

ВЛИЯНИЕ АДСОРБИРОВАННОГО БАРИЯ НА ПОЛЕВУЮ ДЕСОРБЦИЮ ЦЕЗИЯ С ВОЛЬФРАМА

Д. П. Бернацкий, Ю. А. Власов, В. Г. Павлов

Полевая десорбция ионов цезия из смешанных адсорбированных пленок влияет на работу электровакуумных приборов, в которых такие пленки имеются на электродах, находящихся под высоким положительным потенциалом. Изучение полевой десорбции цезия с поверхности, на которой адсорбированы другие также электроположительные, но более сильно связанные с поверхностью атомы, позволяет получать полезные для понимания механизма полевой десорбции сведения, так как, изменяя соотношение компонентов в пленке, можно изменять свойства поверхности, такие как работа выхода. Напряженность электрического поля, при которой происходит полевая десорбция цезия с вольфрамового острия, сильно зависит от концентрации цезия на поверхности [1]. Ход этой зависимости согласуется с изменениями работы выхода и теплоты адсорбции цезия [2] в соответствии с моделью сил зеркального изображения для полевой десорбции [3].

В работе использован сверхвысоковакуумный полевой электронный и десорбционный микроскоп с микроканальным регистратором эмиссионных изображений. Поверхностная концентрация бария и цезия измерялась по изменению работы выхода [2, 4], а в интервалах концентраций, где работа выхода изменяется слабо, концентрация цезия оценивалась по времени напыления. Напряженность десорбирующего поля определялась умножением минимального напряжения на острие, при котором регистрировались десорбируемые ионы, на фактор поля, определенный из характеристики Фаулера—Нордгейма для чистого острия.

Барий и цезий напылялись из прямоканальных источников на основе хроматов бария и цезия. Во время напыления бария поддерживалась температура острия, обеспечивающая достаточную подвижность атомов для однородного распределения бария по поверхности: 900 К для малых концентраций и 600 К при концентрациях, близких и превышающих монослойную. Напыление и полевая десорбция цезия осуществлялись при комнатной температуре.

На рис. 1 приведены зависимости десорбирующего поля от концентрации цезия при различных концентрациях предварительно адсорбированного бария; $n_{Ba}/n_{opt}=0$ (1), 0.1 (2), 0.2 (3), 0.4 (4), 0.7 (5) и 1 (6). Рис. 2 представляет зависимости десорбирующего поля от количества адсорбированного на вольфраме бария при различных концентрациях цезия: n_{Cs} (10^{14} ат./см²)=0.2 (1), 0.5 (2), 1.0 (3), 1.5 (4) и 2.0 (5). Из рис. 1 видно, что при увеличении концентрации бария концентрационные зависимости десорбирующего поля сдвигаются в сторону меньших концентраций цезия: при этом начальные участки кривых 1—3 сдвигаются практически без изменения наклона, т. е. при малых количествах бария и цезия присутствие бария эквивалентно увеличению концентрации цезия и на десорбирующее поле (как и на другие свойства поверхности [4]) влияет суммарная концентрация атомов цезия и бария. При малой концентрации адатомов цезия зависимость десорбирующего поля от концентрации бария (рис. 2, кривая 1) коррелирует с ходом изменения работы выхода системы барий—вольфрам: при увеличении концентрации бария от 0 до n_{opt} (где n_{opt} соответствует минимуму работы выхода вольфрама, покрытого барием) работа выхода уменьшается, а напряженность десорбирующего поля монотонно возрастает до максимального значения. Когда концентрация бария лежит в пределах $0.4n_{opt} < n_{Ba} < n_{opt}$, изменение десорбирующего поля качественно коррелирует с изменением работы выхода и теплоты адсорбции цезия [2] во всем диапазоне изменения концентрации цезия.

Ситуация оказывается более сложной при малых концентрациях бария и больших цезия. Напряженность поля в этом случае значительно ниже, чем при тех же концентрациях цезия (и таких же значениях работы выхода и теплоты адсорбции цезия) в отсутствие бария.

Десорбция цезия с толстых слоев бария ($n_{Ba} > n_{opt}$) начинается с локальных участков острия при слабых полях ($1.5 \cdot 10^7$ В/см), а со всей поверхности десорбция происходит при значительно более высокой напряженности поля ($3.5 \cdot 10^7$ В/см).

