

PACS: 61.43.DQ, 68.60.DV, 71.20.RV

ISSN 1729-4428

А.М. Андросюк, С.І. Степановський, З.В. Стасюк

Електронно-адсорбційні характеристики плівок неодиму, адсорбованих на грані (100) кристала вольфраму

*Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Драгоманова, 50, Львів, 79005*

В роботі методом контактної різниці потенціалів досліджено зміни роботи виходу ϕ плівок неодиму, адсорбованих на поверхні (100) кристала вольфраму в широкому діапазоні концентрацій адсорбату n і температур T прогріву підкладки. Показано, що поведінка залежності роботи виходу від концентрації адсорбату та температури підкладки дещо схожа, як у випадку адсорбції деяких інших атомів рідкісноземельних елементів (Dy, Ho, Tb, Gd) на аналогічній грані вольфраму. Результати експерименту пояснено на основі уявлень про роль обмінної взаємодії у формуванні загальної енергії зв'язку адатома з поверхнею та про існування частково заповнених поверхневих електронних станів, які в значній мірі визначають характеристики обмінної взаємодії.

Ключові слова: адсорбція, обмінна взаємодія, робота виходу, неодим, вольфрам.

Стаття поступила до редакції 19.10.2004; прийнята до друку 10.12.2004.

Вступ

Відомо, що структура декількох верхніх атомних шарів окремих граней монокристалів перехідних металів відрізняється від структури нижніх шарів, тобто поверхня є реконструйованою. Реконструкція поверхні також може бути зумовлена присутністю адсорбованого шару. Зокрема, реконструкція поверхні тугоплавких металів має місце при адсорбції атомів лужноземельних та рідкісноземельних елементів, що було досліджено в ряді робіт [1-3]. Цікавим є виявлення впливу реконструкції поверхні на емісійно-адсорбційні властивості металоплівкових систем та залежність цього впливу від кристалографічної орієнтації поверхні. Дослідження адсорбції Gd, Tb, Dy, Ho [4-6] на грані (100) вольфраму вказує на погіршення емісійної ефективності адсорбційної системи в ході реконструкції поверхні вольфраму. Проте адсорбція атомів Tb, Gd на поверхні (111) вольфраму веде до покращення емісійних властивостей поверхні [1].

Маючи за мету вивчити згадані явища більш широко, ми дослідили емісійні властивості грані (100) вольфраму покритої субмоношаровими плівками неодиму в широкому інтервалі температур прогріву підкладки та концентрації адсорбату.

I. Експериментальна частина

Дослідження проводились у цільнометалевій

надвисоковакуумній установці УСУ-4. В якості досліджуваного зразка використовувалась поверхня монокристала вольфраму розмірами $10 \times 5 \times 0,6$ мм³, орієнтована паралельно грані (100) з точністю 10'. Знегаження зразка проводили шляхом довготривалого прогріву його при температурі 2000 К в умовах надвисокого вакууму. Для очищення від домішок вуглецю кристал витримували в атмосфері кисню (парціальний тиск 1×10^{-4} Па) при температурі зразка 1800 К і здійснювали короткочасні періодичні спалахи при 2200 К. Джерелом адсорбату був неодимовий зразок чистотою 99,99 %, поміщений в танталовий тигель, попередньо ретельно знегажений у надвисокому вакуумі при температурах, що значно перевищували робочі температури джерела неодиму. Адсорбат очищували тривалим знегажуванням і тренуванням при робочій температурі. Для стабілізації потоку адсорбату використовували високостабілізовані джерела живлення спіралей розжарення тиглів. Тиск активних до адсорбції залишкових газів в експериментальній приладі під час досліджень не перевищував 2×10^{-8} Па.

Зміни роботи виходу поверхні при адсорбції рідкісноземельних елементів вимірювали методом контактної різниці потенціалів за зсувом прямолінійної ділянки вольт-амперних характеристик електронного прожектора з вольфрамовим катодом в гальмівному полі зразка.

II. Результати та їх обговорення

На рис. 1 подано залежності роботи виходу ϕ грані W(100) від абсолютної поверхневої концентрації адсорбованих атомів неодиму при різних температурах підкладки. Напорошення адсорбату на підкладку проводилось при вказаних температурах, а робота виходу вимірювалась при температурі 300 К. Робота виходу чистої грані W(100) приймалась рівною 4,5 еВ.

