

каскадного типу / Н.Ю. Давидюк, Е.А. Ионова, Д.А. Малевский, В.Д. Румянцев, Н.А. Садчиков // ЖТФ. – 2010. – Т. 80. – Вып. 7. – С. 90-95.

5. Клімат України // За ред. В.М. Липінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К.: Вид во Раєвського, 2003.

6. Сокол Є.І. Сегментний концентратор випромінювання / Є.І. Сокол, Г.С. Хрипунов, В.О. Нікітін, Р.В. Зайцев, М.В. Кіріченко // Патент на корисну модель №97781. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.04.2015 р.

7. Zaitsev R.V. Thermo-photovoltaic hybrid module / R.V. Zaitsev // II International Conference on Eurasian scientific development, 2 December 2017, Proceedings of the Conference. – Austria, Vienna: Premier Publishing s.r.o., 2017. – P. 40-46.

УДК 621.383.51

## ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА МОРФОЛОГІЯ ПОВЕРХНІ ПЛІВОК CdTe, ОТРИМАНИХ МАГНЕТРОНИМ РОЗПИЛЕННЯМ

Доброжан А.І., Зайцев Р.В., Кіріченко М.В., Копач Г.І.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

E-mail: [doabr.abc@gmail.com](mailto:doabr.abc@gmail.com)

Загальновідомо, що фотоелектричне перетворення сонячного випромінювання являє собою перспективний спосіб використання цього екологічно чистого відновлюваного джерела енергії. Одними з найбільш привабливих для широкомасштабного наземного використання по собівартості електричної енергії, що виробляється, є плівкові сонячні елементи тильної конфігурації на основі базових полікристалічних шарів телуриду кадмію. Коефіцієнт корисної дії таких сонячних елементів доведено до 15%, тоді як теоретична оцінка цього параметра для монокристалічних базових шарів CdTe значно вища і досягає 25%. Високотехнологічним та економічним методом отримання тонких напівпровідникових шарів в конструкціях мікроелектроніки є магнетронне розпилення. Тому актуальним є дослідження оптичних властивостей та структури полікристалічних базових шарів телуриду кадмію для сонячних елементів, отриманих методом магнетронного розпилення на постійному струмі.

Лабораторна технологія конденсації плівок CdTe використовувала конструкцію магнетрона, особливість якої полягала в тому, що контур охолодження охоплював тільки магнітну систему. В результаті цього не відбувалось примусового охолодження розпилюваної мішені. Мішень була виготовлена методом холодного пресування порошку телуриду кадмію хімічної чистоти. Для здійснення процесу термоелектронної емісії електронів з матеріалу мішені для розпалювання плазмового розряду проводився попередній нагрів мішені протягом 10-15 хв. Плівки телуриду кадмію конденсувались на скляні підкладки в такому фізико-технологічному режимі: температура підкладки  $T_{\text{п}}=300-320^{\circ}\text{C}$ , тиск інертного газу Ar в робочому об'ємі вакуумної камери  $P_{\text{ар}}=0,9-1$  Па, струм магнетронного розряду  $I=80$  мА, напруга на магнетроні  $V=550-600$  В, час розпилення 10 хв.

Отримані плівки телуриду кадмію підлягали хлоридній обробці, що є традиційним етапом технології виготовлення сонячних елементів на базі полікристалічних шарів CdTe. Для цього на поверхню CdTe без розігріву підкладки термічним випарюванням при тиску  $5,3 \cdot 10^{-3}$  Па наносились плівки CdCl<sub>2</sub>. Отримані гетеросистеми скло/CdTe/CdCl<sub>2</sub> відпалювались на повітрі в замкнутому об'ємі при температурі 430<sup>0</sup>C протягом 25 хв.

Оптичні характеристики плівок телуриду кадмію досліджувались спектрофотометром СФ-2000, а морфологія поверхні – растровим електронним мікроскопом TESCAM-VEGA3.

Аналіз спектрів пропускання зразків (Рис. 1) свідчить, що плівки CdTe до хлоридної обробки мають прозорість на рівні 45% в інфрачервоній області спектру, а після хлоридної обробки коефіцієнт пропускання знижується до рівня 12%. Це свідчить про те, що хлоридна обробка впливає на оптичні властивості тонких плівок телуриду кадмію, збільшуючи діапазон повного поглинання електромагнітного випромінювання в базових шарах фотоперетворювачів на основі CdTe. Графічний аналіз спектральної залежності коефіцієнту оптичного поглинання  $\alpha$  у координатах  $(h\nu \cdot \alpha)^2 = f(h\nu)$ , де  $h\nu$  - енергія квантів падаючого світла, свідчить про наявність прямих дозволених оптичних переходів. Ширина забороненої зони CdTe в отриманих плівках складає 1,51 еВ.

