

- 17] И. И. Кондиленко, В. Е. Погорелов, В. Л. Стрижевский. Опт. и спектр., 13, 649, 1962; И. И. Кондиленко, В. Е. Погорелов, В. Л. Стрижевский, Э. Е. Шинкарева. Опт. и спектр., 26, 203, 1969.

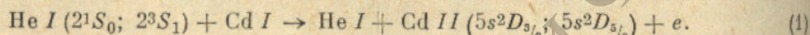
Поступило в Редакцию 27 февраля 1970 г.

УДК 621.375.9:535

О МЕХАНИЗМЕ ГЕНЕРАЦИИ ЛАЗЕРА НА ПАРАХ КАДМИЯ

М. К. Дятлов, Е. П. Остапченко и В. А. Степанов

В работах [1-3] описываются некоторые результаты исследований гелий-кадмиевого лазера с длинами волны излучения 4416 и 3250 Å и делаются предложения о механизме генерации. В качестве основного процесса заселения верхних уровней генерации авторы [1-3] предполагают существование соударений второго рода атомов кадмия с метастабильными атомами гелия, т. е. существование реакции



Проверить справедливость реакции (1) при наличии в разрядных трубках [1-3] катафореза затруднительно.

В настоящей работе для выяснения роли гелия в заселении верхних уровней гелий-кадмиевого лазера в разрядной трубке, представленной на рис. 1, были

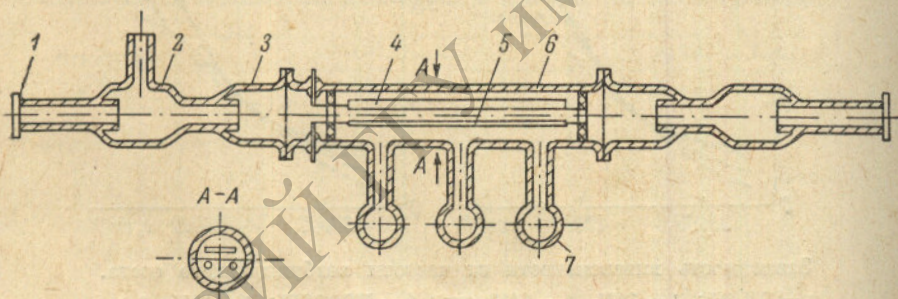


Рис. 1. Разрядная трубка.

1 — кварцевые окна; 2-3 — утолщения в разрядной трубке, предохраняющие от оседания паров кадмия из огня; 4 — оксидный катод; 5 — анод; 6 — колба; 7 — отростки для кадмия.

проведены измерения абсолютной интенсивности линии кадмия 4416 Å и концентрации метастабильных атомов гелия. Существование при разряде в кадмии и смесях его с неоном и гелием монокинетической группы быстрых электронов, энергия которых соответствует анодному напряжению и поведение которой при изменении условий разряда было изучено в работе [4], позволило изучать зависимости заселенности уровней кадмия и гелия от анодного напряжения. Абсолютная интенсивность и коэффициент поглощения на линиях измерялись на установке, описанной в [4]. Давление паров кадмия задавалось печью и поддерживалось в разрядном промежутке неизменным ($\sim 3 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.). Давление гелия 4 мм рт. ст. Ток разряда 20-150 ма. Анодное напряжение, а следовательно, энергия быстрых электронов изменялись в диапазоне 15-40 в. Измерение интенсивности линий и заселенности уровней проводились на таком расстоянии от катода, на котором интенсивность линии 4416 Å была максимальна.

На рис. 2 представлены зависимости чисел квантов в линии кадмия 4416 Å и концентрации метастабильных атомов гелия от анодного напряжения при токе 100 ма. Так как анодное напряжение соответствует энергии быстрых электронов, зависимость заселенности уровней 2^3S_1 и 2^1S_0 гелия от анодного напряжения есть не что иное, как зависимость заселенности этих уровней от энергии электронов. Имеющиеся здесь отличия от функций возбуждения уровней 2^3S_1 и 2^1S_0 объясняются тем, что концентрация быстрых электронов также зависит от анодного напряжения [4]. Измерения концентрации метастабильных атомов гелия и

чисел квантов в линии 4416 Å от тока показали, что во всех случаях (чистый кадмий, смесь неон—кадмий и гелий—кадмий) наблюдаются линейные зависимости.