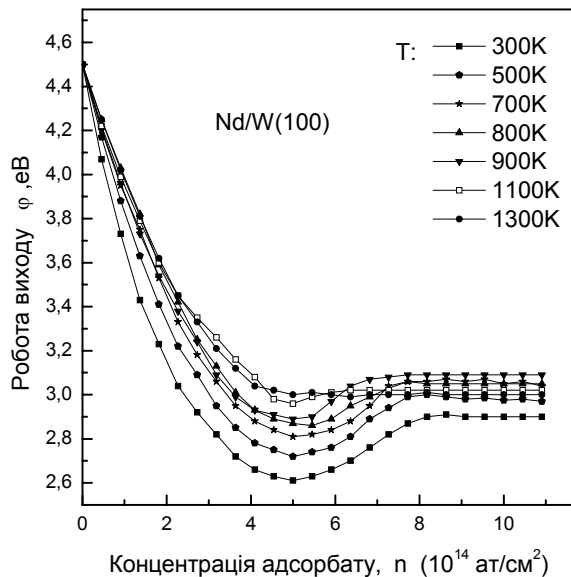


Рис. 1. Залежність роботи виходу ϕ від концентрації n адсорбованих атомів неодиму на грані W(100).

Як видно з рис. 1 концентраційні залежності роботи виходу при $T = 300$ К суттєво відрізняються від отриманих кривих $\phi(n)$ при вищих температурах підкладки (до $T = 1300$ К). При температурах підкладки $T \geq 500-700$ К суттєво змінюється нахил початкових ділянок $\phi(n)$ і зростає мінімальне значення ϕ . Варто зауважити, що при таких температурах відбувається помітна міграція адатомів рідкісноземельних елементів на поверхні вольфраму [7]. Підвищення температури кристалу вище 1100 К практично не впливає на хід залежностей $\phi(n)$, початкові їх ділянки майже співпадають, а робота виходу досягає сталого значення, що пов'язано, очевидно, із випаровуванням адатомів неодиму та встановленням рівноважної концентрації адсорбату при певній температурі поверхні кристалу.

Зміни роботи виходу грані (100) вольфраму при адсорбції неодиму, зумовлені прогрівом до високих температур підкладки, є необоротними. Це, мабуть, свідчить про значну зміну електронного стану поверхні, пов'язану із реконструкцією поверхні. На нашу думку, реконструкції поверхні грані (100) вольфраму сприяє сильний обмінний зв'язок адатомів рідкісноземельних елементів із підкладкою, який зумовлює зміщення атомів підкладки. Ступінь реконструкції в значній мірі залежить від температури прогріву підкладки. Оскільки атоми

рідкісноземельних елементів володіють складною структурою електронних оболонок, то їм властива висока чутливість до структури підкладки і розміщення на ній ненасичених електронних зв'язків.

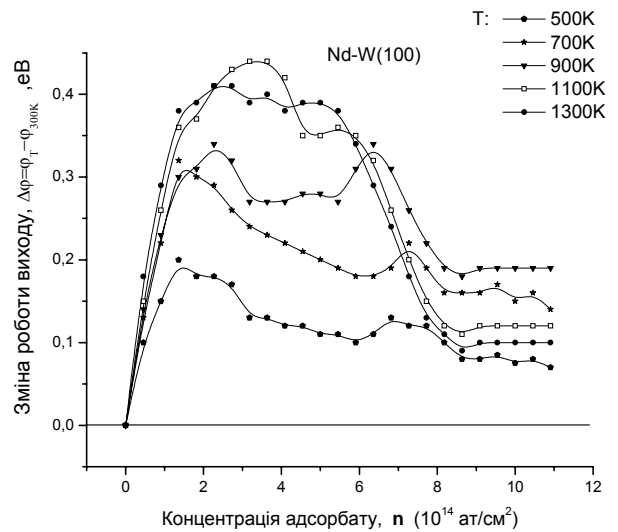


Рис. 2. Зміни роботи виходу $\Delta\phi = \phi_T - \phi_{300K}$ від концентрації n адсорбованих атомів неодиму на грані W(100).

