

## СО<sub>2</sub>-ЛАЗЕР, ГЕНЕРИРУЮЩИЙ В ОБЛАСТИ 16 МКМ

В.А. Горобец, Б.Ф. Кунцевич, В.О. Петухов

Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Минск

Получение мощного лазерного излучения в диапазоне 16 мкм представляет интерес для селективного воздействия на вещество, в частности для реализации эффективной системы разделения изотопов урана путем многофотонной диссоциации молекулы UF<sub>6</sub>. Ранее (см., например, [1]) было предложено использовать для этой цели СО<sub>2</sub>-лазер. При этом в одной и той же активной среде осуществляется так называемый режим двухволновой каскадной генерации в каналах 00<sup>0</sup>1 – 02<sup>0</sup>0 – 01<sup>1</sup>0. Генерация в первом канале (00<sup>0</sup>1 – 02<sup>0</sup>0; 9,6 мкм) используется для создания инверсной заселенности во втором канале (02<sup>0</sup>0 – 01<sup>1</sup>0; 16 мкм). Основная проблема неэффективной генерации по данной схеме обусловлена значительным «тепловым» заселением низко-расположенного нижнего лазерного уровня 01<sup>1</sup>0 и его дополнительным возбуждением в электрическом разряде. Поэтому генерация была получена в специфической системе при криогенных температурах и крайне низкой эффективности [1,2].

В данной работе исследуется возможность генерации излучения в области 16 мкм без охлаждения активной среды до криогенных температур за счет оптимизации параметров активной среды и накачки.

В экспериментах использовался ТЕ СО<sub>2</sub>-лазер, конструктивно подобный описанному в работе [3]. Длина активной среды – 65 см, ширина электродов – 2,5 см, межэлектродный промежуток – 1,8 см. Напряжение  $U_p$  на накопительной малоиндуктивной емкости (0,2 мкФ) могло варьироваться от 1,5 до 8 кВ.

Для повышения эффективности системы накачки была разработана достаточно оригинальная система предыонизации активной среды, состоящая из большого количества тонких (диаметр – ~0,5 мм) металлических проволочек, укрепленных на изолирующих подставках. Они располагаются с равномерным шагом (5,5 мм) параллельно катоду по всей его длине. Их расстояние от катода составляет примерно 2,5 мм. При этом важно, что каждая проволочка соединена только со своим отдельным ограничивающим ток малогабаритным и малоиндуктивным конденсатором. Для осуществления эффективного двухволнового режима в одной активной среде использовалось разделение волн по взаимно ортогональным поляризациям.

Оптимизация активной среды и условий ее накачки показали, что для достижения генерации на переходах 00<sup>0</sup>1 - 02<sup>0</sup>0 - 01<sup>1</sup>0 (без охлаждения,

т.е. при комнатной температуре) при разрядном напряжении  $U_p < 8$  кВ суммарное давление активной смеси  $P_{см}$  не должно превышать 100 Торр. Для найденного оптимального состава активной смеси  $CO_2:N_2:He = 1:8:12$  при  $P_{см} = 70$  Торр и  $U_p = 7,5$  кВ выходная энергия в импульсе на 16 мкм достигала 60 мДж при пиковой мощности  $\sim 50$  кВт.

При численном моделировании для описания кинетики населенностей активной среды была разработана система, включающая уравнения для 12 колебательных состояний молекулы  $CO_2$  и 5 колебательных состояний молекулы  $N_2$ . Предполагалось, что на переднем фронте длительностью 0,35 мкс интенсивность импульса накачки нарастает по линейному закону, а на заднем уменьшается по экспоненте с характерным временем 0,4 мкс.

На рис. 1 приведены временные зависимости интенсивностей излучения в первом  $I_1$  и втором  $I_2$  каналах. Здесь и далее используются обозначения:  $k_i$  – коэффициент потерь в  $i$ -канале,  $N_e^m$  – максимальное значение объемной плотности свободных электронов. Особенностью данной схемы является то, что 16 мкм импульс имеет сравнительно малую длительность и высвечивается только в области максимума интенсивности 9,6 мкм импульса.

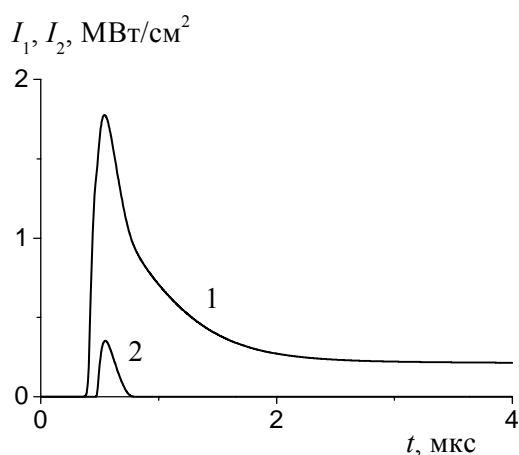


Рис. 1. Временные зависимости  $I_1$  и  $I_2$  для линий P12 (1) и R11 (2) при  $P_{см} = 70$  Торр,  $k_1 = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$ ,  $k_2 = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$  и  $N_e^m = 0,2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$

