

ЗАВИСИМОСТЬ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ БЫСТРЫХ ИОНОВ ОТ УГЛА ВЫЛЕТА ПРИ РАССЕЯНИИ НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА

С. Ю. Лукьянов, В. М. Чичеров

В настоящее время нейтрализацию ионов на поверхности металла принято рассматривать с помощью модели, в которой поверхность мишени считается идеально однородной и гладкой, ее электронные свойства описываются по Зоммерфельду – Ферми, а нейтрализация осуществляется электронами твердого тела, проникающими сквозь потенциальный барьер (см., например, [1]). В этой модели вероятность нейтрализации иона определяется временем его пребывания вблизи поверхности мишени, или, в общем случае движения иона под углом к поверхности, величиной, обратной нормальной составляющей его скорости. Таким образом, вероятность нейтрализации частиц данного сорта, имеющих одинаковые полные скорости, должна определяться их углом вылета.

В опытах, описанных ниже, проверялась применимость этой простой модели к нейтрализации быстрых (скорости $3 - 5 \cdot 10^7$ см/сек) ионов аргона, испытавших рассеяние на атомах верхних слоев платиновой мишени. Применявшаяся экспериментальная методика позволяла измерять потоки быстрых рассеянных частиц, ионов и нейтралов, отвечающих различным углам вылета, причем полная скорость частицы сохранялась постоянной. Мерой потока рассеянных частиц служила высота пика однократного рассеяния в энергетических спектрах однозарядных ионов аргона и нейтральных атомов аргона. Для энергетического анализа рассеянных ионов и нейтралов использовался анализатор, подробно описанный в [2]. Обдирка быстрых нейтральных атомов аргона проводилась в гелии и неоне. Полнота сбора быстрых ионов, образовавшихся при обдирке нейтралов, контролировалась изменением размеров выходной щели камеры обдирки. Дополнительным свидетельством того, что интенсивность быстрых нейтралов измеряется правильно, явилось совпадение результатов, полученных при обдирке в гелии и неоне.

Схема установки приведена на рис. 1. Мишень, схематически, представляла собой срезанный наискось цилиндр, ось которого совпадала с осью пучка ионов, бомбардировавших поверхность среза. Поворот цилиндра вокруг его оси приводит к изменению угла вылета, а, следовательно, и к изменению нормальной составляющей $v_{\perp} = v_0 \sin \psi$ скорости частиц, попадающих на входную щель анализатора. При этом угол рассеяния, а, вместе с ним и полная скорость v_0 этих частиц сохраняются постоянными. Последнее весьма существенно с точки зрения выбранного метода регистрации нейтральной компоненты, поскольку для измерения потока нейтралов, поперечные скорости которых изменяются в довольно широком диапазоне, достаточно знать сечение обдирки при одном значении полной скорости.

На рис. 2 интенсивности ионной и нейтральной компонент рассеяния построены в зависимости от угла вылета ψ . Кривые имеют качественно

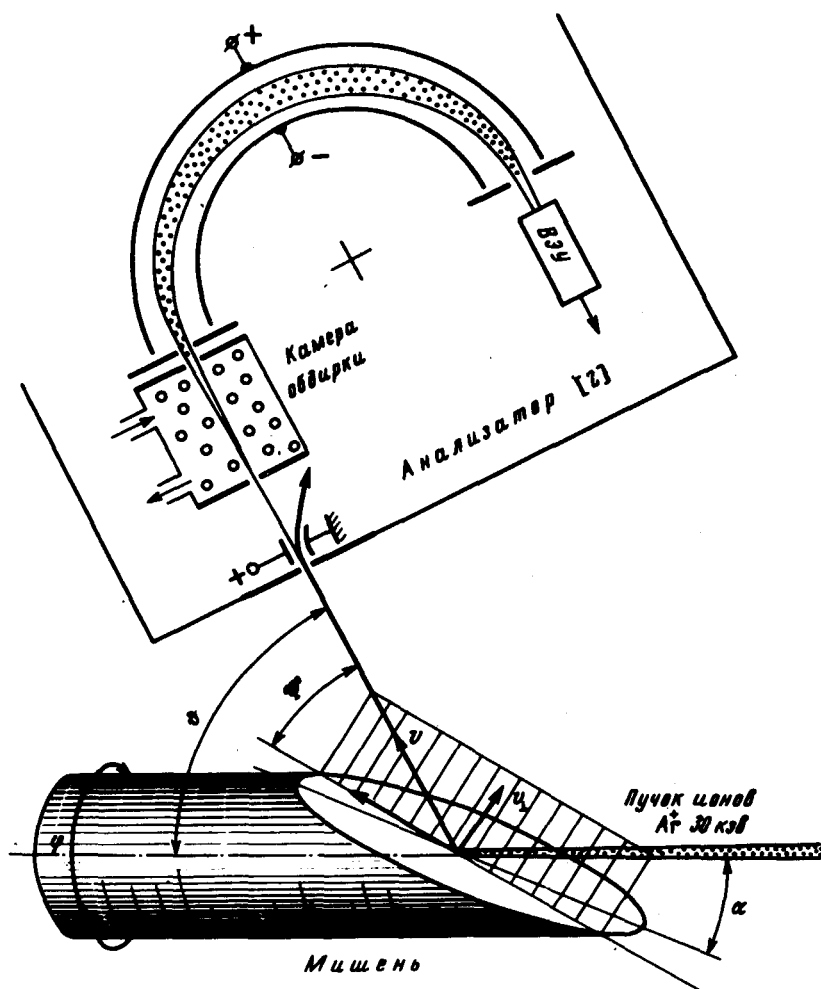


Рис. 1. Схема установки.