Из экспериментальных результатов следует, что интенсивность линии 4416 Å при разряде в чистом кадмий и смесях кадмия с неоном и гелием по-разному зависит от энергии электронов. Интенсивность линии 4416 Å при добавлении к кадмию гелия сильно возрастает, превосходит на два порядка интенсивность этой линии при разряде в чистом кадмий и с хорошей точностью воспроизводит зависимости заселенности атомов гелия на уровнях 2^3S_1 и 2^1S_0 от энергии электронов. Зависимость интенсивности линии 4416 Å от энергии электронов в смеси кадмий—неон аналогична такой же зависимости для разряда в чистом кадмий.

Анализируя полученные экспериментальные результаты, необходимо признать, что в данном диапазоне токов заселение уровня $5s^2D_{3/2}$ (верхний уровень для линии 4416 Å) в чистом кадмий и в смеси неон—кадмий происходит за счет прямого электронного удара. В смеси гелий—кадмий заселение уровня $5s^2D_{3/2}$ обуславливается столкновениями атомов кадмия с метастабильными атомами гелия по схеме (1). Учитывая, что вероятность перехода для этой линии 4416 Å достаточно велика [4] и разрушение уровня $5s^2D_{3/2}$ происходит в основном вследствие излучения, уравнение баланса для этого уровня кадмия может быть записано в следующем виде:

$$Z_{\text{кв.}} = N_0 N_s \bar{v} Q, \quad (2)$$

где N_s , N_0 — концентрация метастабильных и нормальных атомов гелия и кадмия соответственно; \bar{v} — средняя скорость атомов; Q — сечение ударов второго рода между атомами кадмия и метастабильными атомами гелия.

Зная температуру газа, измеренную по полуширине линий гелия, и значения $Z_{\text{кв.}}$, N_0 , N_s и \bar{v} , из выражения (2) можно определить сечение соударений второго рода атомов кадмия с метастабильными атомами гелия. Согласно нашей оценке, оно составляет величину $(3 \pm 2) \cdot 10^{-16} \text{ см}^2$.

Следует отметить, что эта величина сечения соответствует сечению для обеих уровней гелия. Что же касается сечений возбуждения уровня $5s^2D_{3/2}$ вследствие соударений второго рода с метастабильными атомами гелия на уровнях 2^3S_1 и 2^1S_0 в отдельности, то здесь нет определенных выводов. Для какого из уровней оно больше — неясно.

Таким образом, исследования возбуждения ионов кадмия при разряде в плоском протяженном диоде с оксидным катодом показали: в чистом кадмий и смеси кадмий—неон наиболее вероятным процессом заселения уровней кадмия $5s^2D_{3/2}$ и $5s^2D_{5/2}$ является прямой электронный удар; в смеси гелий—кадмий эти уровни генерации возбуждаются в основном вследствие соударений второго рода атомов кадмия с метастабильными атомами гелия; реакция (1) в лазере на смеси гелий—кадмий действительно справедлива.

Литература

- [1] W. T. Silfvast. Appl. Phys. Lett., 13, 169, 1968.
- [2] W. T. Silfvast. Appl. Phys. Lett., 15, 23, 1969.
- [3] J. P. Goldsborough. Appl. Phys. Lett., 15, 159, 1969.
- [4] М. К. Дятлов, Ю. Н. Куликов, Е. П. Остапченко, В. А. Степанов. Опт. и спектр., 29, 632, 1970.

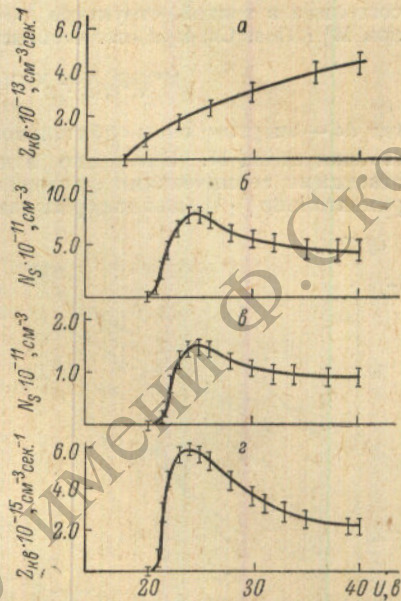


Рис. 2. Зависимость чисел квантов в линии 4416 Å (а, з) и концентрации возбужденных атомов гелия на уровнях 2^3S_1 (б) и 2^1S_0 (е) от анодного напряжения.

а — разряд в чистом кадмий; б, е, з — разряд в смеси кадмий—гелий.