

Ю. А. ДУНАЕВ и И. П. ФЛАКС

ВТОРИЧНАЯ ЭМИССИЯ ПРИ БОМБАРДИРОВКЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МИШЕНИ МНОГОЗАРЯДНЫМИ ИОНАМИ

(Представлено академиком П. И. Лукирским 4 V 1953)

В настоящей работе исследуется вторичная электронная эмиссия, возникающая при бомбардировке металлических мишеней ионами с различной кратностью заряда. Ионы исследуемого вещества получались в дуговом источнике, работавшем в магнитном поле. Пары вещества из отдельного испарителя подавались в камеру дугового разряда, где они могли ионизоваться мощным потоком электронов. Ускоряющее напряжение можно было плавно изменять от 2 до 18 кв.

После ускоряющего промежутка положительные ионы проходили пространство дрейфа длиной 130 см и попадали в масс-спектрометр, который выделял ионы того или иного сорта и фокусировал пучки их на исследуемую мишень.

Бомбардируемая мишень в виде диска диаметром 15 мм окружалась двумя коаксиальными цилиндрами. Внешний цилиндр имел входную щель шириной 0,5 мм, внутренний 1,5 мм. Внешний цилиндр, на который подавалось +200 в, предохранял мишень от попадания на нее электронов, выбиваемых ионами из краев первой щели.

На внутренний цилиндр подавалось ± 100 в по отношению к мишени, потенциал которой был близок к нулю. При +100 в внутренний цилиндр собирал вторичные электроны с мишени и прибор в ее цепи измерял суммарный ток ионов и вторичных электронов, а при -100 в в цепи мишени проходил только ионный ток.

Мишень подключалась к усилителю, который позволял измерять токи от 10^{-13} до 10^{-9} а.

Коэффициент вторичной эмиссии γ определялся из соотношения:

$$\gamma = \frac{N_e}{N_i} = \frac{I_1 - I_2}{I_2} \cdot Z, \quad (1)$$

где N_e — число выбитых из мишени электронов; N_i — число упавших на нее за то же время ионов; I_1, I_2 — токи, измеряемые при +100 в и -100 в на внутреннем цилиндре; Z — кратность заряда ионов.

Никаких специальных мер по очистке поверхностей мишеней не было предпринято. Но так как эмиссия, вызываемая ионами различного заряда, исследовалась при слабых ионных токах (порядка 10^{-12} — 10^{-11} а) и серии измерений γ для различных ионов можно было производить достаточно быстро одну после другой, то за время измерений состояние поверхности мишени практически не изменялось. Не учитывалась также возможность отражения ионов от мишени.

Вторичная эмиссия исследовалась для металлических мишеней при бомбардировке их ионами Na, Ca, Ba, Sb, Bi, Te различного заряда.

В случае ионов Sb, Bi и Te мишень изготовлялась из того же вещества, ионами которого производилась бомбардировка. Мишень при измерении вторичной эмиссии, вызываемой ионами Na, Ba и Ca, была сделана из чистого никеля.

Результаты измерений представлены на рис. 1. По оси абсцисс отложены величины энергии ионов в кэВ, а по оси ординат — коэффициенты вторичной эмиссии γ для различных сортов ионов в абсолютных единицах. Крестиками обозначены результаты измерений коэффициента γ для однозарядных ионов различных энергий.

