

СЛЪНЧЕВИТЕ ПАНЕЛИ – НАСТОЯЩЕ И БЪДЕЩЕ

Доц. д-р Павлик Рахнев, БСУ
Доц. д-р Силвия Лецковска, БСУ

INFORMATION-EDUCATIONAL AREA – PRESENT AND FUTURE

Pavlik Rahnev
Silvija Letskovska

Abstract: *In this work the present and future of photo(solar) cells are discussed. The main problems such as technology, design ,parameters and prices are shown. As a conclusion the family house equipment and installation is preferable for use.*

Keywords: *solar cells, photovoltaic, nanosolar, renewable energy sources.*

Въведение

Най-използватата дума в енергийните области е "възобновяване". Отнася се за източници на енергия, които могат да се възстановяват така добре, както физическите източници, такива като вятър, вода, геотермални и слънчеви източници, за които се приема по принцип, че не могат да бъдат изчерпани. Използването на възобновяема енергия вместо топливо на основа на въглерод, предлага очевидно подобряване на екологията и може да има геополитически предимства, макар повечето алтернативни източници на енергия все още да изискват субсидии или стимули, за да са жизнеспособни.

Преобразуването на слънчевата енергия в електрическа сега се разглежда като един от най-важните регенеративни източници на енергия. Тук има две основни направления. Това са силициевите слънчеви батерии, при които масово нивото на КПД е 20-23%, и слънчевите батерии, създадени на основа на полупроводникови хетероструктури. При тях КПД е около 35%, а може да достигне 40, 50, 60%, а при много сложни системи - и повече.

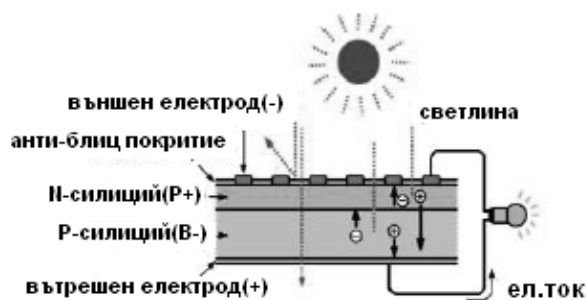
Основен проблем в тази връзка за сега е фактът, че получаването на такава електроенергия е твърде скъпо. Например, в сравнение с електроенергията от АЕЦ – до 3÷4 пъти. Затова е важно да се повиши ефективността на фотоелектрическите преобразуватели.

Предимствата на слънчевите батерии са липсата на потребност от гориво, липсата на шум и вредни емисии, липсата на механично износване, минималното обслужване.

Недостъците са зависимостта на мощността от местните условия, времето, относителната цена, невисокият КПД и чувствителността към механични повреди.

I. Принципи на преобразуване на енергията и основни параметри

1.1. Преобразуване на светлината.



Фиг. 1. Фотоволтаична клетка.

Фотоелементът (Фиг. 1) представлява "сандвич" от силиций. При близък (атомарен) преход от n-Si към p-Si се образува зона на обменен заряд - «+» в n-Si и «-» в p-Si.

Събрани заедно с проводници, тези две повърхности образуват фоточувствителен p-n преход. При въздействие на светлина възниква постоянен ток, чиято сила е пропорционална на светлинната енергия (количеството фотони).

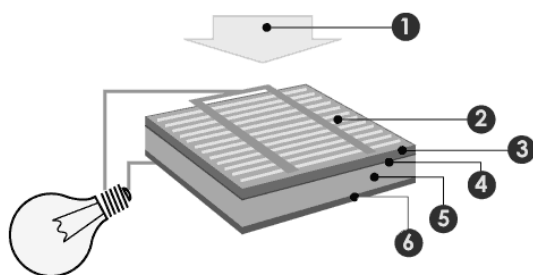
1.2. Основни параметри на слънчевите (фотоелектричните) елементи.

При тест на слънчевите елементи се измерват следните основни параметри: Напрежение на празен ход (V_{oc});

- Ток на късо съединение (I_{sc});
- Максимална входна мощност (P_{max});
- Напрежение, при което се достига максимална изходна мощност (V_{max});
- Коефициент на запълване ВАХ (f_f);
- Последователно съпротивление (R_s);
- Съпротивление на шунтиране (R_{sh});
- КПД на слънчевия елемент (η).

