

АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ФІЗИКИ

На правах рукопису

ЗАСИМОВИЧ ІГОР МИКОЛАЙОВИЧ

ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ ТА ЛАТЕРАЛЬНА ВЗАЄМОДІЯ

. У ШІВКАХ БАРІЮ ТА КИСНЮ

НА ГРАНІ (110) МОЛІБДЕНУ

01.04.04. - фізична електроніка

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття вченого ступеня

кандидата фізико-математичних наук

Київ - 1993

№ 26. 55a

Робота виконана у відділі фізичної електроніки
Інституту фізики АН України

Наукові керівники: член-кореспондент АН України, професор
Наумовець А.Г.
кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник
Клименко Б.В.

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук
Пашицький Е.А.
кандидат фізико-математичних наук
Горчинський А.Д.

Провідна організація: Санкт-Петербурзький Фізико-техніч-
ний інститут ім. А.Ф.Іоффе

Абтореферат розіслано *18 січня* 1993 р.

Захист дисертації відбудеться *18 лютого* 1993р. в 15.00 годин
на засіданні Спеціалізованої Ради Д 016.04.01 при Інституті
фізики АН України (252650 ,ДСП, Київ - 28, пр. Науки, 46).

З дисертацією можна ознайомитися в науковій бібліотеці
Інституту фізики АН України.

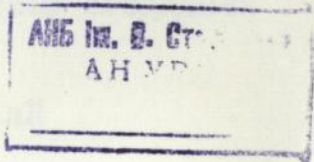
Вчений секретар
Спеціалізованої Ради
канд. фіз.-мат. наук

В.А.Іщук

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00825734 (Т)



Актуальність теми. Розвиток і прогрес в таких важливих галузях як емісійна електроніка, вакуумна техніка, мікроелектроніка, каталіз, технологія вирощування кристалів і в багатьох інших потребують детальних даних про властивості як чистої поверхні твердого тіла, так і поверхні, покритої різними адсорбованими плівками. Адсорбція моносарових плівок чи навіть плівок субмоносарової товщини суттєво змінює властивості поверхні твердого тіла. Однак, незважаючи на унікальність цілого ряду властивостей таких двовимірних чи квазідвовимірних утворень, вони ще залишаються недостатньо вивченими. Саме це і визначає важливість та актуальність вивчення процесів, що відбуваються при адсорбції атомів та молекул на поверхні твердого тіла, а також фізико-хімічних властивостей адсорбованих плівок.

Одним із найважливіших питань при дослідженні адсорбційних систем є вивчення характеру взаємодії між адатомами. Адже, разом із взаємодією атомів із підкладкою, ця взаємодія має важливий вплив на атомну структуру, динамічні властивості, фазову діаграму та термічну стабільність адсорбційної системи. Одним із способів вивчення взаємодії адатомів є дослідження співадсорбції різних елементів. Зокрема, великий інтерес в останній час викликає співадсорбція електропозитивних та електронегативних адсорбатів. Це обумовлено не тільки тим, що дослідження цих елементів, що мають різну природу зв'язку з підкладкою, дає змогу отримати цілий ряд важливих відомостей про загальні закономірності взаємодії адатомів та властивості адсорбційних систем, але і тим, що ці системи мають практичне значення. Але серед великої кількості робіт, які присвячені співадсорбції атомів лужних металів та газів, відносно мало робіт пов'язано з вивченням співадсорбції лужноземельних металів та газів, зокрема, кисню. Між тим, такі системи викликають великий інтерес тому, що існування ще одного валентного електрона у лужноземельних металів, в порівнянні з лужними, може суттєво вплинути на характер їх взаємодії при співадсорбції та привести до появи нових властивостей в змішаних адсорбованих плівках. Дослідження цих властивостей дуже важливе для подальшого прогресу в розумінні природи цих процесів, що відбуваються при співадсорбції електропозитивних

тивних та електронегативних адсорбатів. З точки зору практики, ці системи викликають інтерес тому, що можна очікувати, що змішані плівки лужноземельних адсорбатів та кисню будуть мати підвищену термостабільність у порівнянні з плівками лужних металів та кисню. Це має важливе значення при їх використанні в емісійній електроніці.

