

## СЕЛЕКТИВНОЕ ИСПАРЕНИЕ ЗАМОРОЖЕННЫХ ГАЗОВ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

*Н. В. Карлов, Р. П. Петров, Ю. Н. Петров, А. М. Прохоров*

Сообщается о наблюдении селективного испарения молекул  $^{10}\text{BCl}_3$  и  $^{11}\text{BCl}_3$  из твердой пленки, полученной замораживанием трихлорида бора при температуре жидкого азота на ИК подложке под действием резонансного  $\text{CO}_2$  лазера непрерывного действия.

При резонансном лазерном воздействии на многофазную гетерогенную систему наблюдались селективные гетерогенные процессы адсорбции [1] и фильтрационной диффузии [2], а также нетепловой сдвиг экстракционного равновесия [3]. Такие процессы интересны как в плане изучения особенностей взаимодействия колебательно возбужденных молекул в гетерофазных системах, так и для ИК лазерной фотохимии и лазерного разделения изотопов [4].

В этой работе мы сообщаем о наблюдении селективного испарения замороженных газов  $^{10}\text{BCl}_3$  и  $^{11}\text{BCl}_3$  под действием излучения  $\text{CO}_2$ -лазера, резонансного колебанию  $\nu_3$  молекулы  $^{11}\text{BCl}_3$ . Газообразный трихлорид бора с природным содержанием изотопов вымораживался в виде тонкой пленки на ИК прозрачную подложку, имеющую температуру жидкого азота. Оказалось, что изотопическая структура полосы  $\nu_3$  в твердой пленке трихлорида бора существенно не отличается от структуры спектра газообразного  $\text{BCl}_3$ . При замораживании происходит одинаковое смещение полс  $\nu_3$  молекул  $^{10}\text{BCl}_3$  и  $^{11}\text{BCl}_3$  в сторону более низких частот примерно на  $20 \text{ см}^{-1}$  и их небольшое уширение. На рис. 1, *a*

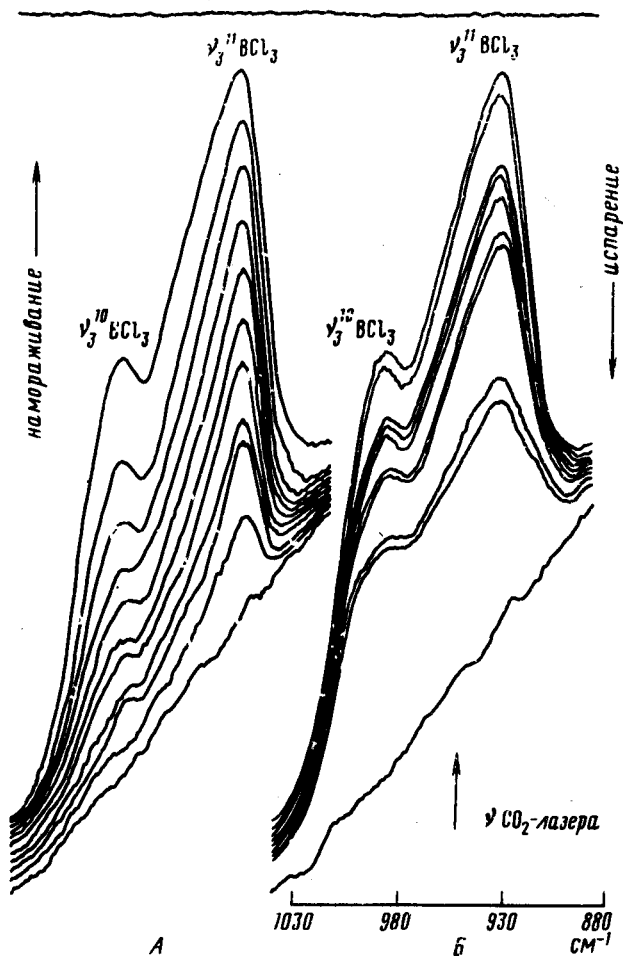


Рис. 1. *a* – Спектры поглощения колебаний  $\nu_3$  в твердой пленке  $\text{BCl}_3$ . Толщина пленки нарастает снизу вверх; *б* – спектры поглощения твердой пленки  $\text{BCl}_3$  после лазерного облучения. Количество актов облучения возрастает сверху вниз

показано увеличение поглощения по мере намораживания  $\text{BCl}_3$  на подложку из  $\text{ZnSe}$ . Оценка по коэффициенту поглощения дает для плотности молекул в пленке значение  $10^{18} \text{ см}^{-2}$ , чему соответствует 100 – 500 молекулярных слоев. Сохранение структуры спектра при вымораживании позволяет резонансно воздействовать на молекулы  $^{11}\text{BCl}_3$  или  $^{10}\text{BCl}_3$  в твердой фазе.

При лазерном облучении пленки обнаружено преимущественное испарение резонансно возбужденных молекул  $^{11}\text{BCl}_3$  при условии, что облучение относительно кратковременно и интенсивность его мала. На рис. 1,б показано постепенное обогащение пленки молекулами  $^{10}\text{BCl}_3$  по мере увеличения числа актов облучения. Облучение осуществлялось импульсами длительностью  $1 \div 3$  мин при интенсивности  $1 \text{ вт/см}^2$ . На рис. 2 показана зависимость коэффициентов обогащения  $\text{BCl}_3$  в газовой и твердой фазах в зависимости от интенсивности излучения, прошедшего через пленку. По определению, коэффициент обогащения  $\eta$  равен отношению концентраций  $^{11}\text{BCl}_3 / ^{10}\text{BCl}_3$  после облучения, деленному на отношение концентраций в исходном газе.

