

СЕЧЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ РЕЗОНАНСНОЙ ПЕРЕЗАРЯДКИ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ, СТРОНЦИЯ И БАРИЯ

Г. С. Панев, О. Б. Шпеник

Предложена новая методика измерения полных сечений перезарядки ионов на атомах и изучены энергетические зависимости сечений резонансной перезарядки ионов Ca^+ , Sr^+ и Ba^+ от 6 до 1000 эв, на которых обнаружены регулярные осцилляции.

В настоящей работе сообщаются впервые полученные данные по резонансной перезарядке ионов щелочноземельных элементов. Для исследования этого процесса применена оригинальная аппаратура, имеющая значительные преимущества перед известными методами, которые особенно проявляются в области малых энергий взаимодействующих частиц. Идея нашего способа измерений заключается в использовании квадрупольного конденсатора в качестве детектора медленных ионов перезарядки, см. рис. 1.

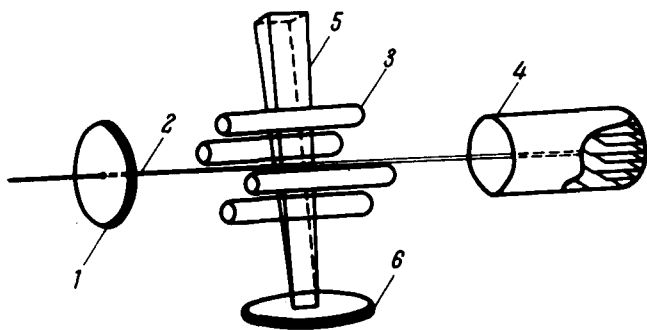


Рис. 1. Схема расположения детектора ионов перезарядки в области взаимодействия пучков

Хорошо сформированный ионно-оптической системой (1) цилиндрический пучок ионов (2) проходит вдоль оси квадрупольного конденсатора (3) и попадает в глубокий цилиндр Фарадея (4). Между электродами конденсатора перпендикулярно к ионному пучку пропускается пучок нейтральных атомов (5), формируемый эффузионным источником (6). Взаимодействие пучков происходит в области их пересечения. На электроды квадруполя подается небольшая постоянная разность потенциалов таким образом, что потенциалы двух соседних электродов одинаковы по величине, но противоположны по знаку. Это приводит к возникновению электрического поля в пространстве квадруполя, которое является поперечным к ионному пучку и имеет гиперболическое, аксиально симметричное распределение. Поскольку вдоль и вблизи оси конденсатора поле практически отсутствует, то через него можно пропускать пучок ионов с очень низкой энергией — порядка нескольких электрон-вольт.

С другой стороны, возникающие при столкновениях медленные ионы перезарядки, а также электроны и ионы, образовавшиеся в результате сопутствующих неупругих процессов, извлекаются нарастающим в сторону электродов квадруполя электрическим полем и собираются соответствующими парами электродов. Таким образом, вышеописанный способ детектирования ионов перезарядки, сочетает достоинство как метода плоского конденсатора, так и метода цилиндра и устраняет присущие каждому из них в отдельности недостатки [1].

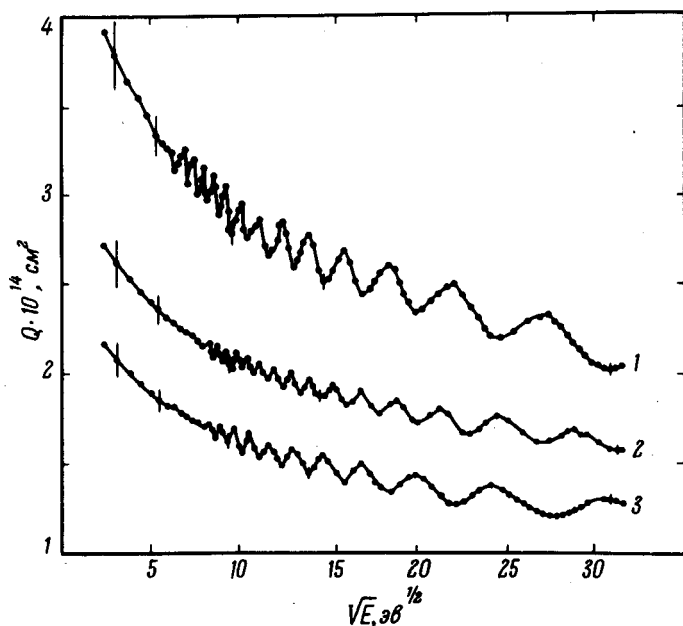


Рис. 2. Эффективные сечения резонансной перезарядки:
1 — $\text{Ba}^+ + \text{Ba}$, 2 — $\text{Sr}^+ + \text{Sr}$, 3 — $\text{Ca}^+ + \text{Ca}$

