

02; 11

© 1991

МЕХАНИЗМ МОДИФИКАЦИИ РФЭ-СПЕКТРОВ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ПОВЕРХНОСТИ $Ni(100)$ ИОНАМИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЙ

А.А. Корнеев, Ю.Ю. Лебединский,
В.Н. Тронин, В.И. Троян,
Т.В. Шамрай

Одним из наиболее информативных методов исследования электронного состояния приповерхностных слоев является метод рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) [1]. РФЭС позволяет получать надежные данные об энергетической зонной структуре металлов. Форма и ширина фотоэлектронных спектров валентных электронов дает прямую информацию о распределении электронных состояний. Изменение энергетического положения спектров основных уровней свидетельствует об изменении характера связей. Поскольку в методе РФЭС зондируются слои вещества толщиной 10–30 Å, то форма и положение спектров сильно зависит от состояния поверхности. Наиболее универсальным и эффективным способом приготовления поверхности является бомбардировка ее ионами Ar^+ низкой энергии. При этом происходит изменение состава структуры поверхности и внедрение ионов в объем образца, модифицируя при этом РФЭ спектры [2].

Механизм влияния ионного облучения на электронную структуру поверхности, а, следовательно, и на РФЭ спектры, в настоящее время отсутствует. В данной работе представлены результаты исследования структуры РФЭ спектров $Ni(100)$ при воздействии Ar^+ и предложен механизм влияния ионов на структуру РФЭ спектров.

Эксперименты проводились на электронном спектрометре X5AM-800. Исследовались РФЭ и Оже-спектры $Ni(100)$: $2p_{3/2}$, $3p$, $3d$ и L_{23VV} до и после воздействия ионов Ar^+ с энергией от 0.5 до 4.5 кэВ и дозами $5 \cdot 10^{15}$ и $5 \cdot 10^{17}$ ион/см² при $T=300$ К и 700 К.

До облучения в спектрах $Ni 2p$ и L_{23VV} наблюдались сателлиты, отстоящие на 6 эВ и 25 эВ от основных пиков соответственно.

На рисунках 1 и 2 представлены характерные РФЭ и Оже-спектры $Ni 2p_{3/2}$ и L_{23VV} до облучения (кривая 1) и после облучения (кривая 2) ионами Ar^+ с энергией $E=0.5$ кэВ и дозой $5 \cdot 10^{15}$ ион/см² при $T=300$ К. В спектре $Ni 2p_{3/2}$ (см. рис. 1) наблюдается основной пик ($E_{CB}=853.2$ эВ) и сателлит в области большей энергии связи (859.2 эВ). Сателлитная структура

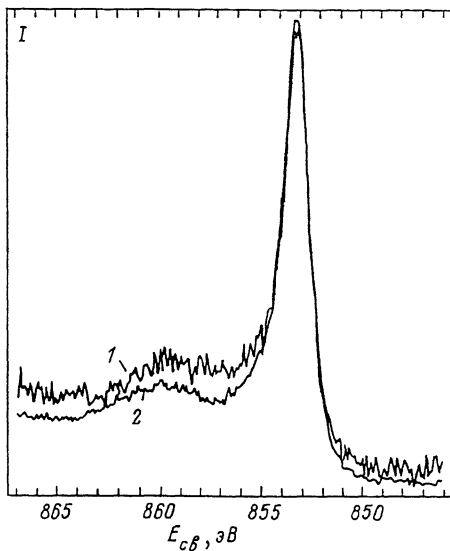


Рис. 1. Рентгеновский фотоэлектронный спектр $Ni\ 2p_{3/2}$. 1 — РФЭ-спектр до облучения ионами Ar^+ , 2 — РФЭ-спектр после облучения ионами Ar^+ с энергией $E=0.5$ кэВ, и дозой $5 \cdot 10^{15}$ ион/см².

наблюдалась также и в $L_{23}VV$ спектрах, где помимо основного пика с $E_{кул}=846.1$ эВ присутствует в области меньших кинетических энергий (821.1 эВ) сателлитная структура, (см. рис. 2). Обнаружено anomalно малое отношение интенсивностей пиков $L_2/L_3 = 0.1$ (процесс Костера-Кронича [3]).

