

*Письма в ЖЭТФ, том 20, вып. 4, стр. 251 – 253      20 августа 1974 г.*

**СЕЛЕКТИВНАЯ РЕЛАКСАЦИЯ ДОЛГОЖИВУЩИХ СОСТОЯНИИ  
АТОМОВ МЕТАЛЛОВ В ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ПЛАЗМЕ .  
СТАЦИОНАРНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ  
НА ПЕРЕХОДАХ  $^1P_1^o - ^1D_2$  КАЛЬЦИЯ И СТРОНЦИЯ**

*В.М.Климкин, С.С.Монастырев, В.Е.Прокопьев*

Осуществлена селективная релаксация метастабильных состояний атомов щелочноземельных металлов в плазме газового разряда. Это позволило впервые реализовать стационарную генерацию на переходах с резонансных на метастабильные уровни.

Для целей создания стационарных газовых лазеров видимого и ближнего ИК диапазонов спектра с высокими энергетическими параметра-

ми перспективными являются переходы с резонансных на метастабильные уровни атомов металлов [1]. На пути реализации таких лазеров стоит проблема обеспечения высокой скорости релаксации метастабильных состояний в плазме газового разряда. В последнее время предложено несколько методов увеличения скорости релаксации, базирующихся на введении примесей, но ни один из них не был реализован на практике [1, 2]. В настоящей работе сообщается о существенном прогрессе в этом направлении.

Эксперименты с циклическими газовыми лазерами показывают, что для обеспечения стационарной инверсии скорость релаксации метастабильных уровней необходимо увеличить не менее чем на 1 + 2 порядка [1, 3]. В стационарных разрядах без прокачки газа тепловые процессы ведут к ограничению рабочих давлений активной среды величинами порядка  $P < 50 \text{ тор}$ . Вероятность спонтанных переходов с резонансных на метастабильные уровни составляет  $A \geq 10^6 \text{ сек}^{-1}$  [4]. В большинстве атомов металлов метастабильные уровни являются одиночными, а дефект энергии связи между ними и основными состояниями составляет 1 + 2 эв. Отсюда ясно, что требуемые скорости релаксации можно реализовать при девозбуждении метастабильных селективными и резонансными процессами, имеющими сечения не менее  $10^{-15} \text{ см}^2$ .

Таковыми сечениями характеризуются процессы передачи энергии при столкновениях атомов с молекулами [5]. Среди большого числа процессов, участвующих в тушении возбужденных состояний атомов молекулярными примесями, например, резонансная передача электронной энергии атомов на колебательно-вращательные уровни молекул, диссоциация и т. д., наиболее селективными и эффективными являются процессы, сопровождающиеся химическими реакциями [6, 7]. Для газовых лазеров на парах металлов наибольший интерес представляют реакции типа:



между атомами в метастабильном состоянии —  $M^*$  и молекулами водорода. Константы скоростей подобных реакций превышают  $2 \cdot 10^{15} \text{ см}^3/\text{моль} \cdot \text{сек}$  [7], сечения —  $10^{-15} \text{ см}^2$  [6], селективность обеспечивается требованием точного баланса энергии, а термическая диссоциация продуктов реакции обеспечивает рециркуляцию первоначальных компонент.

Расчет дефектов энергии реакции (1) для ряда металлов, у которых возможна генерация с резонансных на метастабильные уровни, показал, что энергетический резонанс выполняется для Ca, Sr, Mn и Cu.

Получена стационарная генерация в смеси Ca + H<sub>2</sub> и Sr + H<sub>2</sub> на переходах с резонансных  $^1P_1^o$  на метастабильные  $^1D_2$  уровни атомов кальция и стронция на длинах волн  $\lambda = 5,54 \text{ мкм}$  и  $\lambda = 6,45 \text{ мкм}$ , соответственно. Разряд в указанных смесях возбуждался в трубках  $\phi 0,7 \text{ см}$  и  $l = 30 \text{ см}$ , снабженных Брюстеровскими окошками из BaF<sub>2</sub>. Резонатор состоял из золотого ( $R = 2 \text{ м}$ ) и плоского германиевого зеркала. Последнее использовалось для вывода излучения. Генерация наблюдалась при  $P_{Ca, Sr} \approx 10^{-2} \text{ тор}$  и  $P_{H_2} = 0,1 - 5 \text{ тор}$  при температуре стенки трубки  $\sim 600^\circ \text{ C}$ .

Мощность лазера на смеси  $\text{Ca} + \text{H}_2$  составляла 0,1 *вт*, КПД – 0,07%. В настоящее время это самый мощный стационарный газовый лазер на атомных переходах, несмотря на то, что полученные в наших экспериментах энергетические параметры, по-видимому, далеки от оптимальных.

Авторы считают своим приятным долгом искренне поблагодарить П. А. Бохана за стимулирующий интерес к работе и систематические обсуждения.

Институт оптики атмосферы  
Академии наук СССР  
Сибирское отделение

Поступила в редакцию  
2 июля 1974 г.

### Литература

- [1] Г.Г.Петраш. УФН, 105, 645, 1971.
- [2] G.Gould. Appl. Optics Suppl., Chemical Lasers, 1965, p.59 (в сборнике "Газовые лазеры", М., изд. Мир, 1968).
- [3] П.А.Бохан, В.И.Соломонов. "Квантовая электроника" №6, 1973.
- [4] Ч.Корлисс, У.Бозман. Вероятности переходов и силы осцилляторов 70 элементов". М., изд. Мир, 1968.
- [5] H.Beutler, E.Rabinowitsch. Z.f. Phys. Chem., B8, 231, 403, 1930.
- [6] А.Митчелл, М.Земанский. Резонансное излучение и возбужденные атомы, ОНТИ, 1937.
- [7] В.Н.Кондратьев, Е.Е.Никитин. Кинетика и механизмы газофазных реакций, М., изд. Наука, 1974.