

ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ПОЛУЧЕНИЮ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
НА СТЕНДЕ "ТЕРЕК-1Р"

Ю. Ф. Бондарь, С. И. Заворотный, А. Л. Унатов,  
Г. П. Мхеидзе, А. А. Овчинников, А. А. Савин

УДК 533.951

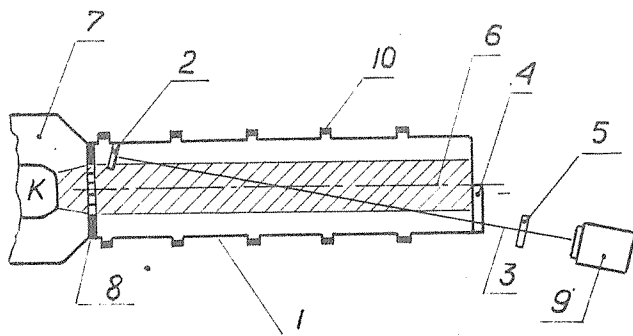
Исследована возможность осуществления лазерной генерации в смеси  $SF_6-N_2-He$  в схеме с инжекцией РЭП через глухое зеркало. При атмосферном давлении смеси была получена энергия лазерного излучения  $\sim 1$  Дж. К.п.д. преобразования энергии пучка в энергию лазерного излучения составил  $\sim 8\%$ .

Одним из наиболее интересных применений сильноточных релятивистских электронных пучков (РЭП) является возможность инициирования реакций в химических лазерах /1/.

В данной работе были проведены предварительные эксперименты по получению генерации в смеси  $SF_6-N_2-He$ . Эксперименты проводились на стенде для исследования распространения РЭП в газе "Терек-1Р" /2/. Пучок электронов имел следующие параметры: энергия электронов  $\sim 1$  МэВ, ток пучка  $\sim 10$  кА, длительность импульса  $\sim 70$  нс. Пучок вводился в камеру дрейфа через алюминизированную лавсановую мембрану (толщина лавсана 30 мкм, толщина покрытия 1-2 мкм), которая одновременно служила одним из зеркал оптического резонатора с коэффициентом отражения на длине волны генерации ИФ-лазера  $\sim 80\%$ . Выходным зеркалом резонатора являлась плоская пластинка из  $CaF_2$  диаметром 100 мм (окно камеры дрейфа). Длина камеры составляла 1300 мм, диаметр 128 мм.

Максимальная энергия лазерного излучения была зарегистрирована в смеси  $SF_6:N_2:He = 7:1:24$  при общем давлении смеси от 0,5 до 1 атм и составляла  $\sim 1$  Дж.

Ряд экспериментов по определению зависимости выходной энергии лазера от состава смеси, значения аксиального внешнего магнитного поля и параметров импульса тока пучка показал, что при неизменных условиях эксперимента выходная энергия лазера изменяется случайным образом. Дополнительные исследования обнаружили сильные деформации глухого зеркала резонатора. Причиной деформаций являлось внешнее магнитное поле, применяемое для формирования пучка в диоде и камере дрейфа. Момент инжекции пучка соответствует максимуму напряжения на катушках магнитного поля, поэтому к моменту инжекции (~5 мс) все замкнутые металлические элементы получают значительный механический импульс от магнитного поля, в результате чего в газовой среде камеры дрейфа распространяются звуковые волны, деформирующие мембрану-зеркало. Попытки задержать момент начала вибрации мембраны относительно начала инжекции или изменить механические свойства мембраны оказались безуспешными. В результате был проведен эксперимент, в котором направление распространения пучка составляло некоторый угол с осью оптического резонатора. Схема эксперимента показана на рис. 1.



