

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ
ВКР СВЕТА В СЕРОУГЛЕРОДЕ

Г. Л. Брежовских

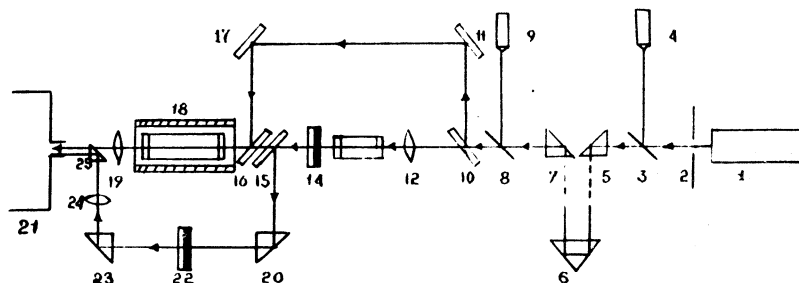
УДК 535.375

Зарегистрировано значительное возрастание коэффициента усиления ВКР при понижении температуры жидкого сероуглерода. Расхождение экспериментальных данных с теорией уменьшалось при учете температурной зависимости эффективного сечения обычного КР света, которая связана с изменением межмолекулярных взаимодействий при охлаждении вещества.

В наших предыдущих работах [1,2] наблюдался сильный рост интенсивности ВКР света при понижении температуры жидкого сероуглерода. Согласно полученным данным интегральная интенсивность первой стоксовой компоненты колебания 656 см^{-1} возрастала в семь раз при охлаждении рассеивающей среды от $+20^\circ\text{C}$ до -70°C . В указанной работе [1] лазерное излучение с помощью линзы фокусировалось внутри кюветы, в которой возбуждалось ВКР. Наблюдаемую температурную зависимость интенсивности ВКР света мы связывали с наличием нескольких факторов, из которых доминирующими являются изменение режима самофокусировки возбуждающего излучения в связи с ростом постоянной Керра и возрастание вероятности обычного комбинационного рассеяния света (КР) при понижении температуры. Наличие нескольких нелинейных эффектов и взаимодействие их между собой не позволило однозначно оценить влияние каждого из них на процесс формирования ВКР в исследуемой жидкости. В связи с этим представляет интерес проследить зависимость коэффициента усиления ВКР от температуры при отсутствии в усиливающей среде самофокусировки света и вынужденного рассеяния Манделштамма-Бриллюэна (ВРМБ).

В настоящей работе проводились измерения коэффициента усиления первой стоксовой компоненты ВКР сероуглерода ($\nu = 656 \text{ см}^{-1}$) при разных температурах усиливающей среды. Усиление сигнала ВКР

осуществлялось в отдельной кювете, заполненной тем же веществом, в котором возбуждалось ВКР. Измерения проводились при малых уровнях накачки активной среды усилителя с тем, чтобы плотность мощности возбуждающего излучения была ниже пороговой для ВКР, ВРМБ, а также для самофокусировки света в усиливающей среде.



Р и с. I. Оптическая схема экспериментальной установки:

1 - рубиновый лазер с модулированной добротностью; 2 - диафрагма; 3,8 - плоские стеклянные пластинки; 4,9 - приемники излучения; 5,6,7 - поворотные призмы; 10,11,15,16,17 - диэлектрические зеркала; 12 - линза; 13 - кювета - генератор ВКР; 18 - кювета - усилитель; 20,23,25 - поворотные призмы; 19,24 - цилиндрические линзы; 14,22 - фильтры; 21 - спектрограф СТЭ-I

По данным ряда авторов /3-5/ охлаждение многих жидкостей сопровождается ростом вероятности обычного комбинационного рассеяния света из-за возрастающей роли межмолекулярного взаимодействия при понижении температуры. Поэтому в настоящей работе были проведены сопоставления измеренных значений коэффициента усиления и рассчитанных на основе параметров обычного КР (ширины линии и интегральной интенсивности), полученных экспериментально при разных температурах /3/.

