

КОЗИН В.М., МАРЧЕНКО А.Ю. (УКРАЇНА, СУМИ)
**ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ГЕЛІОПАНЕЛЕЙ:
 СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

*Сумський національний аграрний університет
 40021 вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, e-mail: kvn.kon82@gmail.com*

Abstract. The review of existing technologies for the production of solar panels is carried out from the moment of discovery of the photoelectric effect, invention of the semiconductor and widespread use of silicon and substances based on it, as well as organic polymers, mixtures of gallium, copper, indium and selenium salts in modern industrial samples of photocells, to the creation of modern high-efficiency photocells based on hybrid multilayer technology with a combination of III-V semiconductors. The review is carried out through the prism of energy efficiency of each technology.

Історія масового використання геліопанелей налічує трохи більше 70 років. На початку промислового виробництва ефективність геліопанелей складала не більше 6 %. Розвиток технологій був пов'язаний із винайденням та впровадженням напівпровідників. Як матеріал світлочутливої зони фотоелементів від середини 50-х років XX століття використовують селен (Se), кристалічний кремній (Si), аморфний кремній (SiGe), а пізніше – органічні полімери, суміші солей галію, міді, індію та селену тощо. Відтоді найбільше поширення отримали геліопанелі з аморфного кремнію, які незважаючи на низьку ефективність користуються великою популярністю й досі. У той самий час з'явилися та поширилися дві наймасовіші технології: моно- та полікристалічна, а дещо пізніше з'явилися тонкоплівкова та гібридна.

У наш час максимальні значення ефективності геліопанелей на основі аморфного або нанокристалічного кремнію, що були отримані у лабораторних умовах не перевищують 9,5 і 10,1 % відповідно, для полікристалічних та тонкоплівкових панелей на основі кремнію – до 24,7 %. Наближаються за ефективністю до них тонкоплівкові та кристалічні панелі на основі астанату галію (ККД до 25,1 %). Поки не достатньо себе виправдало застосування тонкоплівкових технологій на основі халькогенідів (CIGS і CdTe), які на даний момент показують ефективність до 19,9 %. Не виправдали також себе фотохімічна та органічна технології, які дозволили отримати ефективність на рівні до 10,4 і 5,15 % відповідно.

Необхідно зазначити, що продуктивність кремнієвих сонячних панелей вже майже досягла теоретичної межі, але вчені були впевнені, що при з'єднанні з іншою речовиною ця межа може бути підвищена. Такою речовиною виявився порівняно рідкісний для нашої планети мінерал класу оксидів, титанат кальцію каркасної будови (CaTiO_3), що отримав назву перовськіт. Ці сучасні сонячні панелі за результатами досліджень університету науки і технологій Хуаджун (КНР) у 2024 році вже мають ККД до 28,49 %. Інкапсульовані тандемні комірки на основі перовськіту показали чудову стабільність, що вкрай важливо для комерціалізації проекту. Це перспективний напрямок досліджень, який буде продовжений.

У 2017 році китайські вчені створили так звані всепогодні сонячні батареї, що працюють не тільки за будь-якої погоди, але і вночі. Секрет розробки у тому, що скло покрите люмінофором тривалого післясвітіння (LPP), що зберігає інфрачервоний та ультрафіолетовий спектр, невидимий для людського ока. Вночі LPP вивільняє монохроматичне світло, що перетворюється в електроенергію. Завдяки такій технології панель може працювати цілодобово.

Ще однією перспективною та сучасною технологією є гібридна багатошарова технологія на основі комбінування напівпровідників GaInP/GaAs/Ge, GaInP/GaAs або GaInP/GaAs/ GaInAs. Нанесення на традиційний кристалічний елемент астанату галію GaAs, наприклад, шару фосфіду галію-індію GaInP дозволяє отримати ККД до 30,3 %. А за умови додаткового нанесення шару германію Ge ефективність зростає до 32 %, що є найвищим у наш час показником енергоефективності геліопанелей. За умови виходу такої технології у промислове виробництво, що дозволить значно її здешевити, ефективність сонячної енергетики зрівняється з найбільш ефективними зразками традиційних методів виробництва електроенергії, такими як ТЕС або АЕС, що у перспективі може призвести до суттєвого перерозподілу джерел виробництва електроенергії у світі.