Метою цієї роботи було отримання експериментальних даних про структуру адсорбованих плівок, фазові переходи в них, зміну роботи виходу системи при адсорбції та її зв'язок із структурними перетвореннями в адплівці, вплив одного адсорбата на впорядковані структури іншого, а також вивчення взаємодії між адатомами.

Наукова новизна та практичне значення роботи полягає в наступному:

1. Встановлено кількість структур і їх послідовність у залежності від концентрації та температури відпалу для системи $O - Mo (II O)$, а також відповідність між зміною роботи виходу та структурою плівки кисню.

2. Детально вивчено фазовий перехід від співмірної з підкладкою структури до неспівмірної в плівці барію на грані $(II O)$ молибдену, а також для цієї ж системи у присутності малих концентрацій кисню. Виявлено зміну типу доменних стінок у неспівмірній фазі при зростанні концентрації адсорбату, а також температурну залежність періоду ґратки солітонів.

3. Досліджена співадсорбція барію та кисню на грані $(II O)$ молибдену в широкому інтервалі концентрацій адсорбатів та при різних температурах адсорбції.

4. Виявлено та досліджено явище електронно-стимульованого розупорядкування в плівках кисню на поверхні $(II O) Mo$.

На захист виносяться наступні положення:

1. Встановлено послідовність впорядкованих структур, що утворюються при адсорбції кисню на грані $(II O)$ молибдену, у всьому субмоносаровому інтервалі покриттів адсорбату, а також у залежності від температури відпалу адплівки. Три з утворюючихся структур кисню ($c(2 \times 2)$; (6×2) ; (6×1)) формуються при хемосорбції кисню на незбуреній або слабо збуреній (без перемішування атомів кисню та молибдену) поверхні молибдену.

2. Показано, що експериментальні дані, отримані при вивченні фазового переходу від співмірної до неспівмірної структури в півці барію на грані (110) молибдену, добре описуються солітонною моделлю такого переходу. Виявлено зміну типу доменних стінок в неспівмірній фазі при зростанні покриття адсорбату. Знайдено температурна залежність періоду ґратки солітонів пояснюється термоактивованим переходом частини надлишкових атомів із солітонів в домену співмірної фази з утворенням там дефектів типу міжзлових атомів.

3. Вплив дефектів в вигляді преадсорбованих атомів кисню призводить до значного зміщення точки переходу від одного типу солітонів до іншого в бік менших концентрацій барію. Сам цей перехід від співмірної до неспівмірної фази в присутності адатомів кисню починається при більших концентраціях барію у порівнянні з чистою системою Ba-Mo (110).

4. При співадсорбції барію та кисню на грані (110) молибдену між адатомами цих елементів існує сильна притягувальна взаємодія з ефективним радіусом (що відповідає енергії взаємодії $\sim 0,1$ eV) $\sim 5,5$ Å. Утворення впорядкованих структур у змішаних півках барію та кисню відповідає формуванню на поверхні двовимірних стехіометричних сполук барію та кисню з різною відносною концентрацією адсорбатів.

5. Встановлено, що першою стадією процесу електронно-стимульованого розвпорядкування в адсорбційних півках може бути не тільки збудження електронної системи самих адатомів, а і збудження основних рівнів атомів підкладки з подальшою релаксацією цього збудження в результаті внутрішньоатомного чи міжатомного Оже-процесу.

Апробація роботи. Результати роботи були представлені на 20 та 21-й Всесоюзних конференціях з емісійної електроніки (Київ, 1987; Ленінград, 1991); Всесоюзній конференції "Поверхня - 89" (Чорногорка, 1989); II-й Європейській конференції по науці про поверхню (Саламанка, Іспанія, 1990).

Дисертація складається із вступу, чотирьох глав і заключного розділу. Викладена на 98 сторінках машинописного тексту, вміщує 35 малюнків та список літератури з 216 найменувань.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність вибраної теми, сформульована мета роботи, відображено новизну роботи та її практичне значення.

