

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ИНВЕРСИИ В ИМПУЛЬСНОМ CO_2 -ЛАЗЕРЕ С ПОПЕРЕЧНЫМИ ПРОКАЧКОЙ И РАЗРЯДОМ

Е. К. Карлова, Н. В. Карлов, Г. П. Кузьмин

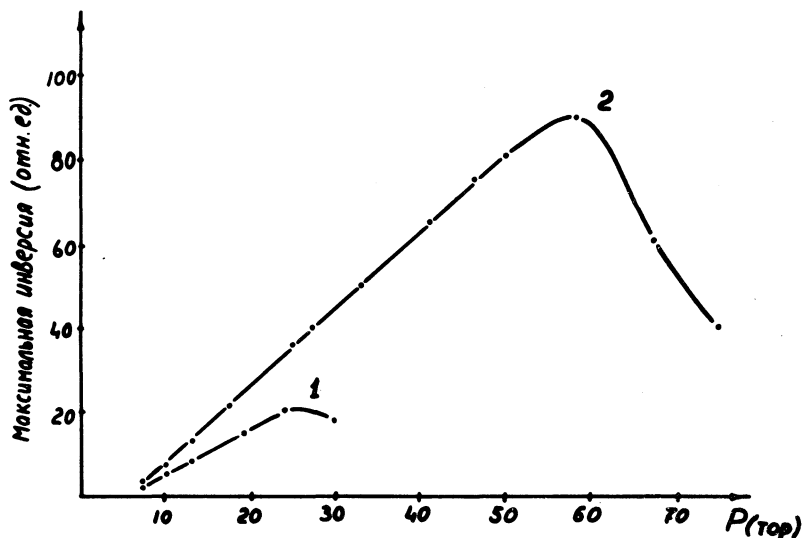
Метод двойной модуляции CO_2 -лазеров¹ позволяет исследовать динамику развития инверсии этих лазеров и выяснить, как именно нагрев газа и его диссоциация влияют на величину инверсии при импульсной накачке^{2,3}. Для устранения влияния нагрева и диссоциации в последнее время начал применяться метод прокачки газовой смеси перпендикулярно оптической оси лазера (поперечная прокачка). В работе⁴ осуществлена поперечная прокачка замкнутого цикла и в непрерывном режиме получена мощность 1 квт при длине газоразрядной трубки 1 м. Линейная скорость прокачки составляла 35 м/сек, давление газа в рабочем объеме — 18 тор. Поперечная прокачка хорошо сочетается с возможностью осуществлять разряд перпендикулярно оси лазера (поперечный разряд). Авторы⁴ применили поперечный разряд перпендикулярно прокачке. В работе⁵ для осуществления поперечного разряда применена система многих электродов. Разряд происходит параллельно прокачке. Однако малая скорость прокачки не позволила авторам⁵ реализовать преимущества этого метода. Поперечный разряд был применен также в системе с двумя плоскопараллельными электродами в импульсном режиме⁶. Однако, в работе⁶ применена продольная прокачка. При давлении 200 тор получена мощность 12 квт в импульсе длительностью 5 мксек. Модуляция добротности не применялась.

Представляет интерес исследование динамики развития инверсии в CO_2 -лазере с поперечными прокачкой и разрядом методом двойной модуляции. В нашей работе исследовалось развитие инверсии в импульсном CO_2 - лазере с двойной модуляцией, в котором разряд и прокачка газа осуществлялись перпендикулярно оптической оси лазера. Методика исследования аналогична описываемой в работах¹⁻³.

Лазер представляет собой стеклянный цилиндр диаметром 8 см, длиной 40 см, с девятнадцатью латунными патрубками для напуска газа, расположенными на одной линии и служащими отдельными анодами. Откачка производится через 7 отверстий на противоположной стороне цилиндра. Общим катодом служит медная полоска шириной 8 мм и длиной 40 см, расположенная над отверстиями откачки. Рабочий объем герметизирован окошками из NaCl , расположенными под углом Брюстера. Резонатор образован плоским вращающимся сплошным зеркалом и сферическим ($R = 500$ см) зеркалом с отверстием связи, равным 6 мм. Зеркала имеют золотое покрытие. Длина резонатора составляет 100 см.

