

4. Морозов В. А., Седельников В. А., Тучин В. В. Автоматическая подстройка частоты двух He-Ne лазеров и частотные флуктуации разностного колебания.— «ПТЭ», 1971, № 5, с. 192.
5. Степанов Д. П. Стабилизация частоты и частотные флуктуации He-Ne лазера.— «Изв. высш. учеб. заведений. Радиофизика», 1968, т. 11, № 4, с. 514.

Поступило в редакцию 3 марта 1977 г.

УДК 621.378.33

Л. И. РИНТЫЛЬКУТ, Э. Г. САПРЫКИН, Г. И. СМИРНОВ

(Новосибирск)

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ГАЗОВОЙ СМЕСИ СО ЛАЗЕРА НА МОЩНОСТЬ ГЕНЕРАЦИИ

1. Лазеру на окиси углерода принадлежит весьма видное место среди мощных лазеров непрерывного действия. Благодаря сравнительно малой вероятности перехода колебательной энергии в поступательную и специфическому механизму заселения высших состояний молекулы CO, связанному с ее ангармонизмом [1], СО лазер может иметь большой КПД и работать в широком диапазоне длин волн (см. обзоры [2—4]).

Длительное время генерация СО лазера осуществлялась только в режиме прокачки рабочей смеси и при охлаждении до низких температур. Лишь в 1971 г. авторы работ [5, 6], применив в качестве дополнительной компоненты ксенон, продемонстрировали возможность создания отпаянного СО лазера. Добавка ксенона обеспечила получение долговременной интенсивной генерации при комнатной температуре и позволила увеличить мощность КПД. Иногда для улучшения параметров СО лазера применялись также небольшие добавки кислорода [5—7].

Таким образом, газовая смесь СО лазера стала многокомпонентной и приобрела актуальность задача выявления оптимального соотношения между различными компонентами смеси, определения оптимальных значений тока разряда и полного давления в среде. Решению этих вопросов посвящена настоящая работа.

2. Установка, предназначенная для экспериментального исследования зависимости мощности генерации от состава активной среды (СО+N₂+He+Xe), представляла собой обычный непрокачной электроразрядный СО лазер. Две соединенные разрядные трубки с внутренним диаметром 1,6 см имели отдельные разрядные промежутки длиной 80 см. Питание разрядных трубок обеспечивалось постоянным током 10—35 мА при напряжении 10—15 кВ. Падение напряжения на трубках измерялось киловольтметром. Электроды трубки были изготовлены из тантала, ее стенки охлаждались проточной водой. Окнами служили пластинки из СаF₂, прикрепленные к торцам лазерной трубки под углом Брюстера.

Резонатор лазера был образован сферическим ($R=10$ м) зеркалом с золотым напылением и плоским зеркалом с диэлектрическим покрытием на подложке из СаF₂ (коэффициент отражения 94%, длина резонатора 190 см). Настройка резонатора на максимум мощности генерации производилась с помощью фотосопротивления на основе германия, легированного золотом. Индикация выходной мощности велась по прибору ИМО-2.

Газовые смеси составлялись и перемешивались в объеме вакуумного поста. Разрядная трубка тщательно отжигалась в атмосфере гелия перед напуском каждой новой смеси.

В ходе измерений для каждой смеси исследовалась зависимость мощности выходного излучения от давления смеси, причем для каждого давления выбирался оптимальный ток разряда. Некоторые из таких зависимостей показаны на рис. 1. В результате этих измерений определяется величина максимальной мощности генерации и соответствующие этой величине общее давление смеси, ток разряда и вводимая в разряд электрическая мощность.

Газовая смесь приготавливалась из четырех компонент: СО, N₂, Хе, Не. Меняя содержание Хе, N₂ и Не относительно СО, можно определить оптимальное по выходной мощности соотношение компонент смеси. Сначала при фиксированных величинах соотношений между давлениями СО и Хе ($P_{\text{Хе}}:P_{\text{СО}}$), СО и N₂ ($P_{\text{N}_2}:P_{\text{СО}}$) исследуется зависимость мощности генерации от соотношения между СО и Не ($P_{\text{Не}}:P_{\text{СО}}$), из которой находят оптимальные пропорции Не (рис. 2). Определенные этим способом оптимальные значения отношения $P_{\text{Не}}:P_{\text{СО}}$ использовались затем для проведения серии опытов, в которых при фиксированных соотношениях Хе:СО (или N₂:СО)

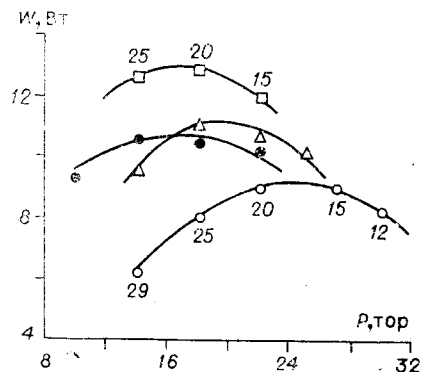


Рис. 1. Зависимость мощности генерации от давления смеси. (Цифры на кривых соответствуют оптимальным значениям тока в миллиамперах.)
Соотношение CO : Xe : N₂ : He в смеси: ○ — 1 : 0,5 : 1 : 25, △ — 1 : 1 : 1 : 24, □ — 1 : 2 : 1 : 20, ● — 1 : 3 : 1 : 17.

