

*Письма в ЖЭТФ, том 20, вып. 6, стр. 407 – 410 20 сентября 1974 г.*

## РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКИЙ ЛАЗЕР НА СМЕСЯХ $SF_6 + H_2$ И $CCl_2F_2 + H_2$ ПРИ ДАВЛЕНИЯХ ДО 3 *атм*

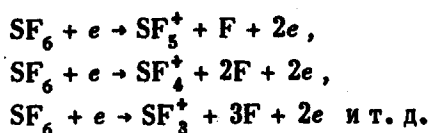
*Л.Е.Довбыш, Н.И.Завада, А.Т.Казаневич, А.А.Карпиков  
С.П.Мельников, И.В.Подмошенский, А.А.Синянский*

Получена генерация в газовых смесях  $SF_6 + H_2$  и  $CCl_2F_2 + H_2$  при возбуждении электронным пучком ускорителя. Энергия лазерного излучения растет линейно с давлением вплоть до давления 3 *атм*. Для оптимальной смеси  $SF_6 + H_2$  (6:1) КПД системы составлял не менее 5%. Добавка в смесь He не влияет на энергию лазерного излучения.

Применение частиц высоких энергий для возбуждения химически активной газовой среды имеет ряд выгодных особенностей. Радиационное воздействие можно осуществлять на любом газе независимо от его химических, оптических и газоразрядных свойств. По сравнению с другими видами возбуждения первичные радикалы получают с наибольшим потенциалом, обеспечивающим протекание нужных экзотермических реакций. В первичном этапе радиолиза вклад энергии в нагрев газа и колебательное возбуждение невелик, что создает хорошие кинетические условия для достижения инверсии в активной среде. В настоящее время при иницировании электронным пучком получена генерация на смесях с цепными реакциями:  $N_2F_4 + H_2$ ,  $N_2F_4 + B_2H_6$ ,  $NF_3 + H_2$  [1];  $IF_7 + H_2$  [2] и  $H_2 + F_2$  [3]. Использование мощных источников ионизирующих излучений позволяет осуществить накачку систем и с нецепными химическими реакциями.

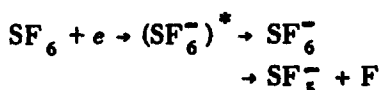
В данной работе сообщается о получении генерации в смесях  $SF_6 + H_2$  и  $CCl_2F_2 + H_2$  при давлениях до 3 *атм* под действием электронного пучка ускорителя и приводятся результаты исследования генерационных характеристик. Выбор смеси  $SF_6 + H_2$  обусловлен тем обстоятельством, что при взаимодействии быстрых частиц с молекулами  $SF_6$  ожидается эффективная наработка атомарного фтора в результате трех

основных процессов. Для электронов с энергиями выше нескольких десятков электронвольт атомарный фтор образуется в реакциях диссоциативной ионизации [4]:



Практически каждый акт ионизации приводит к образованию атомарного фтора, так как стабильный ион  $SF_6^+$  не обнаружен.

При малых энергиях электронов преобладающим является процесс диссоциативного прилипания:



Известно [5], что такая реакция имеет резонансный характер для энергий электронов  $\sim 0,4 \text{ эВ}$  и высокое сечение  $\sigma = 1,2 \cdot 10^{-14} \text{ см}^2$ .

Образование атомарного фтора может происходить также в результате диссоциативной рекомбинации с участием ионов  $SF_5^+$ ,  $SF_4^+$ ,  $F^-$ ,  $SF_6^-$  и других.

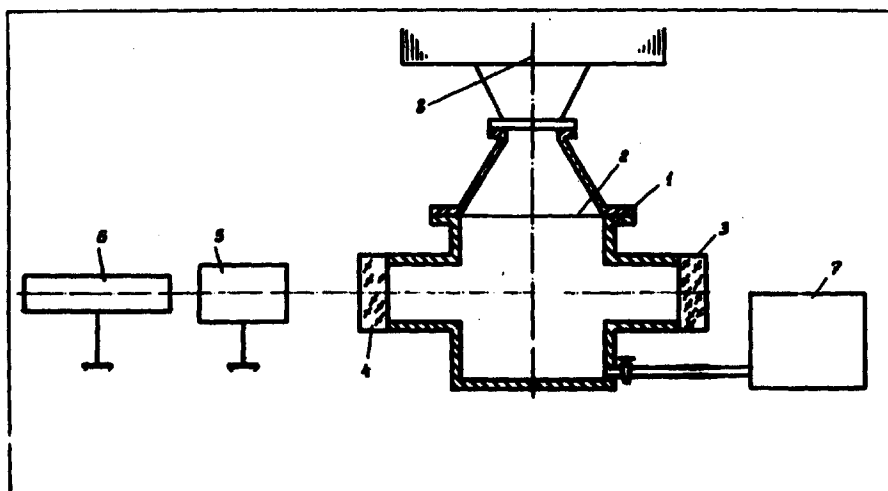


Рис. 1. Схема установки: 1 – лазерная кювета, 2 – алюминиевая фольга, 3 – глухое сферическое зеркало, 4 – плоское зеркало с отверстием, 5 – калориметр ИЭК-1, 6 – юстировочный лазер, 7 – система откачки и заполнения, 8 – ускоритель РИУС-5

