

МЕЖЭЛЕКТРОННЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ОБЛАСТИ ПОРОГА ПОЯВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННО-СТИМУЛИРОВАННОЙ ДЕСОРБЦИИ

В.Н. А г е е в, А.М. М а г о м е д о в,
Б.В. Я к ш и н с к и й

Впервые обнаружен порог появления электронно-стимулированной десорбции при энергии электронов выше энергии ионизации остоного уровня, который интерпретирован на основе двухэлектронной ионизации атома.

Электронно-стимулированная десорбция (ЭСД) широко используется для изучения адсорбции, однако механизм этого явления еще не достаточно ясен [1]. Многие экспериментальные факты по ЭСД удается объяснить, предполагая, что первичное электронное возбуждение возникает в результате образования вакансии на остоном уровне атомов адсорбционной системы, внутриатомный или межатомный Оже-распад которой приводит к кулоновскому расталкиванию соседних ионов [2]. При удалении ионов от поверхности необходимо учитывать релаксацию заряда ионов на поверхности [3].

В большинстве использовавшихся для ЭСД адсорбционных систем энергии ионизации остоных уровней атомов были относительно малы и близки по величине, что затрудняет однозначную интерпретацию первичного электронного возбуждения. Поэтому для исследований была использована текстурированная вольфрамовая лента с монокристаллической пленкой кремния, на которую напылялись субмонослойные покрытия лития. В этой адсорбционной системе энергии ионизации остоных уровней элементов существенно различаются.

Экспериментальная установка, детально описанная ранее [3], совмещала статический магнитный масс-спектрометр с энергоанализатором с задерживающим электрическим полем.

При облучении электронами адсорбционной системы $W - Si_1 - Li$ наблюдалась эмиссия ионов Li^+ . На рисунке представлен график зависимости выхода q^+ (ион/эл-н) ионов Li^+ от энергии E , бомбардирующей поверхность электронов. Шкала энергий электронов отсчитывается от уровня Ферми и скорректирована на контактную разность потенциалов между эмиттером электронов и мишенью. Концентрация напыленного Li составляла $\sim 2 \cdot 10^{14}$ ат/см², что соответствует линейной области зависимости q^+ от концентрации адсорбированного Li . На графике виден очень резкий порог при $E \approx 133$ эВ и более плавное увеличение нарастания q^+ при $E > 154$ эВ. Следует отметить, что при $E \approx 154$ эВ увеличение q^+ напоминает обычное увеличение сечения ионизации с ростом E , однако в области порога нарастание q^+ значительно круче. Значение $E \approx 154$ эВ хорошо коррелирует с табличным значением энергии фотоионизации уровня $2sSi$, однако величина энергии

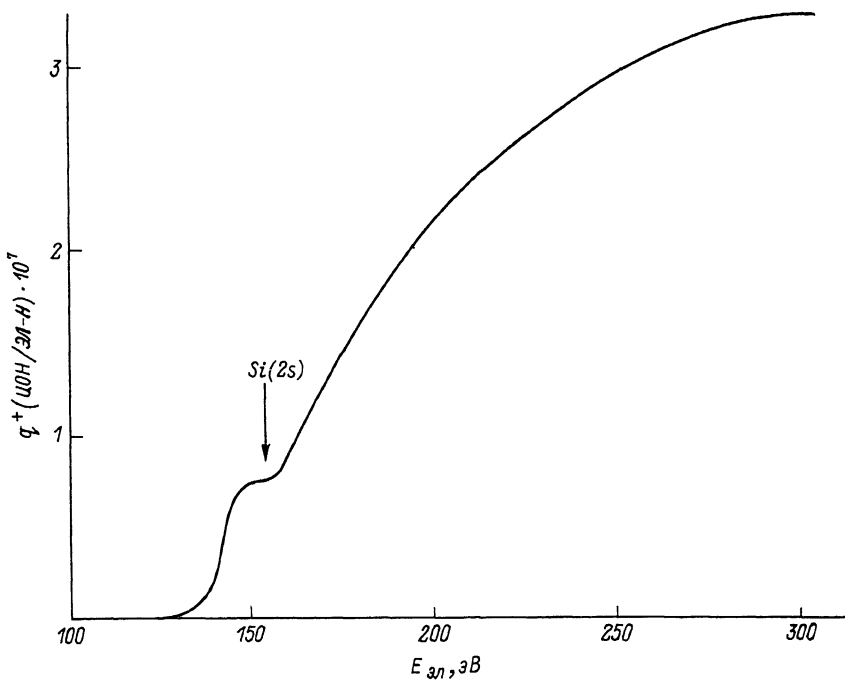


График зависимости q^+ выхода ионов Li^+ при ЭСД из адсорбционной системы $W - Si - Li$ от E энергии бомбардирующих электронов. Концентрация лития на поверхность $2 \cdot 10^{14}$ ат/см². Ток бомбардирующих электронов 10^{-6} а. Шкала энергий скорректирована на работу выхода эмиттера электронов 4,5 эВ.