Перша глава являє собою короткий огляд літератури, пов'язаної з дослідженням плівок, адсорбованих на поверхні металів. Перший розділ цієї глави присвячено питанням взаємодії адсорбованих атомів з підкладкою та між собою. Грунтуючись на теоретичних та експериментальних даних, що маються в літературі, викладено сучасні уявлення про різні механізми взаємодії при адсорбції на поверхні металів атомів металів та газів, а також про вплив цих типів взаємодії один на одного. Робиться висновок, що не зважаючи на те, що, в цілому, з'ясовано основні можливі типи взаємодії адатомів, поки що ще мало відомо про співвідношення цих типів взаємодії в конкретних системах. Теоретичне дослідження найбільш цікавих об'єктів на сучасному етапі ще не досконале і тому потрібні нові експериментальні дані для подальшого прогресу у розумінні цих питань.

У другому розділі розглянуті питання, які пов'язані з фазовими переходами в адсорбованих плівках. Викладені основні закономірності зміни структури адплівок при зміні концентрації адсорбату в залежності від домінуючого типу взаємодії між адатомами. Розглянута солітонна модель фазового переходу від співмірної з підкладкою структури до неспівмірної, а також фазові переходи, що мають місце в адплівці при зміні температури системи. Робиться висновок про необхідність дальшого вивчення фазових переходів, особливо для систем з дальнюдіючим відштовхуванням, для яких цілий ряд питань, що стосуються загальних закономірностей фазових переходів, ще залишається нез'ясованим.

У третьому розділі першої глави зроблено огляд літератури присвяченої співадсорбції електропозитивних та електронегативних адсорбатів. Розглянуто найбільш загальні і цікаві закономірності таких систем, що проявляються в значній зміні роботи виходу, термодесорбційних спектрах, спектрах коливань та характеристичних втрат енергії електронів, а також в утворенні впорядкованих структур в змішаних плівках. Але, незважаючи на велику кількість робіт в цій галузі, звертає на себе увагу недостатня кількість дослід-

жень, присвячених співадсорбції лужноземельних металів та газів. Вивчення особливостей взаємодії цих адсорбатів, без сумніву, буде сприяти кращому розумінню процесів, що мають місце при співадсорбції електропозитивних та електронегативних елементів.

У другій главі описано експериментальні методи та технологічні умови рішення завдань, що були поставлені в цій роботі.

Дослідження структури адшлівок проводилося методом дифракції повільних електронів (ДПЕ). Енергія первинних електронів вибиралася в інтервалі 15 - 400 еВ. Зміни роботи виходу Φ поверхні при адсорбції вивчалися методом контактної різниці потенціалів (варіант Андерсона) з допомогою окремої короткофокусної електронної пушки, що могла бути розташована біля поверхні зразка. Ці методики були реалізовані в скляному електроннографі. Тиск активних компонентів залишкових газів не перевищував 10^{-11} Тор. Контроль за вакуумними умовами проводився з допомогою іонізаційного манометра, а також вакуум оцінювався виходячи з часу адсорбції залишкових газів на вістрі автоелектронного проєктора. Підкладка могла бути охолоджена до 77 К. Розподіл інтенсивності дифракційних картин на екрані електроннографа вимірювався з допомогою світлометра чи шляхом денситометрування фотошлівок.

Підкладкою була грань (110) монокристалу молібдену. Досліджувані зразки являли собою адсорбовані в надвисокому вакуумі шівки кисню, барію, а також змішані шівки цих адсорбатів.

У главі третій викладено експериментальні результати дослідження адсорбції кисню на грані (110) Мо, фазового переходу співмірна-неспівмірна структура в шівці барію на цій же поверхні, а також співадсорбції барію та кисню на грані (110) молібдену.

У першому розділі цієї глави описана послідовність впорядкованих структур в шівці кисню в залежності від ступеню покриття θ адсорбата та температури відпалу адшлівки. Подано отримані дані про відповідність між зміною роботи виходу при адсорбції та десорбції кисню і утворюючимися впорядкованими структурами.

