

В.В. Хомяк, В.О. Гречко, С.В. Білічук, Л.М. Мазур

Отримання плівок CdO методом реактивного магнетронного розпилення та дослідження їх властивостей

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
вул. Коцюбинського 2, м. Чернівці, 58012, Україна, Тел. 584873. E-mail: semicon@chnu.cv.ua*

У даній роботі досліджено технологічні умови отримання тонких плівок CdO методом реактивного магнетронного розпилення. Визначено вплив температури підкладки при осадженні та подальшого відпалу на повітрі на оптичні і електричні властивості отриманих плівок. Були отримані тонкі плівки CdO з низьким значенням питомого електричного опору і досить високим пропусканням у видимій області спектру сонячного випромінювання. Ці плівки можуть бути використані у високоєфективних фотоелектричних приладах.

Ключові слова: оксид кадмію, тонкі плівки, реактивне магнетронне напылення, температура підкладки, температура відпалу, фізичні властивості.

Стаття поступила до редакції 19.05.2003; прийнята до друку 23.10.2003.

I. Вступ

Прогресивний розвиток електронної техніки потребує розробки високоєфективних тонкопліткових напівпровідникових матеріалів з високою прозорістю і електропровідністю, а також зі стабільними і відтворюваними характеристиками та якісною морфологією поверхневого шару.

В останні роки окиси металів з напівпровідниковими властивостями досить широко застосовуються в різних промислових приладах, особливо у галузі фотоелектричної техніки для різних цілей: як прозорі контакти чи прозорі шари (вікна) для сонячних елементів, антивідбиваючі покриття, а також як складові елементи в гетероструктурах.

Оксид кадмію (CdO) – $A^{II} B^{VI}$ напівпровідник з шириною забороненої зони 2,4 eV [1-3] і завдяки малому електричному опору, високій прозорості у видимій області спектру є перспективним матеріалом для сонячних елементів промислового виготовлення.

Як правило, у більшості випадків отримують тонкі плівки CdO методом пульверизації з наступним піролізом та шляхом росту з розчину [2]. Однак цими методами важко отримати плівки з великою провідністю і прозорістю, а також забезпечити однаковий стехіометричний склад і тому ефективність сонячних елементів з використанням плівок CdO, отриманих названими вище методами є невеликою.

II. Експеримент

У даній роботі досліджено технологічні умови отримання тонких плівок CdO методом реактивного магнетронного розпилення і представлені результати вимірювання їх оптичних і електричних характеристик.

Для отримання плівок використовувалася промислова вакуумна установка ВУП-5, з спеціально сконструйованою приставкою для магнетронного розпилення (рис. 1).

При конструюванні було обрано варіант магнетронної розпилювальної системи з плоским диском катодом-мішенню 11 діаметром 70 мм (рис. 2) та блока з постійними магнітами 10, які створюють кільцеподібне магнітне поле. Блок з постійних магнітів розміщений під катодом

Ще однією особливістю даної конструкції є те, що блок живлення магнетрона має режим стабілізації по струму, що дозволяє уникнути неконтрольованих розрядів на мішені, а також дозволяє підтримувати задані значення струму розряду протягом процесу напылення.

Тонкі плівки окису кадмію отримували методом магнетронного розпилення мішені з чистого кадмію в аргонно-кисневій суміші на підкладки розміщені на відстані 10 см від катода. В якості підкладок використовувались кварцове скло, сіталл, монокристалічний кремній.

Товщина отриманих плівок знаходилась в межах 0,1-1 мкм при швидкості осадження 5-10 нм/хв. Технологічні режими для отримання плівок CdO

Отримання плівок CdO методом реактивного магнетронного розпилення...

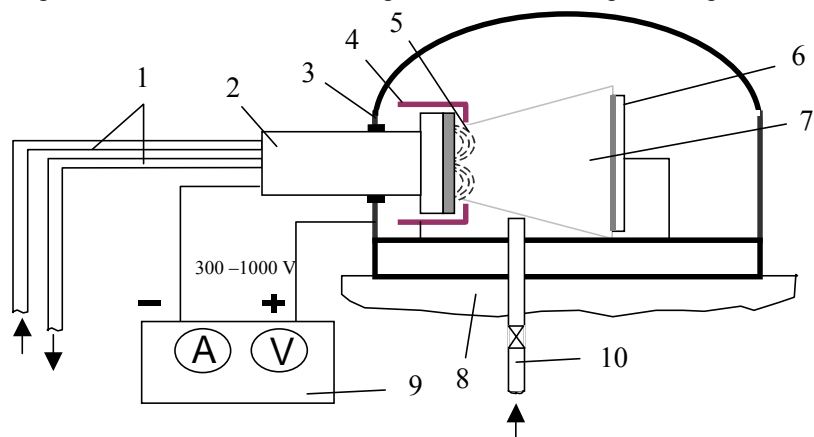


Рис. 1. Схема пристрою магнетронного розпилення: 1 – трубовідводи охолоджуючої рідини (води); 2 – приставка магнетронного наплення; 3 – ковпак вакуумної камери; 4 – екран; 5 – плазма; 6 – підкладка; 7 – розпилені частки; 8 – корпус вакуумної установки ВУП-5; 9 – блок живлення магнетрона; 10 – пристрій подачі робочого газу.