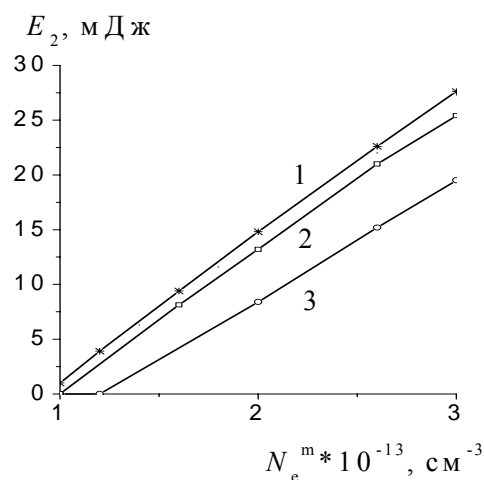


Рис. 2. Зависимости  $E_2$  от  $N_e^m$  для линий P16 и Q16 при  $P_{см} = 70$  Торр,  $k_1 = k_2 = 0,5 \cdot 10^{-3}$  (1),  $0,2 \cdot 10^{-2}$  и  $0,4 \cdot 10^{-2} \text{ см}^{-1}$  (3)

Из рис. 2 следует, что энергия генерации  $E_2$  во втором канале линейно зависит от энергоклада, пропорционального  $N_e^m$ . При увеличении  $k_1$  энергия генерации уменьшается.

Рис. 3 показывает наличие оптимального давления активной среды, которое при уменьшении  $N_e^m$  также уменьшается.

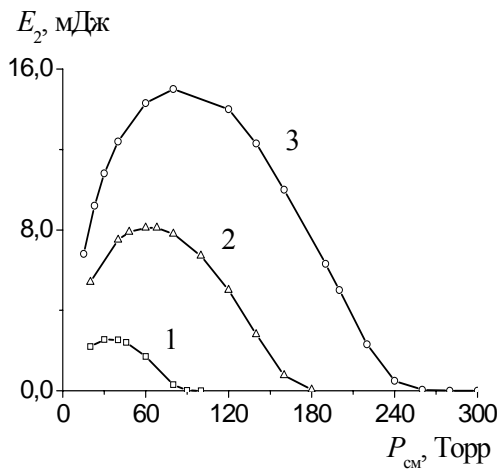


Рис. 3. Зависимости  $E_2$  от  $P_{cm}$  для линий P16 и Q16 при  $k_1 = k_2 = 0,1 \cdot 10^{-2} \text{ см}^{-1}$ ;  $N_e^m = 0,1 \cdot 10^{14}$  (1),  $0,15 \cdot 10^{14}$  (2) и  $0,2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$  (3)

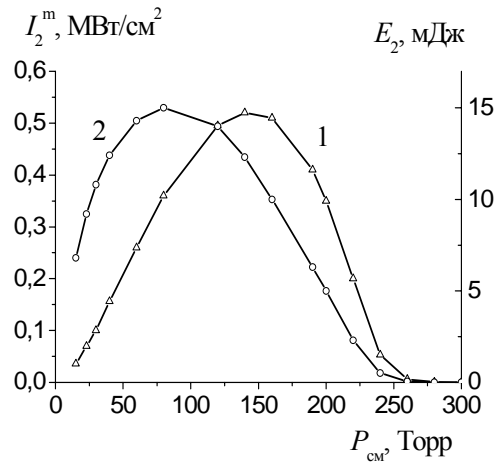


Рис. 4. Зависимости  $I_2^m$  (1) и  $E_2$  (2) от  $P_{cm}$  для линий P16 и Q16 при  $N_e^m = 0,2 \cdot 10^{14}$ ;  $k_1 = k_2 = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$

Из рис. 4 следует, что максимальные значения пиковой интенсивности излучения  $I_2^m$  и энергии генерации  $E_2$  достигаются при разных значениях  $P_{cm}$ .

Представленные результаты показывают, что в  $\text{CO}_2$ -лазере возможно генерации 16 мкм излучения без охлаждения активной среды. При варьировании параметров характеристики лазерного излучения могут изменяться в сравнительно широких пределах.

1. Баграташвили В.Н., Летохов В.С., Макаров А.А., Рябов Е.А. Многофотонные процессы в молекулах в инфракрасном лазерном поле. М.: ВИНТИ, 1980. 150 с.
2. Алимтиев С.С., Карлов Н.В., Крынецкий Б.Б., Петров Ю.Н. Лазерное разделение изотопов. М.: ВИНТИ, 1980. 160 с.
3. Горобец В.А., Петухов В.О., Тоцицкий С.Я., Чураков В.В. // Квантовая электроника. 1995. Т. 22, № 5. С. 514-518.