Измерения резонансной перезарядки ионов Ca^+ , Sr^+ и Ba^+ проводились в диапазоне кинетических энергий от 1000 до 6 эВ при токе пучка первичных ионов $(2 \div 8) \cdot 10^{-8}$ а и энергетическом разбросе 2 — 4 эВ (на полувысоте кривой распределения). Концентрация частиц в атомном пучке в месте пересечения была равной примерно 10^{11}см^{-3} . Абсолютные сечения были получены путем калибровки измерительной аппаратуры по известным сечениям ионизации атомов исследованных элементов электронным ударом [2]. Ошибка в определении абсолютных сечений перезарядки составляла 30%, в то время как погрешность измерений относительного хода энергетической зависимости вероятности процесса была —2 —6%.

Результаты эксперимента представлены на рис. 2. Как видно, эффективное сечение резонансной перезарядки в общем монотонно возрастает с уменьшением энергии взаимодействия и при энергии ионов 6 эВ достигает величины $2,2 \cdot 10^{-14} \text{см}^2$, $2,7 \cdot 10^{-14} \text{см}^2$ и $3,9 \cdot 10^{-14} \text{см}^2$ для Ca^+ , Sr^+ и Ba^+ соответственно.

Другим важным результатом наших исследований является обнаружение четкой осцилляционной структуры на энергетических зависимостях сечения процесса для всех трех пар взаимодействующих частиц. Примечательной особенностью этой структуры является ее исключительно высокая регулярность: в шкале обратных скоростей все ее многочисленные максимумы располагаются на одних и тех же расстояниях друг от друга, т. е. они эквидистантны (см. рис. 3).

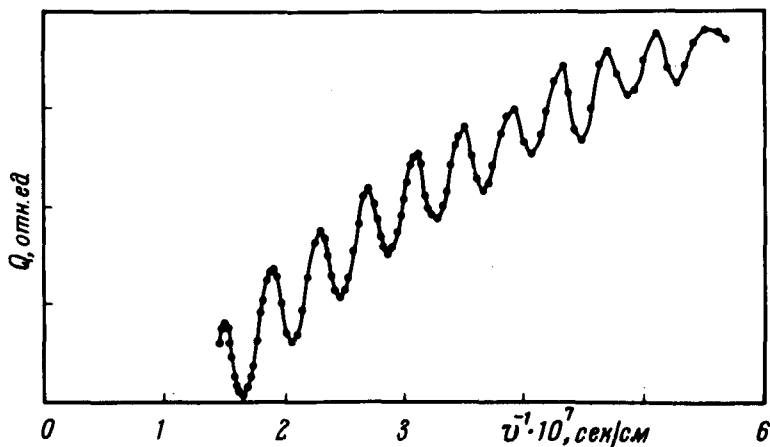


Рис. 3. Сечение резонансной перезарядки иона Ca^+ в зависимости от обратной скорости

Предварительный анализ тонкой структуры сечений резонансной перезарядки исследованных ионов показал, что осциллирующая часть энергетической зависимости сечения (представляющая собой разность между экспериментальной кривой и ее плавно меняющимся компонентом) может быть описана сравнительно простой аналитической формулой типа

$$Q_{\text{осц}} = A(v) \cos(\beta v^{-1} - \delta),$$

где v — скорость налетающего иона, $A(v)$ — амплитуда, β — частота, δ — фазовая константа осцилляций. При этом значения всех параметров в каждом конкретном случае могут быть вычислены с достаточной точностью на основе полученных экспериментальных данных.

Полное рассмотрение методики измерений, детальное обсуждение полученных результатов по резонансной перезарядке ионов щелочноземельных элементов и интерпретация осцилляционной структуры на энергетических зависимостях процесса будут даны в последующих публикациях.

Авторы выражают благодарность И.П.Запесочному за постановку задачи и руководство работой, А.Н.Завилопуло — за участие в подготовке и проведении экспериментов.

Ужгородский
государственный университет

Поступила в редакцию
11 ноября 1973 г.
11 января 1974 г.

Литература

- [1] Дж. Хастед. Сб. Атомные и молекулярные процессы, М., изд. Мир, 1964.
 - [2] Л.А.Вайнштейн, В.И.Очкур, В.И.Раховский, А.М.Степанов. ЖЭТФ, 61, 2, 511, 1971.
-