

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ НАСЫЩЕНИЯ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ КЮВЕТ ПРОТОЧНОГО СО₂-ЛАЗЕРА

В. М. Апатин, А. И. Барчуков, А. Н. Карпов

В литературе по СО₂-лазерам имеется ряд работ¹⁻⁴, в которых экспериментально определялись или обсуждались интенсивности насыщения линии 10,6 микрон. Условия проведения эксперимента не отличались идентичностью, поэтому численные значения параметров насыщения имеют некоторый разброс, превышающий ошибки измерения. Однако общая тенденция уменьшения интенсивности насыщения с ростом диаметра кюветы, вытекающая из факта независимости погонной мощности генерации от диаметра кюветы, была достаточно хорошо подтверждена. В недавно опубликованных работах⁵⁻⁷ было показано, что имеется разница между усилением широких и узких (по сравнению с диаметром кюветы) пучков. Экспериментально измеряемая величина интенсивности насыщения зависит от соотношения ширины пучка и диаметра кюветы, вследствие влияния диффузионных и конвекционных потоков возбужденных молекул. Это влияние начинает сильно сказываться, когда выполняется соотношение

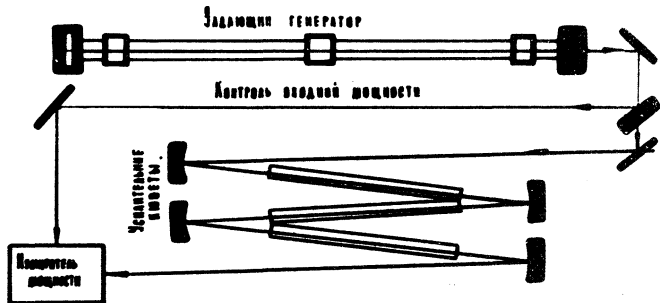
$$2a \ll L_d < R,$$

где $2a$ - ширина пучка, L_d - длина диффузии, R - радиус кюветы. При выполнении этого условия параметр насыщения I_n возрастает до значений

$$I_{нд} = I_n \left(\frac{L_d}{2a}\right)^2 \quad I_{нк} = I_n \left(\frac{L_k}{2a}\right) \quad (1)$$

где L_x - длина конвенции. Таким образом, узкие пучки насыщаются труднее.

Настоящая работа была предпринята с целью получения экспериментальной информации об интенсивностях насыщения для кювет трех диаметров: 20, 30 и 53 мм при неизменной ширине пучка (2а), равной 13 мм



Р и с. 1. Блок-схема установки.

на уровне спада интенсивности в e^2 раз. Представляло также интерес проверить соотношение (1). Возможно более полные сведения о параметрах насыщения являются крайне желательными для оптимального расчета CO_2 -усилителей мощности, так как они определяют нелинейные коэффициенты усиления и предельные значения достижимых уровней мощностей в данной конструкции. Блок-схема установки, собранной для измерения интенсивностей насыщения, показана на рис. 1. Она состоит из задающего генератора и усилительной кюветы. Задающий генератор имел длину активной части, равную трем метрам, и обеспечивал выходную мощность в пятне диаметром 13 мм на уровне $1/e^2$ в основном типе колебания TEM_{000} до 50 вт. Усилительные кюветы имели длины L , равные 3, 6 и 12 м. Ширина пучка (2а) поддерживалась постоянной на всем пути усиления устройством типа квазиоптической линии передачи. Режим работы усилительных кювет был подобран таким образом, что значение линейного коэф-

коэффициента усиления (α_0) было максимальным. Излучение задающего генератора вводилось в усилительные кюветы через окна из NaCl. Установка позволяла перемещать луч задающего генератора параллельно по радиусу кюветы. Приемниками излучения являлись калориметры Харьковского Гос. Университета с диапазоном измерений от 0,05 вт до 300 вт.