133 эВ не соответствует энергиям ионизации остовных уровней элементов адсорбционной системы $W - Si - Li$ [4].

Другая удивительная черта графита - отсутствие порогов появления ионов Li^+ при энергии ионизации $1sLi \sim 56$ эВ и $2pSi \sim 102$ эВ [4], хотя Оже-переходы являются наиболее интенсивными с участием этого уровня Si [5].

По-видимому, эти особенности q^+ выхода ионов Li^+ от E связаны с сильной локализацией валентных электронов W и Li на Si . Это предположение подтверждается увеличением работы выхода W на 0,43 эВ при напылении монослоя Si и уменьшением работы выхода на 1,7 эВ при напылении монослоя Li поверх монослоя Si . В этом случае обычный Оже-распад остовой вакансии на уровне $2pSi$ не может обеспечить положительного заряда на Si , который необходим для удаления ионов Li^+ [2, 3]. Удаление трех электронов из иона Si может быть обеспечено только в результате двойной ионизации с последующим Оже-распадом.

Точный энергетический расчет двойной ионизации отрицательного иона Si^- в системе $W - Si^- - Li^-$ представляет сложную задачу, поэтому ограничимся оценками необходимой энергии. Энергия удаления электрона из 2р оболочки Si^- увеличивается на 31 эВ для возрастания заряда ядра на единицу [4], а потенциал ионизации иона Si^+ составляет 16 эВ [6]. Реальное значение энергии двойной ионизации в нашем случае лежит между этими величинами, что согласуется с наблюдаемым увеличением энергии порога появления ЭСД ионов Li^+ на ~ 30 эВ по отношению к энергии фотоионизации уровня 2р Si^- . Двойная ионизация, являясь процессом удаления из атома двух электронов одним электроном, должна иметь более резкую зависимость сечения от энергии E по сравнению с сечением однократной ионизации [7], что также соответствует наблюдаемому ходу зависимости $q^+ = f(E)$ в области порога.

При ионизации 2s уровня Si^- заполнение остоной вакансии может сопровождаться каскадным Оже-процессом $L_1L_{2,3}V$, $L_{2,3}VV$, что приводит к удалению из иона Si^- трех электронов и объясняет особенность на графике $q^+ = f(E)$ при энергии ионизации 2s уровня Si^- .

С другой стороны, межатомный Оже-распад вакансии на 1s уровне Li^- может привести к удалению только двух электронов из иона Si^- , что недостаточно для ЭСД ионов Li^+ .

Таким образом, обнаружено не наблюдавшееся ранее явление влияния межэлектронных взаимодействий при электронной ионизации атомов на порог появления ионов при ЭСД.

Авторы выражают благодарность О.В. Константинову за обсуждение результатов работы.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] А г е е в В.Н., К у з н е ц о в Ю.А. В сб.: Проблемы физической электроники, Л.: ФТИ им. А.Ф. Иоффе АН СССР, 1987. С. 18.
- [2] K n o t e k M.L., F e i b e l m a n P.J. // Phys. Rev. Lett. 1978. V. 40. P. 964.
- [3] А г е е в V.N., B u r m i s t r o v a O.P., Y a k s h i n s k i i B.V. // Surf. Sci. 1988. V. 194. P.101.
- [4] Б р и г г с Д., С и х а М.П. Анализ поверхности методами Оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. М.: Мир, 1987. 567 с.
- [5] А г е е в В.Н., А ф а н а с ь е в а Е.Ю., Г а л ь Н.Р., М и х а й л о в С.Н., Р у т ь к о в Е.В., Т о н т е г о - д е А.Я. // Поверхность. 1987. Т. 5. С. 7.
- [6] Р а д ц и г А.А., С м и р н о в Б.М. Параметры атомов и атомных ионов. М.: Энергоатомиздат, 1986. 107 с.
- [7] Х а с т е д Дж. Физика атомных столкновений. М.: Мир, 1965. 319 с.