Питание лазера обеспечивается разрядом конденсатора через тиратрон. Длительность импульса питания 70 мксек. Импульсы питания синхронизированы с импульсами модулированной добротности длительностью 0,5 мксек, которые могут перемещаться относительно момента включения питания, что позволяет проследить развитие инверсии во всем временном промежутке ее существования. Частота следования импульсов модулированной добротности 50 гц, накачка может осуществляться с частотой от 1 до 50 гц. Эта лазерная система позволила работать при давлении до 70 тор и общем токе до 30 а. Инверсия возникает через $30 + 50$ мксек после пробоя и достигает максимального значения через $100 + 150$ мксек. Время существования инверсии от 0,5 до 1,0 мксек.

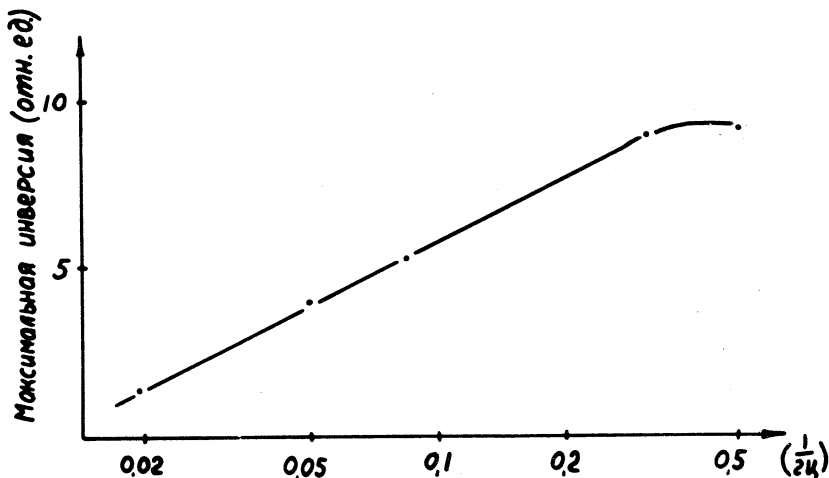
Результаты наших исследований представлены на графиках рис. 1-3. На рис. 1 представлен график зависимости максимально достижимой инверсии в относительных единицах от давления рабочей смеси. Рабочая



Р и с. 1. Зависимость максимально достижимой инверсии от давления рабочей смеси (а - 1 смена газа в секунду, б - 3 смены газа в секунду).

смесь состояла из 1 части CO_2 , 1,5 частей N_2 и 3 частей He . При токе 14 а и частоте следования импульсов питания 16 гц, при скорости прокачки, обеспечивающей 3 смены газа в рабочем объеме лазера в секунду, инверсия растет линейно в зависимости от давления до 60 тор. Последующий спад объясняется разогревом газа и ухудшением условий пробоя при повышении давления. При уменьшении скорости прокачки втрое мощность генерации значительно падает и спад инверсии начинается уже при давлении 25 тор. Точке максимума на рис. 1 соответствует импульсная мощность 20 квт.

На рис. 2 представлена частотная зависимость максимально достижимой инверсии при давлении 18 тор и токе 14 а. Видно, что при уменьшении частоты следования импульсов питания инверсия непрерывно возрастает вплоть до частоты 3 гц, т.е. до частоты, при

