

Донецький державний університет

На правах рукопису

ГОНЧАРОВ Олександр Андрійович

СТРУКТУРА, КІНЕТИКА ЗРОСТАННЯ І ВЛАСТИВОСТІ
ТВЕРДОФАЗНИХ ЕПІТАКСІАЛЬНИХ ПЛІВОК,
УТВОРЮВАНИХ В СИСТЕМАХ Ni-Si-O і Ni-Ta-O

Спеціальність 01.04.07. — „Фізика твердого тіла“

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття наукового ступеню
кандидата фізико-математичних наук

ДОНЕЦЬК — 1993



Робота виконана в Донецькому державному університеті.

Науковий керівник: доктор фізико-математичних наук,
професор Ігнатенко П.І.

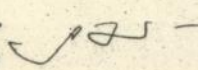
Офіційні опоненти: доктор технічних наук, лауреат
Державної премії України,
професор Дворіна Л.А.

доктор фізико-математичних наук,
професор Гринин О.М.

Провідна організація: Київський політехнічний інститут

Захист відбудеться "15" грудня 1993 року
о 15 годині на засіданні спеціалізованої ради К.068.06.01
при Донецькому державному університеті.
340055, м.Донецьк, вул. Університетська, 24.
З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці університету.

Автореферат розіслано "11" листопада 1993 року.

Вчений секретар спеціалі-
зованої ради К.068.06.01,  О.Б.Зубанов
кандидат фізико-математич-
них наук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Проблема вивчення різних властивостей і структури тонких плівок належить до одного з найважливіших завдань сучасної фізики твердого тіла. Вирішення цього завдання стимулюється широким практичним використанням тонких плівок в науці і техніці і, перш за все, в твердотільній мікроелектроніці. В багатьох випадках використання тонких плівок вимагає їх високої структурної досконалості, тому що плівки з підвищеною структурною досконалістю мають більш високу стабільність фізико-хімічних властивостей при їх використанні в різних електронних приладах і устаткуваннях: інтегральних мікросхемах, резисторах, транзисторах, конденсаторах, тонкоплівкових датчиках.

При одержанні плівкових структур все більше використання знаходить метод твердофазної епітаксії, в тому числі її різновидність — метод хемоепітаксії, тобто орієнтованого нарощування продуктів твердофазних хімічних реакцій матеріалу підложки та розпиленої речовини. Інтерес до хемоепітаксiального зростання речовини і до твердофазної епітаксії в цілому, в останній час значно виріс в зв'язку з великими можливостями твердофазних реакцій [1]. Головна особливість цих реакцій полягає в порівняно низькій температурі їх протікання, що надзвичайно важливо, тому що при понижених температурах менше активні дифузійні процеси, які створюють небажані перехідні зони, значно менша величина термічної напруги і т.п.

В рівній мірі це стосується твердофазного зростання в системах $Si-O$ та $Ta-O$, продукти реакції в яких у вигляді плівок знаходять широке використання як діелектричні елементи інтегральних схем, для антикорозійного покриття датчиків, а також для покриття сонячних елементів з метою підвищення їх ККД.

Тому вивчення властивостей і структури плівкових систем $Ni-Si-O$ і $Ni-Ta-O$ з використанням твердофазної епітаксії для одержання плівок на основі нікелю з поліпшеними електрофізичними та фізико-хімічними властивостями стає дуже актуальним.

Метод дисертаційної роботи є: проведення широких фізичних досліджень в системах $Ni-Si-O$ і $Ni-Ta-O$, виявлення умов твердофазної епітаксії утворюваних сполучень та вивчення впливу структурної досконалості плівкових покриттів на фізичні та фізико-хімічні властивості отриманих плівок.

НАУКОВА НОВИЗНА

В дисертаційній роботі вперше одержані слідуючі результати, які виносяться на захист:

1. Визначені режими одержання плівок SiO_2 і Ta_2O_5 з стабільними електрофізичними, антикорозійними і оптичними властивостями, та вивчено вплив структурної досконалості плівок на їх властивості.

2. Запропоновані механізми формування плівок в системах $Ni-Si-O$ і $Ni-Ta-O$. Показано, що плівки SiO_2 зростають за механізмом Франка і Ван дер Мерве, а плівки Ta_2O_5 за механізмом Страмського-Крастанова. Виявлено тонкий перехідний шар в системі $Ni-Si-O$.

