

ВЛИЯНИЕ КОНКУРЕНЦИИ КОЛЕБАНИЙ НА СПЕКТРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ВКР

И. И. Кондиленко, П. А. Коротков и В. И. Малый

Согласно существующим теоретическим представлениям [1, 2], ВКР света возникает в результате взаимодействия волны возбуждения I_L и так называемой рассеянной — затравочной волны I_s , — разность частот между которыми равна частоте колебательного перехода исследуемой молекулы ($\omega_s = |\omega_L - \omega_0|$). Разрешенных молекулярных переходов в спектрах КР, как правило, достаточно много. Например, в спектре СКР бензола и нитробензола сравнительно легко наблюдается более десятка линий [3].

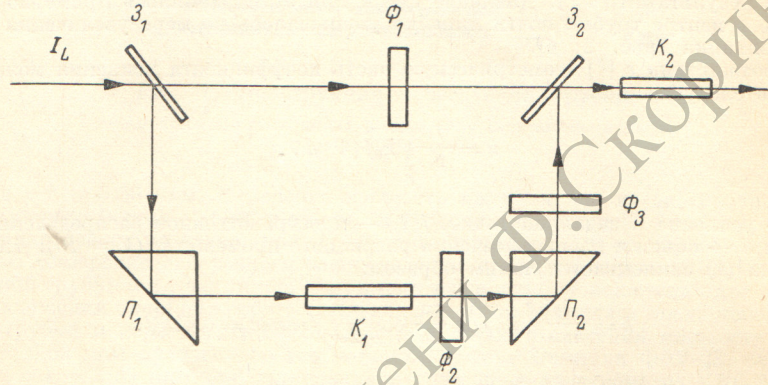


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

Однако в подавляющем большинстве случаев в спектре ВКР обычно наблюдается одно фундаментальное колебание [4]. Лишь в редких исключениях в чистых веществах наблюдалось ВКР на двух — трех основных колебаниях [5]. Такой бедный спектральный состав ВКР по сравнению с СКР, как показали наши предыдущие исследования [6], обусловлен конкуренцией колебаний. Излучение на двух и более основных колебаниях в спектре ВКР сравнительно легко может быть получено на смесях при концентрации составляющих ее компонент, обеспечивающих приблизительно равные удельные интенсивности соответствующих линий в спектре СКР [6, 7]. В таких условиях конкуренция, по-видимому, сводится к минимуму. Естественно поэтому изучение величин относительных интенсивностей линий КР, при которых начинается конкуренция, наиболее удобно проводить на бинарной смеси. В качестве объектов исследования мы использовали бензол и нитробензол. Выбор был обусловлен низкими порогами генерации линий

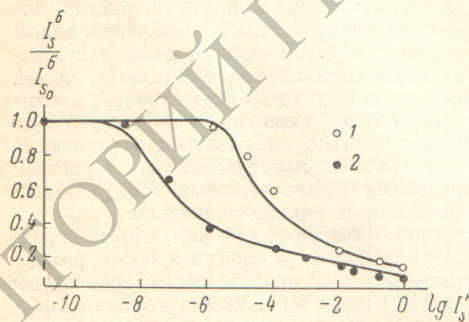


Рис. 2. Зависимость интенсивности стоксовой компоненты ВКР бензола от величины затравочного сигнала при различных значениях энергии возбуждающего излучения.

Е, дж: 1 — 0.5, 2 — 0.18.

низкими порогами генерации линий 992 см^{-1} бензола и 1345 см^{-1} нитробензола, благодаря чему не требовалось больших мощностей возбуждающего излучения (мощность излучения моноимпульсов рубинового лазера, возбуждающих ВКР, варьировалась в пределах 5—50 Мвт). Экспериментальная установка схематически показана на рис. 1. Энергия лазерного излучения с помощью полупрозрачного диэлектрического зеркала (Z_1) делилась на два пучка. Один из лучей с помощью поворотной призмы Π_1 направлялся на вход кюветы K_1 (длиной 45 см), заполненной нитробензолом или бензолом. Второй луч лазерного излучения, проходя через градуированную стопу фильтров НС (Φ_1) и полупрозрачное зеркало Z_2 , попадал в кювету переменной толщины K_2 , в которой находилась бинарная смесь бензол—нитробензол. Концентрация раствора подбиралась таковой, чтобы пороги линий ВКР 992 и 1345 см^{-1} были одинаковы. Излучение ВКР нитробензола (бензола) из кюветы K_1 с помощью второй поворотной призмы Π_2 и полупрозрачного зеркала Z_2 направлялось на вход кюветы K_2 . Возбуждающее излучение после кюветы K_1 убиралось с помощью фильтров ФС-7 (Φ_2), а излучение ВКР градуировочными фильтрами НС (Φ_3) ослаблялось. При проведении эксперимента большое

значение имело совмещение в кювете K_2 пучков лазерного и ВКР излучения. Параметры рубинового лазера и методики регистрации подробно описаны в [6, 7]. Энергия излучения измерялась прибором ИКТ-1М.