Оптическая схема установки представлена на рис. I. В качестве источника возбуждающего излучения использовался рубиновый лазер с модулированной добротностью. Мощность лазерного излучения составляла 10 Мвт при длительности импульса 20 нсек. Часть лазерного луча, отраженная полупрозрачным зеркалом 10, направлялась в кювету - усилитель 18. Другая часть того же излучения,

прошедшая через зеркало I0, фокусировалась линзой I2 и использовалась для возбуждения ВКР в кивете I3. Таким образом, кивета-усилитель и кивета - генератор возбуждались независимо, в отличие от предыдущих работ /1,2/. Устранение влияния обратной связи между излучающим веществом и лазером достигалось путем использования оптической задержки 5,6,7. Сигнал первой стоксовой компоненты выделялся с помощью стопки стеклянных светофильтров I4, которая полностью поглощала излучение ВКР в антистоксовой области и лазерное излучение, прошедшее через кивету I3, и направлялся в кивету-усилитель I8. При помощи той же стопки интенсивность светового пучка ВКР сильно ослаблялась, что позволяло наблюдать усиление при малых энергиях входного сигнала (10^{-3} - 10^{-4} Дж). Интенсивность стоксова излучения регистрировалась на входе и на выходе киветы - усилителя. С этой целью часть усиливаемого сигнала ВКР отражалась полупрозрачным зеркалом I5, в то время как другая часть стоксова излучения направлялась в кивету - усилитель. Затем оба пучка, разведенные по высоте, фокусировались в плоскости щели спектрографа СТЭ-I (с дисперсией $12,8 \text{ \AA}/\text{мм}$ в области $6700 - 9000 \text{ \AA}$) и регистрировались на фотоластинке. Существенным преимуществом данной схемы является тот факт, что возбуждение активной среды усилителя осуществлялось с помощью нефокусированного лазерного импульса с контролируемыми параметрами. Плотность мощности накачки $0,3 - 0,9 \text{ Мвт}/\text{см}^2$ была недостаточной для самофокусировки и возбуждения компонент ВКР в усиливающей среде. Все это позволяло сделать условия усиления более определенными и максимально приблизить их к теоретическим. Фотографируя распределение интенсивности в поперечном сечении светового пучка накачки в усиливающей среде, а также спектральный состав излучения, выходящего из киветы - усилителя, мы могли убедиться в том, что при тех значениях плотности мощности, которые имели место в наших экспериментах, в усиливающей среде на всем исследуемом интервале температур ни точек самофокусировки, ни стоксовых компонент ВКР не возникало.

В настоящей работе измерения коэффициента усиления проводились при охлаждении усиливающей среды от $+20^\circ\text{C}$ до -60°C . Кивета-усилитель помещалась в специальный кожух, через который пропускались пары жидкого азота. Уровень входного сигнала ВКР подбирался таким, чтобы в усилителе не возникало насыщения усиления. Согласно существующей теории /6,7/ данная область усиления соот-

ветствует экспоненциальному возрастанию интенсивности стоксовой волны ВКР:

$$J_s(1) = J_s(0)\exp(J_0 g l), \quad (1)$$

где $J_s(0)$ - интенсивность сигнала ВКР на входе в кювету - усилитель, $J_s(1)$ - интенсивность сигнала ВКР после прохождения через усиливающую среду, J_0 - интенсивность возбуждающего излучения, l - длина пути усиления, g - коэффициент усиления ВКР активной среды в усилителе.