Адсорбція кисню на грані (110) Мо при температурі 77 К йде без утворення впорядкованих структур в адшлівці. При кімнатній температурі адсорбції кисень утворює лише одну структуру - $c(2 \times 2)$, що досягає свого максимального розвитку при $\theta = 0,25$ (ступінь

покриття адсорбата ϑ встановлювалась як відношення концентрації атомів адсорбата n_{ad} до концентрації атомів Mo на грані (110) ($n_{Mo} = 14,3 \cdot 10^{14}$ ат/см²). Інтервал існування цієї структури спадає з області мінімуму роботи виходу, а сама ця структура росте острівцями, починаючи з найменших покриттів адсорбату. Про це свідчить той факт, що дифракційні рефлекси цієї структури видно в інтервалі покриттів від 0,07 до 0,25 моношару, а також лінійна зміна φ із зростанням концентрації кисню до мінімуму роботи виходу. Подальша адсорбція кисню на грані (110) Mo при температурі кристалу 300 К приводить лише до росту фону дифракційної картини і затухання рефлексів структури $c(2 \times 2)$. Але відпал адпівки призводить до утворення ще кількох впорядкованих структур. При цьому, у залежності від температури відпалу T_b , при збільшенні кисневого покриття утворюються дві послідовності дифракційних картин. При $T_b = 350 \pm 750$ К це картини $c(2 \times 2)$; (6×2) та (6×1) , а при $T_b = 750 \pm 1200$ К - $c(2 \times 2)$; (6×2) та картина, що була розшифрована раніше у роботі /1/ як впорядкована плівка окислу MoO_2 з орієнтацією поверхні (100).

Картина (6×2) з'являється при $\vartheta > 0,25$ і набуває свого максимального розвитку при $\vartheta = 0,42$ (це покриття було встановлено у роботі /2/). Термічне впорядкування структури (6×2) проходить у два етапи: в інтервалі $T_b = 200-350$ К формуються рефлекси, що утворюють картини $c(2 \times 2)$ і лише після цього, в інтервалі $T_b = 300-400$ К інші рефлекси картини (6×2) . Це свідчить про те, що ґратка кисню, що відповідає картині (6×2) має два сорти адсорбційних місць.

Збільшення кисневого покриття при $T_b < 750$ К призводить до появи картини (6×1) , що досягає свого максимального розвитку при $\vartheta = 0,84$ моношару. При цьому ця фаза з $\vartheta = 0,84$ росте острівцями після досягнення кисневим покриттям значення $\vartheta = 0,58$. Таким чином має місце фазовий перехід I роду. При $\vartheta \geq 0,6$ моношару та $T_b > 750$ К утворюється впорядкована плівка MoO_2 .

Використовуючи кінематичне наближення, були розраховані моделі структур адпівки, що відповідають дифракційним картинам (6×2) та (6×1) . Аналіз цих моделей, а також порівняння кисневих структур, що утворюються при адсорбції на грані (110) W та Mo , дозволяє зробити висновок, що домінуючу роль у формуванні впоряд-

кованих структур в системі O-Mo (IIO) відіграє непряма непарна взаємодія між адатомами кисню. Взаємодія атомів кисню має притягувальний характер, про що свідчить острівцевий ріст впорядкованої плівки кисню починаючи з найменших концентрацій адсорбату.

У другому розділі глави 3 викладено результати експериментального дослідження фазового переходу співмірна-неспівмірна структура в плівці Ba на грані (IIO) молибдену. Подібні переходи відомі для різних систем, але експериментально та теоретично вони досліджені практично лише для фізадсорбованих плівок. У той же час особливості неспівмірних структур у хемосорбованих плівках вивчені недостатньо.

Встановлено, що поблизу точки переходу співмірна-неспівмірна структура (С-Н перехід), неспівмірна фаза складається з доменів співмірної, які розділені між собою доменними стінками або солітонами. Локальна щільність плівки у солітонах більша порівняно з співмірною фазою, і солітони можуть утворювати свою ґратку /3,4/. Ця модель, що має на увазі незмінність внутрішньої структури доменних стінок при зміні періоду ґратки солітонів із збільшенням концентрації адсорбату, знайшла експериментальне підтвердження при дослідженні фізадсорбованих плівок. Ми провели детальне вивчення С-Н переходу для системи Ba-Mo (IIO), для якої цей перехід було виявлено у роботі /5/.

