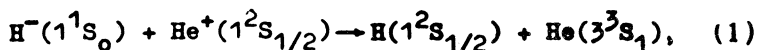


К ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ РАБОТЕ ПИКСТОНА И ФОУЛСА /1/

Л. И. Гудзенко, Ю. К. Земцов, С. И. Яковленко

В заметке /1/ сообщается о получении генерации на переходе $3^3S_1 \rightarrow 2^3P_{1,2}$ ($\lambda = 7065 \text{ \AA}$) атома гелия. Инверсность наблюдалась в послесвечении высоковольтного ($V = 50 \div 120 \text{ кВ}$) импульсного ($\tau_0 = 10 \div 20 \text{ нсек}$) разряда в смеси гелия с водородом ($N_{\text{He}} \approx 5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$, $N_{\text{H}_2} \approx 10^{17} \text{ см}^{-3}$). Длительность генерации (по половине максимума интенсивности) составляла $\tau_2 \approx 10^{-6}$ сек. Диаметр разрядной трубки был равен $d \approx 5 \text{ мм}$, длина $L \approx 80 \text{ см}$.*) Усиление и пиковая мощность генерации составляли соответственно 30+40% и 10 вт. Область свечения имела в поперечнике форму кольца, которое было ярким у кромки и темным в центре трубки.

Авторы /1/ объясняют инверсность процессом ионной рекомбинации

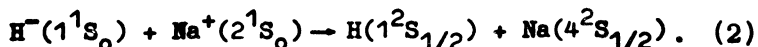


заселяющим верхний рабочий уровень. Эта же точка зрения высказана в книге А. В. Елецкого и Б. М. Смирнова /2/. При этом считается применимым к анализу

*) Здесь и всюду приводятся значения параметров, оптимальные для генерации /1/.

эксперимента /1/ теоретическое рассмотрение, проведенное в статье /3/ для объяснения механизма генерации в смеси $\text{Na} - \text{N}_2$ /4/.

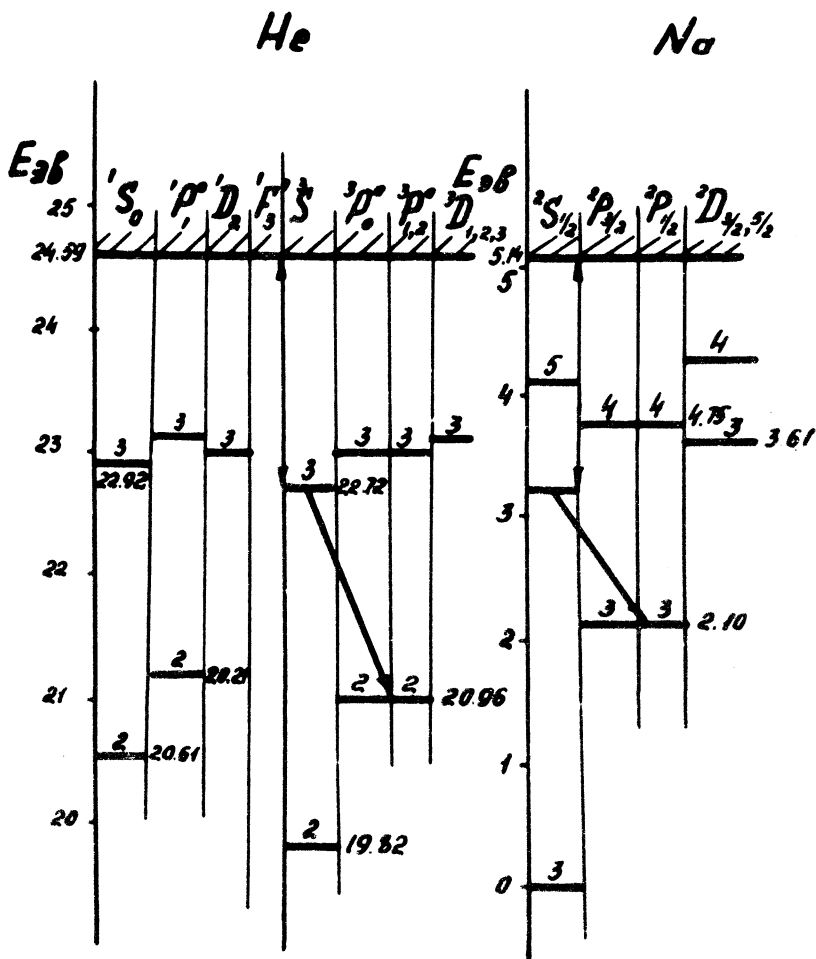
Действительно, как видно из рис. 1, в смеси гелия с водородом при подходящих условиях мог бы протекать процесс (1), аналогичный рассмотренному в /3/.



