

## СЕЛЕКТИВНОСТЬ ДИССОЦИАЦИИ МНОГОАТОМНЫХ МОЛЕКУЛ В ДВУХЧАСТОТНОМ ИК ЛАЗЕРНОМ ПОЛЕ

*Р.В. Амбарцумян, Ю.А. Горохов, В.С. Летохов,  
Г.Н. Макаров, А.А. Пурецкий, Н.П. Фурзиков*

Предложен метод диссоциации многоатомных молекул в двухчастотном ИК лазерном поле. В данном методе слабое резонансное поле осуществляет селективное возбуждение молекул, а сильное нерезонансное — последующее возбуждение в квазиконтинууме и диссоциацию. Получено значительное увеличение селективности процесса диссоциации.

1. Открытие и исследование явления изотопически-селективной диссоциации многоатомных молекул в сильном ИК лазерном поле [1, 2] поставило вопрос о разработке метода повышения селективности процесса диссоциации. В настоящем сообщении для диссоциации многоатомных молекул предлагается использовать двухчастотное ИК лазерное поле. В этом методе поле частоты  $\nu_1$  является слабым и настраивается в резонанс с полосой поглощения молекулы. Это поле осуществляет селективное возбуждение нескольких первых колебательных уровней молекулы до границы колебательного "квазиконтинуума". Второе сильное нерезонансное поле частоты  $\nu_2$  используется для последующей диссоциации молекул (рис. 1, а). Данный метод основан на предложенном в [3] механизме диссоциации многоатомных молекул в сильном ИК поле лазера.

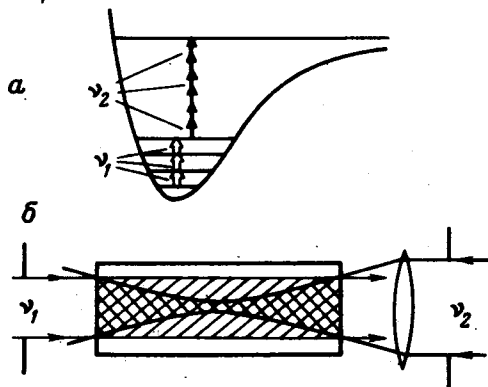


Рис. 1. а — Схема диссоциации молекул двухчастотным ИК лазерным полем:  $\nu_1$  — частота слабого селективирующего излучения,  $\nu_2$  — частота сильного нерезонансного излучения; б — геометрия опыта

При двухчастотном способе диссоциации, в отличие от одночастотного воздействия сильным полем, мощность излучения лазера на первой, селективирующей, ступени  $\nu_1$  мала и практически не уширяет колебательно-вращательных линий поглощения молекулы, что позволяет значительно повысить селективность процесса диссоциации.

2. Экспериментальное исследование проводилось с газообразным гексафторидом серы. Кювета из нержавеющей стали длиной 120 мм и диаметром 10 мм наполнялась  $SF_6$  при давлении 0,12 тор. Кювета с  $SF_6$  могла охлаждаться до температуры  $T = 193 \pm 5$  К. Облучение прово-

дилось двумя  $\text{CO}_2$ -лазерами с поперечным разрядом атмосферного давления с дисперсионными резонаторами. Первый лазер ( $\nu_1$ ) излучал импульсы с энергией 0,5 Дж и длительностью 250 нсек, второй лазер ( $\nu_2$ ), соответственно, 2 Дж и 90 нсек. Синхронизация осуществлялась таким образом, что импульсы мощного лазера с частотой  $\nu_2$  задерживались относительно маломощного лазера с частотой  $\nu_1$  на  $1,5 \pm 0,5$  мксек. Излучение на частоте  $\nu_1$  направлялось в кювету в виде нефокусированного пучка ( $I \sim 1 - 5$  Мвт/см<sup>2</sup>), а излучение на частоте  $\nu_2$  фокусировалось линзой с фокусным расстоянием  $f = 100$  мм (рис. 1, б).

Экспериментально исследовалась зависимость скорости диссоциации молекулы  $\text{SF}_6$  от частоты  $\nu_1$  при фиксированной частоте мощного лазера  $\nu_2 = 1084,6$  см<sup>-1</sup> (линия R(30)). Отметим, что диссоциация  $\text{SF}_6$  происходила лишь при совместном облучении кюветы двумя лазерами. Скорость диссоциации  $\text{SF}_6$  определялась как  $w = (1/n) \ln(N_0/N)$  ( $N_0$  — число молекул в кювете до облучения,  $N$  — после облучения,  $n$  — число импульсов облучения) по ИК спектрам поглощения  $\text{SF}_6$ .

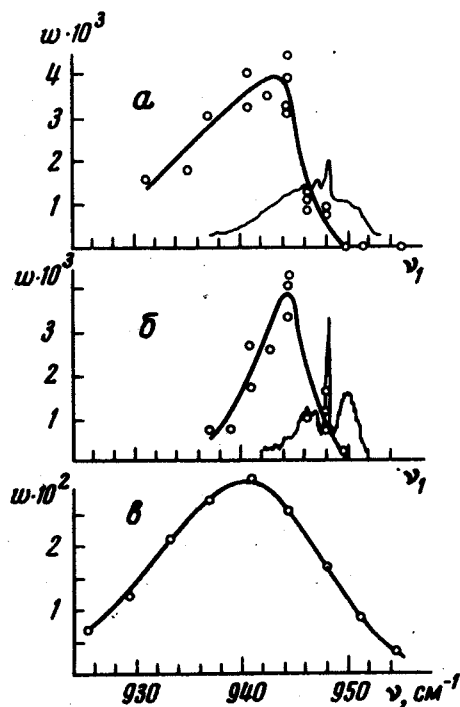


Рис. 2. Резонансные характеристики диссоциации  $\text{SF}_6$  в ИК лазерном поле: а — двухчастотный режим:  $I_{\nu_1} = 4$  Мвт/см<sup>2</sup>,  $I_{\nu_2, \text{ср}} = 58$  Мвт/см<sup>2</sup>,  $\nu_2 = 1084,6$  см<sup>-1</sup>,  $T = 300$ К. Справа спектр поглощения колебаний  $\nu_3$  молекулы  $\text{SF}_6$  при  $T = 300$ К [4]; б — то же,  $T = 193$ К. Справа спектр поглощения  $\text{SF}_6$  при  $T = 153$ К [5]; в — одночастотный режим:  $I_{\text{ср}} = 31$  Мвт/см<sup>2</sup>,  $T = 300$ К [3]