Перехід від співмірної до неспівмірної з підкладкою структури виявляється в тому, що напорошення барію при $\theta > 0,25$ моношару призводить до розщеплення в напрямку $[001]$ дифракційних рефлексів $(\frac{2n+1}{2}h; \frac{2m+1}{2}k)$ (де n, m, h, k - цілі числа, а h та k - індекси Міллера, що визначають дифракційні рефлекси від чистої підкладки) картини $c(2 \times 2)$, що існує при $\theta = 0,25$ і відповідає співмірній структурі Ba. Розщеплення змінюється безперервно при зростанні і може бути пояснено утворенням в плівці антифазних доменів співмірної фази $c(2 \times 2)$, розділених більш щільними доменними стінками або солітонами. При цьому сусідні домени зсунуті один відносно іншого на один період підкладки в напрямку $[001]$, а самі солітони витягнуті в напрямку $[1\bar{1}0]$.

Відстань між розщепленими дифракційними рефлексами Δq обернено пропорційна відстані між доменними стінками і той факт, що вона весь час зростає при зростанні θ свідчить про зменшення періоду ґратки солітонів при збільшенні покриття адсорбату.

Якщо солітонна модель описує С-Н перехід, то розщеплення Δq повинно лінійно залежати від надмірної (по відношенню до співмірної структури $c(2 \times 2)$) концентрації адсорбату на поверхні при незмінності внутрішньої структури самих солітонів. В експериментах встановлено, що відповідна залежність має два лінійні відрізки для $\theta = 0,25-0,31$ та $0,33-0,35$ моношару, що відрізняються кутом нахилу. Ці результати свідчать про можливість зміни типу доменних стінок в неспівмірній структурі при збільшенні покриття адсорбату. Встановлено, що при одномірному стисканні плівки барію на грані (110) молибдену має місце перехід від "щільних" солітонів (з двома лишніми атомами в стінці в порівнянні з співмірною структурою) до "надщільних" солітонів (2,5 лишніх атомів).

Виявлено температурну залежність періоду ґратки солітонів. Вона обумовлена термоактивованим переходом частини лишніх атомів із доменних стінок в домену співмірної фази і утворенням там дефектів типу міжвузлових атомів. Знайдено енергію активації такого процесу, що становить $E_d = (1,5 \pm 0,3) \cdot 10^{-2}$ еВ.

Вивчено також вплив дефектів, роль яких грали преадсорбовані атоми кисню з $\theta_0 \leq 0,02$ моношару, на С-Н перехід в плівці барію на грані (110) молибдену. Виявлено, що присутність на поверхні кисню приводить до зміщення точки переходу від одного типу солітонів до іншого в неспівмірній фазі в бік менших бар'євих покриттів в порівнянні з чистою системою Ва-Мо (110). Сам С-Н перехід, навпаки, починається при більших концентраціях барію на поверхні. Присутність кисню призводить до збільшення термічної стабільності неспівмірної фази по відношенню до переходу порядок-беспорядок, а також впливає на динамічні властивості неспівмірної структури. Отримані результати про зменшення фактору Дебая-Валлера в присутності кисню ($\theta_0 = 0,01$) можуть бути інтерпретовані як піппінг неспівмірної фази поверхневими точковими дефектами в вигляді атомів О.

Отримані результати дозволяють зробити висновок про те, що солітонна модель добре описує перехід співмірна-неспівмірна фаза при одномірному стисканні плівки барію на грані (110) молибдену. Виявлено зміну типу доменних стінок в неспівмірній фазі при зростанні концентрації адсорбату, а також температурну залежність періоду ґратки солітонів. Присутність на поверхні дефектів в вигляді атомів кисню суттєво змінює динамічні властивості неспівмірної

структури, а також зміщує точку переходу від "цілільних" до "надцілільних" солітонів у неспівмірній фазі у бік менших концентрацій барію.

У останньому розділі третьої глави викладено результати дослідження співадсорбції атомів барію та кисню.

