

КЛАСИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ НА ПРОИЗВОДИТЕЛИТЕ НА НАЙ-МОЩНИТЕ СОЛАРНИ ПАНЕЛИ

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“
1574 София, ул. „Гео Милев“ №158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

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

***Резюме:** Соларният панел е основният градивен елемент в соларните системи. От неговите параметри зависи производителността на цялата соларна централа. В доклада е направена класификация на производителите на най-мощните соларни панели. Направена е съпоставка на ефективностите и на значителен брой параметри при различните соларни панели. Дадени са чертежите и размерите на соларните панели. Показани са схемите на свързване на клетките при различните конструкции и асемблиране. Указани са начините по които е постигнато повишаването на мощността при новите соларни панели.*

УВОД

Слънчевата енергия е чиста, неизчерпаема и устойчива, което я прави един от най-важните източници на енергия за бъдещето.

Разработването на технологии за използване на слънчева енергия като алтернативен източник на захранване на устройства е обект на голям интерес в нашето съвремие. Тези технологии предлагат много предимства, като например устойчивост, енергийна ефективност, ниски операционни разходи и приятен за околната среда начин на захранване на различни устройства. Използването на соларни панели за генериране на електричество е основната технология, която се използва за тези цели. Слънчевата енергия се преобразува директно в електрическа от фотоволтаичните панели, които се разполагат с изложение към слънцето. Когато слънчевата светлина пада върху панелите, соларните клетки в тях генерират електрически ток.

НАЙ-МОЩНИТЕ СЛЪНЧЕВИ ПАНЕЛИ 2023 Г

При проектирането на соларни панели, водещ параметър е ефективността преобразуването на слънчевата светлина в електричество. Това породило съревнувание между производителите за разработването на най-мощния соларен панел в света. Някои от най-големите производители в индустрията обявиха създаването на панели от следващо поколение с по-голям размер с мощност над 600W [1]. Надпреварата за най-мощен панел започна през 2020 г., когато Trina Solar разкри първия панел с мощност 600 W (фиг. 1).



Фиг. 1. Соларен панел построен по полуклетъчна технология

Не след дълго, на SNEC PV Power Expro в Китай [2][3], JinkoSolar представи 610W версия на панела Tiger Pro. Приблизително по същото време Trina Solar обяви, че се разработва по-мощен панел 660W+. Близко 20 производителя на SNEC 2020 демонстрираха панели с мощност над 600 W (фиг. 2), като най-мощният беше модулът Jumbo 800 W от JA solar. Този панел обаче беше огромен с височина 2,2 м и ширина 1,75 м и най-вероятно няма да стане достъпен в търговската мрежа. Традиционните търговски и жилищни панели също се увеличиха по размер и мощност, като панелите от 400 W до 500 W вече са стандартни.

ПРОЕКТИРАН ЗА СИСТЕМИ ЗА БИТОВО ПОТРЕБЛЕНИЕ


















Основният двигател за разработването на по-големи, по-мощни слънчеви панели произтича от желанието да се намалят разходите за изграждане на соларни централи за битови потребители и в крайна сметка да намалее цената на електроенергията.

Тъй като по-големите панели изискват помалко връзки, монтаж и труд в сравнение с по-малките панели, разходите за монтаж на kW се намаляват, което води до намалени и по-ниски общи разходи (decreased and lower overall cost) LCOE.

Тези, които желаят да използват десет 700W панела на покрива на дома си, за да получат лесно 7kW, ще бъдат малко разочаровани. Изключително големият размер не е подходящ и е предизвикателство за работа и качване на покрива на повечето жилищни покриви.

Соларната индустрия (фиг. 2) бавно се насочва към по-големи панели с по-висока мощност. Първите в надпреварата традиционно бяха Trina Solar, Jinko Solar, Canadian Solar, Risen Energy и JA Solar, тъй като тези добре известни компании бяха първите, които пузнаха ултрамощни панели с мощност над 600 W през последните две години. Съвсем наскоро обаче Jolywood, Huasun и по-малко известната компания Akcome напреднаха с панели с мощност над 700 W, използващи по-ефективна клетъчна технология N-тип TOPCon или хетеропреход (HJT).

Производителите на премиум модули SunPower (сега Maxeon) и REC не се надпреварват да разработват по-големи панели с висока мощност. Вместо това те се фокусират върху снабдяването на своята традиционна жилищна и търговска клиентска база с високоефективни панели. Като се има предвид това, Sunpower разкри по-голям панел от 540 W в серията от следващо поколение „Performance 5“.