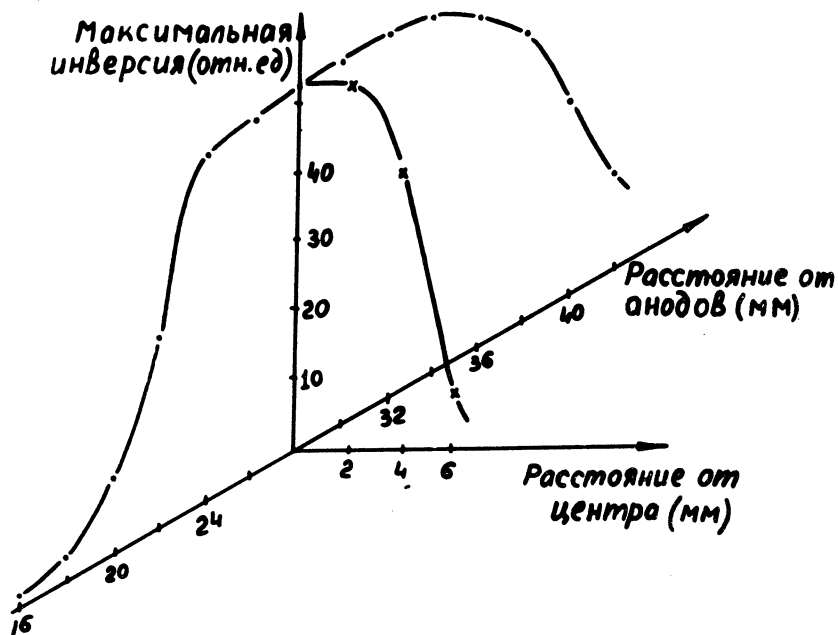


Р и с. 2. Частотная зависимость максимально достижимой инверсии.

которой к каждому импульсу питания смесь в разрядном объёме обновляется. Эта зависимость от частоты является следствием разогрева газа во время импульса питания и диссоциации молекул CO_2 при пробое^{2,3}.

Возможность перемещения лазерной трубы внутри резонатора позволила измерить зависимость инверсии от расстояния до анодов, а также поперечное сечение возбужденного объема. При этих измерениях внутри резонатора помещалась диафрагма с отверстием 7 мм, что позволило измерить инверсию в узком пучке внутри лазерного объема. Результаты представлены на рис. 3. Начало измерений находится на расстоянии 15 мм от анодов. При удалении от анодов инверсия растёт и

через 10 мм достигает оптимального значения, которое при дальнейшем перемещении, вплоть до затемнения катодом, остается почти постоянным. Поперечное



Р и с. 3. Конфигурация возбужденной области в рабочем объеме лазера.

сечение имеет ширину постоянной инверсии ~ 5 мм, что определяется формой разряда.

Таким образом, переход к поперечным прокачке и разряду позволяет увеличить давление газа в рабочем объеме и разрядный ток, увеличивая тем самым выходную мощность. Плотность генерируемой мощности составляла 200 вт/см^3 . Хотя динамика инверсии в случае поперечных прокачки и разряда по существу имеет тот же характер, что и в случае лазера с продольными прокачкой и разрядом, возможно использование

больших токов и давлений. При этом увеличение скорости проочки, а также усовершенствование конструкции позволит еще сильнее увеличить генерируемую лазером мощность.

Поступила в редакцию
10 сентября 1970 г.

Л и т е р а т у р а

1. Н. В. Карлов, Г. П. Кузьмин, А. М. Прохоров, В. И. Шемякин. ЖЭТФ, 54, 1317 (1968).
2. Н. В. Карлов, Ю. Б. Конев, Г. П. Кузьмин, А. М. Прохоров. РИЭ № 2, 320 (1969).
3. С. С. Алимпиев, Н. В. Карлов, Ю. Б. Конев, Г. П. Кузьмин, Р. П. Петров. Письма в ЖЭТФ, 9, 337 (1969).
4. W. B. Tiffany, R. Targ, J. P. Foster. Post deadline paper N 11A. 7, CLEA, Washington, may 1969.
5. R. J. Freiberg, P. O. Clark, IEEE J. Quantum Electronics., QE-5, 362 (1969).
6. M. Michon. Post deadline paper N 11A. 6, CLEA, Washington, may 1969.