Першими викладено дані вивчення впливу малих концентрацій ($\theta \leq 0,1$ моношару) одного із адсорбатів на впорядковані структури, що утворюються іншим адсорбатом на грані (110) молибдену. Адсорбція барію на сформовані кисневі структури, починаючи з найменших досліджених концентрацій Ba ($\theta_{\text{Ba}} \leq 0,01$), приводить до зменшення інтенсивності дифракційних рефлексів, що відповідають впорядкованій плівці кисню. При $\theta_{\text{Ba}} > 0,06$ моношару всі дифракційні картини плівки кисню ((2×2) ; (6×2) ; (6×1)) зникають – відповідні їм дифракційні рефлекси на картині ДПЕ відсутні. Але адсорбція такої ж кількості барію на впорядковану структуру окислу MoO_2 не призводить до її розвпорядкування. Аналогічний розвпорядкуючий вплив має присутність на поверхні малих кількостей кисню на структурі барію. При $\theta_{\text{O}} > 0,1$ моношару не утворюється ні одна з структур барію, що є характерними для його адсорбції на чистій поверхні (110)Mo. Такий розвпорядкуючий ефект, що мають малі кількості одного з адсорбатів на структурі плівок іншого, свідчить про сильну взаємодію барію та кисню на поверхні (110)Mo. У роботах [6,7] було показано, що взаємодія адатомів лужних металів та газів при їх співадсорбції на різних поверхнях металів має притягувальний характер. Мабуть це має місце і для дослідженої нами системи, де адатоми Ba та O мають протилежно спрямовані дипольні моменти. Оцінка радіусу взаємодії адатомів Ba та O на грані (110)Mo показує, що він не перевищує 5,5 Å. Цей радіус взаємодії відповідає відстані, на якій енергія взаємодії барію та кисню починає перевищувати енергію розвпорядкування структур кожного з цих адсорбатів на грані (110) молибдену ($E \sim 0,1$ eV).

При вивченні співадсорбції Ba та O на поверхні (110)Mo вперше були отримані дані про структуру змішаних барієво-кисневих плівок у всьому субмоношаровому інтервалі концентрацій Ba та O, а також у залежності від температури адсорбції. Встановлено, що для більшості з барієво-кисневих структур існують цілочисельні відношення між концентраціями атомів Ba та O. Ці відношення встановлювалися для максимально розвинувтих структур (у момент досягнення максимальної інтенсивності їх дифракційних рефлексів). Структурні переходи

у змішаних Ва-О плівках відносяться до фазових переходів першого роду, що підтвержує зроблений раніше висновок про притягувальний характер взаємодії адатомів Ва та О на грані (ІІО)Мо.

Отримано дані про зміну роботи виходу системи Ва-О-Мо (ІІС) у залежності від концентрації адсорбатів та температури їх адсорбції. Встановлено, що більш висока термічна стійкість системи Ва-О-Мо (ІІО) у порівнянні з системами, що отримуються при співадсорбції лужних металів та кисню, дозволяє отримати для неї емісійно-активні покриття з $\Phi = 1,4$ еВ, стійкі до температур ~ 1200 К.

Грунтуючись на отриманих результатах, зроблено висновки про сильну притягувальну взаємодію між адатомами барію та кисню на поверхні (ІІО) молібдену, а також про те, що впорядковані структури у барієво-кисневих плівках відповідають утворенню на поверхні стехіометричних двовимірних сполук Ва та О з різною відносною концентрацією адсорбатів.

Глава 4 присвячена дослідженню електронно-стимульованого розупорядкування (ЕСР) адплівки кисню на грані (ІІО) молібдену. Для цієї системи явище ЕСР було виявлено вперше. Сам процес електронно-стимульованого розупорядкування полягає в тому, що при бомбардуванні впорядкованих адсорбованих плівок електронами з енергіями, не перевищуючими кілька сотен електрон-вольт, релаксація первинного збудження, яке викликане падаючими електронами, призводить до того, що адатоми отримують енергію достатню для їх зміщення із займаемого адцентру. Якщо температура підкладки достатньо низька і термічна рухливість адатомів відсутня, то "дефекти" у вигляді адатомів, зміщених з своїх правильних положень у ґратці, будуть накопичуватися. В результаті цього дальній порядок у адплівці буде руйнуватися.

