

КОНЦЕНТРАЦИЯ АТМОСФЕРНОГО КИСЛОРОДА В ПЛАЗМЕ
РАЗРЯДА CO-ЛАЗЕРА

Э. А. Трубочев, В. Н. Очкин, В. В. Азатян

Известно [1-4], что добавление небольших количеств кислорода (парциальные давления не выше 0,1 тора) к смесям, применяемым для проточных CO-лазеров, очень благоприятно сказывается на их работе. При добавлении кислорода разряд горит более стабильно, уменьшается выпадение сажи на стенках разрядной трубки, существенно повышается оптимальная мощность генерации.

Однако до настоящего времени не найдено однозначное объяснение этому эффекту, тем более, что, если воспользоваться данными работы [3] и в предположении, что диссоциация CO происходит с образованием C и O, то кислород должен появляться в плазме в сравнимых или даже больших количествах, чем те добавки кислорода, которые примешиваются к исходной смеси.

В работах [1,2] было установлено, что добавление небольших количеств O₂ снижает интенсивность фиолетовых полос CN и одновременно увеличивает мощность генерации. На основании этого факта было высказано предположение о том, что добавление кислорода уменьшает число молекул CN, которые ускоряют колебательную релаксацию молекул CO за счет резонансной передачи энергии с колебательных уровней $v = 12$ и $v = 13$ электронному состоянию CN ($v^2\Sigma^+$).

В работе [5] была высказана мысль о том, что добавки O₂, возможно, приводят к замедлению диссоциации CO, смещая равновесие релаксации $CO \rightleftharpoons C+O$ влево. Однако в работе [3] при изучении диссоциации CO методом инфракрасного поглощения влияние малых добавок O₂ на диссоциацию CO в разряде замечено не было.

Так или иначе вопрос о роли добавляемого к смеси кислорода может быть прояснен, если провести измерения его концентра-

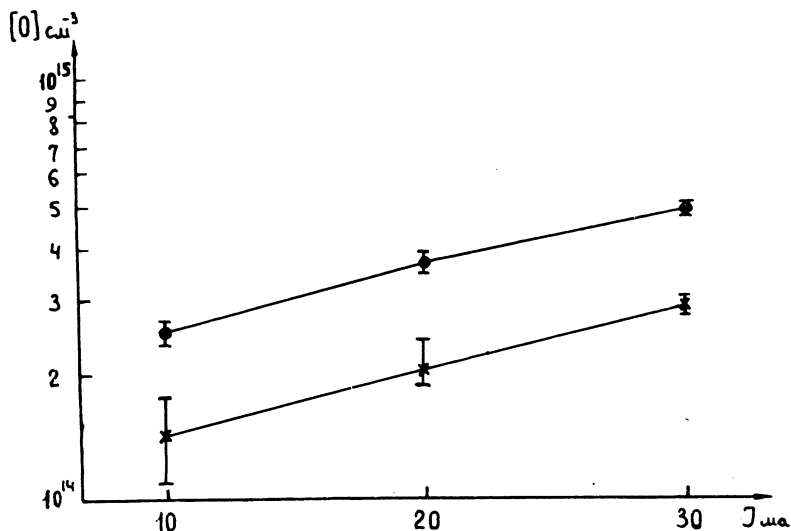
ции в типичных условиях для работы СО-лазера. Поэтому было решено провести измерения концентрации атомарного кислорода в разрядах, применяемых для СО-лазеров методом ЭПР.

Измерения абсолютной концентрации атомарного кислорода проводились в электрическом разряде постоянного тока в газовых смесях СО-Не (1:10), СО-Не- O_2 (1:10:0,07) и СО-Не- O_2 (1:10:0,2). Опыты проводились с неохлаждаемой кварцевой трубкой, внутренний диаметр которой был равен 22 мм. Расстояние между электродами 500 мм. Использовались полые цилиндрические электроды из молибдена. С целью уменьшения рекомбинации атомов на стенке, трубка обрабатывалась плавиковой кислотой. Ток разряда изменялся от 10 до 30 ма. Из разряда газ по трубке проходил через цилиндрический резонатор спектрометра ЭПР-2-СП78 ИФ /6/, где регистрировалась концентрация атомов кислорода. Давление газа измерялось в области между разрядом и резонатором ЭПР мембранным манометром и варьировалось от 0,5 до 3 тор. Скорость газового потока регулировалась вентилями и определялась реометром. Перед входом в разрядную трубку газ пропускался через ловушку, охлаждаемую жидким азотом. Абсолютная концентрация атомарного кислорода определялась методом, описанным в работе /7/, с учетом гибели на стенках трубки и при реакции $O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$, *) поскольку рекомбинация атомов $O+O$ в этих условиях незначительна /8/.