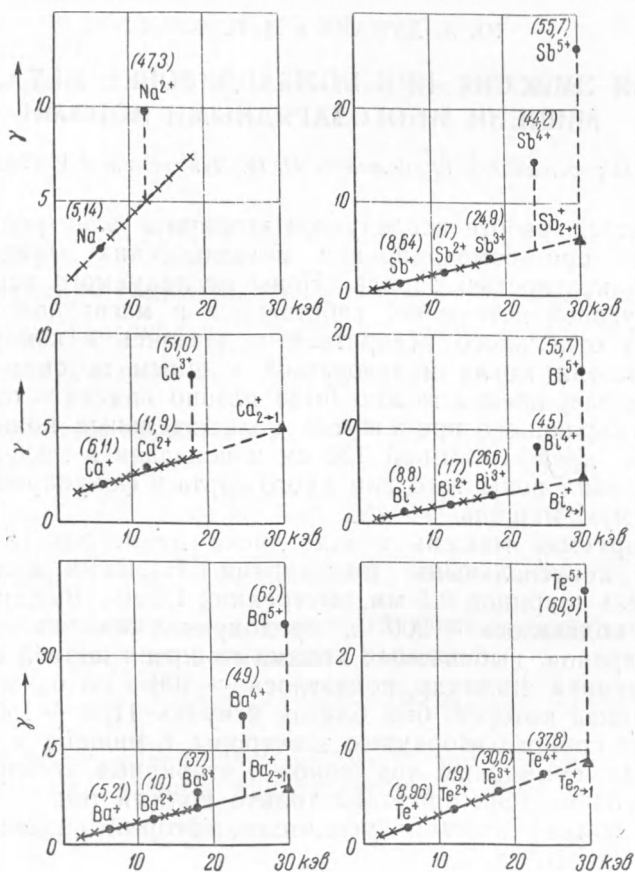


Рис. 1

В изученном интервале значений U_0 (от 2 до 18 кэВ) вторичная эмиссия возрастает с ростом энергии ионов почти линейно.

Для выяснения хода этих кривых в области больших энергий измерялась вторичная эмиссия, вызываемая ударами о мишень однозарядных ионов, возникших в дрейфе в результате перезарядки двухзарядных ионов. Известно, что перезаряженные ионы сохраняют энергию первоначальных двухзарядных ионов и их поэтому легко отделить от неперезаряженных ионов, если пропустить пучок в конце дрейфа через задерживающее поле между сетками с разностью потенциалов между ними $U_3 > U_0$. Результаты измерения γ для перезаряженных ионов обозначены на рис. 1 черными треугольниками. Энергия такого перезаряженного иона, естественно, соответствует удвоенному значению ускоряющей разности потенциалов $2U_0$.

Вычисленные по формуле (1) величины γ для многозарядных ионов, ускоренных разностью потенциалов $U_0 = 6$ кв, т. е. обладающих энергиями $U_k = U_0 Z = 6Z$ кэв, нанесены на рис. 1 черными кружками.

Как видно, в случае натрия при одинаковой кинетической энергии ионов ($U_k = 12$ кэв) вторичная эмиссия, вызываемая ударами о мишень ионов Na^{2+} , примерно в два раза больше, чем для ионов Na^+ . Иначе ведут себя ионы кальция; здесь ионы Ca^{2+} дают то же значение γ , что и ионы Ca^+ равной кинетической энергии, а резкое повышение в выбивании электронов наблюдается лишь при переходе к трехзарядным ионам Ca^{3+} .

Для ионов Ba^+ и Ba^{2+} при равной кинетической энергии значения γ получались примерно одинаковыми. Для ионов Ba^{3+} результат не был однозначным. В большинстве случаев ионы Ba^{3+} выбивали из мишени такое же число электронов, как и ионы Ba^+ или Ba^{2+} равной энергии, но в некоторых режимах работы источника для Ba^{3+} получались большие значения γ . Выбивание электронов из мишени ионами Ba^{4+} и Ba^{5+} , как видно из рисунка, значительно больше, чем для Ba^+ и Ba^{2+} . Для сурьмы и висмута возрастание γ по сравнению со значением ее для однозарядных ионов наблюдалось при ударе о мишень лишь четырехзарядных ионов, а в случае теллура — пятизарядных.

Из полученных экспериментальных данных следует, что механизм вырывания электронов из металла связан со структурой оболочек атомов.

Если рассмотреть значения потенциалов ионизации различных использованных в работе ионов, то можно заметить, что ионы данного вещества, работы образования которых не сильно отличаются друг от друга, дают при одинаковой кинетической энергии примерно одинаковые значения γ .

Повышенные значения γ наблюдаются при переходе к ионам заряда Ze , работа образования которых значительно больше, чем для ионов того же вещества с зарядом $(Z-1)e$ (цифры в скобках на рис. 1 обозначают потенциалы ионизации соответствующих ионов).

Ленинградский физико-технический институт
Академии наук СССР

Поступило
19 I 1953