

НАБЛЮДЕНИЕ ОДНО- И ДВУКРАТНО ИОНИЗИРОВАННЫХ АТОМОВ ПРИ МНОГОФОТОННОЙ ИОНИЗАЦИИ САМАРИЯ

В. В. Суран

В последнее время интенсивно ведутся исследования по изучению взаимодействия лазерного излучения с атомами. Одним из направлений таких исследований является многофотонная ионизация атомов. Ионизация инертных газов и щелочных металлов достаточно полно изучена как экспериментально, так и теоретически [1, 2]. Заметим сразу, что как инертные, так и щелочные атомы имеют ту специфику, что у них второй электрон по отношению ко внешнему сильно связан, а у щелочных металлов находится в другой оболочке. Поэтому во всех известных работах исследовалось образование однократных ионов под действием лазерного излучения. Недавно нами [3] исследовалась многофотонная ионизация щелочноземельных атомов и было замечено, что наряду с однократными ионами образуются и двукратные ионы. В связи с этим представляет интерес исследовать ионизацию других атомов, имеющих приблизительно такое же соотношение энергий связи между электронами, как у щелочноземельных атомов, а конфигурацию основных состояний другую. Таким требованиям удовлетворяет группа лантаноидов, однако в экспериментальном отношении оказался более удобным атом самария.

Эксперименты проводились методом пересекающихся пучков излучения лазера и атомов. Основными узлами установки [4] являются неодимовый лазер, генерирующий в максимуме линий люминесценции (энергия излучения 1.5 Дж, длительность 25 нс), вакуумная камера, в которой находятся источник атомного пучка эффузионного типа и время-пролетный масс-спектрометр, система регистрации одиночных ионных импульсов. Концентрация атомов самария в месте пересечения пучков была $10^{10} - 10^{11}$ ат/см³, а давление остаточных газов в камере во время экспериментов не выше $2 \cdot 10^{-6}$ тор.

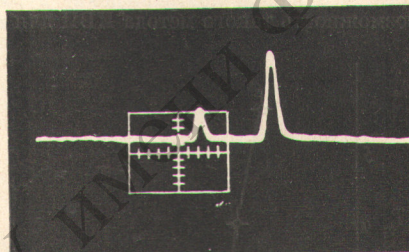
На рисунке представлена типичная фотография импульсов ионных токов, наблюдаемых на экране осциллографа С8-2 при многофотонной ионизации атомов самария. Развертка осциллографа запускалась синхронно с импульсом излучения лазера. В случае перекрытия атомного пучка заслонкой эти импульсы не наблюдаются. При изменении напряжения на вытравливающих и ускоряющих электродах масс-спектрометра, концентрации атомов в пучке, а также интенсивности лазерного излучения в небольших пределах соотношение между временами прихода этих импульсов сохраняется и равно $\sqrt{2}$. После анализа условий и результатов экспериментов, приняв во внимание, что скорость, приобретаемая двукратными ионами в постоянном электрическом поле в $\sqrt{2}$ раза больше, чем у однократных, мы пришли к выводу, что первый импульс на осциллограмме обусловлен за счет двукратного иона самария, второй — однократного.

Основными состояниями однократного и двукратного ионов самария являются уровни $4f^6 6s^2 8F_{7/2}$, $4f^6 7F_0$, имеющие энергии 5.63 и 16.70 эВ по отношению к основному состоянию атома. Ионы Sm^{2+} могут возникать за счет 15-фотонной ионизации атома самария или же 10-фотонной ионизации ионов (число фотонов k_0 равно целому числу от выражения $\langle J(\hbar\omega)^{-1} + 1 \rangle$, где J — потенциал ионизации атома или иона). Двукратные ионы самария могут возникать в принципе из основного состояния атома или иона, но принимая во внимание то, что концентрация ионов мала по сравнению с концентрацией атомов, мы предполагаем, что их образование происходит преимущественно с основного состояния атома. Вопрос о том, каким образом амплитуды ионных токов зависят от интенсивности лазерного излучения является предметом дальнейшего исследования.

Автор благодарен И. П. Запесочному за постоянный интерес к работе и многочисленные полезные обсуждения, а И. С. Алексахину за советы, принятые во внимание при подготовке рукописи к опубликованию.

Литература

- [1] Н. Б. Делоне. Усп. физ. наук, 415, 361, 1975.
 [2] Abstracts of Contributed Papers. II Conference on Interaction of Electrons with Strong Electromagnetic Field (C. I. E. S. E. F.) Budapest, 1975.



Осциллограмма импульсов ионных токов.

