

ХИМИЧЕСКИЙ ЛАЗЕР НА СМЕСИ ДИФТОРАМИНА С ВОДОРОДОМ

Н. Г. Басов, К. К. Мальцев, Е. П. Маркин,
В. Д. Мартыненко, А. Н. Ораевский, А. В.
Папкратов, Р. Г. Сагитов, А. Н. Скачков

Теоретическая оценка пригодности веществ для использования их в химических лазерах затруднена в связи с недостатком данных по химической кинетике и спектроскопии радикалов. Поэтому актуален экспериментальный поиск новых веществ, эффективно преобразующих запасенную в них химическую энергию в когерентное излучение.

В данной работе сообщается о факте получения генерации на колебательно-вращательных переходах молекулы HF , возникающих в ходе реакции дифторамина NF_2H с водородом. Изучен временной ход коэффициента усиления этой рабочей смеси в зависимости от условий эксперимента.

Для проведения эксперимента была создана установка, состоящая из двух лазеров – генератора и усилителя. Оба лазера возбуждались электрическим разрядом непосредственно через рабочую смесь. Генератор представлял собой кварцевую трубку длиной 85 см и внутренним диаметром 1,7 см, с окнами из LiF , установленными под углом Брюстера. Расстояние между электродами составляло 50 см. Оптический резонатор образовывали два зеркала с золотым покрытием, диаметром 40 мм, плоское и с радиусом сферы 5 м, расположенные на расстоянии 95 см друг от друга. Излучение выводилось из резонатора через отверстие диаметром 1 мм в одном из зеркал. Напряжение инициирующего импульса

160 кв, длительность ≤ 2 мксек; энергия могла изменяться в пределах $8 \cdot 10^{-3} + 8 \cdot 10^{-1}$ дж. Усилитель состоял из стеклянной трубки длиной 170 см и внутренним диаметром 2,3 см, снабженной окнами Брюстера из LiF. Электроды впаивались на расстоянии 115 см друг от друга. Реакция в усилителе инициировалась импульсами напряжением 80 кв, энергия могла меняться от 0,3 дж до 20 дж при длительности импульса ≤ 3 мксек.

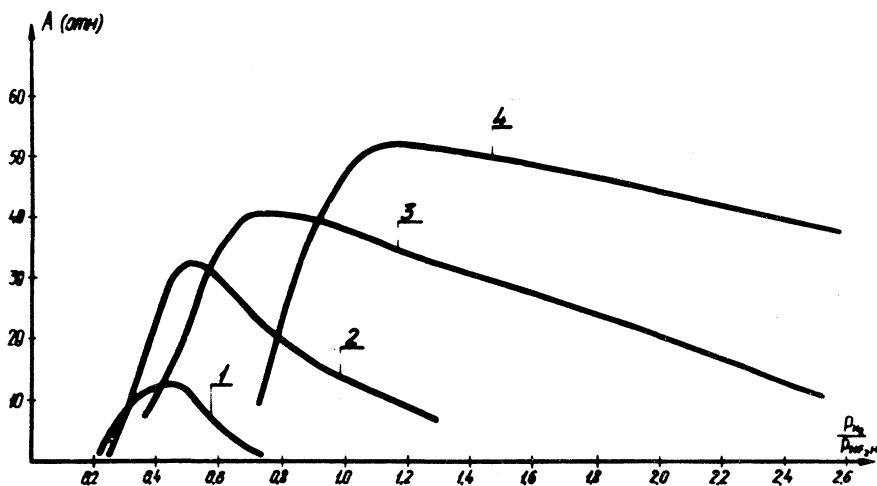
Излучение генератора делилось пластинкой из LiF на два пучка, один из которых проходил через усилитель. Два приемника ИК диапазона давали возможность регистрировать усиление среды. Импульс излучения мог подаваться на усилитель с задержкой по времени от 2 до 1000 мксек после инициирования.

Спектр генерации исследовался с помощью монохроматора ИКС-12 с призмой из LiF. Приемниками ИК излучения служили охлажденные до 77°K фотосопротивления Ge:Au с предусилителями. Схема в целом имела временное разрешение $\sim 0,3$ мксек.

Экспериментально были определены оптимальные соотношения между давлениями дифторамина и водорода. Соответствующие графики приведены на рис. 1. При увеличении общего давления смеси максимальный выход излучения наблюдается при большей относительной концентрации водорода. Этот факт можно объяснить тем, что при заданной энергии инициирования добавка дифторамина к смеси ускоряет дезактивацию возбужденных молекул HF в большей степени, чем скорость их образования.

