

М. М. ВУДЫНСКИЙ

## О ГЛУБИНЕ ВЫХОДА ВТОРИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ

(Представлено академиком П. И. Лукирским 22 XII 1951)

Изучалась вторичная электронная эмиссия клинообразных пленок серебра, нанесенных на алюминий либо на слюду. Было найдено, что коэффициент вторичной электронной эмиссии уменьшается с уменьшением толщины пленки серебра.

Толщина  $d_0$  пленки серебра, начиная с которой происходит уменьшение коэффициента вторичной электронной эмиссии, зависит от энергии первичных электронов. Для объяснения полученных экспериментальных результатов допущено, что  $d_0$  есть максимальная глубина пленки серебра, из которой выходят вторичные электроны.

### Экспериментальная часть

Изучалась вторичная электронная эмиссия клинообразного слоя серебра. Измерения производились на образцах двух типов. Образцы первого типа состояли из полоски слюды (длиной 110 мм и шириной 36 мм), покрытой посредством испарения толстым слоем алюминия, на который также испарением наносился исследуемый серебряный клин. В образцах второго типа серебряный клин наносился непосредственно на слюду. Образование серебряного клина производилось испарением серебра под колпаком при вакууме  $10^{-4}$  мм рт. ст. Маленькая полоска серебра весом  $5,6 \cdot 10^{-3}$  г помещалась на вольфрамовой проволоке на высоте 23 мм над краем полоски слюды и полностью испарялась. Толщина слоя серебра в любой точке клина определялась по формуле

$$d = \frac{r \cos \varphi}{4\pi r^2 \rho};$$
 здесь  $P$  — вес,  $\rho$  — плотность серебра,  $r$  — расстояние капли

до соответствующей точки слоя серебра. В дальнейшем образец, предназначенный для исследования, укреплялся на никелевом цилиндре, высота которого равнялась ширине образца и диаметр равнялся 36 мм.

На рис. 1 изображен экспериментальный прибор, а также электрическая схема измерения. Как видно из рисунка, цилиндр  $C$  с образцом  $O$  укреплялся на ножке шлифа  $III$ . Вращением шлифа  $III$  можно было, не изменяя в процессе измерения условий измерения, подводить любой элемент серебряного клина под поток первичных электронов. Для определения толщины серебряного клина в месте падения первичных электронов на поверхность образца служили стрелка  $S$ , связанная неподвижно с вращающимся шлифом  $III$ , и диск  $D$ , связанный неподвижно с прибором. Шкала диска  $D$  была разделена на  $360^\circ$ . Шлиф  $III$  устанавливался так, что при попадании первичных электронов в область максимальной толщины серебряного клина (начало клина) стрелка  $S$  совпадала с нулем диска  $D$ . При повороте шлифа на  $240^\circ$  пучок первич-

ных электронов обстреливал область минимальной толщины (конец клина) серебряного клина. Для промежуточных углов поворота шлифа Ш (а следовательно, и цилиндра Ц с закрепленным на нем образцом) толщина серебряного клина определялась предварительным расчетом.

Источником первичных электронов служила подогретая вольфрамовая нить К, окруженная модуляционным цилиндром В. Для фокусировки пучка первичных электронов употреблялась магнитная катушка М. Площадь поверхности серебряного клина, облучаемая потоком первичных электронов, в процессе измерения не превышала 1 мм<sup>2</sup>. Коллектором вторичных электронов являлся слой аквадага I, нанесенный на внутреннюю поверхность стеклянной колбы. Для измерения тока, образующегося вторичными электронами, служил гальванометр  $g_1$ . Для измерения

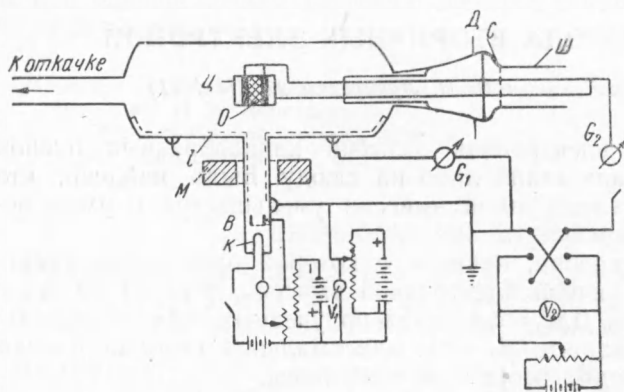


Рис. 1

тока в цепи мишени служил гальванометр  $g_2$ . Назначение всех остальных элементов схемы совершенно очевидно. Давление газов в приборе в процессе измерения было порядка  $2 \cdot 10^{-6}$  мм рт. ст.