У першому розділі четвертої глави дано огляд літератури, присвяченої дослідженню явища ЕСР. До цього часу це явище було виявлено лише для адплівок самих легких адсорбатів - водню, дейтерію, літію на грані (ІІО) W та Мо /8,9/. При цьому вважалось, що першою стадією процесу ЕСР є збудження електронної оболонки самого адсорбованого атома.

Розглянуто також основні моделі, що описують дещо інше явище - електронно-стимульованої десорбції (ЕСД). Але аналіз експериментальних даних свідчить, що перша стадія процесів ЕСД та ЕСР дуже

схожа і тому природно застосування цих моделей при розгляді механізму ЕСР.

У другому розділі приведено експериментальні результати дослідження процесу ЕСР у плівках кисню на поверхні (110) молибдену. Встановлено, що при опромінюванні електронами з енергіями 20-100 еВ поверхню зразка, вкритої впорядкованою кисневою адплівкою, спостерігається швидке зменшення інтенсивності дифракційних рефлексів кисневих структур $c(2 \times 2)$ з $\theta = 0,25$ моношару та (6×2) з $\theta = 0,42$. Рефлекси більш щільної ґратки кисню (6×1) з $\theta = 0,84$ моношару практично не затухають. Для того, щоб спостерігати цей ефект, потрібне охолодження кристалу до 77 К. Встановлено, що зменшення інтенсивності надструктурних рефлексів, у нашому випадку, пов'язано з розупорядкуванням адплівки кисню, а не з її десорбцією. Отримані дані про енергетичну залежність ефективного перерізу процесу дефектоутворення $\bar{\sigma}$ для структур кисню $c(2 \times 2)$ та (6×2) . Півріг на цій залежності при $E = 25$ еВ, мабуть обумовлений збудженням рівня $2S_{1/2}$ самого атома кисню. Але різкий максимум на кривій $\bar{\sigma}(E)$ при $E \approx 65$ еВ, що добре співпадає з положенням рівня $4S_{1/2}$ молибдену, свідчить про те, що ще одним можливим каналом ініціювання ЕСР є збудження основного рівня атома молибдену.

ГОЛОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

1. Встановлено послідовність впорядкованих структур, що утворюються при адсорбції кисню на грані (110)Mo у всьому субмоноваровому інтервалі концентрації адсорбату, а також у залежності від температури відпалу адплівки. Визначено, що кисневі структури $c(2 \times 2)$; (6×2) та (6×1) утворюються в результаті хемisorбції кисню на незбуреній або слабо збуреній (без перемішування атомів O та Mo) поверхні молибдену.

2. Встановлено, що експериментальні дані, отримані при дослідженні переходу співмірна-неспівмірна фаза у плівці барію на грані (110)молибдену, добре описуються солітною моделлю такого переходу. Вперше виявлено зміну типу доменних стінок у неспівмірній фазі при зростанні концентрації адсорбату, а також температурну залежність періоду ґратки солітонів. Остання пояснюється термоактивованим переходом частини атомів із солітонів у домени співмірної фази з утворенням там дефектів типу міжвузлових атомів.

3. Виявлено, що присутність дефектів, у вигляді преадсорбованих атомів кисню, призводить до зміщення точки переходу від одного типу доменних стінок до іншого у бік менших концентрацій барію, а початок С-Н переходу в плівці Ва при цьому зміщується в бік більших концентрацій барію у порівнянні з чистою системою. Вплив дефектів на динамічні властивості неспівмірної фази проявляється у значному зменшенні фактора Дебая-Валлера, що свідчить про піннінг ґратки солітонів на точкових дефектах у вигляді адатомів кисню.

4. Встановлено, що між атомами барію та кисню на грані (110) молибдену існує сильна притягувальна взаємодія, радіус якої (що відповідає енергії взаємодії $\sim 0,1$ еВ) не перебільшує 5,5 Å.

5. Утворення впорядкованих структур у змішаних плівках Ва та О відповідає формуванню на поверхні двовимірних стехіометричних сполук цих адсорбатів з різною їх відносною концентрацією.

