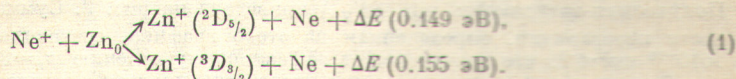


ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕЗАРЯДКИ И ПЕННИНГОВСКОЙ ИОНИЗАЦИИ В ИМПУЛЬСНОМ РАЗРЯДЕ В СМЕСИ НЕОН—ЦИНК

В. А. Картазаев, Ю. А. Пиотровский и Ю. А. Толмачев

В работе [1] было высказано предположение о возможности заселения $4d^2D_{3/2, 3/2}$ -уровней иона цинка в результате нерезонансной перезарядки иона Ne^+ на атоме Zn_0



Измеренное автором этой работы полное сечение процесса (1) оказалось равным $\sigma = 2.3 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2$. Соотношение между парциальными сечениями возбуждения каждого из подуровней тонкой структуры в результате реакции (1) было определено в работе [2] и оказалось равным $\sigma(^2D_{3/2})/\sigma(^3D_{3/2}) > 2.6$. Поскольку разница в дефектах энергии при возбуждении уровней $Zn^+(^2D_{3/2})$ и $Zn^+(^3D_{3/2})$ составляет всего 0.006 эВ, можно было бы ожидать, что сечения будут относиться как статистические веса соответствующим

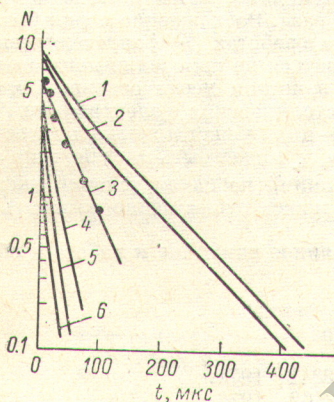


Рис. 1. Изменение заселенности уровней Zn^+ в послесвечении разряда в смеси $Ne-Zn$ при $P_{Ne} = 4 \text{ тор}$, $N(Zn) = 3 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$, $\tau_{имп} = 20 \text{ мкс}$, $i = 200 \text{ мА}$.

1 — $Zn^+(4d^2D_{3/2})$, 2 — $Zn^+(4d^2D_{5/2})$, 3 — $Ne(^3P_2)$, 4 — $Zn^+(4f^2F_{7/2, 5/2})$, 5 — $Zn^+ \times (5p^2P_{3/2, 1/2})$, 6 — $Zn^+(5s^2S_{1/2})$.

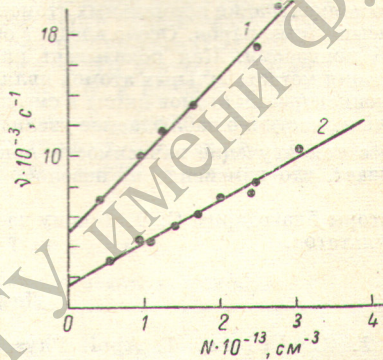


Рис. 2. Зависимость вероятности разрушения метастабильных атомов $Ne(^3P_2)$ (1) и ионов Ne^+ (2) от концентрации цинка.

щих уровней. Однако полученная в работе [2] величина отношения почти в 2 раза превосходит это значение.

Реакция (1) исследовалась нами в послесвечении импульсного разряда в смеси неон—цинк. Разрядная трубка имела диаметр 20 мм, длина исследуемой части вертикального столба составляла 200 мм. Давление неона 2 и 8 тор, давление цинка 10^{-2} – 10^{-2} тор. Сила разрядного тока не превышала 400 мА, длительность импульса возбуждения 10–50 мкс. Регистрация излучения осуществлялась методом счета фотонов. Относительная чувствительность системы регистрации в области 200–300 нм была измерена с помощью водородной лампы ДВС-25. Исследовался распад заселенности уровней $4s^2S_{1/2}$, $5p^2P_{3/2, 1/2}$, $4d^2D_{3/2, 3/2}$, $4f^2F_{7/2, 5/2}$ иона цинка по изменению яркости спектральных линий, испускаемых при переходах с этих уровней.

Типичные кривые распада заселенности исследуемых состояний показаны на рис. 1. Как видно из этого рисунка, лишь яркость линий $\lambda = 210.0 \text{ нм}$ ($4f^2D_{3/2} - 4p^2P_{3/2}$), $\lambda = 206.5 \text{ нм}$ ($4d^2D_{3/2} - 4p^2P_{3/2}$) и $\lambda = 210.3 \text{ нм}$ ($4f^2D_{3/2} - 4p^2P_{3/2}$) характеризуется длительным послесвечением, составляющим сотни микросекунд. Яркость остальных линий убывает с характерным временем 20–40 мкс. Следовательно, в результатах реакции (1) происходит заселение только $4d^2D_{3/2, 3/2}$ -уровней Zn^+ . Состояния $5s^2S_{1/2}$ и $5p^2P_{3/2, 1/2}$ заселяются, по-видимому, в результате электронного возбуждения из основного состояния иона цинка. Спад заселенности этих состояний в послесвечении связан с термализацией быстрых электронов. Наблюдаемое в опыте отступление зависимости заселенности уровней $4d^2D_{3/2, 3/2}$ от экспоненциальной в начальной стадии послесвечения вызвано тем, что эти состояния, помимо перезарядки, заселяются в результате электронного возбуждения и каскадных переходов с $4f$ - и $5p$ -состояний.

