

И. Д. МОРГУЛИС и Б. И. ДЯТЛОВИЦКАЯ

**ИОНИЗАЦИЯ АТОМОВ НАТРИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ТОРИРОВАННОГО ВОЛЬФРАМА**

(Представлено академиком А. Ф. Иоффе 27 IX 1938)

Поверхностная структура термоэлектронных катодов, покрытых активными монокристаллическими пленками, исследовалась уже подробно во многих работах, главным образом по их электронной эмиссии. Эти исследования привели к тому важному заключению, что адсорбированные атомы в подобных пленках располагаются обычно на поверхности зерна не однородной пленкой, а отдельными пятнами. Как пример подобных работ можно привести например данные исследований торированного вольфрама (ThW), полученные при изучении аномального эффекта Шоттки (1) и при применении электронного микроскопа (2). Подтверждая неоднородный характер распределения адатомов по поверхности, эти данные имеют в значительной степени качественный характер, не давая все же более точного и до некоторой степени количественного ответа относительно контактных свойств подобных поверхностей. В настоящей работе и делается поэтому попытка пойти дальше в этом направлении, при этом используется явление термической ионизации атомов на поверхности.

Как известно из многочисленных исследований, коэффициент поверхностной ионизации хорошо удовлетворяет уравнению Саха—Ленгмюра (3):

$$\alpha = \frac{I_p}{I_0} = \frac{1}{1 + 2 \exp \left[ \frac{e}{kT} (V_i - \varphi) \right]} \approx \frac{1}{2} \exp \left[ \frac{e}{kT} (\varphi - V_i) \right], \quad (1)$$

где последнее преобразование относится к нашему случаю Na—ThW, где  $V_i > \varphi$  ( $V_i$ —потенциал ионизации атома,  $\varphi$ —работа выхода электрона). Первая попытка применить уравнение (1) к ThW привела Добрецова (4) к заключению, что в этом случае явление обусловлено локальными значениями работы выхода  $\varphi$ , имеющей при этом неравномерное распределение. Начатая нами, но еще не законченная работа по исследованию нейтрализации ионов калия и цезия и ионизации атомов калия и цезия на поверхности ThW (5) тоже привела нас пока к качественным указаниям на наличие весьма значительной контактной неоднородности на поверхности ThW.

Допустим теперь, как это уже делалось в случае исследований аномального эффекта Шоттки (6), что работа выхода распределяется по по-

верхности ThW в шахматном порядке, т. е. задается приближенно выражением

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{1}{2} \Delta V_k \cos \frac{\pi x}{a} \cos \frac{\pi y}{b}. \quad (2)$$

В таком случае фактическая плотность ионного тока  $I_p$  получается из (1) усреднением (2) по поверхности, т. е.

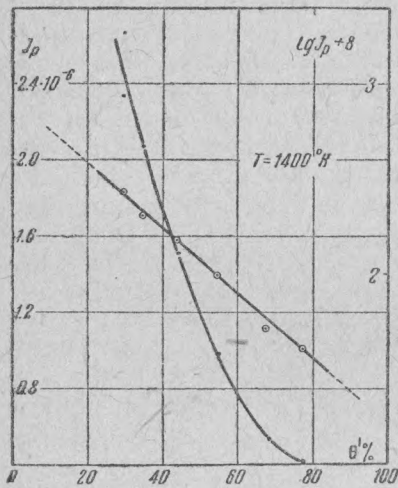
$$I_p = \bar{\alpha} I_0 = \frac{2I_0}{ab} \int_0^{\frac{a}{2}} \int_0^{\frac{b}{2}} \alpha(\varphi) dx dy = BF(\gamma) \exp\left(\frac{e\varphi_0}{kT}\right), \quad (3)$$

где  $\gamma = \frac{e\Delta V_k}{2kT}$ , а  $F(\gamma) = F\left(\frac{e\Delta V_k}{2kT}\right)$  есть известная функция (6) от контакт-

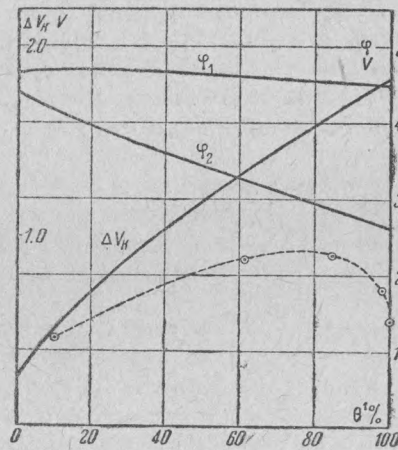
ной разности потенциалов  $\Delta V_k = (\varphi_1 - \varphi_2)$  между участками с максимальной ( $\varphi_1$ ) и минимальной ( $\varphi_2$ ) работой выхода. Аналогично для плотности электронного тока мы получаем

$$I_e = AF(\gamma) \exp\left(-\frac{e\varphi_0}{kT}\right). \quad (4)$$

Из уравнений (3) и (4) и можно найти интересующие нас величины  $\varphi_0$  и  $\Delta V_k$  для различных степеней активации  $\Theta$ , по измерению на опыте величин  $I_p$  и  $I_e$ , так как величины  $A$  и  $B$  могут быть легко определены.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

