

У. АРИФОВ, А. Х. АЮХАНОВ и В. М. ЛОВЦОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСОЛЮТНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ИОНИЗАЦИИ НА ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕТОГО ВОЛЬФРАМА

(Представлено академиком П. И. Лукирским 14 VII 1949)

Определение абсолютного коэффициента поверхностной ионизации представляется весьма трудной задачей, так как дело идет об определении отношения числа ионов, слетевших с нагретой металлической поверхности, к числу нейтральных атомов, попавших на ту же поверхность в равновесных условиях. Особые трудности возникают в связи с необходимостью иметь поверхность, совершенно свободную от адсорбированных инородных веществ.

Авторы преодолели основные препятствия, пользуясь осциллографическим методом регистрации ионных токов и проводя измерения в тщательно обезгаженном отпаянном приборе, содержащем пары трижды перегнанного под вакуумом калия.

Измерительная часть состояла, как обычно ⁽¹⁾, из вольфрамовой нити, натянутой по оси трех коаксиальных цилиндров, крайние из которых служили охранными, а средний предназначался для осциллографирования ионных токов. Температура нити измерялась по току накала.

Рассмотрим идею метода определения абсолютного коэффициента с помощью осциллографа.

Пусть при упругости паров щелочного металла P на нить в секунду падает N_0 атомов. Если температура нити достаточно высока, то число падающих и испаряющихся атомов будет одинаковым. Можно написать два соотношения в зависимости от направления поля нить — коллектор.

На коллекторе (+)

$$N_0 = nAe^{-\lambda_0/kT}. \quad (1)$$

В этом случае адатомы могут беспрепятственно испаряться только в виде нейтралей.

На коллекторе (-)

$$N_0 = n^* (Ae^{-\lambda_0/kT} + Be^{-\lambda_+/kT}). \quad (2)$$

В этом случае атомы могут испаряться как в виде нейтралей, так и в виде ионов.

В уравнениях (1) и (2) n и n^* — число находящихся на поверхности адатомов при равновесном состоянии, λ_0 , λ_+ — теплоты испарения атомов и ионов, k — Больцмановская постоянная; вторые множители представляют собой вероятность испарения адатома в виде нейтралей ($Ae^{-\lambda_0/kT}$) и ионов ($Be^{-\lambda_+/kT}$).

Если внезапно переменить направление поля нить — коллектор, подав на коллектор (—), то ионный ток будет иметь максимальное значение I_0 в первый момент, а затем упадет до некоторого постоянного значения I_∞ . Для величины начального и конечного ионных токов можно написать следующие выражения:

$$I_0 = \varepsilon n S B e^{-\lambda_+ / kT}, \quad (3)$$

$$I_\infty = \varepsilon n^* S B e^{-\lambda_+ / kT}, \quad (4)$$

где S — поверхность нити.

Отсюда находим

$$I_0 / I_\infty = n / n^*. \quad (5)$$

Приравняв правые части уравнений (1) и (2), получим:

$$n A e^{-\lambda_0 / kT} = n^* (A e^{-\lambda_0 / kT} + B e^{-\lambda_+ / kT}),$$

откуда

$$\frac{n}{n^*} = \frac{A e^{-\lambda_0 / kT} + B e^{-\lambda_+ / kT}}{A e^{-\lambda_0 / kT}} = \frac{n_0 + n_+}{n_0} = 1 + \frac{n_+}{n_0}, \quad (6)$$

где n_0 и n_+ — число нейтралей и ионов, слетающих с поверхности 1 см^2 в 1 сек.

Отсюда выражение для коэффициента ионизации примет вид

$$\beta = \frac{n_+}{n_0 + n_+} = \frac{I_0 - I_\infty}{I_0}.$$

При достаточно высоких температурах нити ($T \geq 1200^\circ \text{ К}$) избыток задержанных полем ионов испаряется за очень короткое время; поэтому, чтобы сделать процесс периодическим и наблюдать устойчивую картину на осциллографе, нужно на коллектор подавать импульсы

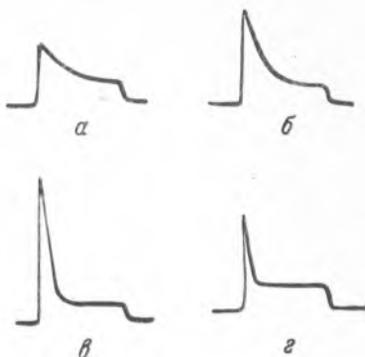


Рис. 1

строго прямоугольной формы. Выбор частоты чередования периодических импульсов следует произвести таким образом, чтобы за полупериод $\tau/2$ избыток адсорбированных атомов успел полностью испариться. В наших опытах $\tau/2$ было постоянным, равным 10^{-2} сек. при скважности 50% .

На рис. 1 приведены образцы осциллограмм, иллюстрирующие изменения формы кривых ионных токов при увеличении температуры нити. Кривые $a, б, в, г$ соответствуют температурам нити $1190, 1215, 1310$ и 1390° К . Кривая $в$ получена в области температуры нити, при которой происходит максимальная ионизация.

Вычисление абсолютных коэффициентов производится путем измерения ординат точек излома кривых и подстановки полученных значений в формулу для определения k .

Результаты таких вычислений представлены на рис. 2. Здесь нанесены данные, полученные при температуре насыщенных паров калия 338°K (кривая 3). При других температурах получаются совпадающие результаты.

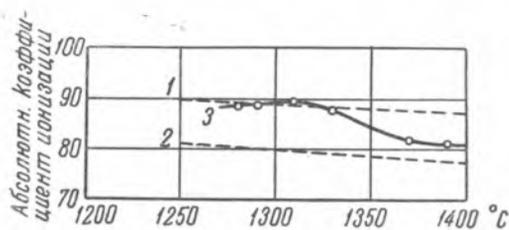


Рис. 2

На том же графике представлены значения абсолютных коэффициентов ионизации, вычисленных по формуле Саха — Лангмюра

$$k = \frac{e^{-\frac{V_i - \varphi}{kT}}}{A^* + e^{-\frac{V_i - \varphi}{kT}}},$$

причем потенциал ионизации калия V_i принят равным 4,32 эв. Работа выхода φ для вольфрама нашей нити оказалась близкой к 4,55 эв.

Кривая 1 вычислена при значении $A = 1$, как это принято в работе Коплея и Фиппса (²).

Кривая 2 вычислена при $A = 2$.

Как видно из рис. 2, экспериментальная кривая при максимуме ионизации совпадает с кривой 1, а затем падает более круто и приближается к кривой 2. Это указывает на сложный характер явления. Несомненно, значительную роль играет кристаллическая неоднородность W-поверхности, учет которой в работе не производился.

В заключение авторы приносят благодарность проф. С. В. Стародубцеву, по идее которого поставлена эта работа.

Физико-технический институт
Академии наук Узб. ССР
Ташкент

Поступило
11 VII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ R. H. Kingdon and I. Langmuir, Phys. Rev., **21**, 380 (1923); J. A. Becker, Phys. Rev., **28**, 341 (1926); Л. Н. Добрецов, ЖЭТФ, **4**, 183 (1934); ЖЭТФ, **17**, 301 (1947). ² M. J. Copley and T. E. Phipps, Phys. Rev., **48**, 960 (1945).