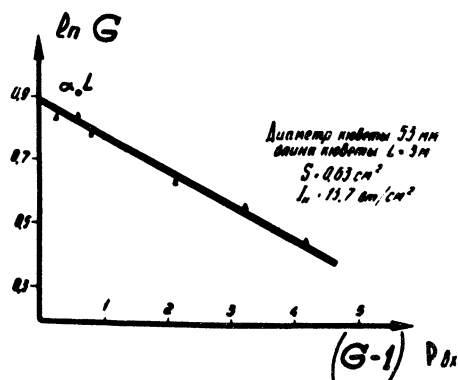
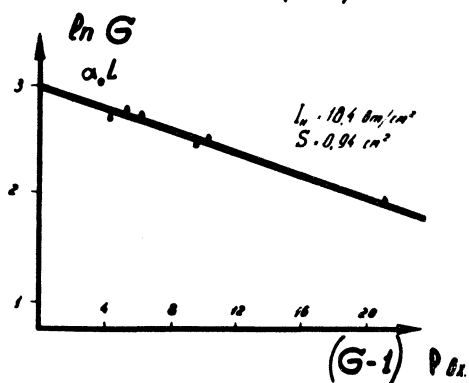
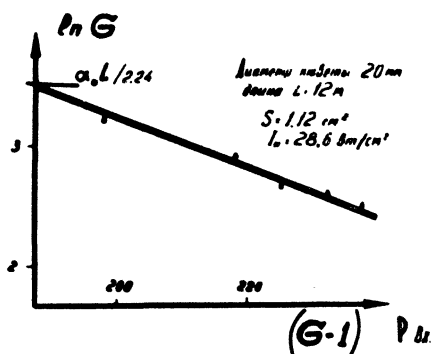
Экспериментально измеряемой величиной был коэффициент нелинейного усиления $G = I_{\text{вх}}/I_{\text{вых}}$ в функции входной мощности. Параметр насыщения $I_{\text{н}}$ определялся из теоретической зависимости⁸ для однородно уширенной линии, а именно из соотношения

$$\ln G = \alpha_0 L - (I_{\text{вх}}/I_{\text{н}})(G - 1) \quad (2)$$

для случая малых потерь ($\alpha_0 \ll$ коэфф. потерь). Используя данную методику, мы определяли среднее значение параметра насыщения по контуру гауссовой линии, ограниченному координатой $1/e^2$. Для этого случая, как нетрудно показать,

$$I_{\text{н}} \text{ (среднее)} = 0,5 I_{\text{н}} \text{ (в центре линии)}.$$

Ошибки измерения интенсивности насыщения определялись неточностями измерения мощности P и площади сечения пучка S ($I_{\text{н}} = P_{\text{н}}/S$). Без усиления площадь сечения пучка S оставалась постоянной вдоль кюветы, однако при усилении она изменялась вследствие нелинейности усиления. Для уровня $G = 6+7$, экспериментальное уширение пучка было порядка 6%. При подсчете S мы учитывали это обстоятельство путем арифметического усреднения входной и выходной площади пучка. Общая ошибка измерения не превышала 10+12%. Если в уравнение (2) ввести обозначения $y = \ln G$, $x = P_{\text{вх}}(G - 1)$, то оно будет представлять собой график прямой линии. Тангенс угла наклона этой прямой к оси x есть $[I_{\text{н}} S]^{-1}$. Линейный коэффициент усиления α_0 определялся значением координаты y при $x \rightarrow 0$. Максимальное значение усиленной мощности в эксперименте было около 300 вт. На рис. 2-4 приведены экспериментальные прямые для



Р и с. 2. Экспериментальные графики уравнения (2).

различных диаметров усилительных кювет. В таблице 1 приведены полученные значения α_0 и I_n и указан ток разряда.

Таблица 1

Диаметр кюветы, мм	Линейный коэф. усиления, 1/м	Интенсивность насыщения, Вт/см ²	Ток разряда, ма
53	0,3	13,7	150
30	0,5	18,4	100
20	0,7	28,6	75

Полученные значения α_0 и I_n удовлетворяют следующим общим соотношениям в зависимости от радиуса кюветы:

$$\alpha_0 = \frac{0,7}{R^{0,9}} \left[\frac{1}{\text{м}} \right]; \quad I_n = \frac{27}{R^{0,8}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{см}^2} \right]. \quad (3)$$

Они находятся в хорошем согласии с соотношениями подобия газовых разрядов⁹. Величины L_d и L_k для нашего случая (скорость откачки $v \approx 5$ м/сек) были равны соответственно 5 мм и 3 мм. Это означает, что диффузионными и конвекционными потоками в определении I_n можно было пренебречь, поскольку L_d и L_k меньше $2a$.

При незначительных перемещениях пучка по радиусу кюветы ($\Delta R \sim a$) значения параметра насыщения менялись в пределах ошибки измерения.

Поступила в редакцию
21 сентября 1970 г.

Л и т е р а т у р а

1. Н. Kogelnik, Т. Bridges. **IEEE J. QE-3**, 95-96 (1967).
2. Р. Miles, J. Lotus. **IEEE J. QE-4**, 811 (1968).
3. D. Hotz, J. Austin. **APL**, 2, 60 (1967).
4. Т. Deutsch, F. Horrigan, R. Rudko. **APL**, 15, 88 (1969).
5. Ю. Б. Конев, диссертация, ФИАН, 1970 г.
6. Р. Christensen, С. Freed, Н. Hans. **IEEE J. QE-5**, 276 (1969).
7. D. Smith, J. McCoy. **APL**, 15, 282 (1969).
8. В. Ригрод. Сб. Оптические квантовые генераторы, Изд. "Мир", стр. 219, 1966 г.
9. В. Конюхов, препринт ФИАН № 5, 1969 г.