

УДК 621.315.592.

ВПЛИВ ВМІСТУ КИСНЮ У РОБОЧОМУ ГАЗІ НА ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТОНКИХ ПЛІВОК $Zn_{1-x}Mn_xO$, ОДЕРЖАНИХ РЕАКТИВНИМ МАГНЕТРОННИМ РОЗПИЛЮВАННЯМ

В. В. Хомяк

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
вул. Коцюбинського 2, semicon@chnu.cv.ua

ВПЛИВ ВМІСТУ КИСНЮ У РОБОЧОМУ ГАЗІ НА ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТОНКИХ ПЛІВОК $Zn_{1-x}Mn_xO$, ОДЕРЖАНИХ РЕАКТИВНИМ МАГНЕТРОННИМ РОЗПИЛЮВАННЯМ

В. В. Хомяк

Анотація. Досліджено вплив процентного співвідношення суміші робочих газів кисню і аргону, температури осадження підкладки і подальшого відпалу на питомий опір плівок $Zn_{1-x}Mn_xO$ ($0 \leq x \leq 0,10$), одержаних методом ВЧ-магнетронного розпилювання. Показана можливість цілеспрямованого керування електричними властивостями даних плівок за допомогою зміни технологічних умов вирощування.

Ключові слова: питомий опір, тонкі плівки $Zn_{1-x}Mn_xO$, ВЧ-магнетронне розпилювання

INFLUENCE OF OXIGEN CONTENT IN WORKING GAS ON THE ELECTRICAL PROPERTIES OF THIN FILMS $Zn_{1-x}Mn_xO$, OBTAINED BY REACTIVE MAGNETRON SPUTTERING

V. V. Khomyak

Abstract. The percent relationship influence of oxygen and argon of working gases in the mixture, of the the substrate temperature and futher annealing on the resistivity of $Zn_{1-x}Mn_xO$ ($0 \leq x \leq 0,10$) films obtained by HF-magnetron sputtering method have been studied. The possibility purposeful control of electric properties in these films by means of growing technological conditions change has been shown.

Keywords: specific resistance, thin films of $Zn_{1-x}Mn_xO$, high-frequency magnetronic sputtering

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В РОБОЧЕМ ГАЗЕ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК $Zn_{1-x}Mn_xO$, ПОЛУЧЕННЫХ РЕАКТИВНЫМ МАГНЕТРОННЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ

В. В. Хомяк

Аннотация. Исследовано влияние процентного соотношения смеси рабочих газов кислорода и аргона, температуры подложки и дальнейшего отжига на удельное сопротивление пленок $Zn_{1-x}Mn_xO$ ($0 \leq x \leq 0,10$), полученных методом ВЧ-магнетронного распыления. Показана возможность целенаправленно управлять электрическими свойствами этих пленок с помощью изменения технологических условий выращивания.

Ключевые слова: удельное сопротивление, тонкие пленки $Zn_{1-x}Mn_xO$, ВЧ-магнетронное распыление

Вступ

Для створення приладів на основі контакту метал-напівпровідник, залежно від застосування необхідні напівпровідники в яких можна в широких межах змінювати електронну провідність (питомий опір) з допомогою різних технологічних факторів. Наприклад, для випрямляючих контактів метал-напівпровідник бажано використовувати низькоомні напівпровідникові шари. Питомий опір плівок ZnO, які використовуються як базовий матеріал для одержання напівмагнітних напівпровідників, характеризується широким розкидом значень від $\sim 10^{-2}$ до 10^9 Ом·см, що зв'язано з різними методами їх вирощування [1,2].

Мета даних досліджень – встановити оптимальні умови формування низькоомних спеціально нелегованих тонких плівок $Zn_{1-x}Mn_xO$ методом ВЧ-магнетронного реактивного розпилення.

Експеримент

Тонкі плівки $Zn_{1-x}Mn_xO$ ($x \leq 0,10$) були вирощені на очищених сапфірових і кремнієвих підкладках методом високочастотного реактивного розпилення на установці ВУП-5М. Для розпилення використовувалися попередньо синтезовані, подрібнені і спресовані порошкові мішені у вигляді дисків круглого перерізу діаметром 40 мм. Частота ВЧ-генератора задавалася на рівні 13,56 МГц. Нанесення плівок проводилося при різних температурах підкладки і тиску робочого газу (Ar і O_2) в камері. Товщина плівок, визначена з допомогою інтерференційного мікроскопу, становила 200 – 300 нм. Питомий опір тонких плівок вимірювався чотиризондовим методом. Термозондові вимірювання вказали на n -тип провідності всіх вирощених плівок.

Результати та їх обговорення

Типові результати дослідження питомого опору ρ , в залежності від відсоткового співвідношення компонентів аргону і кисню при сталому тиску в робочій камері $P_g \approx 11$ мТор і температурах підкладок при осадженні $T_s = 300$ і 623 К (криві 1 і 2 відповідно) наведені на рис. 1. Видно, що питомий опір сильно залежить від співвідношення компонентів Ar і O_2 в газовій суміші.

