

ПЛАЗМОСТРУЙНЫЙ CO_2 -ЛАЗЕР

Д. Ю. Зарослов, Е. К. Карлова, Н. В. Карлов,
Г. П. Кузьмин, А. М. Прохоров

В этой статье сообщается о полученном впервые плазмотронном возбуждении CO_2 -лазера, достигнутом путем инжектирования в рабочий объем лазера плазменных струй, образованных в капиллярных плазмотронах.

Известно, что при создании активной среды газоразрядных CO_2 -лазеров высокого давления существенной является предварительная ионизация либо всего рабочего объема лазера, либо его части. Для предварительной ионизации всего рабочего объема удобным оказалось применение источников ионизирующих излучений [1 – 3], которые повышают эффективность использования энергии тока, текущего через газ, и препятствуют развитию дугового разряда. При предварительной ионизации части активного объема лазера, достигаемой путем введения в лазер третьего электрода, создающего локальное перенапряжение, образуются плазменные катоды, способствующие относительно однородному пробою больших объемов газа при больших давлениях [4]. Здесь существенно, что инициация основного разряда происходит при наличии прикатодных областей, заполненных плазмой.

Дальнейшим развитием этого метода является форсированное внесение плазменных образований не в прикатодную область, а в весь лазерный объем. Такое внесение может быть осуществлено путем использования плазмотронов.

Эксперимент выполнен в лазерной системе с поперечным возбуждением, подобной описанной ранее [5], отдельные катоды которой размещены рядом из 25-и капиллярных плазмотронов, одновременно впрыскивающих плазменные факелы в объем лазера. Исследовалась главным образом смесь $\text{CO}_2 - \text{N}_2 - \text{He}$ с отношением компонент 1 : 2 : 3 при давлении 30 тор. Питание межэлектродного промежутка рабочего объема и капилляров осуществлялось отдельно. Величина промежутка – 2 см, диаметр капилляра – 1 мм, длина – 5 мм, расстояние между капиллярами – 1 см. Напряжение на капиллярах менялось в пределах 0 – 15 кВ, ток достигал 250 А, на разрядный промежуток рабочего объема подавалось напряжение до 10 кВ.

Резонатор лазера образован плоскопараллельной пластиной германия (выходное зеркало) и плотно позолоченным сферическим зеркалом с радиусом 500 см. Расстояние между зеркалами – 100 см. Лазерное излучение индицировалось приемником на основе $\text{Ge} : \text{Zn} : \text{Sb}$.

Результаты эксперимента свидетельствуют о возможности создания активной среды с помощью плазменных струй. Без подачи напряжения на капилляры в рабочем объеме лазера наблюдается обычный стримерный пробой. Зависимость энергии генерации от напряжения

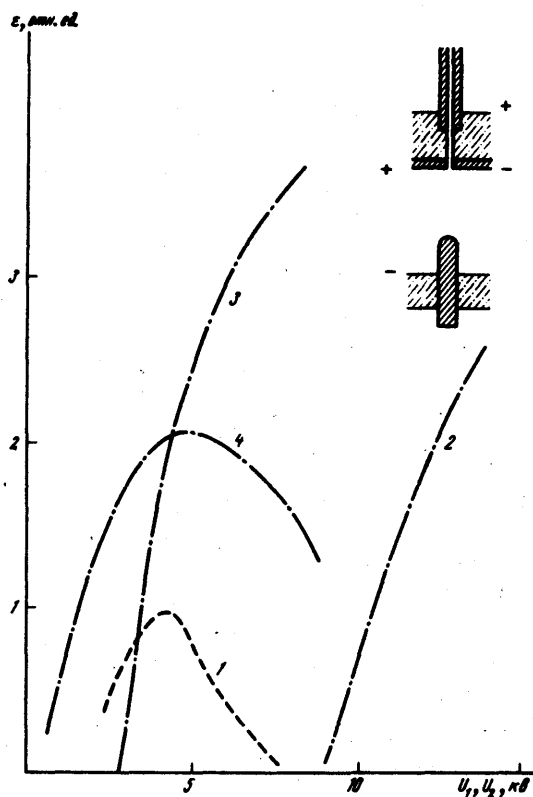


Рис. 1. Зависимость энергии генерации (отн. ед.) от напряжения на электродах лазера U_1 и U_2 . U_1 — напряжение на капилляре, U_2 — на электродах рабочего объема. На графике приведено также условное изображение схемы включения плазмотрона: \cdot 1 — $U_1 = 0$; 2 — $U_2 = 1$ кВ; 3 — $U_2 = 2$ кВ; 4 — $U_2 = 2,5$ кВ

на электродах лазера приведена пунктиром на рис. 1. На рис. 2, а показана структура пробоя в этом случае. Подача напряжения на капилляры существенно меняет картину. В отсутствие напряжения на электродах рабочего объема факелы плазменных струй вылетают примерно до середины объема лазера (рис. 2, б). Генерации в этом случае нет.