3. Виявлений фазовий розмірний ефект в плівкових системах $Ni-Si-O$ і $Ni-Ta-O$: замість низькотемпературних фаз формуються високотемпературні модифікації $L-SiO_2$ і $L-Ta_2O_5$.

4. Проведено порівняння електрофізичних, антикорозійних і оптичних властивостей плівочних покриттів оксидів кремнію і танталу, дається рекомендація для їх практичного використання.

Практична цінність роботи.

Епітаксіальні плівки SiO_2 і Ta_2O_5 можуть використовуватися в різних електронних устаткуваннях, як захисні та ізоляційні покриття різних датчиків, а також у вигляді антивідображаючих покриттів на сонячні елементи. Плівки Ta_2O_5 , одержані даним методом, були призначені у вигляді захисних покриттів високотемпературних датчиків швидкості, які упродовжені в НВП "Кристал" (м.Донецьк) і упродовжуються як антивідображувальне покриття на сонячні елементи в СКБ "Еліміс" В.О. "Гама" (м.Запоріжжя).

АПРОБАЦІЯ РОБОТИ

Матеріали дисертації доповідались і обговорювались на:

1. 5-я Всесоюзній конференції по фізичним процесам в напівпровідникових гетероструктурах. (м.Калуга, 1990р.)

2. 3-я Всесоюзній конференції "Фізичні основи надійності і деградації НП-х приладів." (м.Кишинів, 1991р.)

3. Міжнародній конференції "Дослідження поверхні йонними струмами". (м.Запоріжжя, 1992р.)

4. Російській науково-технічній конференції "Нові матеріали і технології машинобудування". (м.Москва, 1992р.)

5. Федоровських наукових сесій. (м.Ленінград, 1989-1992р.р.)

6. Конференції професорсько-викладацького складу ДонДУ. (м.Донецьк, 1993р.)

СТРУКТУРА І ОБСЯГ ДИСЕРТАЦІЇ

Дисертація складається із вступу, п'яти розділів і списку літератури, яка цитується.

Вона налічує 162 сторінки машинописного тексту, 52 малюнки, 2 таблиці і списку літератури із 158 найменувань.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність проведення досліджень, сформульовані мета роботи, наукова новизна, наукова і практична цінність.

Перший розділ має оглядовий характер. В ньому викладені результати даних що є в літературі, по утворенню титаноокисних сполучень в бінарних системах $Ni-Si$, $Ni-Ta$, $Ni-O$, $Si-O$, $Ta-O$, а також по методах одержання, діелектричним і антикорозійним властивостям покриттів SiO_2 і Ta_2O_5 .

В другому розділі обговорюються методи експериментальних досліджень структури, морфології і властивостей плівок, що утворюються в системах $Ni-Si-O$ і $Ni-Ta-O$. Для дослідження структури і морфології одержаних плівок застосовувались два методи: 1) електрооптичний і 2) сканувчої електронної мікроскопії. Фазовий аналіз плівок робився на основі електрооптичних та рентгенівських досліджень. Пошаровий елементний аналіз проводився мас-спектральним методом.

Крім того, в цьому розділі викладені методики визначення товщини одержаних плівок і визначення температурного коефіцієнту опору ТКО Ni -плівок, а також діелектричні, антикорозійні та оптичні властивості покриттів SiO_2 і Ta_2O_5 .

Третій розділ присвячений вивченню структури, морфології, фазового та елементного складу, а також властивостей плівок, які одержуються в системі $Ni-Si-O$.

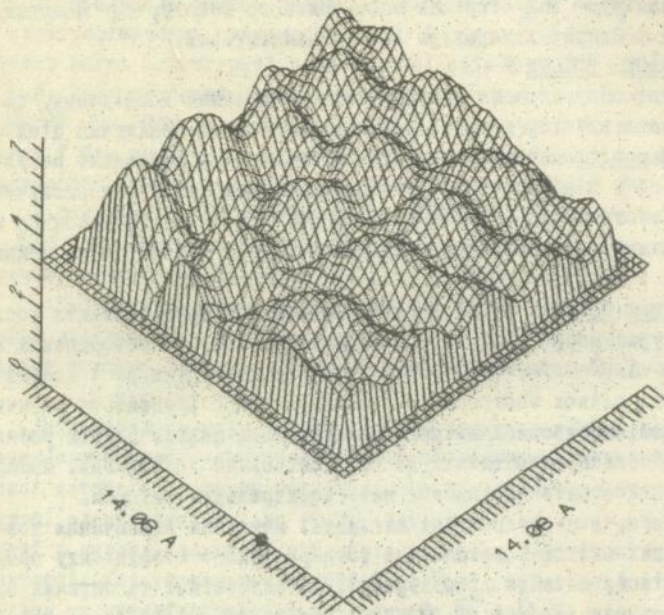
Розглянуті умови одержання плівок Ni на підложках $NaCl$, сіталу та кремнію $Si(001)$ різної структурної довершеності, а також проведені виміри ТКО текстурованих і монокристалічних плівок Ni .