Наблюдаемые изменения десорбирующего поля при изменении концентраций бария и цезия можно объяснить, используя модель сил зеркального изображения для полевой десорбции [3] и дипольную модель десорбции атомов щелочных и щелочноземельных металлов [4]. При малых концентрациях адатомов, когда их можно рассматривать как независимые отдельные диполи, присутствие адатомов бария, имеющих примерно такой же дипольный момент, что и адатомы цезия [4], эквивалентно увеличению концентрации цезия.

При увеличении концентраций начинает сказываться влияние диполей друг на друга — взаимная деполаризация. Из-за различной поляризуемости адатомов бария и цезия [4] десорбирующее поле зависит не только от суммарной концентрации адатомов, но и от соотношения концентраций. При малой концентрации бария и большой концентрации цезия дипольный момент единичных адатомов бария, окруженных цезием, будет меньше, чем дипольный момент адатомов бария и цезия в однокомпонентных пленках той же концентрации, так как поляризуемость адатомов бария значительно превышает поляризуемость адатомов цезия [4]. Площадки, окружающие адатомы бария, будут в этом случае местами облегченной полевой десорбции, напряженность десорбирующего поля снизится.

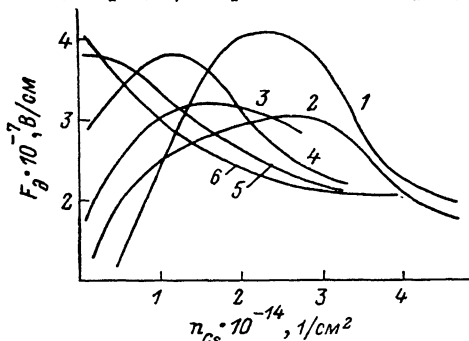


Рис. 1.

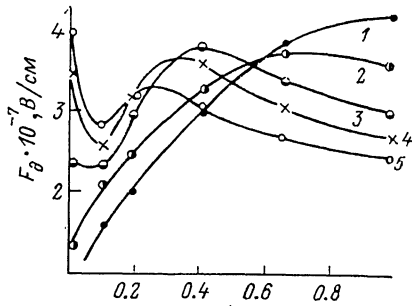


Рис. 2.

Увеличение концентрации бария приведет к образованию сплошной пленки бария на вольфраме, полевая десорбция будет определяться работой выхода. При еще большей концентрации бария возможно образование второго слоя, ступеней. Усиление поля у краев ступеней приводит к локальной полевой десорбции, которая начинается при низких значениях средней напряженности поля на острие.

Таким образом, впервые проведено исследование двойной адсорбционной системы в полевом десорбционном микроскопе. Применение полевого десорбционного микроскопа с непосредственной регистрацией десорбированных ионов позволило выявить закономерности полевой десорбции (в частности, наличие спадающих участков на концентрационных зависимостях десорбирующего поля), которые нельзя обнаружить традиционными методами: измеряя работу выхода до и после десорбции или из анализа полевых электронных изображений [5-7].

Результаты экспериментов указывают на то, что процессы полевой десорбции одного из компонентов смешанной адсорбционной системы зависят не только от работы выхода подложки, но и от локального взаимодействия адатомов на поверхности. При этом заметное влияние может оказывать соотношение поляризуемостей различных адатомов.

Авторы приносят благодарность В. Н. Шреднику за полезное обсуждение работы.

Литература

- [1] Бернацкий Д. П., Власов Ю. А., Павлов В. Г. Тез. докл. Всес. конф. по эмиссионной электронике. Секция III—V. Ташкент, 1984, с. 53.
- [2] Коноплев Ю. М., Наумовец А. Г., Федорус А. Г. ФТТ, 1972, т. 14, № 2, с. 326—333.
- [3] Мюллер Э. В., Цонг Т. Т. Полевая ионная микроскопия, полевая ионизация и полевое испарение. М.: Наука, 1980, с. 111.
- [4] Наумовец А. Г. Автореф. докт. дис. Киев, 1973.
- [5] Наумовец А. Г. ФТТ, 1963, т. 5, № 8, с. 2294—2302.
- [6] Медведев В. К. Изв. АН СССР. Сер. физ., 1969, т. 33, № 3, с. 528—535.
- [7] Владимиров Г. Г., Кучкаров Х. О. XVII Всес. конф. по эмиссионной электронике. Л., ЛИЯФ, 1978, с. 445—446.

Физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе АН СССР
Ленинград

Поступило в Редакцию
15 мая 1987 г.