II. Основни конструкции на слънчевите (фотоелектричните) елементи.

2.1. Плоски фотоволтаични панели.



Слънчевият плосък панел е основен компонент при изграждането на фотоелектрическа система (Фиг. 2).

Той се състои от отделни слънчеви елементи, принципът на работа на които е на база вътрешния фотоелектричен ефект в полупроводниците.

Фиг. 2. 1-светлина (fotons), 2- фронтален контакт, 3-негативен слой, 4-слой на p-n прехода, 5- позитивен слой, 6-заден контакт.

2.2. Цилиндрични фотоволтаични панели.

Американската компания Solyndra е разработила и въвела на пазара нов тип фотоелектрически преобразувател [1]. По уверения на създателите, продуктът е прост и евтин и дава повече енергия в мрежата. За разлика от стандартните плоски слънчеви батерии, новите преобразуватели са изпълнени във вид на цилиндри. Тънкият филм от полупроводников материал (на основа на мед, индий, галий и селен) се нанася върху стъклена тръба. След това тръбата се поставя във втора такава, с електрически контакти, приличащи на тези, които се използват при флуоресцентните лампи (Фиг. 3). Такава форма позволява да се увеличи количеството погълтана светлина, следователно – и електроенергията през деня, без изменение на положението на конструкцията на батерията.



Фиг. 3. Цилиндричен фотоволтаичен панел.

Същността се състои в това, че най-голямо погълтане има тогава, когато светлината попада на пластините под прав ъгъл. Така при плоски фотоелектрични преобразуватели са необходими специални системи, отчитащи положението на слънцето (а това изисква допълнително пространство, усложнен механизъм и като следствие – по-висока цена).

Цилиндричните елементи имат предимство, поради това че някаква част от повърхността им винаги ще е под прав ъгъл спрямо светлинните лъчи.

2.3. Гъвкави фотоволтаични панели.

Проблемът за разработка на методи за получаване на гъвкави слънчеви батерии е обект на вниманието на редица изследователи в областта на нанотехнологиите.

III. Основни материали и технологии за изготвяне на слънчеви (фотоелектрични) елементи.

Основните технологии, на база на които се създават слънчеви (фотоелектрични) елементи са :

- Mono Crystalline-Si (монокристален силиций)
- Poly Crystalline-Si (поликристален силиций)
- Amorphous Si (аморфен силиций)
- CIGS (диселенид на мед-индий (галий))
- CdTe (кадмий телур)
- Polymer Organic (органичен полимер)

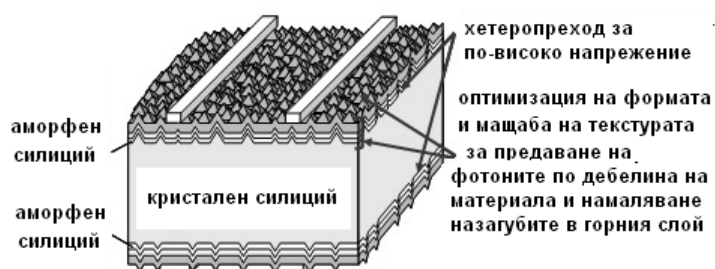
Съвременното производство на фотоеlementи е почти напълно основано на силиция. Около 80% от всички модули са на база поли- или монокристален силиций, а останалите 20% използват аморфен. Кристалните фотоеlementи са най-разпространени и имат син цвят при отражение. Аморфните са гладки и си менят цвета в зависимост от ъгъла на наблюдение.

Разлики между моно- и поликристалните елементи не е голяма: фактически тя е в различните методи на производство на основния материал. Поради по-голямата

степен на еднородност на материала, монокристалният елемент има по-висок конверсионен фактор, т.е. преобразува по-голямо количество енергия на единица повърхност от поликристалния. Обаче разликата е малка: 12÷15% за монокристален и 10÷14%-за поликристален. Типовият слънчев елемент от кристален силиций обикновено е с размери 10×10см и номинално напрежение около 0,5V. Кристалните панели са особено чувствителни на затъмнение и дори ако само един елемент от панела е в сянка, се губи много енергия.