Визначені фазовий склад, структура і морфологія плівок SiO_2 на Ni -підложці в залежності від умов їх одержання.

Виявлено, що в результаті твердофазної реакції утворюється $\alpha-SiO_2$. Причому, при $T=300^\circ C$ плівка SiO_2 набуває монокристалічної структури з різними дефектами зростання, головним чином двійниками та домішковими атомами.

Здопомогою сканувчого мікроскопа на атомних силах (АСМ) одержано рельєф поверхні плівки SiO_2 площер $(14,08 \times 14,08) \text{ \AA}^2$, на яко-

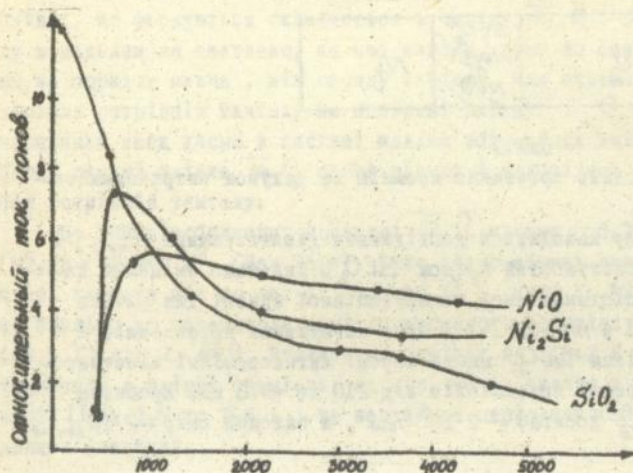
му чітко видно атомну решітку (Мал.1): періодичність розположення по осі X рівняється $7,04 \text{ \AA}$, а по осі Y $3,81 \text{ \AA}$, що близько до значення параметру кристалічної решітки масивного високотемпературно-



Мал.1

го оксиду $\alpha\text{-SiO}_2$, "лягавчого" на поверхні Ni -підложки площиннової (110). Розширення решітки обумовлено знаходженням в зростаючій плівці проміжного шару, складарчогося, як показав елементний пошаровий та електрооптичний аналізи, із фаз SiO_2 , Ni_2Si , NiO (Мал.2). Під час наплення товщина проміжного шару міниться незначно, тому що разом із зростанням товщини проміжного шару відбувається його витрата на перебудову решіток Ni_2Si і NiO в решітку $\alpha\text{-SiO}_2$.

Розглянуті орієнтаційні співвідношення в системі Ni-Si-O , проведені розрахунки епітаксiальної температури для сполучень SiO_2 і Ni_2Si на Ni -підложці і запропонований механізм утворення тонкоплівкової сполучень в системі Ni-Si-O . Експериментально показано, що епітаксiальне зростання фази SiO_2 здійснюється пошарово за



Мал. 2

механізмом Франка і Ван дер Мерве.

Розрахунок епітаксіальної температури для SiO_2 , виконаний за формулою [2], дав значення $180^\circ C < T_s < 250^\circ C$. Причому, твердофазне епітаксіальне зростання SiO_2 на нікелі спостерігається в даному температурному інтервалі і відбувається при низькому ефективному пересиченні, сильній адгезії та гарному ($\epsilon \approx \xi$) співвідношенні решіток.

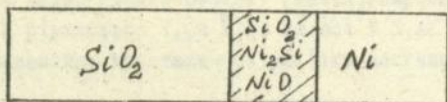
Проведена оцінка термічних напруг: $\sigma = 1071$ МПа.

Ця напруга зазнає релаксації за рахунок виникнення дислокацій невідповідності (ДН) в приграничній зоні (товщиною $\sim 40 \text{ \AA}$) SiO_2/Ni .

