

АНОМАЛЬНОЕ СМЕЩЕНИЕ ЛИНИИ ВЫНУЖДЕННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА
КРЫЛА ЛИНИИ РЕЛЕЯ ВО ВНЕШНЕМ ПОПЕРЕЧНОМ РЕЗОНАТОРЕ

В. Н. Биржков, В. С. Старунов

УДК 535.36

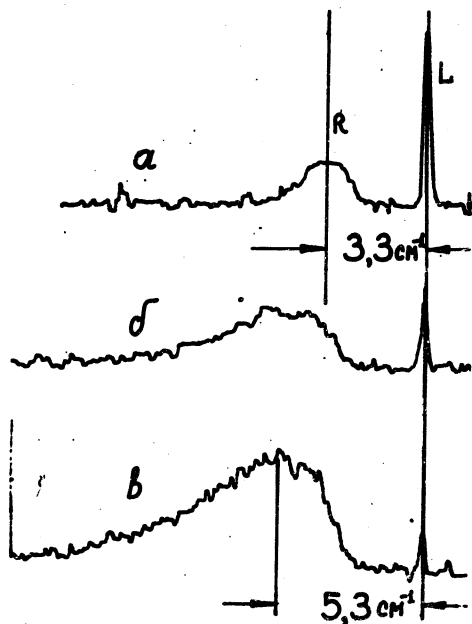
Обнаружено, что линии вынужденного рассеяния света крыла линии Релея во внешнем поперечном резонаторе в сероуглероде и в смеси сероуглерод-спирт смещены относительно частоты возбуждающего света в $1,5 + 2$ раза дальше, чем ожидалось на основании теории и данных о временах релаксации анизотропии.

В этом сообщении приводятся результаты наблюдения anomalно большого смещения линии вынужденного рассеяния света крыла линии Релея (ВРК) /1/ во внешнем поперечном резонаторе в жидких сероуглероде, о-ксилоле и в растворе сероуглерод-этиловый спирт ($CS_2-C_2H_5OH$). ВРК изучалось во многих работах (например, /1-7/). Это явление возникает вследствие ориентации анизотропных молекул (квадратичный эффект Керра) в суммарном поле двух волн: возбуждающей лазерной и (первоначально слабой) рассеянной на флуктуациях анизотропии. В результате возникают волны анизотропии и явление ВРК. Согласно линеаризованной теории /8/ коэффициент усиления ВРК ϵ_R можно представить в виде:

$$\epsilon_R = A \frac{\Omega\tau}{1 + \Omega^2\tau^2}, \quad (1)$$

где A - постоянная для данного вещества, τ - время релаксации анизотропии, $\Omega = \omega_0 - \omega_S$, ω_0 , ω_S - частоты возбуждающей и рассеянной световых волн. В соответствии с (1), при ВРК должна более или менее четко наблюдаться линия, смещенная от ω_0 в сторону на величину $\Omega_R = 1/\tau$. В тех случаях, когда линию ВРК удавалось наблюдать, величина ее смещения была в соответствии с этим выводом теории, в том числе и при исследовании ВРК во внешнем поперечном резонаторе /7/. Исключение составляют результаты, полученные в /9/, на которых мы остановимся ниже.

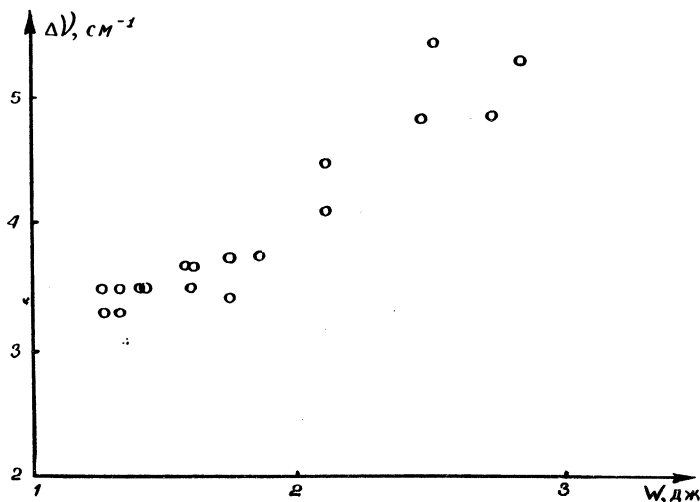
В наших исследованиях ВРК в сероуглероде и в растворе $\text{CS}_2 - \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (ВРК в этих жидкостях ранее не наблюдалось) смещенные линии ВРК всегда были больше $1/\tau$. ВРК возбуждалось гигантским