Порівняння результатів досліджень адсорбції Tb і Gd на грані W(100)[4] та на поверхні W(111)[1] із отриманими нами результатами (рис. 2) показують, що величина зміни мінімальних значень ϕ дослідженої системи Nd-W(100) (0,39eВ) дещо вища у порівнянні з адсистемами Tb-W(100) (0,35eВ) і Gd-W(100) (0,25eВ), та набагато вища відносно змін мінімуму ϕ адсистем Tb-W(111) (0,11eВ) і Gd-W(111) (0,14eВ). Окрім цього, величина $\Delta\phi$ в мінімумі залежностей $\phi(n)$ на гранях W(100) і W(111) має протилежні за знаком значення, тобто на грані W(100) ϕ_{\min} підвищується, а на грані W(111) ϕ_{\min} понижується при підвищенні температури прогріву підкладки.

Висновки

Проведені дослідження вказують на значне пониження роботи виходу поверхні вольфраму (100) при адсорбції неодиму аж до 2,6 еВ. Подібні результати були отримані також для інших рідкісноземельних елементів на даній грані вольфраму [4,5,6]. При прогріванні підкладки до високих температур зміни роботи виходу поверхні є необоротними, що ми пов'язуємо із реконструкцією поверхні. Отже, перебудова поверхні грані W(100) приводить до погіршення емісійної ефективності даної адсистеми, а грані W(111) – до її покращення. Таким чином, різні грані кристалів при перебудові їх поверхонь можуть по-різному впливати на емісійні характеристики адсистем.

Стасюк З.В. – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри фізичної і біомедичної електроніки;

Степановський С.І. – кандидат фізико-математичних наук;

Андросюк А.М. – аспірант кафедри фізичної і біомедичної електроніки.

- [1] Ф.М. Гончар, Т.П. Смерека, С.И. Степановский, Г.В. Бабкин. Адсорбция тербия и гадолиния на грани (111) кристалла вольфрама. // *ФТТ*, **30**(12), сс. 3541-3544 (1988).
- [2] Я.Б. Лозовый, В.К. Медведев, Т.П. Смерека и др. Адсорбция бария и лантана на грани (111) кристалла вольфрама. // *ФТТ*, **28**(12), сс. 3693-3698 (1986).
- [3] М.С. Гупало, В.К. Медведев, Т.П. Смерека и др. Адсорбция лантана на грани (100) монокристалла вольфрама. // *ФТТ*, **19**, сс. 2955-2959 (1977).
- [4] В.К. Медведев, Т.П. Смерека, С.И. Степановский, Ф.М. Гончар, Р.Р. Каменецкий. Адсорбция тербия и гадолиния на грани (100) кристалла вольфрама. // *ФТТ*, **33**(12), сс. 3623-3626 (1991).
- [5] Т.П. Смерека, Ф.М. Гончар, С.И. Степановский. Реконструкция подложки при адсорбции атомов диспрозия, тербия и гадолиния на грани (100) кристалла вольфрама. // В сб. *“Физико-химические, структурные и эмиссионные свойства тонких пленок и поверхности твердого тела”*. Под ред. Акад. АНУ Н.Г. Находкина. Киев УМК ВО, сс. 127-137 (1992).
- [6] Т.П. Смерека, С.І. Степановський, Ф.М. Гончар, Р.Р. Каменецький. Електронно-адсорбційні властивості плівок гольмію на грані (100) кристала вольфраму. // *Вісн. Львів. Ун-ту. Сер. Фіз.*, сс. 107-111 (1993).
- [7] Б.М. Палюх, Т.П. Смерека // *ФТТ*, **13**(3), сс. 776-780 (1971).

A.M. Androsyuk, S.I. Stepanovsky, Z.V. Stasyuk

Electron-Adsorption Properties of Nd Films Adsorbed on (100) Face of Tungsten

‘Ivan Franko’ Lviv National University 50, Dragomanova Str., Lviv, 79005, Ukraine

An adsorption of Nd on face W (100) was studied by the contact potential difference method. The dependences of the work function of the Nd films was measured at different coverages and substrate temperatures. It was investigated that Nd films decrease work function value of W(100) face. The substrate temperature exerts essential effect on film work function, which is ascribed to a surface reconstruction.