Орієнтоване зростання Ni_2Si на Ni , як показувть розрахунки повинно спостерігатися лише поблизу $T=420$ С. До того ж адгезія сіліцида нікеля на нікелі виявляється незначною ($\sigma_{ад} = 0$).

Таким чином, умови епітаксіального зростання Ni_2Si менш сприятливі, ніж оксиду $\alpha-SiO_2$.

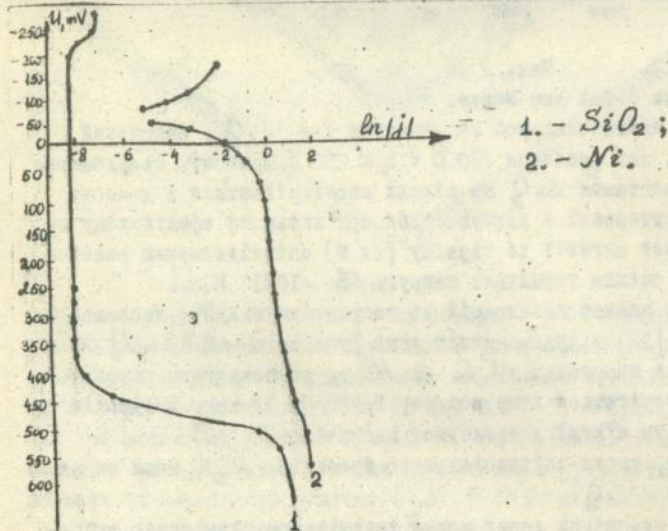
Виходячи з одержаних даних можна таким чином схематично зобразити механізм епітаксіального зростання півки SiO_2 в системі $Ni-Si-O$ (Мал. 3). В результаті твердофазної реакції в системі формується багатшарова структура, яка складається із фаз в напрямку від зовнішньої поверхні до Ni : $SiO_2 - (SiO_2 + Ni_2Si(NiSi) + NiO) - Ni$.



Мал. 3

З плином часу проходить зростання кремнію за рахунок витрачення си-
ліциду нікелю.

В кінці розділу наводяться дослідження діелектричних (ϵ_{np} , ρ)
і антикорозійних властивостей плівок SiO_2 . Виявлено зміщення ка-
тодної вітки потенціодинамічної поляризаційної кривої для плівки
 SiO_2 в порівнянні з Ni (Мал.4) в зоні негативних потенціалів і
меншого струму. Плівки SiO_2 мають хороші антикорозійні властиво-
сті в широкому інтервалі потенціалів від -210 до +370 мВ. Пробивна
напруга плівки SiO_2 досягає $\sim 2 \cdot 10^6$ В/см, а питомий опір $\sim 2 \cdot 10^{11}$ Ом·см

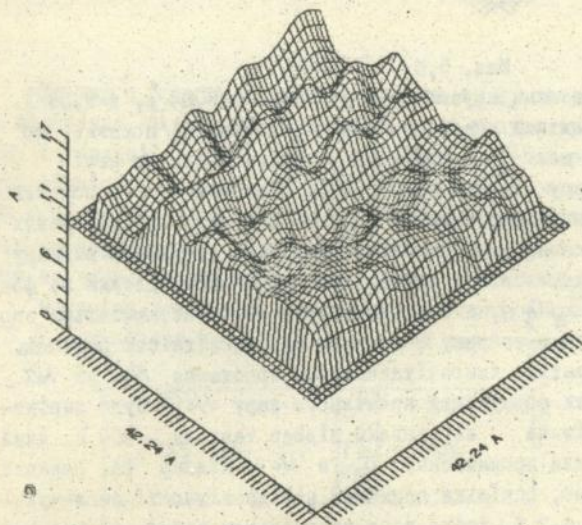


Мал. 4

В четвертому розділі розглядається структура, фазовий і елемент-
ний склад, морфологія і властивості плівок, одержаних в системі
 $Ni-Ta-O$. Досліджуються фазовий склад, структура і морфологія плі-
вок Ta_2O_5 , одержаних на Ni - підложці при різних умовах наплення

