



СТРУКТУРНИ ОСОБЕНОСТИ НА СОЛАРНАТА КЛЕТКА

Диляна Мицева, Ирена Божичкова, Петко Костадинов, Мартин Златков
D.mitseva@abv.bg, milenium_26@abv.bg, petko_kostadinov@abv.bg, dj_marti79@mail.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
ул. „Гео Милев“ 158, 1574, София
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** Фотоволтаичен панел, соларен панел, соларна клетка, соларна централа, соларен инвертор, мрежов инвертор, монокристална, тс4, поликристална.*

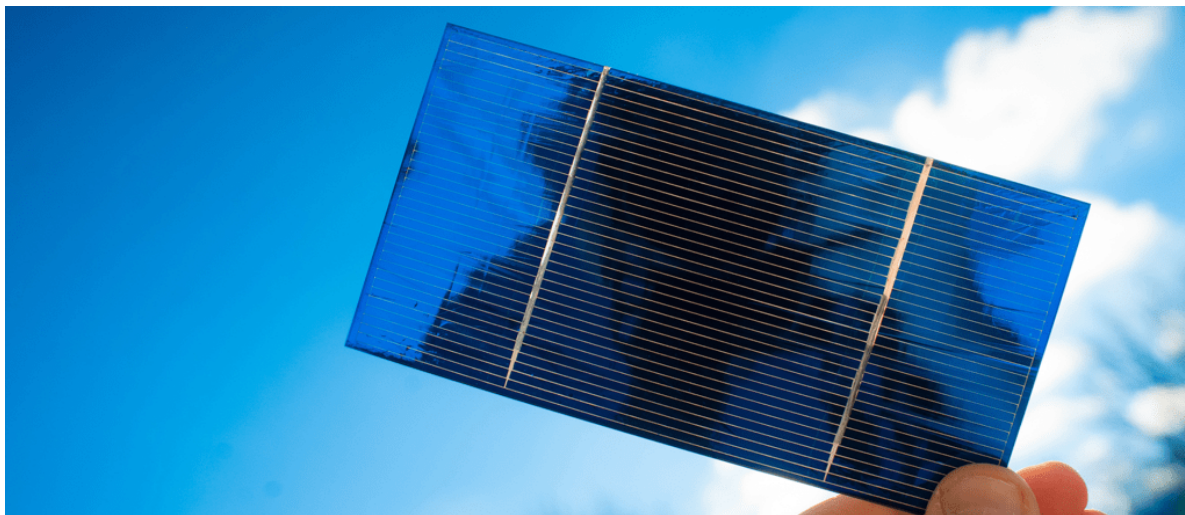
***Резюме:** Соларната клетка е основният градивен елемент на соларните панели. В доклада се разглеждат различните технологии за производство на соларни клетки. Направена е съпоставка на ефективността на клетките произведени по различните технологии. Посочена е технологията с най-ниски първоначални инвестиционни разходи. Схематично са показани структурите (строежа) на соларните клетки произведени по различните методи. Проучени и преведени са различните абривиатури указващи съответната технология за производство. Групираны са, така че да могат да бъдат съпоставени. Изписаны са метричните размери на различните големини соларни клетки, като е указано, кои от тях са спрени от производство.*

УВОД

Соларните системи са един значително перспективен възобновяем енергиен източник. Докато през изминалите десетилетия се използваша основно за построяване на соларни паркове, сега вече все по често започнаха да се инсталират от битови потребители. Вече не се произвеждат аморфни и поликристални клетки. Основното производство е съсредоточено върху силициевите монокристални клетки, поради високата им ефективност, която вече надхвърля 22%. Причините за разширяване на използваемостта са няколко: достъпната им цена, стремеж към енергийна независимост, полезно оползотворяване на неизползваемите покривни пространства, повишения КПД, екологичността им и др.

РАЗМЕР НА СОЛАРНИТЕ КЛЕТКИ

Соларната клетка (фиг. 1) е в основата на фотоволтаичните слънчеви панели. Тя може да бъде монокристална или поликристална. Пазарният дял на поликристалните клетки става все по-малък, поради по-ниската им ефективност.



Фиг. 1. Монокристална соларна клетка

Големият размер на монокристалните клетки се превърна в основна тенденция. Преди 2018 г. 125 mm и 156,75 mm клетки бяха спрени от производство. Сега се използват главно 158,75 mm (G1), 166 mm (M6), 182 mm (M10), 210 mm (G12).

ПРОИЗВОДСТВЕН ПРОЦЕС

Основните технологии за производство на слънчеви клетки в момента са PERC N, TOPCon и N HJT.