После воздействия ионов Ar^+ ($E=0.5$ кэВ) на поверхность Ni (100) при $T=300$ К наблюдалось уменьшение интенсивности сателлитных пиков на 25 % в спектрах $Ni\ 2p_{3/2}$ и на 60 % — $L_{23}VV$ (см. рис. 1 и 2, кривые 2) и увеличение энергетического интервала на 0.6 эВ между основным и сателлитным пиками. В спектре $L_{23}VV$ наблюдалось увеличение интенсивности пика L_2 на 40 %. Линия $Ni\ 3d$ уширялась на 0.8 эВ и смещалась на 0.8 эВ относительно энергии Ферми (ξf). При этом плотность состояний $\rho(\xi f)$ уменьшалась. При увеличении энергии ионов до 4.5 кэВ при тех же дозах ($2 \cdot 10^{17}$ ион/см²) дальнейшего качественного изменения структуры спектров не наблюдалось. Нагрев до 700 К приводил к исчезновению в пределах ошибки наблюдаемых изменений в спектрах, т.е. величина и положение сателлитов соответствовали значениям до облучения (рис. 2, кривая 3).

Объяснить модификацию спектров при облучении поверхности Ni (100) можно следующим образом. Известно [4], что механизм образования сателлитов состоит в том, что в поле образующейся в результате ионизации основного 2p-уровня дырки происходит

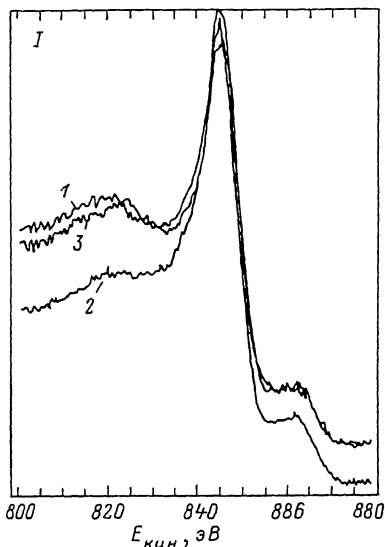


Рис. 2. Оже-спектры. 1 - спектр до облучения ионами $Ni\ L_{23}VV$, 2 - спектр после облучения ионами Ar^+ с энергией $E=0.5\text{ кэВ}$ и дозой $5 \cdot 10^{15}$ ион/см², 3 - спектры после отжига никеля при 700 К.

снятие вырождения между d^9 и d^{10} состояниями в d -зоне никеля. Относительная величина сателлитного пика связана с $d-s$ гибридизацией, которая приводит к частичному заполнению d^{10} -состояния. При облучении поверхности ионами Ar^+ в Ni образуются точечные дефекты - внедренные атомы Ar и Ar^+ - вакансионные комплексы [5]. Как вакансии, так и внедренные атомы Ar создают вокруг себя повышенную электронную плотность в зоне проводимости. Вследствие этого атомы Ni , расположенные в ближайшем окружении таких дефектов, число которых с учетом дальнего действия - $Z \approx 10$, будут находиться в состоянии с повышенной электронной плотностью в d -зоне (d^{10} - состояние). Следовательно, такие атомы не будут давать вклад в интенсивность сателлитного пика. Таким образом, точечные дефекты, образующиеся вследствие облучения поверхности ионами Ar^+ , приводят к подавлению сателлитного пика.

Оценим, исходя из этого предположения, концентрацию точечных дефектов. Как уже отмечалось, изменение сателлитного пика составляет величину $\alpha = 0.25$ в случае спектров $Ni\ 2p_{3/2}$ и $\alpha = 0.6$ - $L_{23}VV$. Тогда концентрация точечных дефектов по порядку величины есть $c \sim \alpha/Z$, что в условиях эксперимента составляет $c \approx 6\%$ ($L_{23}VV$) и $c \approx 2.5\%$ ($Ni\ 2p_{3/2}$). Эти оценки хорошо коррелируют с дозами облучения поверхности Ni . Различия в концентрации дефектов, по нашему мнению, объясняется распреде-

лением дефектов по глубине зондирования поверхности в случаях возбуждения переходов L_{23VV} и $Ni 2p_{3/2}$, определяемой длиной свободного пробега фотоэлектронов.

Очевидно, что при повышении температуры происходит отжиг дефектов и, следовательно, восстановление сателлитного пика, что и наблюдается в экспериментах (см. рис. 2, кривая 3).

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] В у д р а ф Д., Д е л н а р Т. Современные методы исследования поверхности. М.: Мир, 1989.
- [2] Н а р м о н е в А.Г., З а х а р о в А.И. // ФММ. 1981. Т. 52. В. 1. С. 63-66.
- [3] A n t o n i d e s E., J a n s e E.C., S a w a t s k y G.A. // Phys. Rev. B. 1977. V. 15. N 10. P. 4596-4601.
- [4] H i l l e b r e c h t F.U., F u g g l e J.C., B e n n e t P.A., Z o l n i e r e n Z. // Phys. Rev. B. 1983. V. 27. N 4. P. 2179-2193.
- [5] К у з ь м и н о в Д.Б. Автореф. канд. дис. 1988. НИФХИ. 22 с.

Поступило в Редакцию
30 июля 1991 г.