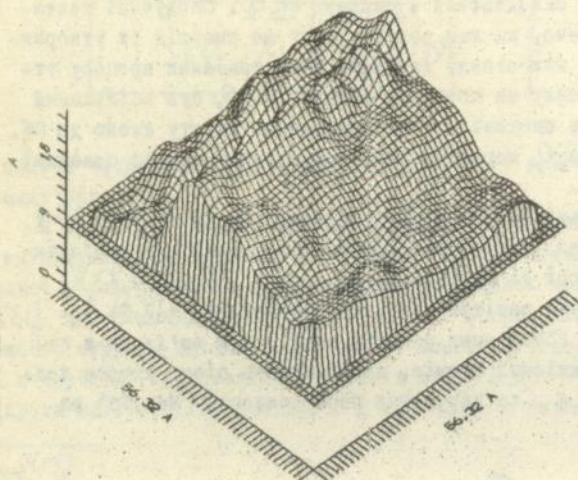
Як показав аналіз електронмікроскопічних і рентгенівських знімків, плівки, що формуються складаються з оксиду Ta_2O_5 . Сполучень танталу з нікелем не виявлено, на наш взгляд, тому що енергія їх утворення на порядок нижча, ніж оксиду танталу. Для стримування процесу утворення острівців танталу на поверхні оксиду Ta_2O_5 був збільшений порційний тиск кисню в системі шляхом збільшення змісту кисню до 8%. Цьому окисні плівці Ta_2O_5 мають рівний і однорідний рельєф поверхні без острівців танталу.

На АСМ-відображенні поверхні Ta_2O_5 площев $(56,32 \times 56,32) \text{ \AA}^2$ і $(42,24 \times 42,24) \text{ \AA}^2$ (Мал.5а,б) чітко видно атомну решітку: періодичність картини має по осі X: $(8,04 \pm 0,1) \text{ \AA}$, а по Y: $(9,08 \pm 0,1) \text{ \AA}$, що близько до параметрів решітки масивного матеріалу ($a=7,94 \text{ \AA}$, $b=8,9 \text{ \AA}$) для $\alpha-Ta_2O_5$. Розширення решітки на $1,3 \pm 2\%$ зв'язано з нахождением в плівці примісних атомів, на що вказує різна висота холмиків від 3,5 до 7,6 А; та порушення періодичності (Мал.5б) на деяких участках.



Мал. 5а

Порівнюючи експериментальні значення d_{hke} з табличними, і дані АСМ-картинок можна зробити висновок, що дана плівка є ромбічна

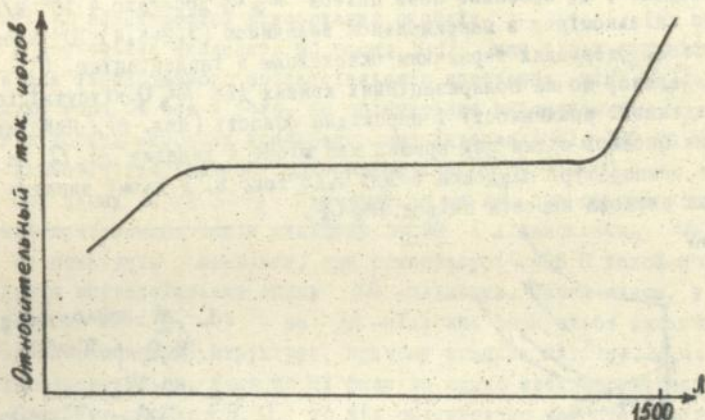


Мал. 5,6

Ta_2O_5 з дещо збільшеними параметрами решітки: $a=8,04 \text{ \AA}$, $b=9,08 \text{ \AA}$.

Пожаровий елементний аналіз плівок Ta_2O_5 (Мал.6) показав, що перехідного шару на межі $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{Ni}$ не спостерігається. На межі $\text{Ni}/\text{Ta}_2\text{O}_5$ без підшару Ta при температурі підложки $\sim 500^\circ\text{C}$ помічено різке збільшення концентрації кисню O_2 , що свідчить про утворення на межі $\text{Ni}/\text{Ta}_2\text{O}_5$ оксиду NiO . Через утворення дифузного підшару NiO помітно послаблюється епітаксіальний вплив Ni -підложки на формування структури Ta_2O_5 , а значить утруднює її епітаксіальне зростання. Тим більше, що в зв'язку з великою невідповідністю решіток Ni і NiO утруднюється хемоепітаксіальне зростання NiO на Ni .