Однако, условия экспериментов /1/ и /4/ существенно различны. В /4/ генерация получена на стадии разряда с высокой температурой электронов ($T_e \approx 6\text{--}9$ эв), а в работе /1/ – в послесвечении короткого импульса. Как показывают оценки, при начальной температуре электронов $T_e \approx 1$ эв время охлаждения электронов уже за счет одних соударений с тяжелыми частицами ($N_{\text{He}} \approx 5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$) не превышает 10^{-7} сек. Поэтому в ходе лазерного излучения ($\tau_2 = 10^{-6}$ сек) температуру тяжелых частиц T и температуру электронов можно считать одинаковыми. К сожалению, в /1/ не приведены параметры плазмы. Из энергетических характеристик используемого высоковольтного генератора /5/ следует, что средняя температура газа $T_{\text{ср}}$ составляет $\approx 0,6$ эв (а средняя концентрация свободных электронов $N_{e, \text{ср}} \approx 10^{16} \text{ см}^{-3}$). У краев стенки, где протекает генерация, температура заведомо ниже средней: $T < T_{\text{ср}}$.

Оценим максимальную концентрацию отрицательных ионов водорода H^- в этих условиях.

Отметим прежде всего, что при обсуждаемых параметрах среды диффузию можно не учитывать, поскольку характерные диффузионные времена много больше длительности процесса. Вблизи стенок температура газа $T < 0,6$ эв, концентрация электронов $N_e < 10^{16} \text{ см}^{-3}$, и молекулы водорода за рассматриваемые времена не успевают существенно диссоциировать. Поэтому основным механизмом образования ионов H^- , вслед за авторами /1/ и /3/, можно считать реакцию



Р и с. 1. Верхний уровень гелия и натрия.



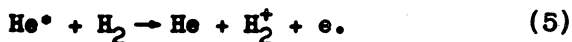
имеющую порог ≈ 4 эв. Если учесть при этом хотя бы один канал разрушения отрицательных ионов водорода^{*)}



то для концентрации H^- будем иметь

$$N_{\text{H}^-} \approx N_{\text{H}_2} \cdot 10^{-7} \exp \left(- \frac{3}{T_e (\text{эв})} \right) < 10^8 \text{ см}^{-3}.$$

Вероятности процессов (3) и (4) взяты из /6,7/, цитируемых авторами /1,3/. К сожалению, недостаточность сведений, приводимых в /1/, не позволяет однозначно интерпретировать детали эксперимента. Однако имеющиеся данные не противоречат рекомбинационной схеме заселения верхнего рабочего уровня гелия с очисткой нижнего уровня реакцией^{**)}



Кольцевой вид излучения, по-видимому, связан с тем, что вблизи стенок плотность свободных электронов снижена настолько, что процесс (5) успешно конкурирует с заполнением нижнего уровня.

Поступила в редакцию

9 августа 1971 г.

*) При $T \approx 0,6$ эв равновесное значение концентрации H^- даже при $N_{\text{H}} = N_{\text{H}_2}$ ничтожно мало.

**) Расчеты приведены в работе /8/.

Л и т е р а т у р а

1. R. M. Pixton, G. R. Fowles. *Phys. Letts.*, 29A, 654 (1969).
2. А. В. Елецкий, Б. М. Смирнов. Газовые лазеры. М., Атомиздат, 37, 1971 г.
3. П. А. Погорелый, А. С. Тибилев. Оптика и спектроскопия, 25, 542 (1968).
4. А. С. Тибилев, А. М. Шухтин. Оптика и спектроскопия, 25, 400 (1968).
5. L. P. Keller, E. G. Walshon. *Rev. Sci. Instr.*, 37, 1258 (1966).
6. G. J. Schulz. *Phys. Rev.*, 113, 816 (1959).
7. D. R. Bates, T. J. Boyd. *Proc. Phys. Soc.*, 69, N-444A, 910 (1956).
8. Л. И. Гудзенко, Ю. К. Земцов, С. И. Яковленко. Ш Всесоюзная конференция по физике низкотемпературной плазмы. Изд. МГУ, 1971 г., стр. 256.