- PERC – „passivated emitter and back contact“ означава „пасивиран излъчвател и заден контакт“ използва с 13-18% по-ниски производствени разходи. Дебелина на PERC 170-180µm, основна ефективност на процеса 22,8%, съответстваща на 158,75 mm 5,7 W/на клетка; 166 mm 6,2 W/на клетка; 182 mm 7,5 W//на клетка; 210 mm 10,1 W/на клетка.

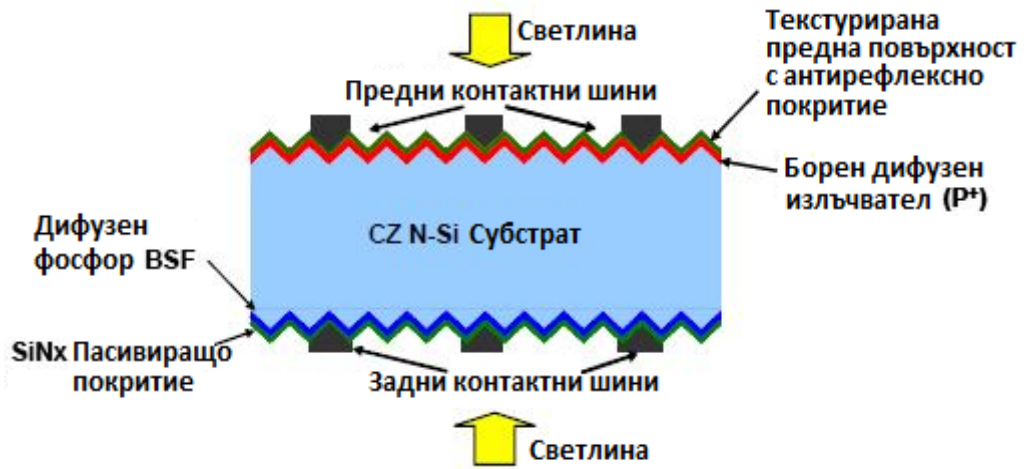
- TOPCON „Tunnelling Oxide Passivation Contact“ означава Тунелен оксиден пасивиращ контакт [1]. При N Topcon и N HJT дебелината на слоя е 120-160µm. Основна ефективност на процеса от 23,8%, съответстваща на 158,75 mm 6,0 W/на клетка. 166 mm 6,55 W/на клетка; 182 mm 7,85 W/на клетка; 210 mm 10,5 W/на клетка.

ТЕХНОЛОГИЧЕН АНАЛИЗ НА СОЛАРНИТЕ КЛЕТКИ: ТЕХНОЛОГИЯ PERC ЗА СОЛАРНА КЛЕТКА N-ТИП.

Соларна клетка с пасивираща структура с пълна дифузия, обикновено P-N преход от предната страна, с пълна дифузия на задното поле от задната страна. Това е най-простата структура и най-ранното приложение на N-тип слънчеви клетки. Представлява двустранна структура, 80-95% двустранна скорост, сребристо-алуминиева решетка от предната страна, сребристо-алуминиева решетка от задната страна (фиг. 2). Няма конкурентно предимство пред PERC по отношение на ефективността и разходите за масово производство.

N-тип Mono bifacial PERC (пасивиран емитер отзад напълно дифузиран) силициеви слънчеви клетки които притежават висока и стабилизирана ефективност на преобразуване. N-тип силициеви слънчеви клетки са по-трайни от P-тип. Считат се за обещаващи алтернативи на слънчеви клетки за следващото поколение високоефективни слънчеви панели. Способни да издържат на индуцирана от светлина деградация и на по-висока толерантност към обикновени метални примеси. Двухазният PERC соларен елемент от тип n може да бъде произведен с поточна линия, като се използва йонен имплант за едностранно легиране за отлично качество и еднородност на емитерните

