

**РЕЗОНАНСНЫЙ ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГИИ
ПОВЕРХНОСТНОЙ САМОДИФФУЗИИ ВОЛЬФРАМА
В СИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ**

Д.М.Паутов, М.П.Шепилов

По существующим в настоящее время представлениям влияние внешнего электрического поля на диффузию атомов по собственной решетке сводится к понижению энергии поверхностной диффузии за счет взаимодействия мягких, индуцированных диполей с внешним полем. Согласно Дрехслеру [1] понижение энергии дается выражением

$$\Delta Q_M = \alpha F^2 / 2 \quad , \quad (1)$$

где α – поляризуемость атома на поверхности, а F – величина приложенного поля. Ожидаемое изменение энергии диффузии вольфрама по вольфраму в доступных наблюдению полях ($-3 \cdot 10^7 + 3 \cdot 10^7$ в/см) при значении поляризуемости $\alpha = 7 \cdot 10^{-24}$ см³ [1] составляет $\Delta Q_M = 0,044$ эв.

В настоящей работе предпринята попытка проверить справедливость представлений Дрекслера путем прямых измерений энергии поверхностной диффузии вольфрама в окрестности граней $\{011\}$ и $\{001\}$ вольфрама в полях различного знака.

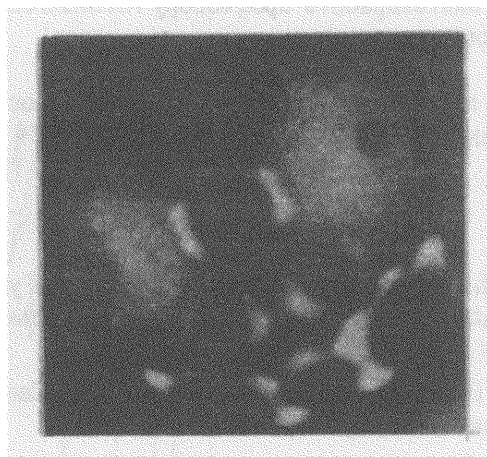


Рис. 1

Измерения проводились в автоэлектронном микроскопе. На вольфрамовый эмиттер из фольфрамовой спирали, прогреваемой током, напылялся вольфрам. После напыления вокруг плотноупакованных, слабоэмиттирующих граней $\{100\}$, $\{110\}$ и $\{121\}$ образуются яркие "воротнички", свидетельствующие о появлении трехмерных образований с усиленной локальной напряженностью поля (рис. 1). При нагревании острия до температур, при которых заведомо исключено испарение конденсата, можно наблюдать постепенное исчезновение "воротничков", протекающее путем поверхностной диффузии атомов вольфрама по собственной решетке [2]. Измеряя времена исчезновения "воротничков" при разных температурах, можно из уравнения Арренкуса

$$t = A \exp(Q_M / kT)$$

(A — постоянная величина, не зависящая от Q_M) определить значение энергии поверхностной диффузии Q_M .

Использование импульсной методики позволяло проводить измерения как в отсутствие так и при приложении электростатического поля любого знака. Обычно прикладывались прямоугольные импульсы длительностью $4 + 5$ мксек с частотой повторения ~ 400 1/сек. Как было показано ранее в работе [3] такие короткие импульсы не влияют на процесс поверхностной диффузии. Исчезновение "воротничков" при нагревании острия фиксировалось по спаду тока фотоумножителя, выведенного на выбранную грань. Время миграции измерялось как время спада между двумя значениями тока фотоумножителя при почти полном исчезновении "воротничков", т. е. не сильно отличающимися от тока для очищенной, скругленно-сглаженной поверхности. Это позволило считать, что напряженность поля в момент измерения не отличается от поля для гладкой поверхности острия, которое рассчитывалось из прямых Фаулера — Нордгейма перед каждым измерением Q_M .

Значения энергии Q_M были измерены для миграции в окрестностях граней $\{110\}$ и $\{100\}$ во всем возможном интервале положительных (+ на острие) и отрицательных полей.