Измерив фотографическим методом величину отношения интенсивностей исследуемого сигнала ВКР на входе и на выходе кюветы - усилителя $J_s(1)/J_s(0)$, мы с помощью формулы (1) получили значения коэффициента усиления g в сероуглероде при разных температурах. Согласно экспериментальным данным, полученным в работе /3/, охлаждение жидкого сероуглерода сопровождается сильным ростом интенсивности линий обычного комбинационного рассеяния света. Поэтому представлялось целесообразным сравнить величину g , полученную экспериментально при разных температурах усиливающей среды, с коэффициентом усиления, вычисленным теоретически с учетом изменения вероятности обычного КР при охлаждении исследуемого вещества. Величина коэффициента усиления ВКР связана с эффективным сечением обычного КР соотношением /6/:

$$g = \frac{Nc^2 n_L^2}{\Delta\nu^2 8\pi^2 n_s^3} \frac{\partial\sigma}{\partial\Omega}; \quad (2)$$

где $\partial\sigma/\partial\Omega$ - полное дифференциальное поперечное сечение КР молекулы на стерадиан для одной поляризации, ν - стоксова частота КР света в данном веществе, $\Delta\nu$ - спектральная ширина линии КР, N - эффективное число молекул в см^3 , n_L , n_s - показатели преломления среды соответственно для возбуждающего и рассеянного света.

Полученные результаты приведены в таблице I. В первом столбце таблицы даны значения температуры активной среды усилителя, во втором - средняя величина коэффициента усиления ВКР, полученная экспериментально при разных температурах усиливающей среды. В третьем столбце таблицы представлены значения $g_{\text{теор}}$ коэффициента усиления ВКР, полученные в результате вычислений по формуле (2), в четвертом и пятом столбцах - относительные измене-

ния эффективного сечения и ширины линии обычного КР с температурой, взятые из работы /3/. Относительная погрешность измерений не превышала 25%. Результаты, приведенные в таблице, показывают, что охлаждение жидкого сероуглерода сопровождалось ростом коэффициента усиления ВКР. Температурная зависимость коэффициента усиления, наблюдаемая экспериментально, на интервале температур $+20^{\circ}\text{C} + -40^{\circ}\text{C}$ близка к теоретической. При более низких температурах ($-40^{\circ}\text{C} + -60^{\circ}\text{C}$) наблюдается некоторое расхождение. Следует отметить, что если при вычислении коэффициента усиления ВКР по формуле (2) исходить из статистической теории температурной зависимости обычного КР /8/, развитой для невзаимодействующих молекул, то расхождение эксперимента с теорией будет значительно больше. Для выяснения причин отступления экспериментальных результатов от вычисленных при низких температурах жидкого сероуглерода требуются более детальные исследования.

Таблица I

t, °C	g, 10 ⁻² см/Мвт		$\frac{\partial \sigma}{\partial \Omega}$ КР, 10 ⁻³⁰ см ² /стер	$\Delta \nu$, см ⁻¹
	эксперимент	теория		
+20	2 ± 0,5	2,4	9	0,9
-5	4,6 ± 0,7	3,5	13	0,9
-40	6,6 ± 1,2	4,5	17	0,7
-50	11,8 ± 2	4,8	19	0,7
-60	29 ± 7	5	20	0,7

В заключение автор приносит глубокую благодарность А. И. Соколовской и М. М. Сушинскому за постоянное внимание и интерес к работе.

Поступила в редакцию
3 июля 1974 г.

Л и т е р а т у р а

1. А. И. Соколовская, А. Д. Кудрявцева, Г. Л. Бреховских, М. М. Сушинский. ЖЭТФ, 57, 1160 (1969).
2. А. И. Соколовская, А. Д. Кудрявцева, Т. П. Жбанова, М. М. Сушинский, ЖЭТФ, 53, 429 (1967).
3. А. И. Соколовская. Труды ФИАН, 27, 63 (1964).
4. Я. С. Бобович, Д. К. Архипенко. ДАН СССР, 86, 247 (1952).
5. А. И. Стеханов, Э. В. Числер. ЖЭТФ, 25, 2202 (1955).
6. Н. Бломберген. УФН, 97, 318 (1969).
7. М. М. Сушинский. Спектры комбинационного рассеяния молекул и кристаллов. Изд. "Наука", Москва, 1969 г.
8. Gr. Landsberg, L. Mandelstam. Zeit. f. Phys., 60, 364 (1930);
Ig. Tamn. Zeit. f. Phys., 60, 345 (1930).