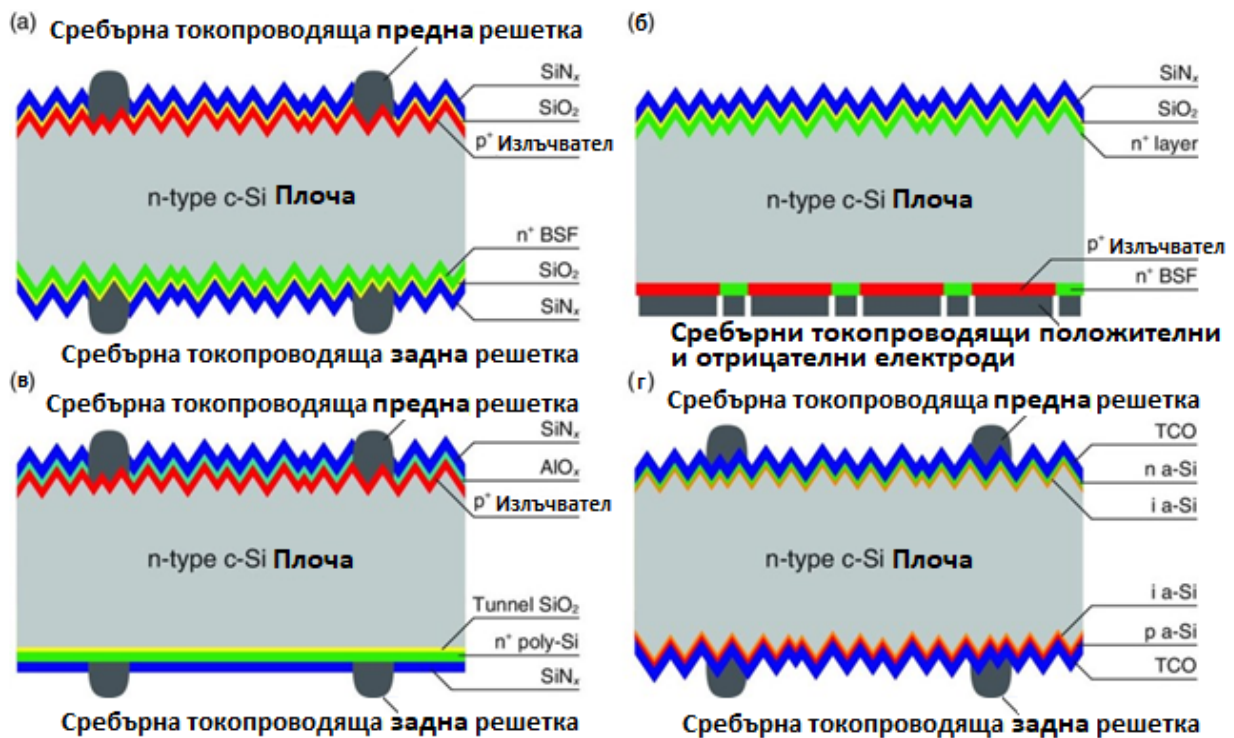
връзки, едно термично отгряване, интегриран AlO_x или SiN_x пасивиращ слой и ситопечатана Ag мрежа отпред и отзад [4].



Фиг. 2. Структура на соларна клетка PERC

Соларни клетки TOPCon тип N.

Много тънък слой от силициев оксид се отлага на гърба на N-тип пластина, последван от слой от силно легиран поликристален силициев филм за постигане на тунелна пасивация на задната страна за увеличаване на напрежението на отворена верига (фиг. 3) [1, 2].



Фиг. 3. Соларни клетки TOPCon (Tunnelling Oxide Passivation Contact).

Ефективност на текущата масово произведена слънчева клетка по TOPCon технология е над 24%. С малко по-нисък процент е двулицевата PERC клетка. Производствената линия PERC може да бъде надстроена до TOPCon в бъдеще.

СЛЪНЧЕВИ КЛЕТКИ С ХЕТЕРОПРЕХОД НЈТ

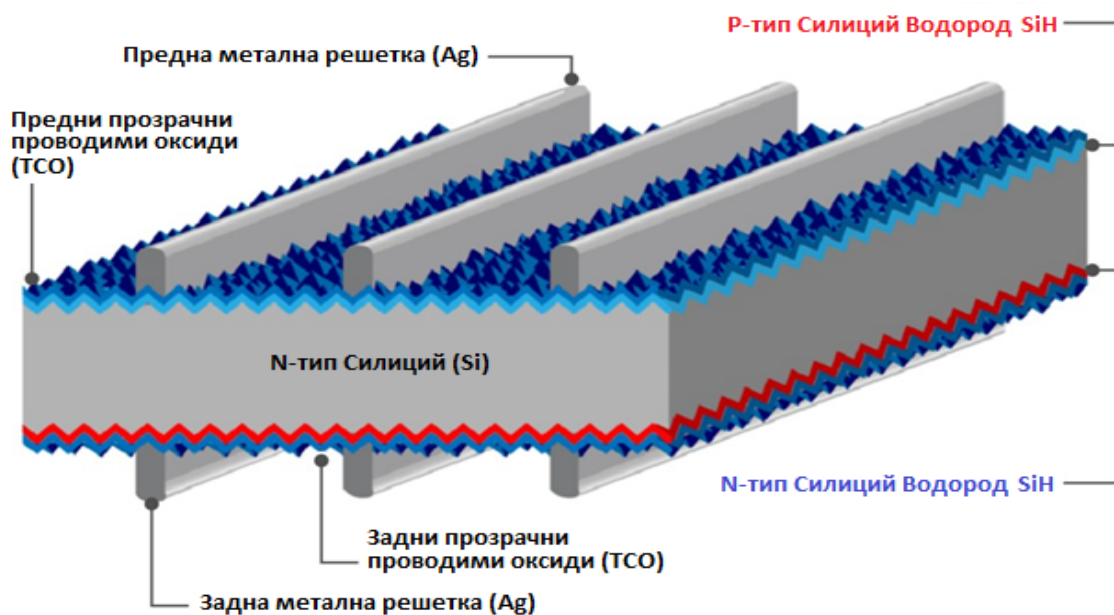
НЈТ е съкращението за хетеро-кръстови слънчеви клетки. Представен от японската компания Sanyo през 80-те години, след това придобита от Panasonic през 2010-те, НЈТ се счита за потенциален наследник на популярната PERCsolar клетка, наред с други технологии като PERC и TOPCon.

