

ВПЛИВ ГЕЛІЄВОЇ ПЛАЗМИ НА СТРУКТУРУ ТА ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШАРІВ CdTe

Ст. Є.Р. Костюченко

Кер.: А.І. Доброжан, Г.І. Копач

Національний технічний університет «ХПІ»

Сонячні елементи на основі гетеросистеми CdS/CdTe вважаються перспективними для космічного використання. Зазвичай при довгостроковому впливі високоенергетичного іонізуючого випромінювання при заатмосферному використанні сонячних елементів за рахунок процесів деградації спостерігається погіршення їх вихідних параметрів. Головною причиною цього є зміна властивостей матеріалу широкозонного вікна CdS і базового шару CdTe під дією зовнішніх випромінювань, одним з яких в космічному просторі є іонізовані атоми гелію. Тому актуально дослідження впливу дії потоку гелієвої плазми на структуру та оптичні властивості тонких плівок CdTe.

Плівки CdTe отримані на скляних підкладках методом магнетронного розпилення на постійному струмі в режимі: температура підкладки $T_{\text{п}} = 280 - 320^{\circ}\text{C}$, тиск інертного газу аргону $P_{\text{арг}} = 0.9$ Па, струм магнетронного розряду $I = 80$ мА, напруга на магнетроні $V = 430 - 470$ В, час нанесення $\tau = 12$ хв, відстань від підкладки до мішені 3 см. Кристалічна структура плівок досліджена на рентгендіфрактометрично на дифрактометрі ДРОН-4 у K_{α} -випромінюванні молібденового аноду. Оптичні властивості плівок (спектри пропускання та відбиття) досліджені на спектрофотометрі СФ-2000 у інтервалі довжин хвиль 400-1100 нм.

Для дослідження впливу потоку гелієвої плазми на структурні та оптичні властивості плівок CdTe їх було піддано опроміненню шляхом генерації стиснутих плазмових потоків з густиною близько 10^{18} см⁻³, при щільності енергії 0,2 МДж/м². Початковий тиск чистого гелію у камері робочого об'єму становив 266,64 Па. Амплітуда струму розряду в прискорювальному каналі становила близько 500 кА. Густина потоку плазми на 1 імпульс становила $\approx 2 \times 10^{23}$ м⁻². Температура всередині плазми була в інтервалі 60-120 еВ. Використовували 5 імпульсів, тривалість одного імпульсу дорівнювала 1 мкс.

Для плівок CdTe у вихідному стані на рентгендіфрактограмах виявлено рефлекси (002) та кратні йому (006) та (008). Розраховані постійні кристалічної ґратки становили $a = 4,50(73)$ Å, $c = 7,52(47)$ Å

(еталон CdTe у відповідності до PCPDFWIN #19 0193, $a = 4,58 \text{ \AA}$, $c = 7,50 \text{ \AA}$). Після опромінення плівки CdTe виявлено, що на рентгендіфрактограмі пік віддзеркалення гексагональної фази (201) не проявляється, в той час виявлений інший пік (105) гексагональної фази (рис. 1). Розраховані значення постійних кристалічної решітки CdTe становили $a = 4,55(72) \text{ \AA}$, $c = 7,51(27) \text{ \AA}$. Це свідчить про протікання процесів рекристалізації у приповерхневому шарі плівки CdTe. Також про це свідчить зменшення розтискаючих макронапружень у кристалічній решітці телуриду кадмію після дії потоку гелієвої плазми. Зафіксовано незначне збільшення інтегральних напівширин всіх кратних (002) піків, зменшення інтенсивності та зміщення піків у бік більших кутів порівняно з вихідним станом плівки. Таке явище може бути пов'язано з утворенням додаткових точкових дефектів, у результаті того що атоми гелію проникають в кристалічну решітку телуриду кадмію.

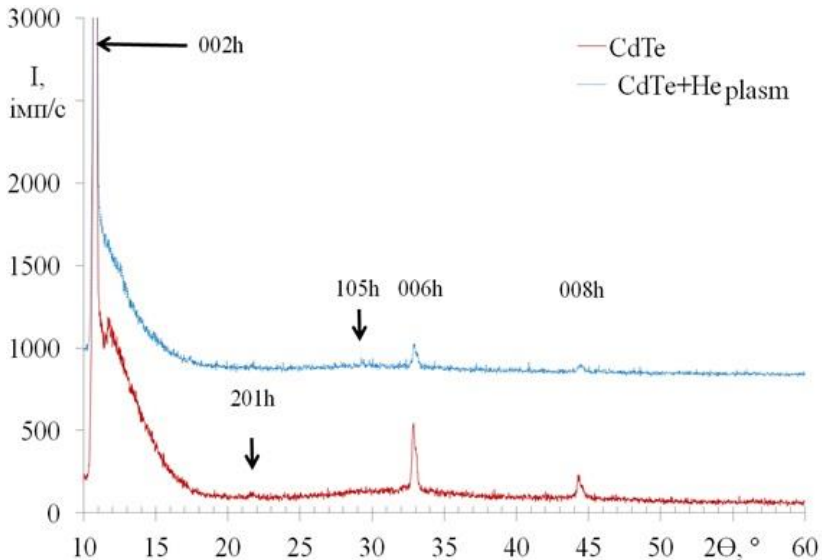


Рис. 1. - Типові дифрактограми плівок CdTe, отриманих методом магнетронного розпилення на постійному струмі, у вихідному стані та після дії потоку гелієвої плазми.

Результати оптичних досліджень свідчать, що в інфрачервоній області спектру середня прозорість базових шарів CdTe становить

55 %, а середній коефіцієнт віддзеркалення – 45 %. Розраховані оптичні параметри для плівки телуриду кадмію становлять коефіцієнт заломлення $n = 2,31 - 2,72$, товщина $t = 6,2$ мкм, ширина забороненої зони $E_g = 1,52$ еВ. Після дії потоку гелієвої плазми на базові шари телуриду кадмію спектральна залежність коефіцієнту пропускання та віддзеркалення змінюється. В інфрачервоній області спектру середня прозорість базових шарів CdTe зменшується і становить 3 %, а середній коефіцієнт віддзеркалення зменшується до 25 %. Це пов'язано з більш розвиненим рельєфом поверхні плівки, збільшенням коефіцієнту поглинання та зменшенням коефіцієнту віддзеркалення плівки. Ширина забороненої зони телуриду кадмію в плівках після дії потоку гелієвої плазми збільшується та становить $E_g = 1,53$ еВ.

Таким чином зміни в кристалічній структурі досліджених плівок телуриду кадмію, які підлягали дії потоку гелієвої плазми, можна пояснити впливом короткотермінового високотемпературного відпалу та рекристалізації. Така дія гелієвої плазми на досліджені зразки практично не погіршує кристалічну структуру базових шарів телуриду кадмію. При цьому розтискаючі макронапруження дефектних плівок CdTe метастабільної гексагональної фази зменшуються.

Оптичні характеристики CdTe, які отримані методом магнетронного розпилення на постійному струмі, суттєво змінюються після опромінення потоком гелієвої плазми. Зафіксовано зменшення середнього коефіцієнта прозорості та віддзеркалення таких плівок та збільшення коефіцієнту поглинання і ширини забороненої зони телуриду кадмію. Такі зміни можна пояснити більш розвинутою поверхнею тонких плівок телуриду кадмію, порівняно з поверхнею базових шарів у вихідному стані.