На рис. 1 приведена схема экспериментальной установки. В качестве источника быстрых электронов использовался мощный импульсный

ускоритель РИУС-5 [6]. Ток пучка  $\sim 6 \cdot 10^3$  а, длительность импульса  $\sim 5 \cdot 10^{-8}$  сек, энергия электронов –  $2 + 4$  Мэв. Пучок электронов вводился в лазерную кювету (1) перпендикулярно ее оси через алюминиевую фольгу (2) толщиной 50 мкм. Специальное фокусирующее устройство позволяло сформировать пучок таким образом, что длина активной части лазерной кюветы составляла 10 см при объеме 20 см<sup>3</sup>. Оптический резонатор образовывали два зеркала: глухое сферическое (3) с  $R = 2$  м, напыленное серебром, и плоское зеркало (4) из фтористого бария, напыленное золотом. Лазерное излучение выводилось через отверстие в плоском зеркале диаметром 2 мм и регистрировалось калориметром ИЭК-1 (5). Расстояние между зеркалами – 30 см. Юстировка оптической системы осуществлялась с помощью He – Ne лазера (6).

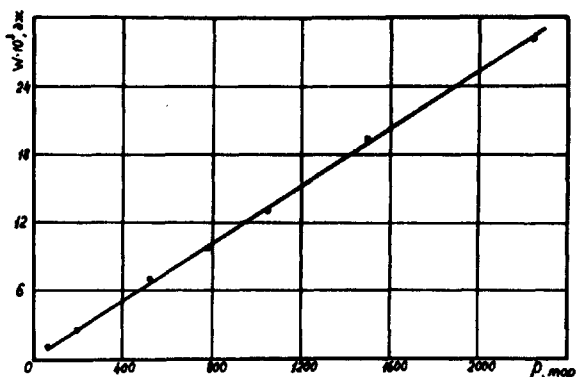


Рис. 2. Зависимость энергии генерации от давления смеси  $SF_6 + H_2(6:1)$

Эксперименты показали, что для смеси  $SF_6 + H_2$  оптимальное соотношение компонент составляло 6:1, а для смеси  $CCl_2F_2 + H_2 - 10:1$ . Интересной особенностью является возможность многократного использования смеси (без перенаполнения кюветы) при сохранении энергетического выхода лазера. Зависимость энергии лазерного излучения от давления смеси  $SF_6 + H_2(6:1)$  представлена на рис. 2. Нижний предел по давлению обусловлен чувствительностью калориметра, верхний – прочностью фольги. Линейный характер зависимости свидетельствует о слабом влиянии процессов тушения вплоть до давления 3 ама. На смеси  $CCl_2F_2 + H_2(10:1)$  энергия светового излучения была на порядок величины ниже, чем на смеси  $SF_6 + H_2(6:1)$ . Опыты по изучению влияния He на энергетические характеристики смеси  $SF_6 + H_2$  показали, что добавки He не влияют на энергию лазерного излучения W (см. таблицу).

$SF_6$ , тор	$H_2$ , тор	He, тор	W, мдж
180	30	290	3,1
180	30	–	2,9
675	112	750	9,2
675	112	–	9,6

Энергия, поглощенная в активной среде, вычислялась по известной энергии и тормозной способности электронов. КПД лазера на смеси  $SF_6 + H_2$ , вычисленный как отношение энергии лазерного излучения к энергии электронов, поглощенной в газе, составлял не менее 5%. Полученные результаты не являются, по-видимому, максимальными, так как оптимизация резонатора не проводилась.

Результаты работы показывают, что на основе мощного импульсного радиолиза возможно построение химического ОКГ, действующего без цепных реакций только на продуктах радиолиза. Можно надеяться, что будут найдены и другие лазерные среды, работающие по этому циклу.

В заключение авторы выражают благодарность В.И.Лямину, А.Н.Настагунину, А.В.Пилипенко за помощь в проведении опытов.

*Примечание.* После написания настоящей статьи в печати появились сообщения о создании химических лазеров, инициируемых электронным пучком, с помощью излучения 100 Мвт [7] и 4 Гвт [8].

Поступила в редакцию  
29 июля 1974 г.

### Литература

- [1] D.W.Gregg, B.Kravetz, R.K.Pearson, B.R.Schleicher, S.J.Thomas, E.B.Huss, K.J.Pettipiece, J.R.Creighton, R.E.Niver, Y-L. Pan. Chem. Phys. Lett., 8, 609, 1971.
- [2] Y-L.Pan, C.E.Turner, K.J.Pettipiece. Chem. Phys. Lett., 10, 577, 1971.
- [3] В.Ф.Жаров, В.К.Малиновский, В.С.Неганов, Г.М.Чумак. Письма в ЖЭТФ, 16, 219, 1972.
- [4] I.D.Craggs, H.S.W.Massey. Handbuch der Physik, 37/1, 314, 1959.
- [5] P.W.Harland, J.C.I.Thynne. J.Phys. Chem., 75, 3517, 1971.
- [6] Е.А.Абрамян, С.Б.Вассерман, В.М.Долгушин, Л.А.Моркин, О.П.Печерский, В.А.Цукерман. ДАН СССР, 192, №1, 1970.
- [7] C.P.Robinson, R.J.Jensen, A.Kolb. IEEE J.Quantum Electronics, QE-9, 963, 1973.
- [8] Laser Focus, 9, 24, 1973.