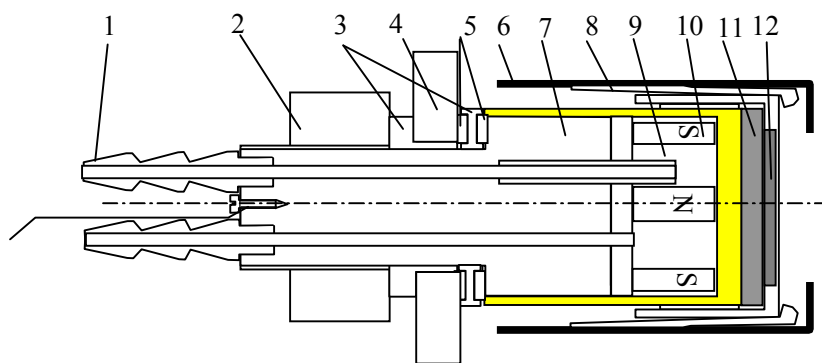


Рис. 2. Конструкція приставки магнетронного розпилення: 1 – штуцери для підведення і відведення води; 2 – гайка; 3 – фторопластові ізолятори; 4 – стінка вакуумної системи; 5 – вакуумні прокладки; 6 – екран; 7 – основа катода; 8 – фторопластовий ізолятор екрану; 9 – охолоджуюча рідина (вода); 10 – магнітна система; 11 – катод-мішень; 12 – кріплення мішені.

Таблиця

Технологічні режими для отримання тонких плівок CdO

№ зразка	Температура підкладки, (°C)	Час розпилення, (хв)	Струм магнетрона, (мА)	Тиск робочого газу, (мм. рт. ст.)
1	30	25	70	$1 \cdot 10^{-2}$
2	100	25	50	$3 \cdot 10^{-3}$
3	200	25	60	$3 \cdot 10^{-3}$

представлені у таблиці.

При підвищенні тиску робочого газу швидкість осадження різко зменшувалася, атоми розпиленого матеріалу осідали на зворотну сторону підкладки, що свідчить про їх значне розсіювання на іонах робочого газу. Це призводить до втрати частини кінетичної енергії розпилених атомів і як наслідок погіршення адгезії плівки з підкладкою. Значення струму магнетрона обмежується появою в осадженій плівці металічного кадмію непрореагованого з киснем.

III. Результати і обговорення

В процесі отримання якісних тонких плівок CdO

було встановлено оптимальне співвідношення між витратою робочого газу і потужністю, що підводиться до магнетронної системи. Залежно від температури підкладки T_n питомий опір змінювався від $\rho = 6,0 \cdot 10^{-1} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ при $T_n = 30^\circ\text{C}$ до $\rho = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ при $T_n = 200^\circ\text{C}$. На отриманих при таких технологічних умовах плівках було проведено дослідження впливу термообробки у повітрі на зміну питомого опору. Температура відпалу змінювалась від кімнатної до 500°C . Залежність питомого опору плівок CdO, осаджених при різних температурах підкладки, від температури відпалу на повітрі показано на рис. 3 (номера кривих на графіку відповідають номерам зразків у таблиці).

Вимірювання поверхневого електроопору

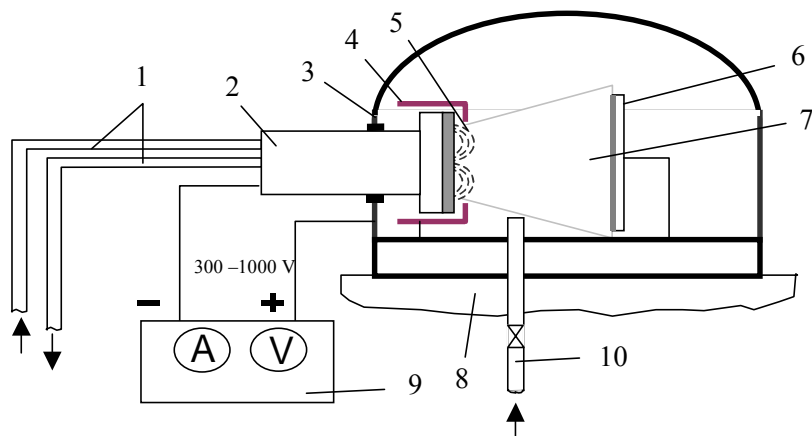


Рис. 3. Залежність питомого опору плівок CdO від температури відпалу.

