

Вплив фізико-технічних режимів магнетронного розпилення на структуру та оптичні властивості плівок CdS та CdTe

Копач Г.І., Хрипунов Г.С., Харченко М.М., Доброжан А.І.

*Національний Технічний Університет «Харківський Політехнічний Інститут»,
м. Харків, вул. Куртичова (Фрунзе), 21*

Тонкоплівкові сонячні елементи на основі гетеропереходів CdS/CdTe перспективні для широкомасштабного промислового виробництва. В гетеросистемах n-CdS/p-CdTe в якості широкозонного вікна використовується шар CdS, що дозволяє зменшити негативний вплив поверхневої рекомбінації нерівноважних носіїв заряду за рахунок видалення області їх активної генерації від освітлюваної поверхні. Одним з економічних та високотехнологічних методів отримання тонких плівок є магнетронне розпилення.

Реалізація високочастотного режиму магнетронного розпилення для отримання плівок CdS та CdTe дозволяє запобігати накопичуванню на поверхні мішені надлишкового електричного заряду, але цей метод є коштовним, енергоємним та потребує спеціального технологічного обладнання. Електронною промисловістю України освоєний високотехнологічний і економічний метод магнетронного розпилення матеріалів на постійному струмі. Однак при осадженні напівпровідникових плівок цим методом виникають технологічні проблеми, які обумовлені низькою електропровідністю порошкових пресованих мішеней CdS та CdTe і достатньо низькою емісійною здатністю цих матеріалів.

Досліджені структура і оптичні властивості плівок сульфїду кадмію та телуриду кадмію отриманих методом магнетронного розпилення на постійному струмі. В розробленій лабораторній технології конденсації плівок CdS та CdTe використовувалась конструкція магнетрона, особливість якої полягала в тому, що контур охолодження охоплював тільки магнітну систему, в результаті чого не відбувалось примусове охолодження розпилюваної мішені. Для здійснення процесу термоелектронної емісії електронів з матеріалу мішені для розпалювання плазмового розряду проводився попередній нагрів мішені протягом 10-15 хв.

Плівки CdS конденсувались на скляні підкладки в різних фізико-технологічних режимах: температура підкладки $T_{\text{п}} = 120-200^{\circ}\text{C}$, тиск інертного газу $P_{\text{арг}} = 0,9-1$ Па, струм магнетронного розряду $I = 20$ мА, напруга на магнетроні $V = 550-600$ В, час нанесення 5 хв. На дифрактограмах зразків плівок сульфїду кадмію спостерігається тільки один пік на куті $2\theta = 30,62^{\circ}$, що відповідає відбиттю (111) кубічної

модифікації або (002) гексагональної фази CdS. Характерна товщина досліджених шарів сульфіду кадмію 150-200 нм.

Результати оптичних досліджень свідчать: ширина забороненої зони CdS в отриманих плівках складає 2,38-2,41 еВ, спостерігається сильне поглинання в діапазоні довжин хвиль 400-500 нм. В інфрачервоній області спектру спостерігається висока прозорість плівок CdS на рівні 80%. Після відпалу шарів CdS у вакуумі 10^{-4} Па при температурі 400-420 °С на протязі 30 хвилин на рентгендифрактограмах виявлений тільки один пік на куті $2\theta=32,8^{\circ}$, який відповідає відбиттю (101) гексагональної фази CdS. Оптична прозорість відпалених плівок CdS досягає 90% в усьому спектральному інтервалі довжин хвиль.

Досліджені плівки CdTe отримані на скляних підкладках в різних фізико-технічних режимах осадження: температура підкладки $T_{\text{п}}=295-315^{\circ}\text{C}$, тиск інертного газу $P_{\text{арг}}=0,8-1$ Па, струм магнетронного розряду $I=18-26$ мА, напруга на магнетроні $V=600-650$ В, час нанесення 15-25 хв. В результаті досліджень структури методами рентгенівської дифрактометрії усі плівки товщиною 0,3-5,5 мкм містять тільки гексагональну модифікацію CdTe. Відпал у вакуумі при $T = 400^{\circ}\text{C}$ протягом 20 хв не призводить до зміни фазового складу.

Коефіцієнт пропускання плівок CdTe в області довжин хвиль видимого спектру не більше 5%, а в інфрачервоній області спектру становить близько 60%. Ширина забороненої зони CdTe отриманих шарів різної товщини становить 1,52-1,54 еВ.

Для дослідження можливості використання отриманих плівок CdTe в якості базових шарів фотоелектричних перетворювачів, традиційним способом проводилася «хлоридна» обробка при режимі $P=5,3 \cdot 10^{-3}$ Па і температурі випарника CdCl_2 470-475 °С протягом 5 хв з подальшим відпалом на повітрі при $T=430^{\circ}\text{C}$ протягом 25 хв. Рентгендифрактометричні дослідження свідчать, що «хлоридна» обробка сприяє фазовому переходу вюртцит-сфалерит, в результаті якого досліджені плівки містять тільки стабільну кубічну модифікацію CdTe з періодом ґратки $a = 6,4905 \text{ \AA}$. Відмінність від значення a за таблицею ASTM 15-0770 менше 0,2%.

Розроблено лабораторну методику магнетронного розпилення на постійному струмі з попереднім нагрівом мішені, що дозволяє при швидкості осадження 30-40 нм/хв і 200 нм/хв отримувати шари CdS товщиною 150-200 нм і шари CdTe товщиною до 5 мкм, відповідно. Оптична прозорість плівок CdS гексагональної модифікації зростає до 90% після відпалу у вакуумі, що дозволяє використовувати такі плівки у якості широкозонного вікна у фотоперетворювачах на основі гетеропереходів CdS/CdTe.