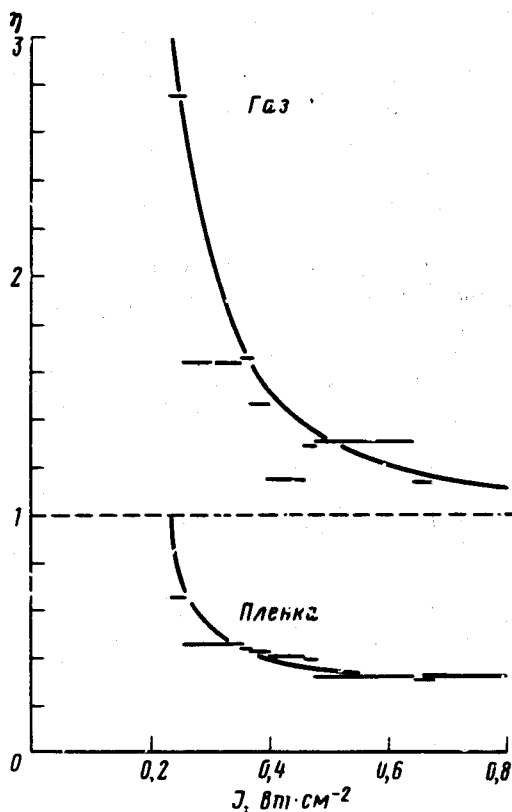


Рис. 2. Зависимость коэффициента обогащения в газовой фазе (верхняя кривая) и в твердой пленке (нижняя кривая) от интенсивности прошедшего через пленку лазерного излучения

Таким образом, отчетливо наблюдается селективное испарение  $^{11}\text{BCl}_3$  с большим коэффициентом обогащения. По мере прогрева пленки и подложки селективность испарения падает. Рис. 3 показывает временную зависимость коэффициента обогащения в газовой фазе, измеренную масс-спектрометрически по элементарным  $^{10}\text{В}$  и  $^{11}\text{В}$ . Потеря селективности колебательного возбуждения  $^{11}\text{BCl}_3$  приводит к преимущественному испарению  $^{10}\text{BCl}_3$ .

В условиях эксперимента коэффициент обогащения испаряемого газа оказался прямо пропорциональным относительной концентрации молекул  $^{11}\text{BCl}_3 / ^{10}\text{BCl}_3$  в пленке перед началом облучения и обратно пропорциональным энергии, идущей на нагрев подложки.

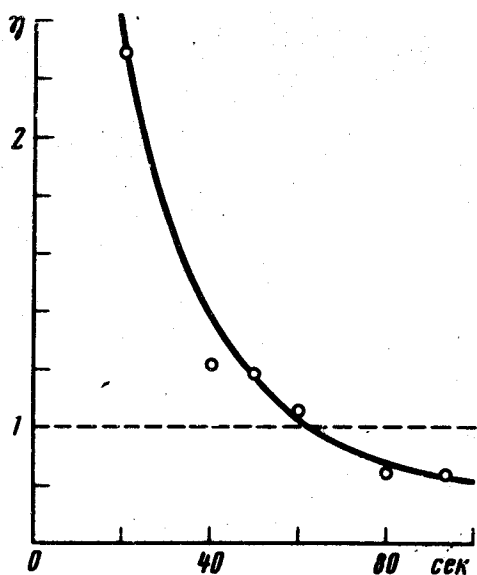


Рис. 3. Зависимость коэффициента обогащения в газовой фазе от времени облучения

В гетерогенных селективных процессах критическая энергия взаимодействия мала. Поэтому поглощение молекулой одного инфракрасного кванта существенно меняет характер взаимодействия. При сохранении селективности колебательного возбуждения активируется резонансная молекула, при эффективном колебательном обмене между молекулами различного изотопного состава активируются молекулы, обладающие большей колебательной энергией. Результаты эксперимента по селективному испарению замороженных газов резонансным лазерным излучением соответствуют этим представлениям. При резонансном испарении молекул, замороженных в матрицах, следует ожидать увеличения селективности процесса.

Физический институт им. П.Н.Лебедева  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
20 июля 1976 г.

### Литература

- [ 1 ] К.С.Гочелашвили, Н.В.Карлов, А.Н.Орлов, Р.П.Петров, Ю.Н.Петров, А.М.Прохоров. Письма в ЖЭТФ, 21, 640, 1975; К.С.Гочелашвили, Н.В.Карлов, А.И.Овченков, А.Н.Орлов, Р.П.Петров, Ю.Н.Петров, А.М.Прохоров. ЖЭТФ, 70, 531, 1976.
- [ 2 ] К.С.Гочелашвили, Н.В.Карлов, Н.А.Карпов, Н.И.Мдинарадзе, Ю.Н.Петров, А.М.Прохоров. Письма в ЖТФ, 2, 1976 г. (в печати).
- [ 3 ] Е.К.Карлова, Н.В.Карлов, Г.П.Кузьмин, Б.Н.Ласкорин, А.М.Прохоров, Н.П.Ступин, Л.Б.Шурмель. Письма в ЖЭТФ, 22, 459, 1975.
- [ 4 ] Н.В.Карлов, А.М.Прохоров. УФН, 118, 583, 1976.