Мікрофотографії морфології поверхні плівок телуриду кадмію, отриманих магнетронним розпиленням на постійному струмі, до та після хлоридної обробки зображено на рис. 2. Результати обробки даних мікрофотографій свідчать, що до хлоридної обробки середній розмір зерна в досліджених полікристалічних плівках CdTe становить  $\approx 1$  мкм. Після проведення хлоридної обробки спостерігається збільшення розміру зерна до значень 30 мкм, що обумовлено процесом рекристалізації базових шарів телуриду кадмію.

Сукупність визначених параметрів дозволяє стверджувати, що отримані методом магнетронного розпилення на постійному струмі полікристалічні плівки телуриду кадмію після хлоридної обробки можуть бути використані у якості базових шарів фотоелектричних перетворювачів на основі CdTe.

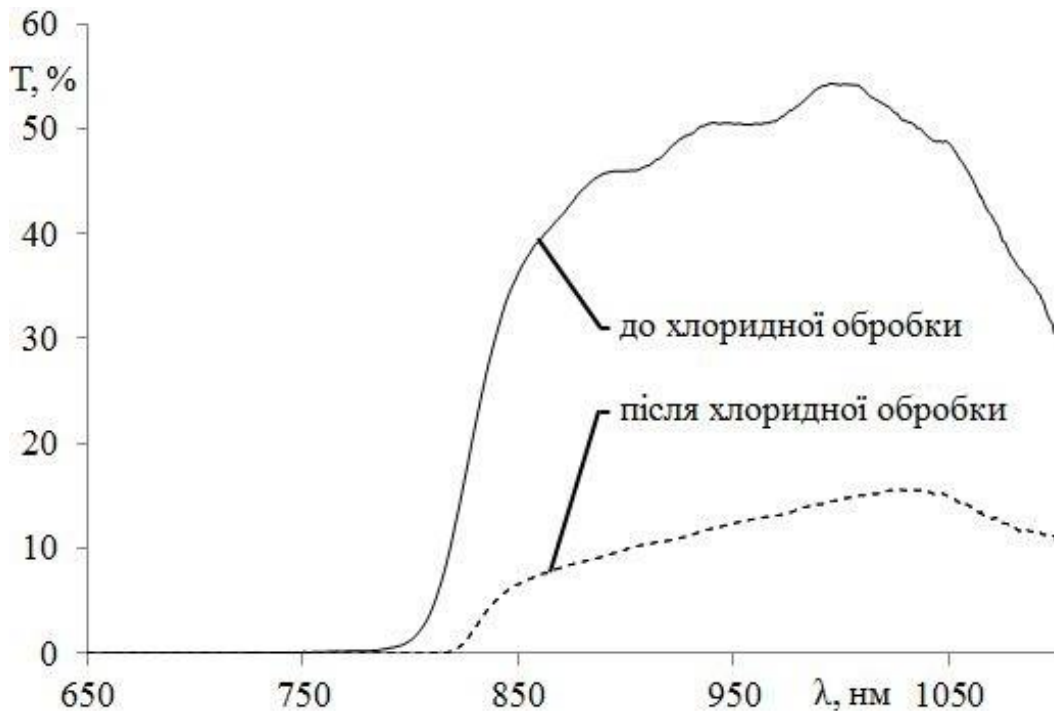


Рисунок 1 – Спектри пропускання плівок телуриду кадмію до та після хлоридної обробки