разный ход: интенсивность ионов монотонно спадает при переходе к малым углам вылета, а на кривой для нейтралов наблюдается широкий максимум. Это различие свидетельствует о том, что угловые распределения быстрых ионов и быстрых нейтралов, полученные при одинаковых условиях падения ($\alpha = \text{const}$) и рассеяния ($\theta = \text{const}$) существенно различаются между собой.

На рис. 3 приведены зависимости величины $I^+ / (I^0 + I^+)$ от v_{\perp} , измеренные при энергиях бомбардирующих ионов 20, 25 и 30 кэВ. Видно, что результаты отвечающие различным энергиям бомбардирующих ионов практически совпадают. Это свидетельствует о том, что вероятность нейтрализации иона, в основном, определяется нормальной компонентой его скорости. Поэтому рис. 3 можно рассматривать как экспериментальную зависимость $1 - w_0 = f(v)$, где w_0 — вероятность нейтрализации иона. (Интенсивность компонент рассеянного потока, имеющих более высокую зарядность, не превышала 10%).

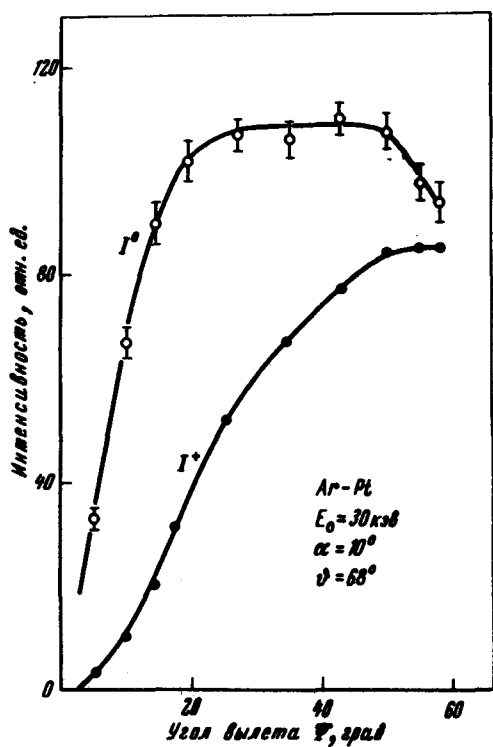


Рис. 2. Интенсивность ионной I^+ и нейтральной I^0 компонент рассеяния в зависимости от угла вылета

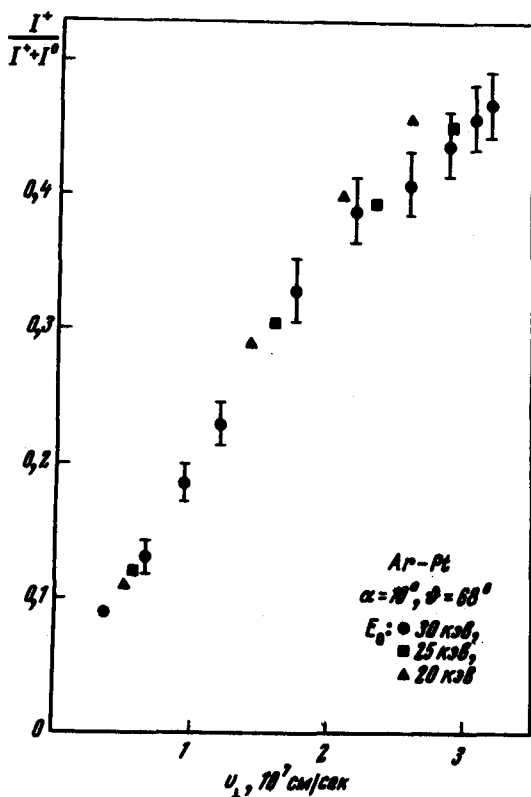


Рис. 3. Зависимость величины $I^+ / (I^0 + I^+)$ ($= 1 - w_0$) от нормальной составляющей скорости удаления частицы от поверхности мишени. E_0 — энергия бомбардирующих ионов

Согласно расчетам работы [3] доля ионизованных частиц в рассеянном потоке должна зависеть от нормальной составляющей скорости по закону $\exp(-a/v)$. (Константа a теорией не определяется). Между тем видно, что результаты рис. 3 не могут быть описаны экспоненциальной зависимостью. В исследованном интервале скоростей величина $I^+/(I^0 + I^+)$ приблизительно линейно возрастает с v_{\perp} . Любопытно отметить, что такую же зависимость наблюдал и Векслер (см., например, [4]), хотя и в совершенно другой области скоростей.

Авторы благодарят С.Н.Звонкова за большую помощь в работе, С.А.Евстигнеева за конструирование ряда деталей установки, О.Б.Фирсова за полезные дискуссии.

Институт атомной энергии
им. И.В.Курчатова

Поступила в редакцию
11 апреля 1973 г.

Литература

- [1] Э.С.Парилис. Второй Всесоюзный симпозиум по взаимодействию атомных частиц с твердым телом. Москва, 9 – 11 октября 1972 г. Сборник докладов, стр. 137.
- [2] В.М.Чичеров. Письма в ЖЭТФ, 16, 328, 1972.
- [3] Ш.Ш.Шехтер. ЖЭТФ, 79, 7509, 1973.
- [4] В.И.Векслер, Б. А.Ципинюк. ЖЭТФ, 60, 1393, 1971.