Развертка 2.5 мкс/дел.

- [3] В. В. Суран, И. П. Запесочный. Письма ЖТФ, 1, 973, 1975.
 [4] В. В. Суран. В сб.: Материалы научной конференции аспирантов и молодых ученых. Секция физ. наук, 29, 1975, деп. в ВИНТИ от 3.9.75 г., 2579—75.

Поступило в Редакцию 24 февраля 1976 г.

УДК 539.196.6

НАБЛЮДЕНИЕ ДИССОЦИАЦИИ МОЛЕКУЛ MoCl_5 В ИМПУЛЬСНОМ РАЗРЯДЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫМ МЕТОДОМ

А. М. Шухтин, В. Г. Мишаков и Н. И. Фогель

В предыдущей работе [1] нами сообщалось о наблюдении больших концентраций свободных атомов меди (до $7 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$) после прохождения импульса тока через разрядную трубку, заполненную парами галогенидов меди. При плотностях тока порядка 100 А/см^2 имела место высокая степень диссоциации молекул галогенидов меди. В работе [1] высказывалось предположение о перспективности такого метода импульсного введения паров (ИВП) металлов в рабочий объем для создания оптически активных сред, что нашло подтверждение в ряде работ [2-4]. Представляет интерес выяснить возможность такого метода ИВП для получения рабочих сред на основе самых трудно-испаримых металлов, таких как Mo, W, Ta и др. Галогениды этих металлов легко летучи, однако сложность их строения требует специального исследования возможности эффективной диссоциации этих соединений в импульсном разряде.

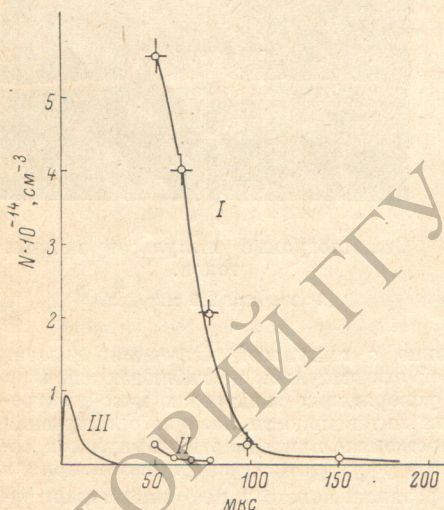
В настоящей работе проводилось количественное определение концентрации свободных атомов молибдена, возникающих при прохождении сильноточного импульсного разряда через пары пятихлористого молибдена.

Пары MoCl_5 создавались в стеклянной разрядной трубке (длина 25 см, внутренний диаметр 14—24 мм). Температура трубки с помощью печи задавалась от 30 до 100°C , чему соответствует упругость насыщающих паров MoCl_5 порядка одного тора [5].

Импульс тока возникал при разряде конденсатора ($C=2 \text{ мкф}$) через тиратрон. Длительность импульса тока 10 мкс, амплитуда около 100 А.

Трубка заполнялась балластными газами He, Ne, H_2 , O_2 при давлениях 1—10 тор. Концентрация нормальных атомов молибдена N_{Mo} определялась методом крюков Рождественского в различные моменты t после окончания импульса тока с временным разрешением 3 мкс. Одновременно регистрировалась концентрация метастабильных атомов молибдена $N_{\text{мет}}$ в состояниях a^5D .

Типичные зависимости $N_{\text{Mo}}(t)$ и $N_{\text{мет}}(t)$ при температуре паров 50°C приведены на рисунке.



Зависимость концентрации нормальных атомов молибдена (I) и атомов молибдена в метастабильном состоянии (II) от времени после начала импульса (III — форма импульса тока).

Температура паров MoCl_5 — 50°C , давление балластного газа He — 1 тор, напряжение на конденсаторе — 7.5 кВ, диаметр разрядной трубки — 14 мм.

Сформулируем основные результаты.

Максимальная концентрация нормальных атомов молибдена, равная $7.1 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, зарегистрирована при температуре печи 100°C спустя 50 мкс после начала импульса. Такая концентрация соответствует давлению насыщающих паров Mo при температуре 3400°C . Указанное значение не является предельным и легко может быть повышено при увеличении температуры рабочего объема с одновременным повышением плотности разрядного тока.

Время существования паров Mo в рабочем объеме порядка 50 мкс, что значительно меньше аналогичного времени для паров меди.

Степень диссоциации соли MoCl_5 в условиях эксперимента составляет 10—20% и может быть увеличена за счет увеличения разрядного тока. Однако возникающие при этом пространственные неоднородности приводили к размытию интерферограмм