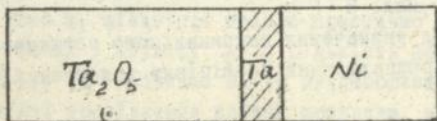
Щоб не допустити формування проміжного шару NiO було вирішено попередньо на мідель напильвати підшар танталу $\sim 400 \text{ \AA}$, який служив би бар'єром для проникнення O_2 в Ni . Підшар Ta повинен наростати орієнтовано, оскільки величина невідповідності сполучуваних решіток складає 6,2%, тобто вона задовільняє розмірний принцип Руайє-Данкова. Ширина перехідної зони $\text{Ni}/\text{Ta}_2\text{O}_5$ складала $\sim (200+300 \text{ \AA})$. Із збільшенням часу розпилення товщина цього підшару зменшується. Проведений розрахунок твердофазної епітаксіальної температури Ta_2O_5 на Ta, а також запропонований механізм формування плівок в системі $\text{Ni}-\text{Ta}-\text{O}$.



Мал. 6

Згідно з формулою, запропованою в [2] твердофазне епітаксіальне зростання Ta_2O_5 може спостерігатися у дуже вузькому температурному інтервалі, поблизу $520^\circ C$, причому, через порівняно велику невідповідність сполучуваних кристалічних решіток підложки і оксиду (10,4 %) нарощування останнього відбувається в умовах великого ефективного пересичення, і тому структурна довершеність Ta_2O_5 не може бути високою, в кращому випадку оксид виявляється текстурованим.

Механізм утворення тонкоплівкових сполучень в системі $Ni-Ta-Ta_2O_5$ схематично може бути показаний таким чином (Мал. 7).



Мал. 7

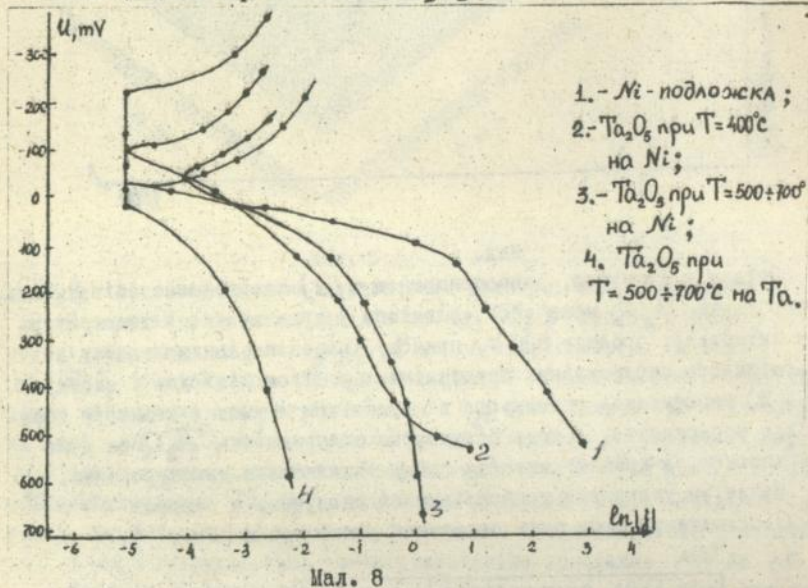
Обґрунтована утрудненість умов твердофазного епітаксіального зростання Ta_2O_5 в системі $Ni-Ta-O$ і указані пляхи зниження цих труднощів. Виявлено, що сполучення Ta_2O_5 зростає за механіз-

мом Странського-Крастанова.

Завершує розділ розгляд електрофізичних, антикорозійних і оптичних властивостей плівок Ta_2O_5 .

Одержано, що пробивне поле плівок Ta_2O_5 досягало $4 \cdot 10^6$ В/см, що було спільнолінійно з максимальною величиною $(3,2+4,4) \cdot 10^6$ В/см для плівок, одержаних термічним окисненням з імплантацією O^+ .

Виявлено, що на поляризаційних кривих для Ta_2O_5 відсутні області активної розчинності і перехідна область (Мал. 8). Найбільше зміщення анодної вітки цих кривих має місце у випадку Ta_2O_5 на Ta при температурі підложки $T=500^\circ C$. До того ж, у цьому випадку мінімальна щількова корозія плівок Ta_2O_5 .



Мал. 8

Використовувачи метод визначення максимального поглинання плівок Ta_2O_5 від товщини, був розрахований коефіцієнт заломлення за формулою: $n = \frac{2}{4d}$.

Для плівок Ta_2O_5 він був в межах 2,4-2,55. Максимальну величину 2,55 мали високотемпературні текстуровані плівки.

В кінці сформульовані висновки даного розділу.