На рис. 2 и 3 приведены результаты измерений $Q_M(F)$. Кривые явно не соответствуют формуле (1). Наличие ярко выраженных максимумов и минимумов

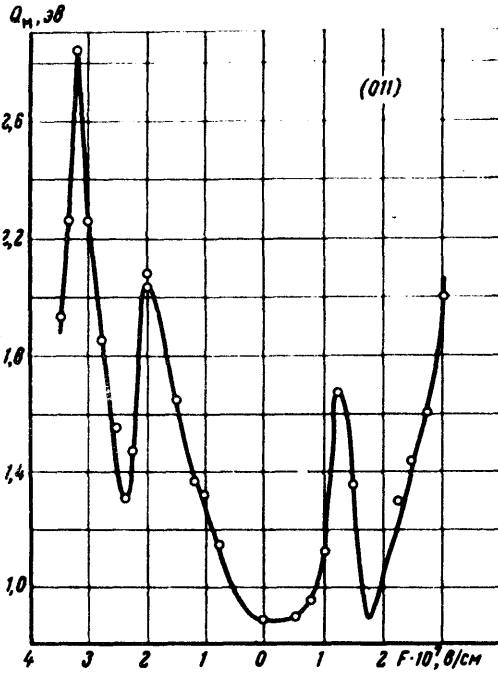


Рис. 2

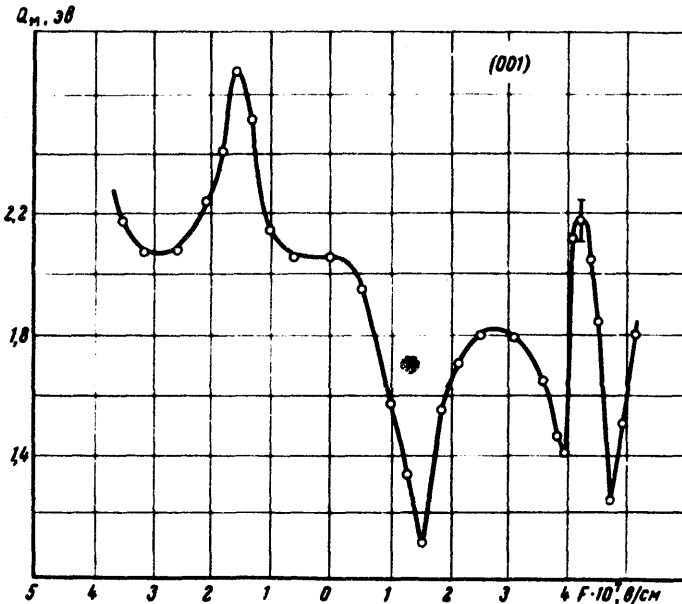


Рис. 3

свидетельствует о более сложном характере действия внешнего электрического поля на поверхностные атомы вольфрама. Значения Q_M лежат в пределах $(0,5 - 2,3) \pm 0,05 \text{ эВ}$ для грани (011) и $(1,1 - 2,7) \pm 0,05 \text{ эВ}$ для грани (001). Интервал изменения $Q_M(F)$ намного превосходит погрешность измерения.

Несимметричный ход $C_M(F)$ относительно точки $F = 0$, особенно для грани (001), указывает на наличие члена $p_{эфд} F$, где $p_{эфд}$ — эффективный дипольный момент атома, адсорбированного на собственной решетке. Существенно разный ход $C_M(F)$ для граней: (001) и (011) свидетельствует о сильной зависимости $F_{эфд}$ (а также и $a_{эфд}$) от структуры поверхности.

В настоящее время нельзя дать определенную интерпретацию наблюдаемому эффекту.

В качестве рабочей гипотезы можно предложить следующее объяснение: в поле $F \sim 10^7$ в/см (т. е. на порядок ниже, чем поле решетки и на два порядка выше полей, вызывающих расщепление уровней свободного атома) происходит пересечение и смешивание уровней поверхностных атомов, вызывающее резонансное по полю изменение дипольного момента и, соответственно, энергии миграции Q_M .

Авторы благодарны И.Л.Сокольской за постоянный интерес к работе и многократные обсуждения.

Ленинградский
государственный университет
А.А.Жданова

Поступила в редакцию
2 сентября 1970 г.

Литература

- [1] M.Drechsler. Zs. Elektrochem., 61, 48, 1957.
 - [2] E.W.Muller. Zs. Phys., 126, 643, 1949.
 - [3] W.P.Dyke, J.P.Barbour. J.Appl. Phys., 27, 356, 1956.
-