На рис. 2 представлены зависимости относительной интенсивности стоксовой линии ВКР бензола на выходе из кюветы K_2 от мощности возбуждающего излучения и стоксовой линии ВКР нитробензола на входе кюветы K_2 . За единицу относительной интенсивности принята интенсивность линии бензола в смеси I_{80}^6 , когда на вход кюветы K_2 поступает только возбуждающее лазерное излучение.

С уменьшением длины кюветы K_2 конкуренция проявляется более резко. Аналогичная зависимость наблюдается и для нитробензола.

Исследования временной задержки (τ) сигнала ВКР по отношению к лазерному на входе кюветы K_2 показали, что при $\tau \geq 1$ нсек. конкуренция исчезает. (Длительность сигналов I_L и I_s порядка 20 нсек). Значения τ , при которых не наблюдается конкуренция, зависят от крутизны переднего фронта сигнала возбуждающего излучения и коэффициента усиления фундаментального колебания.

Согласно полученным данным, конкуренция начинает проявляться при ослаблении затравочного сигнала ВКР (из кюветы K_1) мощностью порядка 1—10 квт в 10^8 — 10^9 раз (рис. 2). При таком ослаблении сигнала подсветки, по-видимому, интенсивность СКР и ВКР — одного порядка. Следовательно, спектральный состав ВКР, обусловленный конкуренцией, формируется в переходной области ($I_{СКР} \approx I_{ВКР}$). Это предположение подтверждается тем, что конкуренция особенно ярко выражена при малых интенсивностях возбуждающего излучения I_L . Так, при $I_L \approx 0.09$ дж в спектре ВКР (после кюветы K_2) наблюдается только линия вещества, находящегося в кювете K_1 . Рост же сигнала ВКР на входе кюветы K_2 влияет на конкуренцию колебаний лишь до некоторого определенного значения, что, вероятно, связано с насыщением [8].

Таким образом, при «малых» интенсивностях возбуждающего излучения спектральный состав ВКР обусловлен, по-видимому, главным образом конкуренцией колебаний. Полученные результаты показывают, что при осуществлении соответствующей подсветки можно значительно увеличить число линий в спектре ВКР, о чем свидетельствуют данные [9].

Литература

- [1] С. А. Ахманов, Р. В. Хохлов. Проблемы нелинейной оптики. ВИНТИ, М., 1965; А. Ярив. Квантовая электроника и нелинейная оптика. Изд. «Советское радио», М., 1973.
- [2] В. Н. Луговой. Введение в теорию вынужденного комбинационного рассеяния. Изд. «Наука», М., 1968.
- [3] Г. Герцберг. Колебательные и вращательные спектры многоатомных молекул. ИЛ, 1949; К. Кольрауш. Спектры комбинационного рассеяния. ИЛ, М., 1952; Л. М. Свердлов, М. А. Ковнер, Е. П. Крайнов. Колебательные спектры многоатомных молекул. Изд. «Наука», М., 1970.
- [4] Р. Пантел, Г. Путхоф. Основы квантовой электроники. Изд. «Мир», М., 1972.
- [5] М. Е. Мовсесян, Ж. О. Ниноян, Л. Т. Бадалян. ДАН АрмССР, 40, 205, 1965; Н. Д. Шведова, С. М. Кац, Л. М. Свердлов. Изв. вузов, физика, № 3, 142, 19А; М. Е. Мовсесян, Ж. О. Ниноян. Опт. и спектр., 24, 241, 1968.
- [6] И. И. Кондиленко, П. А. Коротков, В. И. Малый, Н. Г. Голубева. Опт. и спектр., 34, 475, 1973.
- [7] И. И. Кондиленко, П. А. Коротков, В. И. Малый. Опт. и спектр., 31, 909, 1971.
- [8] В. В. Рагульский, Ф. С. Файдулов. Письма в ЖЭТФ, 6, 887, 1967; В. А. Зубов, А. В. Крайский, К. А. Прохоров, М. М. Сушчинский, И. К. Шувалов. ЖЭТФ, 55, 443, 1968.
- [9] Я. С. Бобович, А. В. Борткевич. Ж. прикл. спектр., 11, 820, 1969.

Поступило в Редакцию 11 декабря 1973 г.