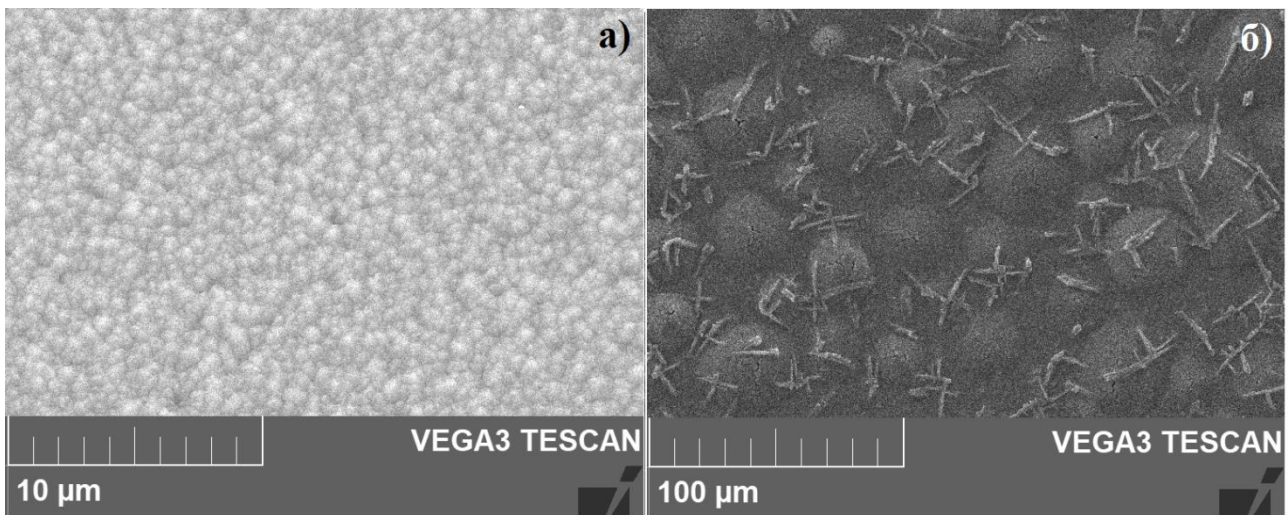


Рисунок 2 – Морфологія поверхні зразків CdTe до (а) та після (б) хлоридної обробки

УДК 538.958;

## ВПЛИВ СКЛАДУ ГАЗОВОЇ СУМІШІ НА ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕЦЕВИХ ПЛІВОК, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ПЛАЗМОХІМІЧНОГО ОСАДЖЕННЯ

<sup>1,2</sup> Лукьянов А.М., Ша Бо<sup>1</sup>, Лозінський В.Б.<sup>1,2</sup>, Авсентьєва Л.В.<sup>2</sup>, Клюй А.М.<sup>2</sup>, Горбулик В.І.<sup>3</sup>, Клюй М.І.<sup>1,2</sup>

*Інститут фізики Дзилінського університету, м. Чанчунь, КНР, e-mail: lukyanov\_a@ukr.net*

*<sup>2</sup>Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова, НАН України, проспект Науки 41, Київ, 03028, Україна*

*<sup>3</sup>Чернівецький філіал НТУ «ХПІ», м. Чернівці, Україна*

Алмазоподібні вуглецеві плівки (АВП) знайшли практичне застосування в різних областях науки і техніки. Зокрема, перспективність АВП для покращення фотоелектричних характеристик і підвищення деградаційної стійкості фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії (або сонячних елементів (СЕ)) була продемонстрована в ряді робіт як за кордоном так і в Україні [1]. Одним з найпоширеніших методів отримання АВП є плазмохімічне осадження з газової фази (PE-CVD – plasma enhanced chemical vapor deposition). Важливою особливістю АВП є можливість змінювати в широких межах оптичні параметри плівок при зміні умов осадження. Зазвичай, з метою отримання АВП з потрібними характеристиками змінюють потужність ВЧ розряду або тиск газової суміші в реакторі. Разом з тим, властивості плівок можуть модифікуватись за рахунок зміни складу газової суміші з якої проводиться осадження АВП. Це може робитись зміною співвідношення основних газів (метан, водень) та додаванням до суміші додаткових газів (наприклад, аргону та азоту). В даній роботі досліджувались властивості АВП, отриманих при різних потоках всіх названих газів, тоді як тиск газу в реакторі і потужність ВЧ розряду були фіксованими.

Було показано, що підбором складу газової суміші можна змінювати їх швидкість осадження і досягти значення більше 20 нм/хв., що є цілком прийнятним параметром для отримання прозрітлюючих плівок для кремнієвих СЕ. Оскільки товщина прозрітлюючої плівки для кремнієвих СЕ має бути в межах 65-70 нм, це означає, що час осадження АВП не перевищує 3-3,5 хвилин. При цьому оптична ширина забороненої зони ( $E_{opt}$ ) АВП може змінюватись від 1 еВ до 3,5 еВ. Показник заломлення ( $n$ ) АВП варіюється в межах 1,5 – 1,75, а коефіцієнт екстинції ( $k$ ) в межах 0-0,03.