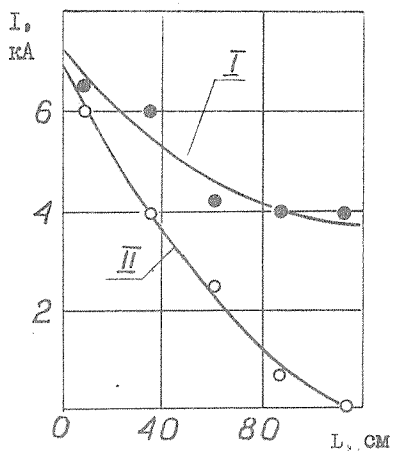
Р и с. 1. Схема эксперимента в неаксиальной геометрии: 1 - камера дрейфа, 2 - глухое зеркало резонатора, 3 - оптическая камера резонатора, 4 - выходное окно камеры, 5 - выходное зеркало резонатора, 6 - ось камеры, 7 - вакуумный диод, К - катод, 8 - силовая перегородка, 9 - калориметр, 10 - активные сопротивления для регистрации тока по стенкам камеры дрейфа

В камере дрейфа (1) размещается плоское глухое зеркало (2), механически развязанное от деталей камеры. Зеркало имеет золотое покрытие с коэффициентом отражения 98%. Диаметр зеркала 27 мм. Между глухим зеркалом и выходным (пластинка  $\text{CaF}_2$  с диэлектрическим покрытием, коэффициент отражения  $\sim 35\%$ ), расположенным вне камеры, находится окно из  $\text{CaF}_2$ . Ось пучка (6) совпадает с осью камеры и составляет небольшой угол с осью оптического резонатора (3). Электронный пучок, инжектируемый в камеру из вакуумного диода (7) через силовую перегородку (8), имеет диаметр на входе в камеру  $\sim 80$  мм. Энергия лазерного излучения измерялась калориметром ИМО-2 (9).

В эксперименте зарегистрирована энергия излучения  $\sim 0,5$  Дж при параметрах смеси, аналогичных параметрам в эксперименте с аксиальной геометрией. Эта энергия меньше полученной нами в предыдущем эксперименте, но и объем активной среды значительно уменьшился. Отношение объема, занимаемого пучком, к объему резонатора составляет 8,8. Таким образом, учитывая потери на выходном окне камеры ( $\sim 12\%$ ), в случае полного использования объема, занимаемого электронным пучком, следует ожидать энергии лазерного излучения  $\sim 5$  Дж.

Эту энергию можно сравнить с энергией электронного пучка, поглощенного в газе. Последняя измерялась с помощью дифференциального манометра по изменению скачка давления и достигала  $\sim 60$  Дж. Сравнивая эти энергии, можно оценить к.п.д. преобразования энергии пучка в энергию лазерного излучения, который в данном случае составляет  $\sim 8\%$ . Эта цифра близка к максимальным значениям к.п.д. для подобных систем, полученным в других работах /3,4/.

Магнитное поле в эксперименте составляло 2,4 кГс. В отсутствии аксиального магнитного поля выходная энергия лазера составляла  $\sim 0,02$  Дж. Энергия, уходящая при этом на нагрев газа, составляла только 15 Дж. Эти результаты можно объяснить различным токопрохождением РЭП в камере в отсутствие и при наличии магнитного поля, что хорошо видно на графиках зависимости амплитуды тока, текущего по стенке камеры, от расстояния  $L$  до места инжекции пучка (рис. 2). Амплитуда тока измерялась активными сопротивлениями (10) (рис. 1).



Р и с. 2. Зависимости амплитуды тока, текущего по стенкам камеры дрейфа, от расстояния до силовой перегородки (сечения инъекции) в отсутствии магнитного поля (I) и при наличии аксиального магнитного поля напряженностью 2,4 кГс (II). Смесь газов  $SF_6:H_2:He = 7:1:24$ . Общее давление 750 тор

Проведенные исследования показали технические трудности использования аксиальной геометрии при создании лазера, инициируемого РЭП. Применение варианта, предложенного в данной работе, нецелесообразно с точки зрения рационального использования объема, инициируемого РЭП. Использование геометрии с поворотом пучка в магнитном поле /5/ представляется наиболее целесообразным.

Поступила в редакцию  
22 января 1981 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. "Химические лазеры" под ред. Р. Гросса и Дж. Ботта "Мир", М., 1980 г.
2. С. Г. Арутюнян и др., Краткие сообщения по физике ФИАН № 6, 31 (1978).

3. R. W. F. Gross, F. Wesner, Appl. Phys. Lett., 23, N 10, 550 (1973).
4. А. С. Башкин, А. Н. Ораевский, В. Н. Томашев, Квантовая электроника, 4, № I, 169 (1977).
5. C. R. Robinson, R. J. Jensen, A. Kolb, IEEE J. Quan. Electron., QE-9, 963 (1973).