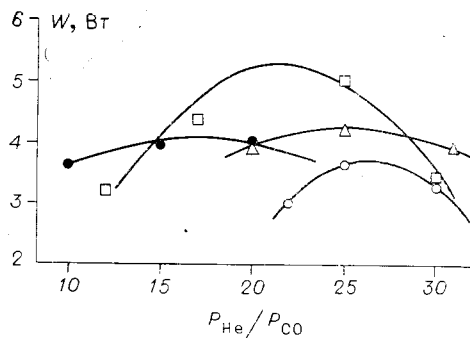


Рис. 2. Зависимость мощности генерации от относительного содержания гелия (включена половина разрядной трубки CO лазера).
Соотношение CO : Xe : N₂ в смеси: ○ — 1 : 0,5 : 1, △ — 1 : 1 : 1, □ — 1 : 2 : 1, ● — 1 : 3 : 1.

выявлялись оптимальные пропорции азота (ксенона). Далее проводились измерения выходной мощности как функции отношения парциальных давлений азота и окиси углерода (соответственно Xe и CO) при определенных ранее оптимальных пропорциях He, ксенона (азота). В каждом из экспериментов подбирались оптимальные давления смеси и токи разряда.

Измерения, связанные с выбором оптимального состава многокомпонентных смесей, подвержены ошибкам, обусловленным долговременными колебаниями абсолютного уровня мощности лазера из-за изменения параметров резонатора (старение и порча окон, зеркал; неоптимальность настройки резонатора). При описанной методике стабильность параметров лазера необходима лишь на протяжении каждой отдельной короткой серии опытов по определению оптимального вклада какой-либо из компонент смеси при фиксированных пропорциях остальных компонент.

Итоговые результаты приведены на рис. 3. Величина оптимального соотношения между концентрациями Xe и CO равна приблизительно 1,5, тогда как $P_{N_2} : P_{CO} \sim 2 \div 3$. Дальнейший рост парциального давления азота не приводит к существенному росту выходной мощности, но может способствовать образованию молекул CN, тушащих генерацию [8]. В ряде более ранних работ [5, 6, 9] использовались рабочие смеси, содержащие сравнительно много азота ($P_{N_2} : P_{CO} = 6 \div 10$). Это и побудило нас произвести эксперимент по получению максимальной мощности для смеси из [5] (CO : Xe : N₂ : He = 1 : 3 : 5 : 23). Увеличение концентрации азота привело к ухудшению результатов.

Авторы благодарят Л. И. Идт за помощь при проведении измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Treanor C. H., Rich J. W., Rehm R. G. Vibrational relaxation of anharmonic oscillators with exchange-dominated collisions.—"J. Chem. Phys.", 1968, vol. 48, p. 1798.
2. Соболев Н. Н., Соколов В. В. Лазер на окиси углерода. Результаты экспериментальных исследований. (Обзор).—«Квантовая электроника», 1972, вып. 10, с. 3.
3. Бубякин Б. Б., Елецкий А. В., Папуловский В. Ф. Лазер на окиси углерода.—«УФН», 1972, т. 106, с. 723.
4. Соболев Н. Н., Соколов В. В. Лазер на окиси углерода. Механизм образования инверсной населенности.—«УФН», 1973, т. 110, с. 191.

5. **Sequin N. J., Tulip J., White B.** Sealed CO laser at room temperature.—“Can. J. Phys.”, 1971, vol. 49, p. 2731.
6. **Freed C.** Sealed-off operation of stable CO lasers.—“Appl. Phys. Lett.”, 1971, vol. 18, p. 458.
7. **Дубровина И. В., Очкин В. Н., Соболев Н. Н.** Спектральные и энергетические характеристики лазера на окиси углерода без прокачки газа.—«Квантовая электроника», 1974, т. 1, с. 1851.
8. **Очкин В. Н., Соболев Н. Н., Трубочев Э. А.** Релаксация лазерных уровней в СО-лазере при столкновениях СО-CN.—«Квантовая электроника», 1976, т. 3, с. 72.
9. **Browne P. G., Smith A. L.** Efficient long life sealed CO lasers at room temperature.—“J. Phys. E: Sci. Instr.”, 1975, vol. 8, p. 870.

Поступило в редакцию 25 марта 1977 г.