Р и с. 1. Микрофотограммы спектров ВРК в сероуглероде при различных энергиях накачки: а) 1,3 Дж; б) 2,1 Дж; в) 2,8 Дж. L - линия накачки, R - линии ВРК. Спектры получены с помощью дифракционного спектрографа

импульсом рубинового лазера во внешнем поперечном резонаторе /5, 7/. Экспериментальная установка такая же, как описана в /7/. Сосуд с исследуемой жидкостью помещался внутри конфокального резонатора, радиус кривизны зеркал 15 см, коэффициенты отражения света $\sim 100\%$ и $\sim 80\%$. Импульс рубинового лазера мощностью $50 + 200$ Мвт и длительностью ~ 20 нсек фокусировался в исследуемую жидкость с помощью цилиндрической линзы, образующая которой направлена вдоль оси резонатора. Свет накачки был поляризован

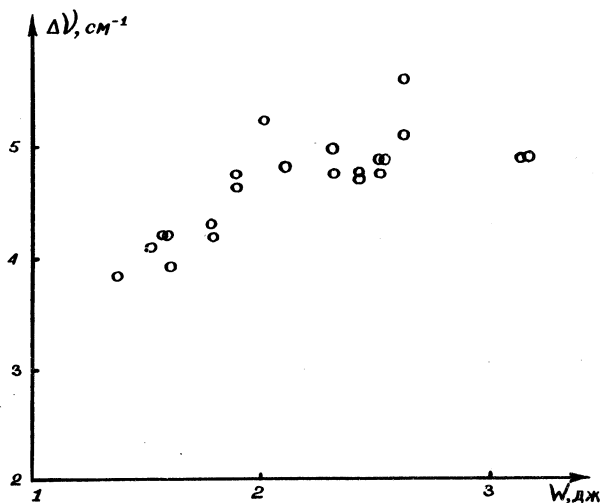
в плоскости рассеяния, так что вынужденное рассеяние Манделштам-Бриллюэна (ВРМБ) вдоль оси резонатора светом накачки не возбуждалось. Ширина пучка света накачки ~ 4 см, фокусное расстояние цилиндрической линзы ~ 5 см, глубина фокусировки в сосуд $3+4$ см.



Р и с. 2. Зависимость смещения $\Delta\nu$ линии ВРК в сероуглероде от энергии накачки W .

Для анализа спектра рассеянного света, вышедшего из резонатора, использовался интерферометр Фабри-Перо с областью дисперсии $16,7 \text{ см}^{-1}$ и дифракционный спектрограф с линейной дисперсией $3,5 \text{ см}^{-1}/\text{мм}$. Свет ВРК, выходящий из резонатора, был полностью деполаризован. Характер изменения спектра ВРК в сероуглероде при изменении энергии накачки показан на рис. 1. При увеличении энергии накачки максимум линии ВРК смещается в стоксову сторону, а сама линия расширяется. Такой же характер изменения спектра ВРК наблюдался в растворе $\text{CS}_2\text{-C}_2\text{H}_5\text{OH}$. На рис. 2 и рис. 3 представлена зависимость смещения $\Delta\nu$ линии ВРК от энергии накачки W в сероуглероде и растворе $\text{CS}_2\text{-C}_2\text{H}_5\text{OH}$, соответственно. Из этих рисунков видно, что $\Delta\nu$ возрастает с ростом W , но не исключено, что при больших и малых W изменение $\Delta\nu$ замедлится или вовсе прекратится.

На тех же образцах, в которых исследовалось ВРК, были проведены измерения^{ж)} времени релаксации анизотропии τ и определены значения $\Delta\nu = (2\lambda c\tau)^{-1}$ ожидаемых смещений линий ВРК, вытекающих



Р и с 3. Зависимость смещения линии ВРК в растворе $\text{CS}_2\text{-C}_2\text{H}_5\text{OH}$ от энергии накачки

щих из (I). Было найдено, что для сероуглерода ожидаемое смещение $\Delta\nu_1 = 2,1 \text{ см}^{-1}$, для смеси $\text{CS}_2\text{-C}_2\text{H}_5\text{OH}$ также следует ожидать $\Delta\nu_1 = 2,1 \text{ см}^{-1}$, для о-ксилола $\Delta\nu_3 = 0,65 \text{ см}^{-1}$. Вместо этих значений у порога генерации ВРК (см. рис. 2 и рис. 3) наблюдались $\Delta\nu_1 = 3,3 \text{ см}^{-1}$, $\Delta\nu_2 = 3,8 \text{ см}^{-1}$ и $\Delta\nu_3 = 0,85 \text{ см}^{-1}$ (точность измерений $\sim 10\%$). В сероуглероде при $w \approx 3$ дж линия ВРК смещена на 5 см^{-1} , а в растворе $\text{CS}_2\text{-C}_2\text{H}_5\text{OH}$, при $w \approx 2,5 + 3$ дж - на $4,8 \text{ см}^{-1}$. Однако в этих же опытах в нитробензоле наблюдалось смещение ли-