Интенсивная генерация возникает при одновременном включении напряжений на капиллярах и электродах объема. Зависимость энергии генерации для этого случая от напряжений на электродах показана сплошными линиями на рис. 1. Как показывает фото рис. 2, в, плазменная струя при этом существенно удлиняется. Поле рабочего объема вытягивает плазменное облако не меняя его поперечного сечения. Энергия генерации достигает 0,1 дж. Импульс генерации имеет интенсивный выброс на переднем фронте длительностью около 0,1 мксек.

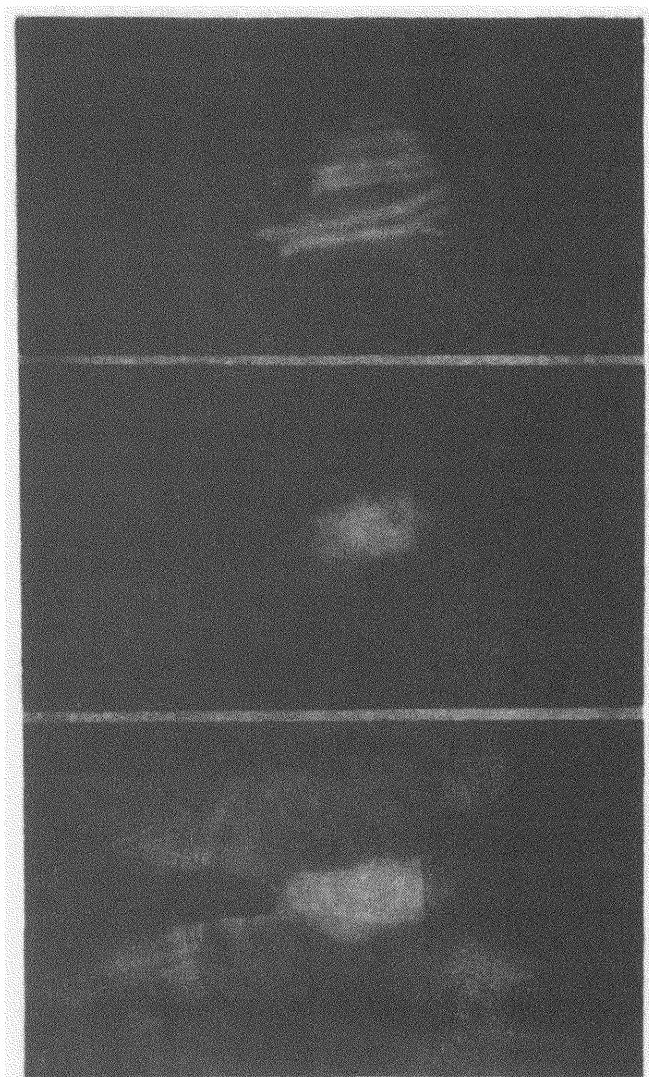


Рис. 2. Фотографии разряда в рабочем объеме лазера: *а* – напряжение на капилляры не подано (снимок сделан под небольшим углом к оси разрядной камеры), *б* – подано напряжение только на капилляры; *в* – напряжение подано как на капилляры, так и на электроды рабочего объема

Существенно, что в оптимальных условиях напряжение на электродах рабочей камеры составляет 2 кВ , что недостаточно для пробоя газа в рабочем объеме лазера и получения генерации в отсутствие плазменных струй в объеме. Показанное на рис. 1 резкое увеличение энергии генерации при совместном действии плазменных струй и ускоряющего напряжения в рабочем объеме происходит при тщательной синхронизации импульсов питания рабочего объема и капилляров.

Когда рабочий объем заполнен чистым CO_2 , а через капилляры под давлением подается азот, то генерация не возникает. Если же через капилляры поступает гелий, возникает интенсивная генерация. Видимому, для работы плазмоструйного CO_2 -лазера существенно, что из капилляров вылетают плазменные образования. Вылета колебательно возбужденных молекул практически не происходит.

Таким образом, проведенные эксперименты показывают перспективность нового-плазмотронного способа возбуждения газоразряд-

ных CO_2 -лазеров. По-видимому, увеличение энергии, вкладываемой в капилляры, позволит перейти к более высоким давлениям.

Авторы благодарны Н.А.Карпову и Ю.Н.Петрову за многократные обсуждения.

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

Поступила в редакцию
26 апреля 1972 г.

Литература

- [1] В.М. Андрияхин, Е.П. Велихов, С.А. Голубев, С.С. Красильников, А.М. Прохоров, В.Д. Письменный, А.Т. Рахимов. Письма в ЖЭТФ, **8**, 346, 1968.
 - [2] С. А. Fenstermacher, М. J. Nutter. J. P. Rink, K. Boyer. Bull. Am. Phys. Soc., **16**, 42, 1971.
 - [3] Н.Г. Басов, Э.М. Беленов, В.А. Данилычев, О.М. Керимов, И.Б. Ковш, А.Ф. Сучков. Письма в ЖЭТФ, **14**, 421, 1971.
 - [4] А.К. Laflamme. Rev. Sci. Instr., **41**, 1578, 1970.
 - [5] Н.В. Карлов, Ю.Б. Конев, Г.П. Кузьмин. Краткие сообщения по физике (ФИАН) вып. 8, стр. 17, 1971.
-