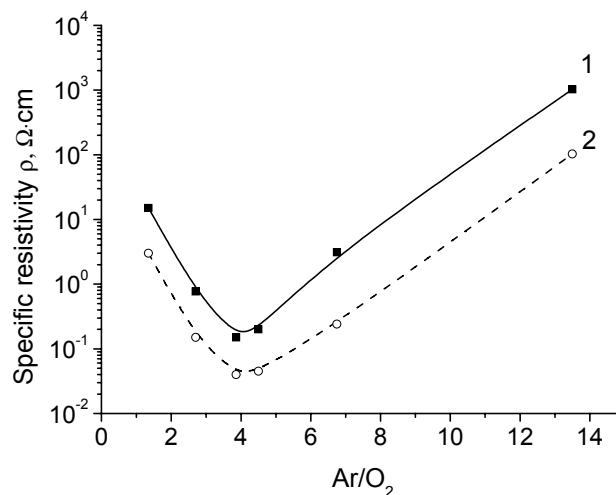


Рис. 1. Залежність питомого опору плівок $Zn_{1-x}Mn_xO$ ($x = 0,08$) від процентного співвідношення аргону і кисню при сталому тиску їх суміші в робочій камері 11мТор: 1 – $T_s = 300$ К; 2 – $T_s = 623$ К

При низькому процентному вмісті кисню в газовій суміші ($Ar - 93\%$, $O_2 - 7\%$) одержані плівки характеризуються досить великим питомим опором внаслідок існування недоокису цинку. Вирощені плівки мали металічний колір. Збільшення процентного вмісту кисню в робочій суміші приводить до різкого зменшення ρ . Він приймає мінімальне значення при співвідношенні $Ar:O_2$, що приблизно дорівнює 79:21. Подальше збільшення вмісту кисню знову приводить до різкого збільшення питомого опору. Така поведінка питомого опору може бути пояснена існуванням недоокису цинку і кисневих вакансій, існуючих із-за недостаті кисню у плівці. Відомо, що вільні електрони виникають в оксиді цинку завдяки дефіциту кисню, оскільки кисневі вакансії відіграють роль донорних домішок [3]. Варіювання умов розпилення істотно впливає на провідність плівок. Збільшення провідності при зростанні температури осадження ϵ , очевидно, наслідком покращення мікрокристалічності структури плівок, за рахунок розростання розмірів зерен кристалітів і відповідно зменшення площі міжбар'єрних границь кристалічних фаз. Ці фактори приводять до зменшення кількості пасток для носіїв заряду і зменшення міжбар'єрного розсіювання на границях зерен, що, в свою чергу, приводить до збільшення рухливості і електропровідності. Очевидно, що наведені на рис.1 ділянки зменшення питомого опору є результатом накладання трьох кон-

куруючих факторів — існуванням недоокису цинку, кисневих вакансій і величини розмірів міжбар'єрних границь кристалічних зерен. Вирощування плівок при температурах $T_s > 773$ К знову приводить до погіршення якості їх (при візуальному спостереженні спостерігаються вкраплення недоокисленого цинку).

На рис.2 наведена залежність зміни питомого опору плівок $Zn_{1-x}Mn_xO$ ($x = 0.08$) від температури відпалу T_a . Відпал проводився на повітрі протягом 10 хв. Видно, що з ростом температури відпалу опір плівок сильно зростає і після відпалу при $T_a = 673$ К всі плівки ставали діелектричними. Причина цього — зменшення концентрації кисневих вакансій і як наслідок, зменшення концентрації донорних домішок.

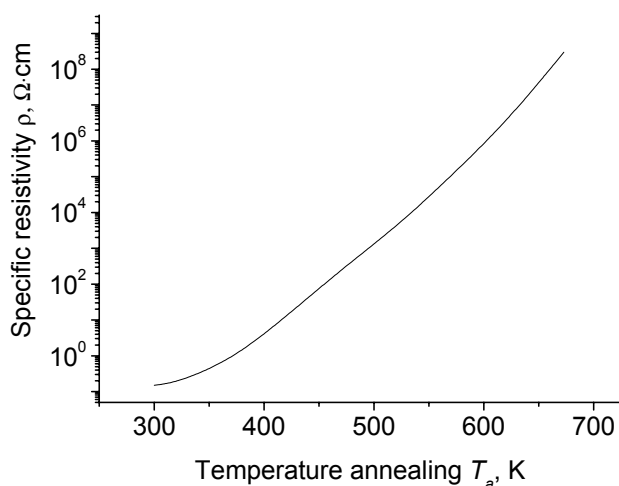


Рис. 2. Залежність питомого опору плівок $Zn_{1-x}Mn_xO$ ($x = 0.08$) від температури відпалу

Отже, отримані результати свідчать про можливість цілеспрямовано керувати електричними властивостями напівпровідникових напівмагнітних плівок $Zn_{1-x}Mn_xO$, вирощених ВЧ-магнетронним реактивним розпиленням, з допомогою вибору оптимальних технологічних параметрів (співвідношення процентного вмісту робочих газів і їх тиск, температури вирощування, температури відпалу).

Робота виконана при частковій підтримці гранту УНТЦ (проект №3098).

Література

1. Жерихин А.Н., Худобенко А.И., Вильямс Р.Т., Вилкинсон Дж., Усер К.Б., Хионг Г., Воронцов В. В.. Лазерное напыление пленок ZnO на кремниевые и сапфировые подложки // Квантовая электроника. — 2003. — Т.33. — С.975-980.
2. Heo Y.W., Kwon Y.W., Li Y., Pearton S.J., and Norton D.P., Properties of Phosphorus-Doped (Zn, Mg)O Phin Films and Device Structures // J. Electron. Mater. — 2005. — V.34. — P.409-415.
3. Mahan C.D., Intrinsic defects in ZnO varistors // J. Appl. Phys. — 1983 — V.54, — P. 3825-3832.