Использованные нами лампы представляли собой, аналогично предыдущим (7), диоды с нитью из торированного вольфрама и анодом с охранными кольцами, с продестиллированным в них натрием, упругость паров которого определялась из температуры термостата, в который лампа была погружена. Результаты измерений  $I_p$  для  $T = 1400^\circ\text{K}$  представлены на фиг. 1, а результаты обработки этих данных — на фиг. 2.

Аналогичные результаты были получены так же как для  $T = 1700^\circ\text{K}$ , так и для второй — контрольной лампы. На оси абсцисс фиг. 1 и 2 отло-

жена условная степень покрытия вольфрама торием  $\Theta_1 = \frac{\log \frac{I_\Theta}{I_0}}{\log \frac{I_1}{I_0}}$ , связь

которой с истинной степенью покрытия  $\Theta = \frac{\sigma}{\sigma_1}$  определялась на основании данных работы Ленгмюра (8). При анализе полученных нами данных можно сделать следующие предварительные выводы:

1. На элементах поверхности, соответствующих максимуму косинусоиды (2), работа выхода  $\varphi_1$  при активации изменяется весьма мало, сохраняя значение, близкое к чистому вольфраму (4.52 э. в.). Таким образом в этих местах, которые вообще могут иметь весьма малую геометрическую поверхность, адсорбция тория почти не происходит. Наоборот, основная адсорбция происходит в области участков с работой выхода  $\varphi_2$ , где она происходит нормальным путем, приводя при  $\Theta_1 \approx 1$  к  $\varphi_2 \approx 2.6$  э. в., которое лежит близко к эффективному значению  $\varphi = 2.62$  э. в., получаемому обычно из наклона ричардсоновской прямой для вполне активированного катода, ибо в последнем случае его полная эмиссия будет практически определяться эмиссией из пятен, где адсорбирован торий.

2. Значение поверхностной контактной разности потенциалов  $\Delta V_k = (\varphi_1 - \varphi_2)$  и ее изменение с  $\Theta_1$  (фиг. 2) отличается от полученной Беккером (6) из анализа аномального эффекта Шоттки (пунктирная кривая на фиг. 2). Причину подобного расхождения указать трудно, но возможно она заключается в большей точности нашего метода, связанного с применением ионов, имеющих гораздо меньшую фазовую длину волны  $\lambda = \frac{h}{Mu}$ , чем электроны, и дающих таким образом возможность локализовать наличие весьма малых элементов поверхности с чистым вольфрамом (4).

Таким образом мы видим, что метод поверхностной ионизации является весьма эффективным при изучении пленочных катодов. Аппроксимированное нами вначале косинусоидальное распределение (2) является конечно очень приближенным и даже ограничивает немного возможность дальнейшего анализа, однако оно дает нам возможность сделать ряд новых выводов относительно природы происходящих здесь процессов.

Институт физики.  
Академия Наук УССР.  
Киев.

Поступило  
2 X 1938.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> K. Compton and I. Langmuir, Rev. Mod. Phys., 2, 450 (1930); L. Linford, Rev. Mod. Phys., 5, 34 (1933); J. Becker, Rev. Mod. Phys., 7, 110 (1935); W. Nottingham, Phys. Rev., 49, 78 (1936). <sup>2</sup> E. Brüche u. H. Mahl, ZS. f. techn. Phys., 16, 623 (1935); 17, 81, 262 (1936); R. Johnson and W. Shockley, Phys. Rev., 49, 436 (1936); Обзор: Н. Моргулис, Усп. физ. наук, 17, 501 (1937). <sup>3</sup> M. Saha, Phil. Mag., 40, 472 (1920); 46, 534 (1923); I. Langmuir a. K. Kingdon, Proc. Roy. Soc. (A), 107, 61 (1925); I. Langmuir, Journ. Am. Chem. Soc., 54, 2825 (1932); Н. Моргулис, ЖЭТФ, 4, 484 (1934). <sup>4</sup> L. Dobrezow, ZS. f. Phys., 90, 788 (1934). <sup>5</sup> Н. Моргулис и М. Бернадинер, Предварит. сообщ. на сессии Физич. группы Акад. Наук. СССР в Москве 28 ноября 1937 г. <sup>6</sup> J. Becker, Rev. Mod. Phys., 7, 110 (1935); A. King, Phys. Rev., 53, 570 (1938). <sup>7</sup> N. Morgulis, Sow. Phys., 5, 221 (1934). <sup>8</sup> I. Langmuir, Journ. Frankl. Inst., 217, 543 (1934).