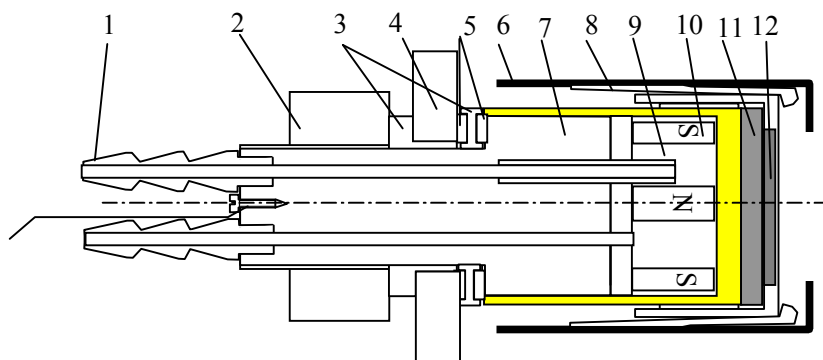


Рис. 4. Залежність коефіцієнта оптичного пропускання плівок CdO від довжини хвилі.

проводились чотиризондовим методом. Як видно з графіків опір всіх плівок після відпалу значно зменшується і приймає значення $\rho = 2-3 \cdot 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ в залежності від технологічних умов їх осадження внаслідок збільшення розмірів зерен і зменшення розсіювання на границях зерен.

Спектральні залежності коефіцієнтів оптичного пропускання отриманих при різних температурах підкладок представлені на рис. 4. Спектри пропускання досліджуваних плівок були виміряні за допомогою дифракційного монохроматора МДР-23 у діапазоні довжин хвиль 0,4-1 мкм.

Різка зменшення оптичного пропускання в інтервалі довжин хвиль менше 0,6-0,55 мкм обумовлено ростом поглинання в області власного краю. Окрім того, як видно з рис. 4, збільшення температури підкладки призводить до зростання коефіцієнта пропускання в області прозорості ($\approx 85-90\%$). На плівках отриманих при нагрітих підкладках спостерігається досить різкий край власного поглинання і чітка інтерференційна картина, що є свідченням непоганої якості цих плівок. Проведена оцінка ширини забороненої зони з спектральних характеристик дає значення 2,2-2,4 еВ, що досить добре узгоджується з літературними результатами [3]. Менше значення пропускання

плівок вирощених при більшому тиску робочого газу і меншій температурі підкладки ймовірно є наслідком наявності у вирощених плівках непрореагованого металічного кадмію і меншої щільності осадженої плівки.

IV. Висновки

Встановлено вплив тиску робочого газу, температур підкладки і відпалу на електричні і оптичні властивості. При отриманні тонких плівок CdO на ненагрітих підкладках проходить одночасно осадження непрореагованого з киснем металічного кадмію, що призводить до значно меншого оптичного пропускання у видимій і близькій інфрачервоній областях спектру. При температурах підкладки 200°C плівки окису кадмію отримуються досить непоганої якості, про що свідчать спектри оптичного пропускання і значення питомого опору. Оптимальна температура відпалу осаджених тонких плівок знаходиться в області 250-270°C.

- [1] K.T. Ramakrishna Reddy, C. Sravani, R.W. Miles. Characterisation of CdO thin films deposited by activated reactive evaporation // *Journal of Crystal Growth*, 184/185, pp. 1031-1034 (1998).
- [2] К.Л. Чопра, С.Т. Дас. *Тонкопленочные солнечные элементы*. Мир, М. 440 с. (1986).
- [3] Под ред. А.В. Новоселовой. *Физико-химические свойства полупроводниковых веществ. Справочник*. Наука, М. 339 с. (1978).

V.V. Khomyak, V.O. Grechko, S.B. Bilichuk, L.M. Mazur

Preparation and Characterization of CdO Thin Films Deposited by Reactive Magnetron Sputtering

*Chernivtsi National University named after Yu. Fedcoych,
2, Kotsybinskiy Str., Chernivtsi, 58012, Ukraine, tel. 584873. E-mail: semicon@chnu.cv.ua*

The paper describes the preparation of cadmium oxide thin films produced by “reactive magnetron sputtering” onto heated and unheated substrates. The electrical and optical properties of the deposited films and the effect both of substrate temperature and annealing temperature on the different physical properties of the films were investigated. Highly conducting, polycrystalline CdO thin films with good transmittances were prepared by controlling the conditions of sputtering, the deposition temperature and substrate temperature. These layers can be used for effective photovoltaic devices.