

НЕСАМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РАЗРЯД В ПЛАЗМЕ $\text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{He}^3$,
ОБРАЗОВАННОЙ В ПОЛЕ ИЗЛУЧЕНИЯ СТАЦИОНАРНОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

Г. А. Батирбеков^{*)}, М. П. Марленов^{*)}, В. А. Данилычев,
В. П. Киселев^{*)}, Н. Б. Ковш, О. В. Комаров^{*)}, Н. Н. Петров^{*)},
К. С. Тажибаев^{*)}, М. У. Хасенов^{*)}

УДК 621.375.85; 537.56.521

Исследован самостоятельный разряд в смеси $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He}^3$, возбуждаемый электроионизационным методом в поле излучения стационарного ядерного реактора. Показано, что при потоках тепловых нейтронов выше $\sim 2 \cdot 10^{13}$ н/см²сек мощность накачки смеси атмосферного давления оказывается достаточно высокой для достижения эффективной непрерывной генерации.

Осуществление электроионизационного метода накачки /1,2/ дало возможность возбуждать большие объемы газов при высоких давлениях. В качестве источников предварительной ионизации предлагались /2/ и использовались: электронные пучки /1/, продукты ядерных реакций /3/, ультрафиолетовое излучение /4/. В работе /3/ была получена генерация в CO_2 -лазере атмосферного давления с самостоятельным разрядом, контролируемым потоком нейтронов от импульсного реактора (поток нейтронов в импульсе $5 \cdot 10^{16}$ н/см²сек). Представляет практический интерес создание лазера, работающего в поле излучения стационарного реактора в режиме непрерывной генерации.

Настоящая статья посвящена исследованию самостоятельного разряда в смеси $\text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{He}^3$ в поле излучения стационарного реактора ВВР-К АН Каз. ССР с потоком тепловых нейтронов до $11 \cdot 10^{14}$ н/см²сек. Исследовалась смесь газов $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}^3 = 1 : 4 : 5$

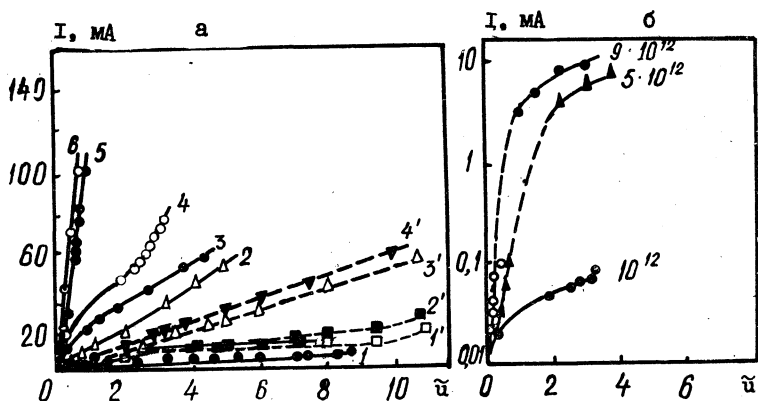
*) ИФ АН Каз. ССР.

при давлениях 100+760 тор. Преионизация создавалась продуктами ядерной реакции $He^3 + n \rightarrow p + H^3 + 0,76$ Мэв.

Газоразрядное устройство изготовлено из стали Х18Н9Т. Электродами служат два коаксиальных цилиндра, отделенные друг от друга высоковольтными изоляторами из окиси алюминия (алунда). Диаметр внутреннего электрода 24 мм, высота разрядного промежутка 16 мм, длина разрядной части 300 мм. Газоразрядное устройство помещалось в центральный канал активной зоны реактора, при этом центр разрядной части совпадал с центром активной зоны. Газ из баллона-смесителя, находящегося под крышкой реактора, напускался во внутреннюю полость разрядного устройства через изогнутую трубку ϕ 30 мм. Вся система перед наполнением откачивалась до 10^{-5} мм рт.ст. Газы CO_2 и N_2 использовались технически чистые, а He^3 особо чистый. В непрерывном режиме возбуждения напряжение на электроды подавалось непосредственно от высоковольтного выпрямителя ($U_{max} = 30$ кв, $I_{max} = 100$ мА). Разрядный ток измерялся миллиамперметром М-906, а напряжение - киловольтметром С-96. Исследования разряда при токах, больших 100 мА, проводились в импульсном режиме. В этом случае для питания разряда использовался конденсатор емкостью 3 мкф, соединявшийся с анодом рабочей камеры через разрядник, а импульсы напряжения на электродах и разрядного тока осциллографировались с помощью емкостного делителя и малоиндуктивного шунта. Поток нейтронов измерялся датчиком прямой зарядки ДПЗ-1, предварительно отградуированным по абсолютной величине потока тепловых нейтронов путем измерения активности золота.

На рис. 1а приведены зависимости разрядного тока от величины средней приведенной напряженности поля в разрядном промежутке U/Rh , полученные при различных мощностях реактора (P - давление газа, h - расстояние между электродами). Вольтамперные характеристики разряда при увеличении потока тепловых нейтронов до величины $\Phi \approx 5 \cdot 10^{12}$ н/см²сек переходят от классических томсоновских /5/ к линейным (омическим), что свидетельствует о реализации в условиях эксперимента при потоках $\Phi \approx 5 \cdot 10^{12}$ н/см²сек стационарного несамостоятельного разряда, возбуждаемого электроионизационным методом /1,2/. Линейность вольтамперных характеристик сохраняется и в импульсном режиме возбуждения при всех значениях напряженности поля вплоть до порога пробоя (рис. 1б).