3. Результаты измерений приведены на рис. 2. Сверху (а) изображена частотная зависимость, полученная при комнатной температуре. Здесь же приведен линейный спектр поглощения  $\text{SF}_6$  при температуре  $T = 300$ К [4]. Ниже (б) изображена та же зависимость, но полученная при  $T = 193$ К; линейный спектр поглощения молекулы  $\text{SF}_6$  при  $T = 153$ К здесь взят из работы [5]. Внизу (в) для сравнения приведена зависимость  $w$  от частоты лазерного излучения в случае диссоциации  $\text{SF}_6$  в одночастотном сильном поле, полученная в нашей работе [3].

Из приведенного рисунка видно, что в случае двухчастотного способа диссоциации ширина резонансной кривой существенно уменьшает-

ся ( $\sim 5 \text{ см}^{-1}$  при  $T = 193\text{K}$  и  $\sim 12 \text{ см}^{-1}$  при  $T = 300\text{K}$ ) по сравнению с одночастотным режимом диссоциации ( $\sim 20 \text{ см}^{-1}$  при  $T = 300\text{K}$ ). Отчетливо видно, что резко сдвигается и становится более крутым высокочастотный край резонансной кривой. Это является свидетельством того, что при возбуждении  $R$ -ветви перехода  $v = 0 \rightarrow v = 1$  диссоциации не происходит. Данный факт подтверждает сделанный в [3] вывод о том, что для вращательной компенсации ангармонизма переходы на первый колебательный уровень должны происходить в  $P$ -ветви. Наблюдаемая диссоциация в области  $R$ -ветви перехода  $v = 0 \rightarrow v = 1$  в случае одночастотного возбуждения (рис. 2, *в*) объясняется влиянием сильного резонансного поля, требуемого для диссоциации молекул. Значительный спад низкочастотного края резонансной кривой при понижении температуры (рис. 2, *б*) связан с "вымораживанием" горячих полос поглощения.

Измерения  $w$  в зависимости от интенсивности слабого поля частоты  $\nu_1$  показали, что скорость диссоциации растет примерно пропорционально корню квадратному из интенсивности в диапазоне от  $50 \text{ кВт/см}^2$  до  $2 \text{ Мвт/см}^2$ , как и число квантов, поглощенных одной молекулой при тех же значениях интенсивности [2].

Проводились измерения скорости диссоциации в зависимости от частоты сильного поля  $\nu_2$  при фиксированной частоте  $\nu_1 = 942,4 \text{ см}^{-1}$  (линия  $P(22)$ ) — дисперсионной характеристики колебательного квазиконтинуума, которые показали, что диссоциация наблюдается и при расстройках частоты  $\nu_2$  от полосы поглощения  $\text{SF}_6$   $\Delta\nu_2 > 100 \text{ см}^{-1}$ . При  $\Delta\nu_2 \approx 50 \text{ см}^{-1}$  величина скорости диссоциации совпадает с величиной, полученной в случае одночастотного возбуждения при одинаковой интенсивности сильного поля. Измерения коэффициента обогащения в продукте диссоциации  $\text{SOF}_2$  показали, что селективность процесса диссоциации в двухчастотном поле экспоненциально падает с увеличением времени задержки (от 0 до 7  $\mu\text{сек}$ ) импульсов лазера частоты  $\nu_2$  относительно импульсов лазера частоты  $\nu_1$ .

Полученные результаты показывают значительное повышение селективности возбуждения и диссоциации по сравнению с одночастотным полем, что существенно для разделения изотопов тяжелых элементов с малым изотопическим сдвигом. Данный метод чрезвычайно расширяет диапазон молекул, пригодных для разделения изотопов, поскольку требуемая интенсивность резонансного поля примерно в  $10^3$  раз меньше, чем в случае использования одночастотного поля, что облегчает выбор лазера для селективирующей ступени  $\nu_1$ . Кроме того, предложенный метод открывает широкие возможности для исследования свойств и поведения многоатомных молекул в "квазиконтинууме" колебательных состояний.

Институт спектроскопии  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
21 января 1976 г.

### Литература

- [1] Р.В.Амбарцумян, В.С.Летохов, Е.А.Рябов, Н.В.Чекалин. Письма в ЖЭТФ, 20, 597, 1974; ЖЭТФ, 69, 72, 1975.

[2] Р.В.Амбарцумян, Ю.А.Горохов, В.С.Летохов, Г.Н.Макаров, Письма в ЖЭТФ, 21, 375, 1975; ЖЭТФ, 69, 1956, 1975.

[3] Р.В.Амбарцумян, Ю.А.Горохов, В.С.Летохов, Г.Н.Макаров, А.А.Пурецкий. Письма в ЖЭТФ, 23, 26, 1976.

[4] H. Brunet, M. Perez. J. Mol. Spectr., 29, 472, 1969.

[5] P. L. Houston, J. I. Steinfeld. J. Mol. Spectr., 54, 335, 1975.

---