#### Результаты измерения

Были произведены измерения величины коэффициента вторичной электронной эмиссии

в зависимости от толщины серебряного клина в точке падения первичных электронов. Хорошо сфокусированный пучок первичных электронов определенной заданной энергии направлялся в одну из точек начала клина (например в место наибольшей толщины клина) и отмечались показания гальванометров  $g_1$  и  $g_2$ . При тех же условиях поворотом шлифа Ш в точке попадания первичных электронов на поверхность серебряного клина устанавливалась другая толщина и отмечались новые показания гальванометров  $g_1$  и  $g_2$ , и т. д.

Полученные данные изображены в виде кривых на рис. 2 и 3. На этих рисунках по оси ординат отложена величина коэффициента вторичной эмиссии  $\sigma$ , а по оси абсцисс — соответствующая толщина серебряного клина в месте падения первичных электронов. Кривые, изображенные на рис. 2, получены при работе с образцом, в котором под-

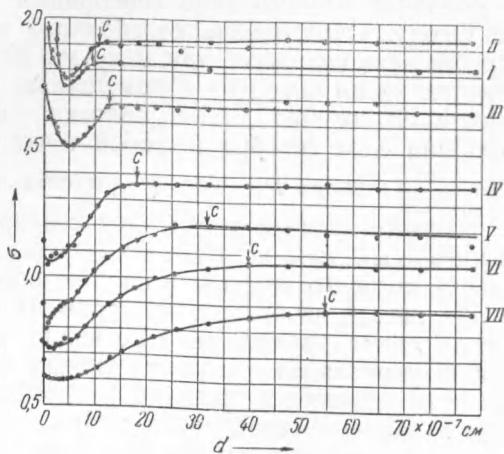


Рис. 2

ложкой серебряного клина служил толстый слой алюминия, а на рис. 3 — с образцом, в котором серебряный клин был образован непосредственно на поверхности слюды. Кривая I рис. 2 получена при бомбардировке серебряного клина первичными электронами с энергией

$V = 300$  эв; кривые II рис. 2 и 3 — при  $V = 600$  эв; кривые III рис. 2 и 3 — при  $V = 1500$  эв; кривые IV рис. 2 и 3 — при  $V = 3000$  эв; кривая V рис. 2 — при  $V = 4500$  эв; кривые VI рис. 2 и 3 — при  $V = 6000$  эв; кривая VII рис. 2 — при  $V = 9000$  эв. Ток первичных электронов не превышал  $0,1 \mu\text{a}$ .

Кривые рис. 2 и 3 показывают, что коэффициент вторичной электронной эмиссии  $\sigma$  в определенной области толщины весьма сильно зависит от толщины слоя серебра  $d$ . Эта зависимость такова, что начиная с некоторой толщины  $d_0$  коэффициент вторичной электронной эмиссии начинает падать. Стрелки  $C$  на кривых рис. 2 и 3 указывают толщину  $d_0$ , начиная с которой происходит падение коэффициента вторичной электронной эмиссии при заданной энергии первичных электронов. Кривые рис. 2 и 3 показывают, что толщина  $d_0$  зависит от энергии первичных электронов. При увеличении энергии первичных электронов величина  $d_0$  растет.

Зависимость между энергией первичных электронов и  $d_0$  линейная. Это видно из рис. 4, на котором по оси абсцисс отложена энергия первичных электронов  $V$ , а по оси ординат — величины  $d_0$ . Кривая

A рис. 4 построена по данным рис. 2, кривая B — по данным рис. 3.