ж) Время релаксации определялось по ширине крыла линии Релея в тепловом (спонтанном) рассеянии света с помощью интерференционной установки. Область дисперсии интерферометра Фабри-Перо $16,7 \text{ см}^{-1}$. Измерения выполнены Г. И. Колесниковым.

нии ВРК $\Delta\nu = 0,11 \text{ см}^{-1}$, находящееся в соответствии с (I) и временем релаксации анизотропии, определенным из ширины теплового крыла линии Релея /10/.

Отметим также, что в о-ксилоле при возбуждении ВРК вне резонатора /6/ как при малых, так и при больших коэффициентах усиления было найдено, что $\Delta\nu = 0,65 \text{ см}^{-1}$.

У нас нет обоснованного объяснения наблюдавшегося здесь аномально большого смещения линий ВРК. Одна из возможных гипотез состоит в том, что свет ВРК в резонаторе испытывает вынужденное рассеяние Манделъштама-Бриллюэна (ВРМБ) и если $\Omega_R = 1/\tau \gg \Omega_{MB}$ (Ω_{MB} - смещение компоненты ВРМБ), то контур (и максимум) линии ВРК будет смещаться вследствие ВРМБ в стоксову сторону тем больше, чем больше проходов в резонаторе испытывает свет ВРК. Эффективное число проходов света ВРК в резонаторе будет возрастать при росте энергии накачки. Дискретные компоненты ВРМБ на фоне линии ВРК могут в этом случае не возникать. В противоположность этому, при $1/\tau \lesssim \Omega_{MB}$ от линии ВРК возникает линия или несколько линий ВРМБ, что мы и наблюдали иногда в нитробензоле. Если это объяснение аномального смещения линий ВРК во внешнем резонаторе верно, то казалось бы, что должен наблюдаться такой же эффект увеличения смещения линий вынужденного комбинационного (рамановского) рассеяния света.

Как уже упоминалось, в /9/ при фокусировке сферической линзой импульса накачки в нитробензол, в свете, рассеянном назад, при определенном положении фокуса линзы внутри сосуда наблюдалась линия ВРК, смещение которой больше $1/\tau$. Мы не думаем, что этот результат /9/ и наблюдаемый нами эффект имеют общую природу хотя бы потому, что в условиях нашего опыта в нитробензоле смещение линии ВРК имеет нормальное значение, равное $1/\tau$.

В заключение авторы выражают благодарность И. Л. Фабелинскому за обсуждение полученных результатов и В. П. Зайцеву за помощь в работе.

Поступила в редакцию
9 июля 1976 г.

Л и т е р а т у р а

1. Д. И. Маш, В. В. Морозов, В. С. Старунов, И. Л. Фабелинский. Письма в ЖЭТФ, 2, 41 (1965).
2. Г. И. Зайцев, Ю. Н. Кызыласов, В. С. Старунов, И. Л. Фабелинский. Письма в ЖЭТФ, 6, 505 (1967).
3. C. W. Cho, N. D. Foltz, D. H. Rank, T. A. Wiggins. Phys.Rev. Lett., 18, 107 (1967).
4. T. A. Wiggins, C. W. Cho, N. D. Foltz, D. H. Rank. Phys.Rev., 165, 396 (1968).
5. Ю. И. Кызыласов, В. С. Старунов, И. Л. Фабелинский. Письма в ЖЭТФ, 9, 383 (1969).
6. Д. В. Власов, В. С. Старунов. ЖЭТФ, 61, 1785 (1971).
7. Д. В. Власов, И. Л. Фабелинский. Письма ЖЭТФ, 17, 476 (1974).
8. В. С. Старунов. Труды ФИАН, 39, 151 (1967); ДАН СССР, 179, 65. (1968).
9. L. M. Peterson, T. A. Wiggins. Phys. Rev., A7, 815 (1973).
10. В. С. Старунов, Е. В. Тиганов, И. Л. Фабелинский. Письма в ЖЭТФ, 4, 262 (1966).