия, т. 44, 601 (1978).
2. В.Л. Стрижевский, ЖЭТФ, т. 62, № 4, 1446 (1972).
3. Д.Н. Кышко, Квантовая электроника, т. 2, № 2, 265 (1975).
4. О.А. Акипетров, В.М. Иванов, А.Н. Пенин, ЖЭТФ, т. 78, № 6, 2309 (1980).