Импульс генерации наблюдался после инициирующего импульса. Для давлений водорода $\sim 0,25$ тор и давлений дифторамина $\sim 0,5$ тор задержка во времени $\sim 1,5$ мксек. При увеличении давления дифторамина задержка незначительно увеличивается, а при увеличении давления водорода - уменьшается до 1 мксек при $P_{\text{H}_2} = 1,5$ тор, $P_{\text{NF}_2\text{H}} = 1,5$ тор.

Было установлено, что реакция $\text{NF}_2\text{H} + \text{H}_2$ при использовании в химическом лазере имеет энергетический выход на 1–2 порядка меньший, чем реакция $\text{F}_2 + \text{H}_2$ при равных условиях. Длительность импульса генерации составляла $\sim 2\text{--}3$ мксек и незначительно менялась при изменении условий эксперимента. Для выяснения

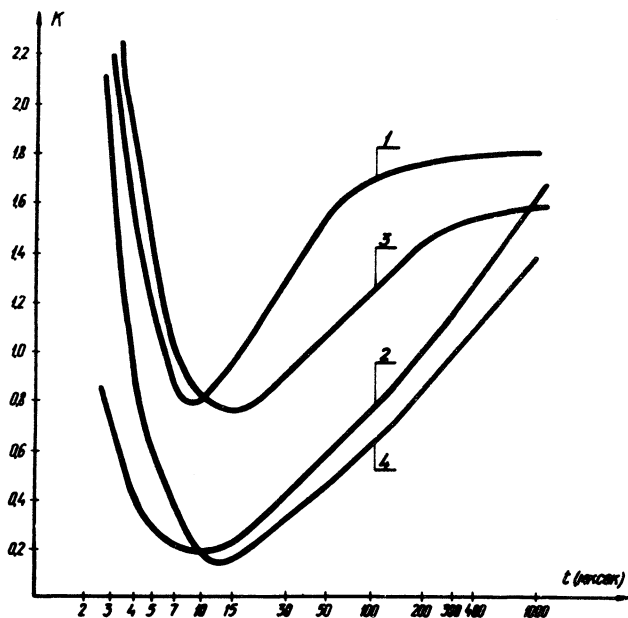


Р и с. 1. Зависимость энергии импульса генерации в смеси $\text{NF}_2\text{H} - \text{H}_2$ от отношения давлений $P_{\text{H}_2}/P_{\text{NF}_2\text{H}}$. Энергия накачки $E = 0,4$ дж.

1- $P_{\text{H}_2} = 0,25$ тор; 2- $P_{\text{H}_2} = 0,5$ тор; 3- $P_{\text{H}_2} = 0,75$ тор;
4- $P_{\text{H}_2} = 1,5$ тор.

причин этих обстоятельств были сняты временные зависимости коэффициента пропускания смеси после инициирования. Соответствующие кривые представлены на рис. 2. Можно видеть, что усиление в смеси вначале положительно, затем в течение нескольких мксек переходит в область отрицательных значений. Через 50 – 100 мксек после инициирования усиление снова ста-

новится положительным. Провал кривой усиления доходит до больших отрицательных значений и дольше протекает во времени при уменьшении давления смеси, а



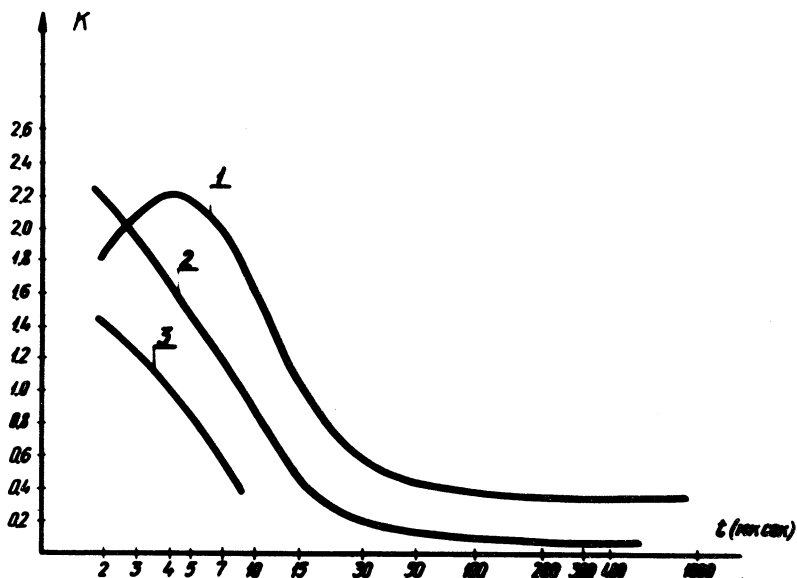
Р и с. 2. Зависимость коэффициента усиления в смеси $\text{NF}_2\text{H} - \text{H}_2$ от времени.

- | | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|----------------|
| 1 - $P_{\text{H}_2} = 0,5$ тор, | $P_{\text{NF}_2\text{H}} = 1,0$ тор, | $E = 0,36$ дж; |
| 2 - $P_{\text{H}_2} = 0,5$ тор, | $P_{\text{NF}_2\text{H}} = 1,0$ тор, | $E = 0,76$ дж; |
| 3 - $P_{\text{H}_2} = 0,25$ тор, | $P_{\text{NF}_2\text{H}} = 0,5$ тор, | $E = 0,36$ дж; |
| 4 - $P_{\text{H}_2} = 0,25$ тор, | $P_{\text{NF}_2\text{H}} = 0,5$ тор, | $E = 0,76$ дж. |

также при увеличении энергии иницирования. По-видимому, свободная генерация может иметь место лишь в пределах начального периода положительных значений

усиления. Импульсы генерации, соответствующие второму подъему усиления, экспериментально не наблюдались.

Нами были сняты также временные зависимости коэффициента пропускания в смеси $N_2F_4 - H_2$, приведенные



Р и с. 3. Зависимость коэффициента усиления в смеси $N_2F_4 - H_2$ от времени. $E = 0,4$ Дж.

1 - $P_{H_2} = 0,25$ тор, $P_{N_2F_4} = 0,15$ тор; 2 - $P_{H_2} = 0,25$ тор,

$P_{N_2F_4} = 0,25$ тор; 3 - $P_{H_2} = 0,25$ тор, $P_{N_2F_4} = 0,35$ тор.

на рис. 3. В этой смеси усиление существует только в течение 10–15 мксек, затем обращается в нуль и впоследствии остается только отрицательным.

Ход временной зависимости усиления смеси $N_2F_4 - H_2$ обусловлен, вероятно, механизмом этой реакции. Более подробно данный вопрос будет рассмотрен в отдельной работе.

Нами были предприняты также попытки получения генерации в смеси $\text{NF}_2\text{H} - \text{D}_2$, не увенчавшиеся успехом. Обнаружено, что добавка D_2 сильно тушит генерацию в смеси $\text{NF}_2\text{H} - \text{H}_2$. Эти явления могут быть объяснены конкуренцией между HF и DF .

Таблица 1

Спектр генерации химического лазера
на смеси $\text{NF}_2\text{H} - \text{H}_2$

$\nu_{\text{эксп}}, \text{см}^{-1}$	$\nu_{\text{теор}}, \text{см}^{-1}/4/$	Идентификация перехода
3668,0	3666,42	$P_{2 \rightarrow 1}$ (3)
3613,7	3612,58	$P_{2 \rightarrow 1}$ (4)
3575,0	3577,52	$P_{2 \rightarrow 1}$ (5)
3532,1	3531,20	$P_{2 \rightarrow 1}$ (6)
3484,4	3483,71	$P_{2 \rightarrow 1}$ (7)

Получить генерацию на 10,6 мкм при передаче возбуждения на молекуле CO_2 не удалось. Наблюдалось тушение генерации HF молекулами CO_2 . Отсутствие излучения 10,6 мкм можно отнести на счет присутствия в реагирующей смеси радикалов HNF , поглощающих на частоте 1000 см^{-1} , NF_2 с полосами поглощения при 928 и 932 см^{-1} . Кроме того, дифторамин сам по себе имеет сильную полосу поглощения при 877 см^{-1} и более слабую при 972 см^{-1} /1,2,3/.

Спектр генерации смеси $\text{NF}_2\text{H} - \text{H}_2$ приведен в таблице 1.

В смеси $\text{NF}_2\text{H} - \text{H}_2$ генерация была получена также при иницировании реакции световым импульсом длительностью 25 мксек и энергией 500 дж.

В заключение авторы выражают признательность Л. В. Кулакову за помощь при проведении спектральных измерений.

Поступила в редакцию
20 июля 1971 г.

Л и т е р а т у р а

1. М. Е. Jасох and D. E. Milligan. J. Chem. Phys., 46, 184 (1967).
2. M. D. Harmony and R. J. Myers. J. Chem. Phys., 37, 636 (1962).
3. Н. Г. Басов, Е. П. Маркин, А. Н. Ораевский, А. В. Панкратов. ДАН (в печати).
4. D. E. Mann, B. A. Thrush, D. R. Lide, Jr. J. J. Ball and N. Acquista. J. Chem. Phys., 34, 420 (1961).