В результате проведенных измерений было неожиданно обнаружено, что атомарный кислород в разряде в газовой смеси СО-Не (1:10) без добавок кислорода не наблюдается. Напротив, в смесях с кислородом наблюдается атомарный кислород в довольно больших количествах, причем его концентрация растет с увеличением силы тока (см. рис.1). Как видно из рисунка, абсолютная концентрация атомарного кислорода в смеси СО-Не- O_2 (1:10:0,07) (при токе разряда 30 ма, общем давлении $P=3$ тор и скорости протока $v \approx 1$ м/сек) равна $[O] = 2,7 \cdot 10^{14}$ см⁻³. Это соответствует уменьшению концентрации O_2 от его начального значения на 20%. Концентрация атомарного кислорода в смеси СО-Не- O_2 (1:10:0,2) (при тех же прочих условиях) равна $[O] = 4,8 \cdot 10^{14}$ см⁻³. Это соответствует уменьшению $[O_2]$ от начального его значения на 11%.

*) В дальнейшем O_3 вступает в реакцию $O_3 + O \rightarrow 2O_2$.

К сожалению, чувствительность метода ЭПР была недостаточна для измерения концентрации молекулярного кислорода в исследуемых разрядах. Эти измерения могли бы прояснить вопрос о кислороде полнее.



Р и с. 1. Абсолютная концентрация атомарного кислорода в зависимости от тока разряда. Общее давление смеси 3 тор. — \times — смесь CO-He- O_2 (1:10:0,07); — \bullet — смесь CO-He- O_2 (1:10:0,2).

Трудно объяснить, почему атомарный кислород не наблюдается в разряде смеси CO-He без добавок кислорода. Можно предположить, что либо он образуется в другом более активном состоянии (например 1D) и быстро гаснет, либо он образуется в недостаточном количестве (чувствительность спектрометра по атомарному кислороду 10^{13} см^{-3}). Не исключена возможность, что диссоциация CO сопровождается образованием короткоживущих комплексов (например CO_3 , $COHO$ и т.д. /9,10/. Для полноты понимания химических превращений газовой смеси в разряде CO-лазера необходимы дальнейшие детальные измерения концентраций компонент газа другими методами, чувствительными к различным составляющим газа. Без сомнения,

в этом отношении будут полезны масс-спектрометрические исследования.

В заключение авторы приносят глубокую благодарность проф. Н. Н. Соболеву за постоянное внимание к работе и обсуждение результатов.

Поступила в редакцию
22 ноября 1972 г.

Л и т е р а т у р а

1. G. Taieb, F. Legay. *Can. J. Phys.*, 48, 1956 (1970).
2. R. M. Osgood Jr., W. C. Eppers Jr., E. R. Nickols. *IEEE J. Quantum Electronics*, QE-6, 145 (1970).
3. А. А. Мекаберидзе, В. Н. Очкин, Н. Н. Соболев. Препринт ФИАН, № 24, 1972 г.
4. Н. Н. Соболев, В. В. Соковиков. Препринт ФИАН, № 67, 1972 г.
5. M. L. Bhaumik, W. B. Lacina, M. M. Mann. *IEEE J. Quantum Electronics*, QE-8, 150 (1972).
6. А. Г. Семенов, Н. Н. Бубнов. Приборы и техника эксперимента № I, 92 (1959).
7. A. A. Westenberg, N. de Naas. *J. Chem. Phys.*, 40, 3087 (1964).
8. В. Н. Кондратьев. "Константы скоростей газофазных реакций". М., "Наука", 1970 г.
9. M. L. Bhaumik. *Appl. Phys. Letts.*, 17, 188 (1970).
10. R. C. Millikan. *J. Chem. Phys.*, 38, 2855 (1963).