

07; 10; 12

© 1991

О ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ АПЕРТУРЫ
ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОИОНИЗАЦИОННОГО CO_2 ЛАЗЕРАА.И. Дутов, В.Н. Иванова,
В.Б. Николаев, М.С. Юрьев,
И.Л. Ячнев

Сечение активной среды (АС) импульсного электроионизационного CO_2 лазера атмосферного давления (ЭИЛ) с длительностью накачки в несколько десятков микросекунд является параметром, увеличение которого может привести к существенному улучшению пространственно-энергетических характеристик его излучения. Необходимым условием этого являются однородность ионизации и оптическая однородность среды. При энергии электронного пучка $\mathcal{E} = 200\text{--}300$ кэВ, характерной для электронных пушек (ЭП) ЭИЛ, интенсивно и однородно ионизовать широко используемые рабочие смеси $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He} = 1:2:3, 1:5:2$ удается при высокой разрядного промежутка $h \leq 15$ см [1, 2]. Удельный энергопотребление на таких смесях в импульсном режиме при удельной энергии накачки $200\text{--}300$ Дж/л может достигать $30\text{--}50$ Дж/л [3]; расходимость же излучения в несколько раз превышает дифракционный предел даже при использовании неустойчивого телескопического резонатора [4]. Последнее обусловлено, главным образом, самовоздействием лазерного излучения [5]. Ослабить самовоздействие и достичь за счет этого расходимости, близкой к дифракционной, без снижения удельного энергопотребления позволяют смеси $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He} = 1:1:m, 4 < m \leq 8$ [6, 7]. В этих условиях дифракция на апертуре АС становится фактором, ограничивающим расходимость излучения. Увеличить сечение АС без повышения энергии пучка можно, используя смеси с малой плотностью;

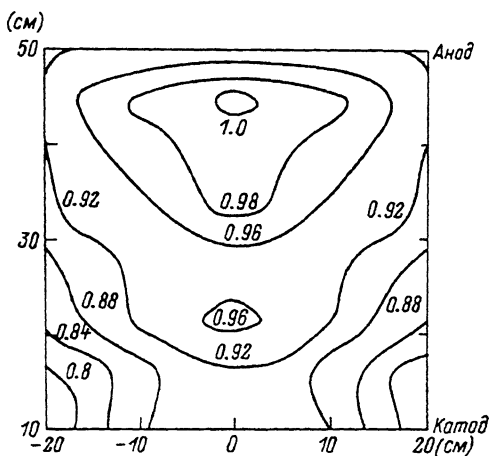


Рис. 1.

с уменьшением плотности растет пробег среднестатистического электрона. Такая плотность оказалась присуща смесям, ослабляющим самовоздействие. Ниже эти смеси будем называть „легкими“. Расчеты ионизации „легких“ смесей, проводившиеся методом Монте-Карло по алгоритму [8], показали, что при характерных для ЭИЛ величинах \mathcal{E} и напряженности электрического поля E в таких смесях реализуется режим, при котором потери энергии среднестатистического электрона на рассеяние в газе близки энергии, которую он приобретает, дрейфуя в электрическом поле. Из этого следует, что величина h может быть увеличена. Распределение мощности накачки по сечению АС 40×40 см² на смеси $CO_2 : N_2 : He = 1 : 1 : 6$ при $\mathcal{E} = 300$ кэВ, $E = 4$ кВ/см приведено на рис. 1. В большей части сечения неоднородность распределения не превышает 10% и лишь в небольших зонах у катода составляет 15–20%. Такая неоднородность, типичная и для меньших сечений, практически не сказывается, как показывает опыт, на энергетике и расходе энергии излучения.

Расчеты пространственно-энергетических характеристик излучения электроионизационного CO_2 усилителя на смеси $CO_2 : N_2 : He = 1 : 1 : 6$ проводились по методике, описанной в [9]. Интенсивность и форма входного импульса примерно соответствовали наблюдавшимся в генерационных опытах [6]. Угловое распределение энергии излучения Q , полученное при сечении АС 40×40 см², ее длине 6 м, $\mathcal{E} = 300$ кэВ, $E = 4$ кВ/см и длительности накачки 30 мкс, представлено на рис. 2 кривой 1. Как видно, при выбранной длине АС, не являющейся предельной, 80% полной энергии излучения, составляющие около 10 кДж, излучаются в угле $\varphi = 50$ мкрад, близком к дифракционному. Преимущества большого сечения наглядно проявляются при сравнении на рис. 2 кривых 1 и 2, последняя из которых соответствует $S = 20 \times 20$ см².