Тънкослойната технология има редица предимства и дава възможност точно да се задават характеристиките. Тънкослойният панел се изготвя чрез добавяне на тънък слой активен материал непосредствено на обработената пластина от стъкло. Чрез лазер след това може да се изрязват елементи в съответствие с изисквания за размери и брой. За съжаление КПД за този тип елементи е значително по-нисък от този, на елементите от кристален тип, но за малки изделия (компактни калкулатори) този тип елементи е твърде разпространен. Стандартният панел от тънък слой като правило развива на изхода мощност около 10 W.

Аморфните слънчеви модули имат следните предимства: ниска цена; висока производителност при лошо време и слаба осветеност; ниска зависимост от нагриване при високи температури. Аморфният Si се получава чрез изпарение, като тънкия филм се отлага върху носеща подложка и се защитава с покритие. При това слънчеви батерии на база аморфен Si могат да се изпълняват гъвкави. Тези батерии не се боят нито от сняг, нито от дъжд или прах. Аморфният Si е интересен, защото има коефициент на оптично поглъщане почти два пъти по-висок от кристалния, което в съчетание с високата фотопроводимост на елементи на негова основа прави този материал един от най-перспективните и евтини за слънчеви колектори. Във вид на филм (слой) той може да се отложи върху всяка подложка, без да се нарушава структурата му. Създадени са батерии по фирмена технология HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin-layer - хетеропреход с вътрешен тънък слой). Нанася се тънък слой аморфен Si на основа от монокристален Si. Такъв хибриден сандвич е съчетание от прилична ефективност и умерена цена (Фиг. 4).



Фиг. 4.

Основни съставни на CIS модулите са мед, индий, селен, и понякога галий (тогава елементите се означават като CIGS). Интерметалната сплав $\text{Cu}(\text{InGa})\text{Se}_2$ е полупроводник. Тя се отличава от силиция и полупроводниците и свойства възникват на ниво атомна слоиста структура, в която са сменени полюсите. Структурата в CIGS напомня структурата на минерала медна руда халкопирит (CuFeS_2). Добре подготвената клетка CIGS сега държи рекорд в слънчевото преобразуване на енергия (19.5%) в неконцентрирана решетка. В Таблица 1 са показани стойностите на КПД за различен тип тънкослойни модули.

Таблица 1.

Тип	КПД
Тънкослойни модули от аморфен силиций	6%
CSG (crystalline silicon on Glass)	7%
CdTe (кадмий-телур)	9%
CIS (мед, индий, селен, галий)	11%
Нова технология (три цветни слоя от наногранули на титанов диоксид)	17-18%

IV. Съвременно състояние на пазара на слънчеви батерии – цени и КПД.

От финансова гледна точка монокристалните модули са най-скъпи, а тънкослойните – най-евтини. Но за определено количество електроенергия монокристалните панели изискват по-малка площ от тънкослойните. Една сравнителна характеристика на технологиите е показана в Таблица 2.

Таблица 2.

Вид на слънчевата батерия	КПД
Дебелослойни	
Монокристален Si	25%
Поликристален Si	20%
Тънкослойни	
Аморфен Si	10%
CdTe	16%
CIS/CIGS	20%
Нанокристален Si	10%
Микро-/поликристален Si	10%
Полимерен Si	5%

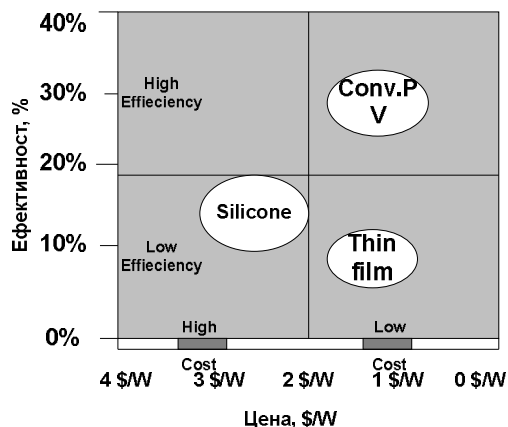
CIGS има важно предимство. Производственият процес е завършен комплекс и е относително ефективен в сравнение със силиция. При CIGS-технологията няма нужда от топене, леене и нарязване на полупроводника на тънки пластини, както това се прави с някои форми на силиция.

И при CIGS материалът се произвежда като "покрытие" на дълги ивици от подходящи подложки. В резултат цената на модулите CIGS устойчиво се намалява и сега е по-ниска от тази на поликристалния силиций (Таблица 3).

Таблица 3.