В п'ятому розділі зроблено порівняння умов твердофазного епітаксіального зростання в півочних структурах $Ni-Si-O$, $Ni-Ta-O$ і властивостей утворених оксидів.

З порівняння випливає, що оксид SiO_2 має більш сприятливі умови для твердофазного епітаксіального зростання, ніж Ta_2O_5 . Це випливає перш за все з того, що орієнтоване нарощування SiO_2 має місце в досить широкому температурному інтервалі від 180 до 300°C, який нижче епітаксіальної температури для Ta_2O_5 - 520°C.

При цьому оксид SiO_2 нарощується на Ni при одночасному утворенні дуже тонких шарів силіциду Ni_2Si і ділянок оксиду NiO , які, як показує розрахунок, при температурі - 420°C також повинні відчувати епітаксіальний вплив Ni -підложки. Таким чином, у випадку системи $Ni-Si-O$ на Ni -підложки формується фактично тришарова епітаксіальна структура, причому товщина підшару $Ni_2Si + NiO$ помітно зменшується, тому що ці фази не видно електрографічно.

Стосовно оксиду Ta_2O_5 , то він орієнтовано наростає поблизу температури 520°C, до того ж, на попередньо нарощений на Ni підшар Ta , який служить бар'єром для дифузії O в Ni .

Причому, через високе пересичення і слабку адгезію оксид Ta_2O_5 має помітно меншу структуру досконалість.

У другій частині розділу проведено порівняння електрофізичних, антикорозійних і оптичних властивостей плівок SiO_2 і Ta_2O_5 , і запропоновані рекомендації для їх практичного використання.

Порівняння електрофізичних властивостей плівок SiO_2 і Ta_2O_5 показує, що діелектричні властивості кращі у плівку Ta_2O_5 : пробивне поле більше в 2-3 рази, питомий опір вищий на порядок, ніж у оксиду SiO_2 . В першу чергу це пов'язано, очевидно, з тим, що плівки Ta_2O_5 більш щільні і менш пористі, в них міститься менше домішок. До того ж, щільність плівок практично не змінюється по глибині, в той час як у плівках SiO_2 кількість домішок по глибині помітно змінюється, що і впливає на їх електрофізичні властивості.

Корозійні дослідження плівок показали, що оксиди кремнію і танталу є хорошими захисними покриттями. Стаціонарний потенціал плівок SiO_2 і Ta_2O_5 знаходиться в області пасивації. На корозійну стійкість плівок Ta_2O_5 суттєво впливає їх структурна довершеність. Для плівок же SiO_2 визначальною є наявність домішок в плівці. При стаціонарному потенціалі швидкість корозії плівок SiO_2 трохи менша, ніж Ta_2O_5 . Але, коли плівки SiO_2 і Ta_2O_5 знаходяться під напругою, за межами

області пасивації, швидкість корозії плівок SiO_2 в 2-3 рази вища, ніж Ta_2O_5 . Цю обставину можна використати на практиці. Наприклад, високотемпературні епітаксіальні плівки Ta_2O_5 почали використовуватися як захисне покриття для плівочних нікелевих датчиків швидкості і температури.

Коефіцієнт заломлення SiO_2 змінюється в межах 1,4-1,45, а плівок Ta_2O_5 2,4-2,55. Це дозволяє пропонувати епітаксіальні плівки Ta_2O_5 для використання як антивідображувальне і антикорозійне покриття на солячні елементи.

В закінченні сформульовані основні висновки дисертаційної роботи.

1. В системі $Ni-Si-O$ за допомогою реактивного розпилення в інтервалі температур від 180 до 300 °C формуються твердофазні епітаксіальні монокристалічні шари оксиду SiO_2 , з утворенням перехідного епітаксіального шару $Ni_2Si + NiO + SiO_2$.

2. В системі $Ni-Ta-O$, з попереднім епітаксіальним нарощенням на Ni підшару Ta за допомогою реактивного розпилення поблизу температури 520 °C формуються твердофазні епітаксіальні текстуровані шари оксиду Ta_2O_5 . Умови епітаксіального зростання Ta_2O_5 більш утруднені, ніж оксиду SiO_2 .

3. Виявлено фазовий розмірний ефект в плівочних системах $Ni-Si-O$ і $Ni-Ta-O$: формування високотемпературних модифікацій $\alpha-SiO_2$ і $\alpha-Ta_2O_5$ замість низькотемпературних фаз.

