

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПРОЦЕССА МНОГОФОТОННОЙ ИОНИЗАЦИИ АТОМОВ ГЕЛИЯ, ВОЗБУЖДЕННЫХ В 2S-СОСТОЯНИИ

И. Бакош, М. Л. Нагаева, В. Г. Овчинников, Д. Рубин

УДК 533.92

Экспериментально исследовалась трехфотонная ионизация атомов гелия, возбужденных в метастабильные состояния, в зависимости от частоты излучения рубинового лазера. Оценены величины сечений трехфотонной ионизации, а также отношение сечений ионизации синглетных и триплетных метастабильных атомов.

Метастабильные атомы гелия получались в разряде постоянного тока ($J \sim 5$ ма) в трубке, наполненной гелием до давления в несколько мм рт. ст. Периодически разряд в трубке выключался, и плазма послесвечения разряда облучалась светом рубинового лазера. В момент выключения разряда плотность метастабильных атомов, измеренная методом поглощения, имела величину $\sim 10^{12}$ см⁻³. Ионы, образованные в плазме лазерным излучением, фиксировались эсдовской методикой /1/.

Несмотря на сильное различие синглетных и триплетных спектров, ионизация состояний 2^1S и 2^3S происходит в обоих случаях за счет поглощения трех квантов излучения рубинового лазера.

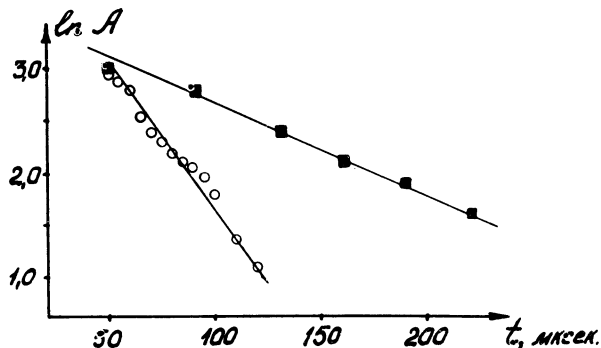
Времена жизни метастабильных синглетных и триплетных атомов в плазме послесвечения разряда, измеренные методом поглощения света от вспомогательного источника, равны

$$\tau(2^1S) = 39,3 \pm 3,3 \text{ мксек.}$$

$$\tau(2^3S) = 81,5 \pm 8,8 \text{ мксек.}$$

Использованная экспериментальная аппаратура позволяла нам облучать плазму послесвечения разряда лазерным излучением при

различных временах задержки по отношению к моменту погашения разряда в пределах до 600 мксек (с точностью ± 1 мксек). Таким образом, можно измерить зависимость амплитуды ионного сигнала от времени задержки и из сопоставления с постоянными распада установить, из какого метастабильного состояния происходит ионизация.



Р и с. 1. Зависимость выхода ионов А (усл. ед.) от времени задержки t

■ $\nu = 14407 \text{ см}^{-1}$, $\tau(70 \pm 13) \text{ мксек}$

○ $\nu = 14418 \text{ см}^{-1}$, $\tau(34,4 \pm 3,3) \text{ мксек}$

Мы поставили эксперименты, в которых изменялась частота излучения рубинового лазера от $\nu = 14407 \text{ см}^{-1}$ до $\nu = 14418 \text{ см}^{-1}$. Для каждой фиксированной частоты излучения измерялись зависимости выхода ионов от времени задержки между импульсом разряда и гигантским импульсом лазера (см. рис.1), абсолютная величина ионного сигнала и интенсивность лазерного излучения. Из данных эксперимента (рис.1) видно, что при частоте излучения $\nu = 14407,2 \text{ см}^{-1}$ доминирует процесс образования ионов из триплетного состояния ($\tau = (70 \pm 13) \text{ мксек}$), а при частоте $\nu = 14418,6 \text{ см}^{-1}$ доминирует процесс образования ионов из синглетного состояния ($\tau = (34,4 \pm 3,3) \text{ мксек}$). В указанном выше диапазоне частот при частоте излучения $\nu = 14412,3 \text{ см}^{-1}$ наблюдался процесс образования ионов из обоих метастабильных состояний. Это позволило нам с хорошей точностью оценить отношение сечений ионизации, используя лишь данные об амплитудах ионных сигналов, постоянных распада и плот-

ности метастабильных атомов. При указанной частоте отношение сечений ионизации $\alpha(2^1s)/\alpha(2^3s) = 10 \pm 2$. Оценка сечений процессов ионизации из синглетного и триплетного состояний во всем исследованном диапазоне изменения частоты излучения дает величину

$$\alpha = 10^{-73 \pm 2} \text{ см}^6 \text{ сек}^2.$$

Расчеты, проведенные методом теории возмущений, дают величины сечений процесса трехфотонной ионизации из состояний 2^1s и 2^3s в широком диапазоне изменения частот излучения /2/. В случае ионизации из состояния 2^3s интересующая нас область частот соответствует межрезонансному минимуму, а в случае ионизации из состояния 2^1s эта область очень близка к резонансу с состоянием 6^1s (статическая расстройка $\sim 30 \text{ см}^{-1}$). Расчет для $\nu = 14412 \text{ см}^{-1}$ дает величину сечения трехфотонной ионизации синглетного метастабильного состояния $\alpha(2^1s) \sim 10^{-77} \text{ см}^6 \text{ сек}^2$, которая на четыре порядка превышает величину сечения ионизации триплетного состояния. С точки зрения теории нельзя было объяснить наблюдение преимущественной ионизации из триплетного состояния, а также абсолютную величину наблюдаемого сечения.

Таким образом, как абсолютные величины сечений ионизации $2S$ -состояний, так и отношение сечений ионизации при частоте излучения $\nu = 14412 \text{ см}^{-1}$, а также преобладание ионизации из триплетного состояния при частоте излучения $\nu = 14407 \text{ см}^{-1}$ не согласуются с результатами расчетов /2/. Между тем, как известно /3/, расчеты, выполненные тем же методом, хорошо описывают двух- и пятифотонные сечения ионизации атомов щелочных металлов из основного состояния. Наш случай отличается от случая ионизации щелочных атомов характером начального состояния, спектром промежуточных связанных состояний, а также близостью резонанса в случае ионизации синглетного метастабильного состояния.

Авторы благодарят профессора М. С. Рабиновича, Г. А. Делоне и Н. Б. Делоне за постоянное внимание к работе, ценные обсуждения и замечания.

Поступила в редакцию
13 апреля 1973 г.

Л и т е р а т у р а

1. Й. Бакш, Й. Контор, А. Кш. Письма в ЖЭТФ, 12, 371 (1971).
Й. Бакш, И. Контор, А. Кш. Препринт ФИАН № 122, 1970 г.
2. В. А. Давыдкин, Б. А. Зон, Н. Л. Манаков, Л. П. Рапопорт.
ЖЭТФ, 61, 124 (1971). Б. А. Зон, Н. Л. Манаков, Л. П. Рапопорт, ЖЭТФ, 61, 968 (1971).
3. Г. А. Делоне. Invited Papers of the Conference on the Interaction of Strong Electromag. Field with Electrons, p.77, Budapest, 1973.