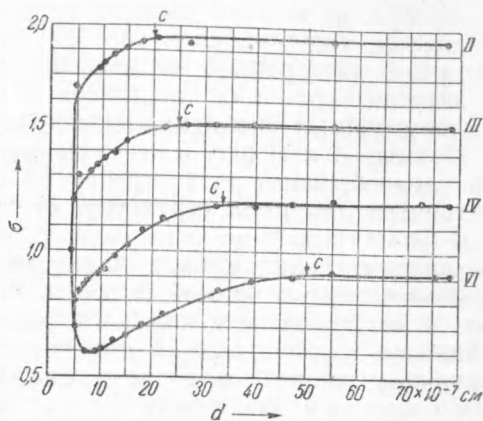


Рис. 3

### Обсуждение результатов измерения

Первичные электроны заданной энергии проникают в серебряный

клин на глубину  $X$ . Пусть при этом максимальная глубина, из которой выходят вторичные электроны, равна  $d_0$ . Коэффициент вторичной электронной эмиссии, измеренный в той области клина, где его толщина больше  $d_0$ , будет постоянным. При переходе в область серебряного клина, где его толщина меньше  $d_0$ , коэффициент вторичной электронной эмиссии падает.

Уменьшение коэффициента вторичной электронной

эмиссии в этой области может быть обусловлено тем, что на пути вторичных электронов, движущихся из алюминия (или слюды) в серебро, находится, по видимому, некоторый потенциальный барьер, уменьшающий количество выходящих вторичных электронов. Весьма вероятно, что в роли этого контактного тормозящего слоя выступает пленка окиси алюминия, несомненно имеющаяся на поверхности алюминия в одном случае, и контакт слюда — серебро в другом случае.

С уменьшением толщины слоя серебра количество электронов, созданных в подложке, увеличивается, но вследствие рассеивающего или тормозящего действия на них контактного потенциала число вышедших

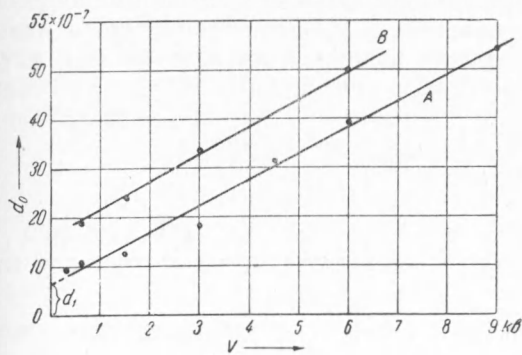


Рис. 4

наружу вторичных электронов падает. В той области, где толщина слоя серебра очень мала, основное количество электронов идет из подложки. Если подложка является металлической, то коэффициент вторичной электронной эмиссии в этой области приближается к величине, характеризующей подложку (в нашем случае алюминий). Если подложкой является диэлектрик (например слюда, кривые рис. 3), то вследствие происходящей зарядки поверхности диэлектрика, облучаемой первичными электронами, коэффициент вторичной электронной эмиссии изменяется до величины, равной единице. С изменением энергии первичных электронов меняется величина  $d_0$ , т. е. меняется максимальная глубина серебра, из которой выходят вторичные электроны. Вследствие этого изменяется толщина слоя серебра, начиная с которой коэффициент вторичной электронной эмиссии уменьшается. Так как зависимость  $d_0$  от энергии первичных электронов линейная, т. е.  $d_0 = \lambda V + d_1$ , то по наклону прямых рис. 4 можно определить  $\lambda$ .

Прямые *A* и *B* рис. 4 не совпадают, что, очевидно, объясняется тем, что клинообразный слой серебра на слюде был несколько тоньше рассчитанного или имел структуру, отличающуюся от структуры серебряного клина, нанесенного на слой алюминия. Подавляющее большинство экспериментальных кривых подтверждает линейную зависимость  $d_0$  от  $V$ , изображаемую прямой *A* рис. 4. Вычисленный по наклону прямых рис. 4 коэффициент  $\lambda$  оказался равным  $\lambda \simeq 5,4 \cdot 10^{-7}$  см/эл. кв;  $d_1$  — начальная глубина выхода вторичных электронов. С увеличением энергии первичных электронов  $V$ , возможно, увеличивается энергия, передаваемая вторичным электронам, вследствие чего увеличивается глубина  $d_0$  выхода вторичных электронов из серебра.

Поступило  
25 X 1951