

УДК 536.242

АВТОНОМНА ГІБРИДНА ФОТОЕНЕРГЕТИЧНА УСТАНОВКА З ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ ВІДБОРУ ПОТУЖНОСТІ

Зайцев Р.В., Кіріченко М.В., Мінакова К.О., Стисло Б.О.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Україна, Харків*

У роботі розроблено вимоги до фотоелектричних перетворювачів (ФЕП), призначених для роботи в якості інтегрованих на фотоприймальну поверхню джерел електроживлення найбільш розповсюджених систем сонячних колекторів з примусовою циркуляцією теплоносія. Визначено, що такі ФЕП повинні ефективно генерувати електричну енергію при робочій температурі 50-55 °С; вони також мають забезпечувати коефіцієнт поглинання сонячної енергії на рівні не менш 90 % та мати коефіцієнт відбиття в інфрачервоній частині спектру не більше 10 %. Разом із системою охолодження теплового колектора конструкція ФЕП має забезпечувати різницю між температурою ФЕП та температурою теплоносія не більше 5 °С. При виконанні двох останніх умов із конструкції сонячного колектору можна виключити селективне покриття, оскільки його функції буде виконувати ФЕП.

Співставлення досліджень температурної залежності ефективності для плівкових ФЕП на основі сполук CdTe і CuInSe₂, які виготовляються у лабораторних умовах, та аморфного кремнію, які виготовляються промислово, показали, що найменше зниження ККД зі зростанням робочої температури мають приладові структури на основі базових шарів телуриду кадмію. При температурі 50 °С ККД знижується усього на 1 %, а відносна швидкість зниження складає лише -0,14 відн. %/С (табл. 1). Отримані експериментально значення температурного коефіцієнту ККД одноперехідних плівкових ФЕП досить точно корелюють із шириною забороненої зони відповідного поглинаючого напівпровідникового матеріалу (табл. 1), температурний коефіцієнт ККД пропорційно знижується із зростанням ширини забороненої зони базового напівпровідникового матеріалу.

Таблиця 1 - Одержані експериментально коефіцієнти зниження ККД плівкових ФЕП та ширина забороненої зони їх базових напівпровідникових шарів

Основа плівкового ФЕП	Температурний коефіцієнт ККД, відн. %/С	Ширина забороненої зони напівпровідника, еВ
CdTe	-0,14	1,44
аморфний Si	-0,21	1,2-1,3
CuInSe ₂	-0,36	1,04-1,07

Аналіз впливу світлових діодних характеристик на ККД ФЕП на основі телуриду кадмію показав, що температурна стабільність їх ефективності забезпечується стабільною густиною діодного струму насичення. Так при зростанні температури від 20 °С до 50 °С густина діодного струму насичення зростає на 50 %, що менше ніж для кремнієвих ФЕП, для яких діодний струм насичення зростає у 3 рази.

Розрахунок теплопровідності гнучких ФЕП на основі телуриду кадмію, сформованих на поліїмідній плівці завтовшки 7 мкм, показав, що враховуючи коефіцієнт теплопровідності поліїмиду, який дорівнює 0,14-0,20 Вт/(м·К), можна одержати перепад температури у тонкоплівковому ФЕП на рівні 0,6-0,9 °С. Висока теплопровідність міді колектора дає можливість забезпечити поперечний градієнт температури пластини колектора не більше 1,0-1,5 °С і в результаті оптимізації теплового опору системи можна досягти перевищення температури плівкового ФЕП над температурою теплоносія на рівні 2,5 °С.

Оптичні дослідження показали, що коефіцієнт поглинання сонячної енергії гнучкого ФЕП на основі телуриду кадмію у видимому діапазоні (400-800 нм) складає 94-96 %, а коефіцієнт відбиття в інфрачервоній області спектра не перевищує 7-8 %, що надає можливість в конструкції колектора відмовитися від використання селективного покриття.

На основі запропонованої фізичної моделі процесів теплообміну проведено моделювання температурних режимів роботи системи охолодження для використання в фотоенергетичній системі на основі гнучких ФЕП. Було запропоновано вдосконалення пластини колектору шляхом використання двох тепловідвідних труб. Шляхом моделювання встановлено, що така конструкція буде набагато ефективніше ніж однотрубна, забезпечуючи рівномірне охолодження по всій поверхні пластини. Зазначене досягається при товщині пластини 0,5 мм та швидкості потоку рідини охолоджувача 0,4 м/с. Моделювання показало, що двохтрубна система повністю задовольняє умовам її використання у тандемі з плівковими ФЕП.

Запропоновано конструктивно-технологічне рішення фотоенергетичної системи з гнучкими ФЕП на основі телуриду кадмію, яке дозволяє одержати сумарне ККД такої системи до 73 % за перетворенням сонячної енергії в теплову та електричну енергію. Монтаж сонячного модуля проводиться за рахунок теплопровідного клею, котрий має високу теплопровідність на рівні 1,2 Вт/(м·К) та достатню міцність на розрив - близько 15 кг/см².

Список використаних джерел:

1. Zaitsev R.V. Increasing of the effectiveness of the industrial silicon photo-electric transformers for the hybrid photo-power module / R.V. Zaitsev, M.V. Kirichenko, L.V. Zaitseva, N.V. Veselova // Наукові нотатки. – 2017. – № 59. – С. 119-125.
2. Zaitsev R.V. Modeling of an advanced heat exchange unit with microchannels for a combined photoenergy system / R.V. Zaitsev // Electrical engineering & electromechanics. – 2017. – No 3. – P. 57-62.