Поради по-малкия брой стъпки за обработка на клетките на НЈТ и много по-ниските температури за обработка на клетките, тази архитектура има потенциала да опрости настоящите производствени линии на слънчеви клетки, които в момента са силно базирани на технологията PERC [1, 3].

Хетеропреход върху N-тип силициева подложка с аморфен силиций като пасивиращ слой (TCO- transparent conducting oxide – прозрачни проводими оксиди) [5].

Хетеропреходът позволява по-високи напрежения на отворена верига с допълнителен прозрачен проводим слой.

Изисква нискотемпературна сребърна паста, 200°C, и позволява по-тънки пластини тип N за намаляване на разходите.



Фиг. 4. Устройство на слънчеви клетки с хетеропреход

Ефективност на слънчевите клетки за масово производство от около 24%, високото напрежение на празен ход води до ниска зависимост на мощността от температурата, която достига 0,28%/°C. Производствените линии са с висока цена на оборудването, материалите и висока инженерна трудност.

ПРЕДИМСТВА НА N НЈТ ТЕХНОЛОГИЯТА:

Опростен производствен процес, най-висок коефициент на преобразуване на мощност. Огромен потенциал за подобряване на ефективността. Процес, подходящ за производство на тънки пластини (100-160µm). Значително намаляване на материалните разходи на основата на силиций, като цяло няма влошаване на мощността. Висока двустранна скорост [6].

НЕДОСТАТЪЦИТЕ НА N НЈТ ТЕХНОЛОГИЯТА:

Големи първоначални инвестиции в оборудване и технически трудности. Но с напредването на технологиите и развитието на оборудването разходите ще бъдат равни и по-ниски от процеса PERC, с огромен потенциал за развитие на пазара.

N-ТИП HBC СОЛАРНИ КЛЕТКИ.

Диференциални слънчеви клетки със заден контакт, подобен на пръсти, без засенчване от мрежата от предната страна, което увеличава тока. Може да се комбинира с хетеропреходи с аморфни силициеви пасивиращи слоеве или тунелни пасивиращи слоеве за образуване на HBC структурирани слънчеви клетки. Сложните структури на слънчевите клетки водят до сложни производствени процеси и високи разходи.

PERC АНАЛИЗ НА ПОТЕНЦИАЛА ЗА ЕФЕКТИВНОСТ НА СОЛАРНИТЕ КЛЕТКИ.

Perc процесът в момента е основният поток на пазара.

Предимството е, че технологията е зряла и с ниска цена.

Недостатъци:

- нисък коефициент на преобразуване т.е. (ниска ефективност);
- разпадането на мощността (след първата година по-малко от 3%, след това - 0,5% на година),