Отношение сечений перезарядки на $4d^2D_{3/2}$ - и $4d^2D_{5/2}$ -уровни Zn^+ было получено нами из измерений яркости линий $\lambda=210.0, 206.5$ и 210.3 нм: $\sigma(^2D_{3/2})/\sigma(^2D_{5/2})=2.9 \pm 0.3$. Эта величина согласуется с данными работы [2]. Для того чтобы исключить возможность перемешивания рассматриваемых состояний за счет столкновений с нормальными атомами неона и электронами, измерения проводились при давлении неона 2 и 8 тор, ток в импульсе менялся от 50 до 40 мА. В пределах ошибок измерений отношение $\sigma(^2D_{3/2})/\sigma(^2D_{5/2})$ оставалось постоянным и не зависело ни от давления, ни от тока.

Для определения полного сечения перезарядки нами была измерена зависимость эффективной вероятности затухания $\nu_{эфф.}$ линий Zn^+ от концентрации атомов цинка. Плотность нормальных атомов цинка измерялась по поглощению резонансной линии $\lambda=307.6$ нм. В качестве вспомогательного источника использовалась лампа СМЦ-2. Полученная зависимость $\nu_{эфф.}(N_{Zn})$ приведена на рис. 2. Суммарная константа скорости перезарядки, определенная из этого графика, составила $\langle \sigma v \rangle_{II} = (2.8 \pm 0.3) \times 10^{-10} \text{ см}^3 \cdot \text{с}^{-1}$, что соответствует эффективному сечению $\sigma_{II} = 3.1 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2$.

Одновременно с исследованием послесвечения линий цинка нами была измерена зависимость от времени заселенности метастабильных атомов неона. В дальнейшем послесвечении концентрации атомов на уровнях $Ne(^3P_0, 2)$ убывает по экспоненциальному закону с вероятностью, пропорциональной концентрации нормальных атомов цинка (рис. 2). Константы пеннинговской ионизации для обоих метастабильных атомов совпадают в пределах ошибок эксперимента и равны $\langle \sigma v \rangle = (5.2 \pm 0.5) \cdot 10^{-10} \text{ см}^3 \cdot \text{с}^{-1}$, эффективные сечения пеннинговской ионизации $\sigma = 5.8 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2$.

Полученные нами значения сечений перезарядки и пеннинговской ионизации превосходят данные работ [1, 3] примерно в 1.3 раза. Расхождение может быть вызвано тем, что концентрация нормальных атомов цинка в работах [1, 3] определялась по давлению насыщенных паров. Особо следует остановиться на измерении константы пеннинговской ионизации. Как показывает рис. 2, в чистом неоне основным механизмом разрушения метастабильных атомов являются столкновения с электронами [4]. Увеличение концентрации атомов цинка в смеси неон—цинк может приводить к росту n_e , следовательно, частично наблюдаемое увеличение $\nu_{эфф.}$ может быть вызвано этим эффектом. Вместе с тем изучение зависимости яркости линий неона от условий эксперимента показывает, что изменение n_e невелико и не может существенно изменить значение $\langle \sigma v \rangle$.

Авторы благодарны С. Э. Фришу за постоянное внимание к работе и обсуждение ее результатов.

Литература

- [1] G. J. Collins. J. Appl. Phys., 42, 3812, 1971.
- [2] D. L. Chubb. J. Appl. Phys., 47, 2462, 1976.
- [3] L. A. Riseberg, L. D. Scheerer. Phys. Lett., A35, 269, 1971; Phys. Rev., A8, 1962, 1973.
- [4] A. V. Phelps. Phys. Rev., 114, 1011, 1959.

Поступило в Редакцию 21 июля 1977 г.

УДК 535.34-14

МИЛЛИМЕТРОВЫЙ СПЕКТР МОЛЕКУЛЫ ФОСФИНА В ВОЗБУЖДЕННЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЯХ

$\nu_2=1$ и $\nu_4=1$

Б. А. Андреев, С. П. Белов, А. В. Буренин, Л. И. Герштейн,
А. Ф. Крупнов, А. В. Масловский и С. М. Щагин

Методами микроволновой спектроскопии спектр молекулы фосфина исследовался ранее только в основном колебательном состоянии [1, 2]. Нами с помощью радиоспектроскопа с акустическим детектором (РАД) [3] проведено исследование вращательного перехода $J=0 \rightarrow 1$, $\Delta k=0$ в основном и возбужденных колебательных состояниях $\nu_2=1$ и $\nu_4=1$ для основной изотопической комбинации молекулы PH_3 . Измерения частот линий проводились при комнатной температуре и давлении газа в ячейке 0.5 тор. Поскольку рабочее давление было довольно значительным, то для исключения возможной систематической ошибки был исследован сдвиг центров линий от давления. Для этого дополнительно были измерены частоты центров линий в основном и возбужденном колебательных состояниях $\nu_2=1$ при давлениях 1 и 2 тора. Одновременно для всех трех линий была измерена столкновительная полуширина и для линии в основном колебательном состоянии был измерен коэффициент поглощения, согласно методике, приведенной в работе [4]. Экспериментальные результаты приведены в табл. 1, причем