

ПРОЦЕСС ДВОЙНОЙ МНОГОФОТОННОЙ ИОНИЗАЦИИ АТОМА СТРОНЦИЯ

И.С.Александрин, И.П.Занесочный, В.В.Суран

Приводятся результаты исследований многофотонной ионизации атомов стронция неодимового лазера. Определены степени нелинейности процессов образования однозарядных ($K^+ = 5,0 \pm 0,2$) и двухзарядных ионов ($K^{2+} = 10,1 \pm 0,6$). Предполагается, что двухзарядные ионы образуются с основного состояния атома путем одновременного отрыва внешних электронов.

При многофотонной ионизации атомов во всех ранее исследованных случаях наблюдались однократно заряженные ионы [1]. Недавно мы наблюдали образование двухзарядных ионов при многофотонной ионизации атомов стронция и бария [2,3]. В принципе двухзарядные ионы могут образовываться при ионизации атома из основного состояния (двойная ионизация) или при ионизации однозарядного иона (каскадная ионизация). Результаты данной работы доказывают существование процесса двойной ионизации атома стронция.

Эксперименты проводились методом пересекающихся пучков излучения лазера и атомов. Неодимовый лазер с модуляцией добротности работал в режиме генерации одной поперечной и многих продольных мод, причем пространственно-временное распределение излучения лазера не менялось во время экспериментов. Достигалась максимальная напряженность поля лазерного луча в области пересечения пучков около $6 \cdot 10^6$ в. см⁻¹. Концентрация атомов в пучке составляла $10^{10} - 10^{11}$ см⁻³.

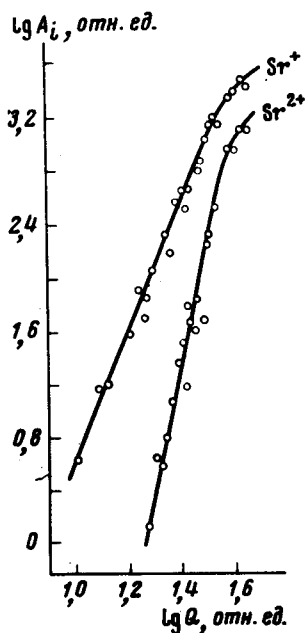
Экспериментально изучались зависимости числа одно-и двухзарядных ионов от интенсивности лазерного излучения. Результаты эксперимента приведены на рисунке в логарифмических координатах с учетом чувствительности вторично-электронного умножителя к одно-и двухзарядным ионам стронция.

Аппроксимация экспериментальных данных степенным законом, выполненная методом наименьшим квадратов, дала показатель степени $K^+ = 5,0 \pm 0,2$ для однозарядных ионов и $K^{2+} = 10,1 \pm 0,6$ для двухзарядных ионов¹⁾. Отсюда следует, что наблюдаемая на опыте зависимость выхода однократно заряженных ионов от интенсивности излучения соответствует пятифотонному характеру этого процесса ($J = 5,7$ эв, $\hbar\omega = 1,17$ эв).

Более подробно рассмотрим процесс образования двухзарядных ионов стронция. При каскадном процессе образования двухзарядных

¹⁾ Отметим, что при максимальной интенсивности, осуществленной в данном эксперименте, число образующихся одно-и двухзарядных ионов было примерно одинаково.

ионов ($Sr + 5\hbar\omega \rightarrow Sr^+ + e; Sr^+ + 10\hbar\omega \rightarrow Sr^{2+} + e$) выход ионов определяется произведением вероятностей указанных процессов, т.е. $N_i^{2+} \sim F^{15}$. При большой эффективности второго процесса наблюдаемое число однократно заряженных ионов должно отклоняться в меньшую сторону от закона $N_i^+ \sim F^5$. Как видно из экспериментальных данных, приведенных на рисунке, оба указанных выше эффекта не имеют места. Наблюдается зависимость $N_i^{2+} \sim F^{10}$; при больших интенсивностях, когда образование одно и двухзарядных ионов примерно одинаково, отклонений от зависимости $N_i^+ \sim F^5$ не наблюдается. Эти данные позволяют нам утверждать, что наблюдается процесс двойной ионизации из основного состояния.



Зависимости амплитуд сигналов одно- и двухзарядных ионов стронция от энергии излучения

Процесс одновременного отрыва двух электронов под действием сильного светового поля пока даже качественно не описан теоретически. С нашей точки зрения большое различие между энергией, которую необходимо передать атому при двойной ионизации, и энергией, передаваемой при каскадной ионизации, может быть объяснено лишь при наличии автоионизационного характера процесса двойной ионизации или в случае сильного возмущения атомного остатка.

В заключение мы хотим обратить внимание, что при электронном возбуждении и фотопоглощении атома стронция процесс двойного возбуждения происходит с большой эффективностью [4, 5].

Авторы выражают искреннюю признательность сотрудникам ФИАН им. П.Н.Лебедева, Н.Б.Делоне, Г.А.Делоне за обсуждение результатов данной работы.

Ужгородский
государственный университет

Поступила в редакцию
7 мая 1977 г.

Литература

- [1] Н.Б.Делоне. УФН, 115, 361, 1975.
 - [2] В.В.Суран, И.П.Запесочный. Письма в ЖЭТФ, 1, 973, 1975.
 - [3] И.С.Алексахин, И.П.Запесочный, В.В.Суран. УФЖ, 21, 1383, 1976.
 - [4] В.П.Стародуб, И.С.Алексахин, И.И.Гарга, И.П.Запесочный, Оптика и спектроскопия. 35, 1037, 1973.
 - [5] R.O.Hudson, L.I.Kieffer. Atomic data, 2, 205, 1971.
-