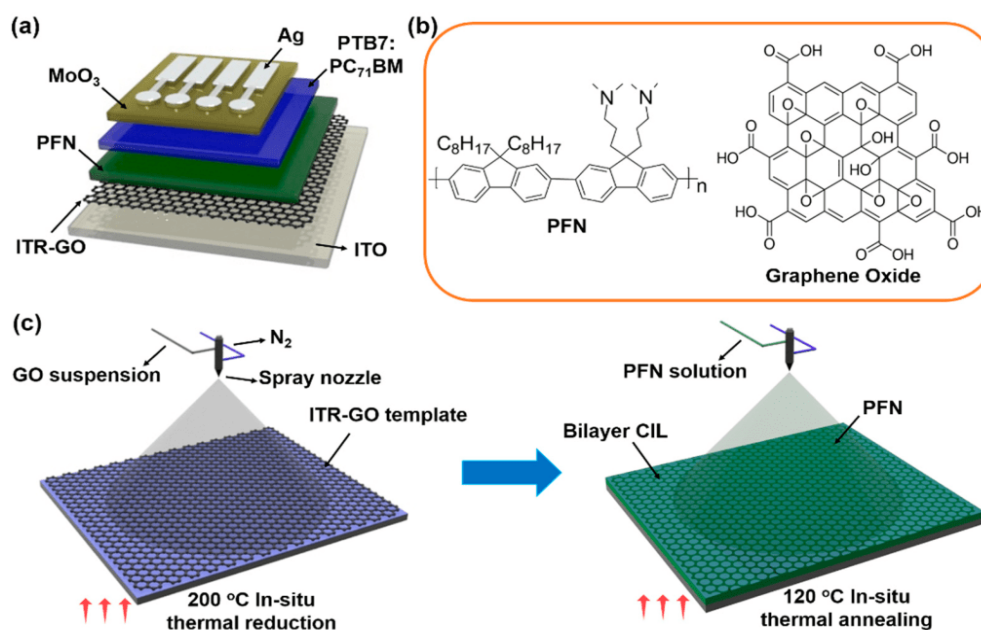
Ефективността на масовото производство на соларни клетки PERC за 1 година се очаква да нарасне до 23,5%. Теоретично се очаква ефективността на слънчевия проводник PERC да нарасне до 24%. Техническите трудности и предизвикателствата с разходите за по-нататъшно надграждане, след ефективност 23,5%, се увеличават значително.

БЪДЕЩИ ТЕНДЕНЦИИ В ТЕХНОЛОГИИТЕ НА СОЛАРНИТЕ КЛЕТКИ

Ефективността на N Торсон и хетеропреходните слънчеви клетки непрекъснато се подобрява напоследък, като в момента усъвършенствените производствени линии могат да постигнат ефективност от над 24%.

Предимствата на N Торсон са - висок коефициент на преобразуване на мощността, висок потенциал за подобряване на ефективността, процес, подходящ за производство на тънки пластини (100-160µm), значително намаляване на разходите за материали на базата на силиций, основно без намаляване на мощността, висока двустранна скорост. Недостатъците са - големи първоначални инвестиции в оборудване, много технически процеси и високи разходи.

Технологиите за калциево-титанова руда и ламинирани слънчеви клетки също направиха големи пробиви. След 5-10 години има надежда, че технологиите за калциево-титаниева руда и кристални силициеви слънчеви клетки могат да бъдат надградени, за да се постигне ефективност на преобразуване от над 30%. Maysun Solar има произведен такъв N-тип PV модул.



Фиг. 5. Устройство на слънчеви клетки с хетеропреход

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] <https://www.pv-magazine.com/2022/01/20/topcon-vs-perc/>
- [2] <https://bg.dsisolar.com/info/topcon-technology-could-further-increase-solar-29753229.html>
- [3] <https://bg.dsisolar.com/info/heterojunction-technology-hjt-silicon-solar-50533407.html>
- [4] <https://bg.dsisolar.com/solar-cells/n-type/n-type-mono-bifacial-pert-solar-cell.html>
- [5] <https://www.epfl.ch/labs/pvlab/research/tco/>
- [6] <https://www.maysunsolar.com/solar-cells-size-process-and-technology-explained/>

TECHNOLOGICAL STRUCTURE OF THE SOLAR CELL

Dilyana Mitseva, Irena Bozhichkova, Petko Kostadinov, Martin Zlatkov
D.mitseva@abv.bg, milenum_26@abv.bg, petko_kostadinov@abv.bg, dj_marti79@mail.bg

*Todor Kableshkov University of Transport,
 158 Geo Milev Str., 1574, Sofia
 THE REPUBLIC OF BULGARIA*

Key words: Photovoltaic panel, solar panel, solar cell, solar plant, renewable energy source, solar inverter, grid inverter, hybrid inverter, solar cable, monocrystalline, polycrystalline.

Abstract: The solar cell is the basic building block of solar panels. The report examines the different manufacturing technologies for solar cells. A comparison of the efficiency of the cells produced by different technologies was made. The technology with the lowest initial investment costs is indicated. The structures (construction) of solar cells produced by different technologies are shown schematically. The various abbreviations indicating the relevant production technology have been studied and translated. They are grouped so that they can be compared. The metric sizes of the various sizes of solar cells are listed, indicating which ones have been discontinued.