УДК 538.975:621.383.5

МОДЕЛЮВАННЯ СОНЯЧНОГО ЕЛЕМЕНТУ НА ОСНОВІ ОКСИДУ МІДІ

Дяденчук А.Ф., к.т.н.,
Карпиєнко О.В., здобувач бакалаврського рівня вищої освіти,
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.

Постановка проблеми. Оксидна електроніка є науковим напрямом, що активно розвивається і проникає в усі сфери людської діяльності, в тому числі й в АПК. Оксидні напівпровідники вже багато років застосовуються в фотоелектричних технологіях, в таких приладах, як сонячні батареї та фотоелектричні перетворювачі. Таке їх застосування обумовлено низькою собівартістю, широким поширенням на Землі, володінням широкою забороненою зоною (1,2÷2,1 еВ) і відносно високим коефіцієнтом спектрального поглинання сонячного світла [1-2]. До даних матеріалів належать Cu_2O, CuO, ZnO та інші металооксидні напівпровідники, а також гетероструктури на їх основі.

Однак для підвищення ефективності перетворення сонячної енергії необхідно розв’язати ряд фундаментальних та технологічних питань. Однією з таких проблем є невідповідність решіток складових гетероструктур [3]. Для вирішення даної проблеми пропонується використовувати поруваті буферні шари при виготовленні гетероструктурних фотоперетворювачів [4]. Таким чином, постає важливе питання з’ясування ефективності застосування в сонячній енергетиці подібних шарів.

У зв’язку з цим, метою дослідження було визначення впливу поруватого буферного шару на ефективність фотоперетворювачів сонячної енергії на основі гетероструктури CuO/Si.

Основні матеріали дослідження. Оксид міді володіє перспективними властивостями для застосування в сонячних елементах як поглинаючий шар. Виготовлення матеріалів із наперед заданими параметрами та властивостями визначаються значною мірою від відпрацьованості методів та методології їх отримання. Це призводить до необхідності залучення широкого комплексу різноманітних методик, однією з яких є комп’ютерне моделювання.

Для розрахунку основних характеристик гетероструктурного фотоперетворювача CuO/porous-Si/Si використано програму, яка дозволяє моделювати багатошарові напівпровідникові структури з різними профілями легування та довільним енергетичним розподілом донорів чи акцепторів у цих шарах, PC1D. Для проведення

моделювання було використано параметри шарів, наведені в науковій літературі.

На рис. 1 представлено схематичне зображення фотоперетворювачів, для яких проведено моделювання фотоелектричних параметрів. Рис. 2 демонструє криві залежності струму від напруги сонячних елементів на основі гетеропереходів CuO/Si та CuO/porous-Si/Si в діапазоні напруг, що прикладаються, від 0,5 до 0,8 В.

Рис. 1. Схематичне зображення фотоперетворювача на основі гетероструктури CuO/Si (ліворуч) та CuO/porous-Si/Si (праворуч)

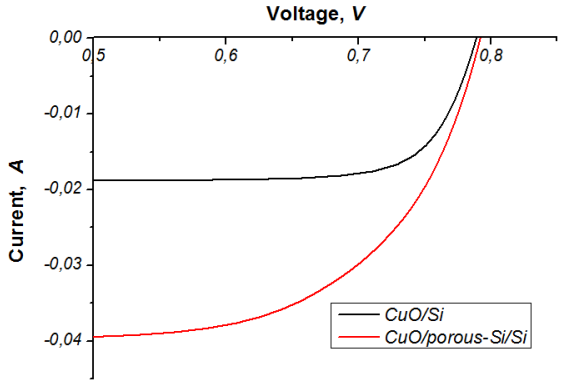

Рис. 2. ВАХ фотоперетворювачів на основі гетероструктури CuO/Si та CuO/porous-Si/Si

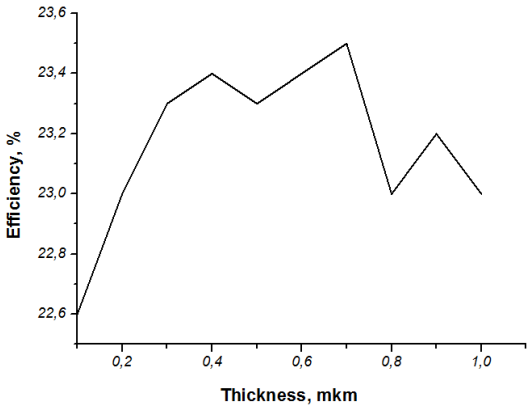

Рис. 3. Залежність ККД фотоперетворювача на основі CuO/porous-Si/Si від товщини поруватого кремнієвого шару

Отримані під час моделювання значення струму і напруги використані для розрахунку фактору заповнення (FF) та коефіцієнта корисної дії (η) за формулами наведеними в роботах [5-6]. Результати моделювання та розрахунку свідчать про те, що значення ККД для гетероструктур з використанням поруватого шару збільшується майже на 10% і становить 12,5% та 22,9% для гетероструктур CuO/Si і CuO/porous-Si/Si відповідно.

Зміна форми, висоти та ширини проміжного кремнієвого шару значною мірою впливає на значення ефективності фото перетворення. У зв’язку з цим, з метою дослідження впливу товщини поруватого шару, моделювання було виконано шляхом її зміни від 0,1 до 1 мкм.

Параметри плівки CuO і підкладки Si залишалися незмінними. Встановлено, що зміна товщини буферного шару призводить до зміни як струму короткого замикання, так і напруги холостого ходу. Розрахунок ККД сонячного елементу на основі гетероструктури CuO/porous-Si/Si при зміні товщини поруватого шару змінюється на 0,9% (рис. 2).

Висновки. У даному дослідженні змодельовані вольт-амперні параметри гетероструктури CuO/Si із використанням і без використання поруватого буферного шару. Моделювання проведено у вільно розповсюдженій програмі PC1D.

Дослідження показують, що ефективність перетворення енергії сонячного елемента на основі гетероструктури CuO/porous-Si/Si може досягати значення ~23,5%. Результати моделювання свідчать, що ККД фотоперетворювача при зміні товщини поруватого шару змінюється на 0,9 %.

Список використаних джерел

1. Alam K., Ali S., Saboor A., Salman M., Humayun M., Sadiq M., Arif M. Antireflection, superhydrophilic nano-porous SiO2 coating based on aerosol impact spray deposition technique for solar PV module. *Coatings*. 2019. V. 9, No. 8. P. 497.

2. Zhu L., Luo J. K., Shao G., Milne W. I. On optical reflection at heterojunction interface of thin film solar cells. *Solar energy materials and solar cells*. 2013. V. 111. Pp. 141-145.

3. Diadenchuk A. F., Kidalov V. V. n-ZnO:Al/porous-CdTe/p-CdTe heterostructures as photoelectric converters. *Nanosystemy, nanomaterialy, nanotekhnolohii*. 2017. V. 15, No. 3. Pp. 487-494.

4. Iwe I. A., Gosteva E. A., Starkov V. V., Sedlovets D. M., Mong O. Anti-glare coatings based on porous silicon structures. *ES Materials & Manufacturing*. 2019. V. 3. Pp. 47-51.

5. Dyadenchuk A. F., Kidalov V. V. Films CdS Grown on porous Si Substrate. *J. Nano-Electron. Phys*. 2018. V. 10, No. 1. P. 01007.

6. Muhfidin R., Yu I.-S. Temperature Effects on the Performance of Silicon Solar Cells using PC1D. In: *ICITID 2021*, Yogyakarta, Indonesia 2021.