(Следует отметить, что из-за сильного радиационного разогрева элементов газоразрядного устройства и самого газа пробивные значения напряженности поля при высоких мощностях реактора в усло-



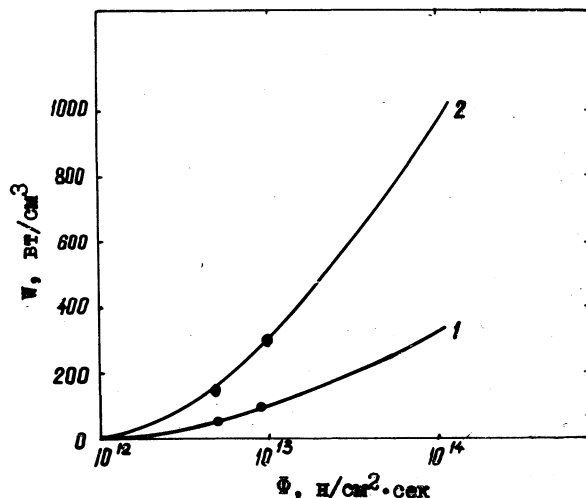
Р и с. I. Зависимости разрядного тока от параметра $\tilde{y} = U/Pn$ кВ/см атм а) - стационарный разряд при давлении 300 (1'-4') и 760 (1-6) мм рт.ст.. Φ (н/см²сек) = $5 \cdot 10^{10}$ (1,1'); 10^{11} (2,2'); $5 \cdot 10^{11}$ (3,3'); 10^{12} (4,4'); $5 \cdot 10^{12}$ (5); $9 \cdot 10^{12}$ (6). б) - стационарный при $I \leq 100$ мА и импульсный при $I > 1$ А разряд, $P = 760$ мм рт.ст., для каждой кривой указан соответствующий поток тепловых нейтронов в н/см²сек

виях эксперимента оказались более низкими, чем в ЭИОКГ на CO_2 с электронными пушками).

Оценки концентрации n_e электронов в разрядном промежутке, проведенные по наклону вольтамперных характеристик, а также по постоянной времени разряда в импульсном режиме, привели к значениям n_e , совпадающим с результатами зондовых измерений. При плотностях потока нейтронов $\Phi \geq 5 \cdot 10^{12}$ н/см²сек концентрация электронов растет примерно пропорционально $\sim \sqrt{\Phi}$, достигая при $P = 1$ атм и $\Phi = 10^{14}$ н/см²сек величины $n_e \approx 10^{12}$ см⁻³. Наблю-

данная зависимость $n_e(\Phi)$ свидетельствует о преобладании рекомбинационного механизма потерь электронов в разрядном промежутке.

На рис. 2 представлены зависимости удельной мощности непрерывной накачки от плотности потока нейтронов, рассчитанные для



Р и с. 2. Зависимости удельной мощности накачки от потока тепловых нейтронов. $P = 760$ мм рт.ст.; $U/\Phi_n = 3$ кВ/см (1) и 5 кВ/см (2)

значений концентраций и подвижностей электронов, полученных в эксперименте (точки соответствуют значениям плотности разрядного тока, измеренным в импульсном режиме). При $\Phi \geq 2 \cdot 10^{13}$ н/см²сек мощность накачки смеси $CO_2 : N_2 : He$ атмосферного давления оказывается достаточно высокой для достижения эффективной непрерывной генерации в CO_2 -лазере /6/. Следовательно, при использовании стационарного ядерного реактора с потоком нейтронов $10^{13} + 10^{14}$ н/см²сек можно создать непрерывный электрокинетический CO_2 -лазер. Однако для достижения генерации с высоким КПД необходимы быстрая прокачка и охлаждение газа, поскольку из активной области должны отводиться как тепло, выделяющееся при электрическом возбуждении газа, так и тепло, обусловленное радиационным разогревом рабочей камеры.

Поступила в редакцию
24 ноября 1976 г.

Л и т е р а т у р а

1. Н. Г. Басов, Э. М. Беленов, В. А. Данилычев, А. Ф. Сучков, Сборник "Квантовая электроника", вып. 3, М., "Сов.радио". 1971 г., стр. 121.
2. Н. Г. Басов, Э. М. Беленов, В. А. Данилычев, А. Ф. Сучков, Вестник Академии Наук СССР, № 3, 12 (1972).
3. В. М. Андрияхин, Е. П. Великов, В. В. Васильцов, С. С. Красильников, В. Д. Письменный, И. В. Новобранцев, А. Т. Рахимов, В. Н. Старостин, В. Е. Хвостин, Письма в ЖЭТФ, 15, 637 (1972).
4. O. P. Judd, Appl. Phys. Lett., 22, 95 (1973).
5. В. Л. Грановский, "Электрический ток в газе. Установившийся ток". М., "Наука", 1971 г.
6. А. Ф. Сучков, Б. М. Урин. Препринт ФИАН № 117, Москва, 1974 г.