Показатели	Класически технологии на база поликристален Si	Тънкослойни технологии
Ефективност на модула, %	15-17	7-10
Себестойност на модула	3.1 \$/W	1÷1.3 \$/W
Мощност	150 W/m ²	120 W/m ²
Капитални разходи	2.25÷2.3 \$/W	1.3÷1.5 \$/W

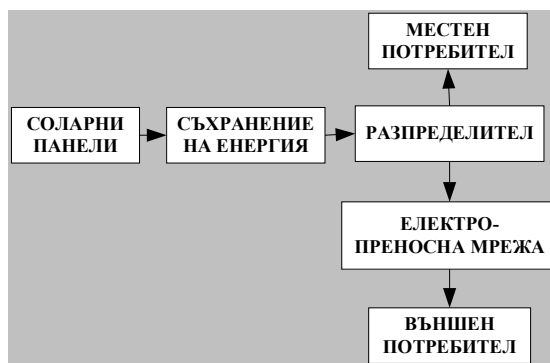
Поликристалният Si остава базовата технология на пазара. Делът на тънкослойните модули обаче има тенденция на непрекъснат ръст (Фиг. 5).



Фиг. 5. Прогноза за периода 2010- 2020 г. - карта на разпределение на технологиите за производство на фотоелектрически модули на база съотношение «КПД-цена»: Silicon – традиционни ишлициевие батерии, Thin Film – тънкослойни батерии, Conv. PV – батерии с каскадни фотопреобразуватели на база нанохетероструктури [7].

V. Недостатъци на соларния енергетичен комплекс.

Соларният комплекс има сравнително сложен състав (фиг. 6).



Фиг.6.

Основните му недостатъци по отношение на отделните компоненти на комплекса са както следва:

5.1.1. За соларните панели:

- заемат големи площи и изискват пустеещи земи;
- имат тежка конструкция, подложена на въздействието на климатични и механични фактори (вятър, пясъчни бури, промени в температурите - максимални и минимални).

5.1.2. За блока за съхранение на енергията:

- от значение е съотношението на съхранената енергия (минимална-максимална мощност) в различните участъци от денонощието (ден-нощ);

- обемът на съхраняваната енергия изисква скъпоструващи и обемисти акумулаторни станции.
- 5.1.3. *За разпределението на енергията между местен и външен потребител:*
 - изисква се прецизна и скъпа електроника;
 - изисква се гаранция за надеждност на електрониката.
- 5.1.4. *За електропреносната мрежа:*
 - отдалеченост на соларния панел от външния потребител, което води до загуби от пренос, възникване на аварии и труден и скъп ремонт;
- 5.1.5. *За външния потребител:*
 - гарантиране на параметрите на подаваното напрежение – амплитуда, форма, максимална мощност.

Слънчевите батерии са тествани в полеви условия в много устройства. Практиката показва, че срокът на работа е над 20 години. Фотоелектрически станции, от Европа и САЩ от около 25 години показват намаляване на мощността на модулите около 10%. Монокристалните могат да работят до 30 и повече години. Поликристалните - до 20÷25. Модулите от аморфен Si, тънкослойните или гъвкавите имат годност до 20 години. Освен това, тънкослойните модули губят от 10 до 40% мощност през първите 2 години от експлоатация. Затова засега до 90% от пазара е на кристалните силициеви модули. Другите компоненти от системите имат различен срок на работа: акумулаторните батерии - от 2 до 15 години, а силовата електроника - от 5 до 20 години.

Заклучение

Перспективите при използването на соларни енергийни системи за България на съвременния етап, от гледна точка на конструкции, цени и материали, биха били ефективни основно в две направления: захранване на фамилни консуматори в селските райони и на локални консуматори (малки и средни предприятия).

Литература

- [1]. <http://www.hizone.com>
- [2]. <http://www.gizmag.com>
- [3]. nature.com
- [4]. M. Kohl, G.Jorgensen, St. Brunold, B. Carlsson, M. Heck, K. Moller, Durability of polymeric glazing materials for solar applications, Solar Energy 79 (2005).
- [5]. Crystalline silicon on glass (CSG) thin-film solar cell modules / M.A. Green, P.A. Basore and all // Solar Energy. – 2004.
- [6]. www.contra.lv
- [7]. Организация серийного производства нового поколения солнечных фотоэлектрических установок с использованием нанотехнологий, Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН, 2009