6. Вперше виявлено явище електронно-стимульованого розупорядкування для плівок кисню на грані (110) молибдену. Встановлено, що процес ЕСР може бути ініційовано не тільки збудженням електронної системи адатома кисню, а і в результаті збудження внутрішньої оболонки атомів підкладки з релаксацією цього збудження шляхом внутрішньоатомного чи міжатомного Оже-процесу.

Л і т е р а т у р а

1. Kennett H.M., Lee A.E. - Surf.Sci., 1975, v.48, p.624-632.
2. Bauer E., Poppe H. - Surf.Sci., 1983, v.127, p.243-254.
3. Покровский В.Л., Талапов А.Л. - ЖЭТФ, 1980, Т.78, с.269-295.
4. Bak P., Pokrovsky V.L., Talapov A.L. - in "Solitons", Eds. Trullinger S.E., Zakharov V.E. and Pokrovsky V.L., North-Holland, Amsterdam, 1986, p.3-37.
5. Fedorus A.G., Naumovets A.G., Vedula Yu.S. - Phys.Stat.Sol.(a), 1972, v.13, p.445-456.
6. Bonzel H.P. - Surf.Sci.Rept., 1988, v.8, p.43-125.
7. Heskett D. - Surf.Sci., 1988, v.199, p.67-86.
8. Наумовец А.Г., Федорус А.Г. - ЖЭТФ, 1975, Т.68, с.1183-1188.
9. Гончар В.В., Каган Ю.М., Канаш О.В., Наумовец А.Г., Федорус А.Г. - ЖЭТФ, 1983, Т.84, с.249-259.

Основні результати дисертації опубліковано в роботах:

1. Засимович И.Н., Клименко Е.В. Структурные переходы в адсорбированных пленках кислорода на грани (110) молибдена. - Тезисы докладов XX Всесоюзной конференции по эмиссионной электронике. Т. I. Киев: изд ИФ АН УССР, 1987, с. 58.
2. Засимович И.Н., Клименко Е.В., Наумовец А.Г. Разупорядочение двумерных решеток кислорода на грани (011) молибдена; инициируемое электронными переходами в атомах кислорода и молибдена. - ФТТ, 1988, Т. 30, №2, С. 617-619.
3. Fedorus A.G., Gonchar V.V., Kanash O.V., Klimenko E.V., Naumovets A.G., Zasimovich I.N. Electron-stimulated disordering in adsorbed layers. - Surf.Sci., 1991, v. 251-252, p. 846-850.
4. Засимович И.Н., Клименко Е.В., Литвинова Е.М., Люксютов И.Р., Наумовец А.Г. Решетки солитонов в системе Ва-Мо(110). - УФЕ, 1991, Т. 36, №9, С. 1430-1434.
5. Klivenko E.V., Litvinova E.M., Lyuksyutov I.P., Naumovets A.G., Zasimovich I.N. Incommensurate structures in Ва-Мо(110) system: influence of temperature and frozen defects. - Surf.Sci., 1992, v. 271, n. 2, p. 244-252.
6. Засимович И.Н., Клименко Е.В., Наумовец А.Г. Барьеро-кислородные пленки на поверхности Мо(110): взаимодействие соадсорбированных частиц и атомная структура. - УФЕ, 1992, Т. 37, №5, С. 769-776.

ЗАСИМОВИЧ ІГОР МИКОЛАЙОВИЧ

ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ ТА ЛАТЕРАЛЬНА ВЗАЄМОДІЯ
У ПЛІВКАХ ВАРІД ТА КИСНЮ
НА ГРАНІ 110 МОЛІБДЕНУ

Підписано до друку 12.01.93. Формат паперу 60x84/16.

Папір офсетний 72 гр/м². Обсяг друк. ум.-друку.

листів 0,82. Об.-вид. листів 0,65. Тираж 100. Зак. І.

Безкоштовно.

Інститут фізики АН України, ВНГІ.

252028, Київ-28, ДСП, проспект Науки, 46.

AB 26.552

AB 26.552

БЕЗКОШТОВНО.