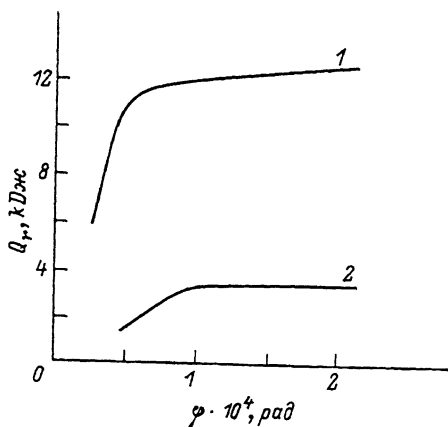


Рис. 2.

Переход к сечениям большим, чем $40 \times 40 \text{ см}^2$, осуществим при увеличении энергии пучка, а также в результате замены Al фольги, разделяющей вакуумные объемы ЭП и разрядной камеры, на лавсановую пленку [10]. Расчеты показывают, что на „легкой“ смеси при $\mathcal{E} = 350 \text{ кэВ}$ и определенных соотношениях ширины выпускающего окна ЭП, ширины анода и глубины дрейфового пространства хорошая однородность ионизации достигается на сечениях до 1 м^2 .

Следует отметить, что улучшение пространственно-энергетических характеристик излучения ЭИЛ с $S \leq 20 \times 20 \text{ см}^2$ принципиально возможно за счет охлаждения рабочей смеси до 210 К , что позволяет поднять удельный энергосъем примерно вдвое [3], и последующего телескопирования пучка. Однако достичь при этом хорошей оптической однородности газа будет, по-видимому, непросто. Создание же ЭИЛ с $S = 40 \times 40 \text{ см}^2$ и длиной АС $L = 6 \text{ м}$, имеющего расходимость в области углов 10^{-5} рад и энергосъем на уровне 10 кДж представляется технически реальной задачей, решение которой упрощается возможностью использовать существующие ЭП и источники питания разряда.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] С r a n e k Н., М o r e n c y А. J. // Appl. Opt. 1974. V. 13. N 2. P. 368-373.
- [2] Г л о т о в Е. П., Д а н и л ы ч е в В. А., Ч е б у р к и н Н. В. // Труды ФИАН. 1983. Т. 142. С. 3-45.
- [3] D o u g l a s - H a m i l t o n D. H., F e i n b e r g , L o w d e r R. S // J. Appl. Phys. 1975. V. 46. N 8. P. 3566.
- [4] Г л у х и х И. В., Д у т о в А. И., Ч и р к о в В. Н., Я ч н е в И. Л. // Квантовая электроника. 1991. Т. 18. № 2. С. 245-249.

- [5] R o o p e r V.G., L a m b e r t o n H.M., P a r -
s e l l E.W., M a n l e y A.W. // Opt. Commun.
1978. V. 45. P. 235.
- [6] Г л у х и х И.В., Д у т о в А.И., Ф е д о р о в С.В.
и др. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 11. С. 56-59.
- [7] Г л у х и х И.В., Г о р д е е в а М.Н., Д у т о в А.И.
и др. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1991. Т.55. № 2. С. 389-
393.
- [8] Д у т о в А.И., Н и к о л а е в В.Б., П и в о в а р В.А.
и др. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1981. Т. 45. № 2. С. 403-
407.
- [9] Ф е д о р о в С.В., Ю р ь е в М.С. // Квантовая электро-
ника. 1990. Т. 17. № 7. С. 881-883.
- [10] А д а м о в и ч В.А., Б а р а н о в В.Ю., Б е в о в Р.К.
и др. // Квантовая электроника. 1979. Т.6. № 12. С. 2621-
2622.

Поступило в Редакцию
13 апреля 1991 г.