4. Запропоновані механізми формування плівок в системах $Ni-Si-O$ і $Ni-Ta-O$. Показано, що плівки SiO_2 ростуть за механізмом Франка і Ван дер Мерве, а плівки Ta_2O_5 за механізмом Странського-Крастанова.

5. Проведено порівняння електрофізичних, антикорозійних і оптичних властивостей плівочних покриттів оксидів кремнію і танталу, і дається рекомендація для їх практичного використання.

Література:

1. Лаус, Ван дер Вел В. Епітаксіальне зростання із твердої срази. В кн.: Тонкі плівки. Взаємна дифузія і реакції. - М.: Мир. - 1982. - С. 435-443.
2. Янатенко П. Я. Термодинамічний аналіз хемоепітаксіального зародження нової фази під час реакційної дифузії. // Вісник АН СРСР. Метали. - 1979, № 4. - С. 54-59.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ ОПУБЛІКОВАНИЙ В СЛІДУЮЧИХ РОБОТАХ:

1. Ігнатенко П.І., Гомчаров О.А. Дослідження структури, кінетики зростання і властивостей хемоепітаксціальних плівок $NiSi_2$. // Вісник АН СРСР. Неорганічні матеріали.-1989.-Т. 25, №8.-С.1388-1390.
2. Ігнатенко П.І., Гомчаров О.А. Структура і властивості хемоепітаксціальних плівок в системі $Ni-Si-O$. // Вісник АН СРСР. Неорганічні матеріали.- 1990.-Т.26, №6 -С.1256-1258.
3. Ігнатенко П.І., Гомчаров О.А., Муза М.А., Куделін Д.В. Формування і властивості гетероструктур, утворених при розпиленні сплавів на хромокремнієвій основі. // Тези 5-ї Всесоюзної конференції по фізичних процесах в напівпровідникових гетероструктурах.- Калуга.- 1990.-С. 207-208.
4. Ігнатенко П.І., Іваніцин Н.П., Гомчаров О.А., Куделін Д.В., Муза М.А. Підвищення надійності і стабільності плівокових матеріалів за допомогою твердофазної епітаксії. // Тези 3-ї Всесоюзної конференції "фізичні основи надійності і деградації НП-х приладів". Книшів.-1991.-С.47.
5. Ігнатенко П.І., Гомчаров О.А., Куделін Д.В. Структура і властивості плівок SiO_2 і Ta_2O_5 , одержаних методом Жолю-плазменого розпилення. // Фізика і хімія обробки матеріалів.-1992, №4.- С.148-150.
6. Гомчаров О.А., Ступак В.А. Дослідження методом ВІМС плівок Ta_2O_5 , одержаних реактивним катодним розпиленням. // Тези Міжнародної конференції "Дослідження поверхні йонними струмами". Запоріжжя.- 1992.-С. 46-47.
7. Ігнатенко П.І., Гомчаров О.А., Куделін Д.В., Нога В.А. Антикорозійні покриття плівокових датчиків термосенсметрів. // Тези Російської науково-технічної конференції "Нові матеріали і технології машинобудування".-М: МАТІ ім. Ціолковського.-1992.-С.13.
8. Ігнатенко П.І., Гомчаров О.А., Нога В.А., Ступак В.А. Кінетика зростання, морфологія і пошаровий аналіз плівок оксиду танталу, одержаних методом реактивного розпилення. // Вісник АН Росії. Неорганічні матеріали. -1993.-Т.29, №10.- С.1-3.
9. Ігнатенко П.І., Гомчаров О.А. Вплив температури підложки на хемоепітаксціальне зростання плівок Ta_2O_5 . // Тези докладів науково-технічної конференції ДОНДУ.-1993.-С.54.

Ю. Ігнатенко П.І., Гомчаров О.А., Нога В.А. Електрофізичні і фізико-хімічні властивості плівок Ta_2O_5 , одержаних реактивним розпиленням. // Тези докладів науково-технічної конференції ДОНДУ.- 1993.-С.54.

Підп. до друку ОІ.ІІ.93.Формат 60x84 1/16.Папір друк. № 2.
Офсетний друк. Умовн.друк.арк.0,93.Умовн.фарб.-вІдб.І,І6.
ОблІк.-вид.арк.І,00.Тираж 100 прим.Замовлення № 4-І450.
340055, м.Донецьк, вул.Університетська, 24

ДМОПІ, 340050, Донецьк, вул.Артема, 96

1163040

AB 28.533

AB 28.533