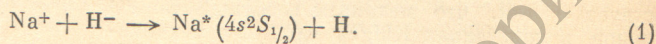


ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА ХАРАКТЕР СВЕЧЕНИЯ ЛИНИЙ НАТРИЯ И КАЛИЯ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ РАЗРЯДЕ

В. Г. Мишаков, А. С. Тибилев и А. М. Шухтин

В ряде работ [1-3] отмечалось, что добавление H_2 в плазму, содержащую пары металлов и инертные газы, может сильно изменять ее свойства. Так, например, добавление H_2 в смеси $Na-He$, $Na-Ne$ приводило к возникновению генерации излучения на переходах $Na I \lambda = 1.404$ мкм ($4s^2S_{1/2} - 3p^2P_{3/2}$) и $\lambda = 1.328$ мкм ($4s^2S_{1/2} - 3p^2P_{1/2}$).

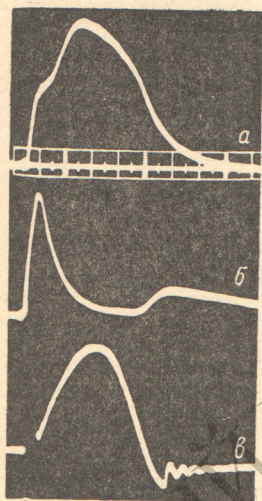
В работе [4] было показано, что в заселении уровня $Na 4s^2S_{1/2}$ существенную роль играла ион-ионная рекомбинация (ИИР).



В дальнейшем роль ИИР подробно анализировалась в работе [5] и было показано, что реакция типа (1) с участием отрицательных ионов может приводить к избирательному заселению уровней металлов и инертных газов.

Об успешном использовании ИИР для получения генерации в смесях $K-H_2$ и $He-H_2$ сообщалось в работах [1-3]. В ряде других случаев попытки получения генерации излучения на подходящих переходах в металлах с использованием реакции типа (1) для заселения верхнего лазерного уровня не дали положительных результатов. Возможность генерации на том или ином переходе в сильном импульсном разряде определяется совокупностью всех процессов, приводящих к заселению и разрушению как верхнего, так и нижнего возбужденных состояний данного перехода. Поэтому нам представляется полезным попытаться более прямым образом по сравнению с генерацией регистрировать наличие ИИР в импульсном разряде. С этой целью нами были предприняты наблюдения за свечением ряда линий Na и K в смесях пары металлов-гелий, а также пары металлов-гелий-водород. Длительность импульса в обоих случаях составляла 8 мксек., ток через разрядную трубку ~ 500 а, $p_{He} = 1.5$ тор, концентрация нормальных атомов Na из данных интерферометрических наблюдений [2] составляла до импульса $2 \cdot 10^{14}$ см $^{-3}$, и в течение 2 мксек. после начала импульса спадала до значений, меньших чем 10^9 см $^{-3}$. Добавка H_2 в смесь металл-гелий составляла $0.1 \div 0.5$ тор. Наблюдения велись также в чистой смеси металл- H_2 . Регистрировалось свечение резонансных линий $Na 589.6$, 589.0 нм, а также линий $Na I 568.3$ нм, $K I 769.9$ нм, $K I 766.5$ нм. Во всех случаях характер свечения линий оказался совершенно различным для смесей, не содержащих H_2 , а также в присутствии водорода. Наиболее резко это различие проявилось для свечения резонансных линий Na в чистом He и в присутствии H_2 (см. рисунок). Свечение Na в чистом He характеризуется резким пиком интенсивности на переднем фронте импульса тока, свечение достигает максимума за время порядка 0.3 мксек., дальнейшее нарастание тока приводит к уменьшению интенсивности свечения резонансных линий. В самом импульсе Na практически не излучает, что было хорошо заметно при удлинении импульса до ста микросекунд. Добавление H_2 в количествах $0.1-0.5$ тор приводит к образованию максимума интенсивности спустя 2 мксек. после начала импульса и к резкому увеличению интенсивности свечения Na в самом импульсе. Параметры разряда подобного типа исследовались экспериментально в работе [2]. Было обнаружено, что электронная температура через ~ 1 мксек. после начала импульса достигает $80\ 000^\circ K$ и в дальнейшем слабо меняется в течение импульса, концентрация электронов в импульсе порядка $3 \cdot 10^{14}$ см $^{-3}$. Как показано в [4], свечение линий Na и K в импульсе носит рекомбинационный характер, причем вклад ИИР в заселение уровня $4s$ натрия по реакции (1) на несколько порядков превышает вклад ударно-радиационной на все уровни. Заселение уровня $4s$ натрия приводит к увеличению населенности уровня $3p$ за счет спонтанного излучения, а также к увеличению населенности вышележащих энергетических состояний.

Это приводит к возрастанию интенсивности свечения в импульсе других спектральных линий Na , например, 568.3 нм $4d^2D_{3/2} - 3p^2P_{1/2}$, 568.8 нм $4d^2D_{5/2} - 3p^2P_{3/2}$. Увеличение населенности уровня $Na 4d^2D_{3/2, 5/2}$ может происходить за счет электрон-



Осциллограммы свечения резонансных линий Na ($N_{Na} = 2 \cdot 10^{14}$ см $^{-3}$),
1 дел. = 2 мксек.

а — при наличии в плазме водорода, б — в чистом гелии, в — форма импульса тока.

382

ного перемешивания с уровнем $4s$ как непосредственно, так и через другие энергетические состояния. Вклад ИИР в заселение уровня $KI\ 5s\ 2S_{1/2}$ хорошо наблюдался на свечении резонансных K , которое также характеризовалось наличием 2-го максимума и увеличением интенсивности в самом импульсе. Полученные нами данные наряду с исследованиями генерации излучения в смесях $Na-H_2$, $K-H_2$ [2, 4], а также интерферометрическими наблюдениями за концентрацией нормальных атомов металлов свидетельствуют в пользу реакции типа (1), как важного фактора заселения возбужденных уровней в сильноточных разрядах в водородосодержащей плазме. При этом нам хотелось бы отметить следующее обстоятельство: увеличение интенсивности свечения резонансных линий Na в импульсе при добавлении в плазму H_2 говорит об увеличении населенности $3p$ -уровня Na , и, следовательно, инверсия населенности $4s-3p$ -состояний Na , наблюдаемая ранее [1, 2], обусловлена не разрушением нижнего $3p$ -уровня, а избирательным заселением верхнего $4s$ -состояния.

В заключение отметим, что наблюдение спектральных линий атомов металлов дает простой метод обнаружения ИИР и позволяет судить об эффективности ее в импульсном разряде.

Авторы благодарят С. Э. Фриша за интерес к работе.

Литература

- [1] А. С. Тибиллов, А. М. Шухтин. *Опт. и спектр.*, 21, 122, 1966.
- [2] А. С. Тибиллов, А. М. Шухтин. *Опт. и спектр.*, 25, 409, 1968.
- [3] R. M. Pixton, G. R. Fowles. *Phys. Letters*, A29, № 11, 654, 1969.
- [4] П. А. Погорелый, А. С. Тибиллов. *Опт. и спектр.*, 25, 542, 1968.
- [5] И. В. Комаров, П. А. Погорелый, А. С. Тибиллов. *Опт. и спектр.*, 27, 198, 1969.

Поступило в Редакцию 26 октября 1971 г.