Manufacturer	Model	Power (W)	Cell Size	Wafer Type	Cell Technology	Efficiency %	Avail
 HUA SUN	Himalaya G12 Series	715 W	210mm	N-Type	HJT, Bifacial	23.0%	Q1 2023 *
 risen	TITAN	710 W	210mm	N-Type	HJT, Bifacial	22.5%	Q1 2023
 中来股份 JOLYWOOD	JW-HD132N	700 W	210mm	N-Type	TOPCon, Bifacial	22.5%	Q1 2022
 AKCOME 爱康光电	Chaser-M12 132P	700 W	210mm	N-Type	HJT, Bifacial	22.5%	Q2 2022
 TrinaSolar	Vertex	670 W	210mm	P-Type	Mono-PERC	21.6%	Q2 2021
 ASTROENERGY	Astro 6	670 W	210mm	P-Type	Mono PERC+	21.6%	Q1 2022
 CanadianSolar	HiKu7	670 W	210mm	P-Type	Mono PERC	21.6%	Q4 2021
 YINGLI SOLAR	Mono GG	670 W	210mm	P-Type	Mono PERC	21.6%	Q1 2022
 SUNTECH	Ultra X Plus	670 W	210mm	P-Type	Mono PERC, Bifacial	21.6%	Q1 2022
 SERAPHIM	S5 Bifacial	670 W	210mm	P-Type	Mono PERC, Bifacial	21.6%	Q1 2022
 TALESUN	BIPRO	670 W	210mm	P-Type	Mono PERC, Bifacial	21.6%	Q1 2022
 AE SOLAR alternative energy	AURORA	665 W	210mm	P-Type	Mono PERC	21.4%	Q2 2022
 Jinko Solar	Tiger Pro NEO	620 W	182mm	N-Type	TOPCon	22.3%	Q3 2021
 JA SOLAR	DeepBlue 3.0	605 W	182mm	P-Type	Mono PERC	21.3%	Q4 2020
 Q CELLS	Q.Peak DUO XL-G11.2	590 W	182mm	P-Type	Mono PERC	21.5%	Q2 2022
 LONGI Solar	Hi-Mo 6 Explorer	585 W	182mm	N-Type	HPBC	22.6%	Q1 2023
 Phono Solar	Draco PS560-M7G	560 W	182mm	P-Type	TOPCon	21.7%	Q2 2022

Фиг. 2. Класификация на производителите на най-мощните соларни панели

ПО-ГОЛЕМИ РАЗМЕРИ НА ПАНЕЛИТЕ

Новите размери на панелите са до 2,4 m дължина и 1,3 m широчина, са изградени с по-голям размер клетки - 180 и 210 mm. Това е увеличение на размера от 20% до 30% в сравнение с традиционните 2,0m x 1,0m 72-клетъчни панели, което естествено съответства на огромното увеличение на мощността на панел (фиг. 3).



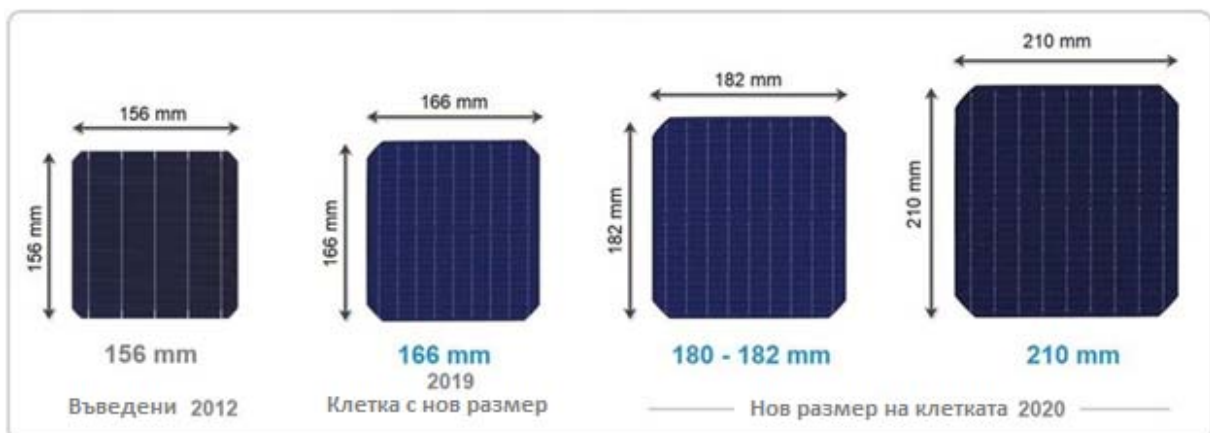
Фиг. 3. Големини и мощности на соларните панели

ПО-ГОЛЕМИ РАЗМЕРИ НА КЛЕТКИТЕ

За да намалят производствените разходи и да увеличат ефективността, производителите се отказаха от стандартния 156 mm (6") квадратен размер на пластината и се насочиха към по-големите размери 180 и 210 mm. Въпреки че има различни размери на клетките, които са в процес на разработка, няколко размера на клетките се появиха като нов индустриален стандарт; те включват 166 mm, 182 mm и 210 mm. (фиг. 4) Много от водещите производители, включително Jinko, Longi и Canadian Solar, се присъединиха към 182 mm формат, Trina Solar налага по-големия размер на пластините от 210 mm, докато Longi, най-големият производител на моно силициевеви пластини в света, използва както 166 mm, така и 182 mm размери в зависимост от приложението.

Трите най-популярни типа панели, които се появиха са:

- 66-клетъчни (132 полуклетки);
- 78-клетъчни (156 полуклетки);
- 84-клетъчни (168 полуклетки).



Фиг. 4. Размер на соларните клетки

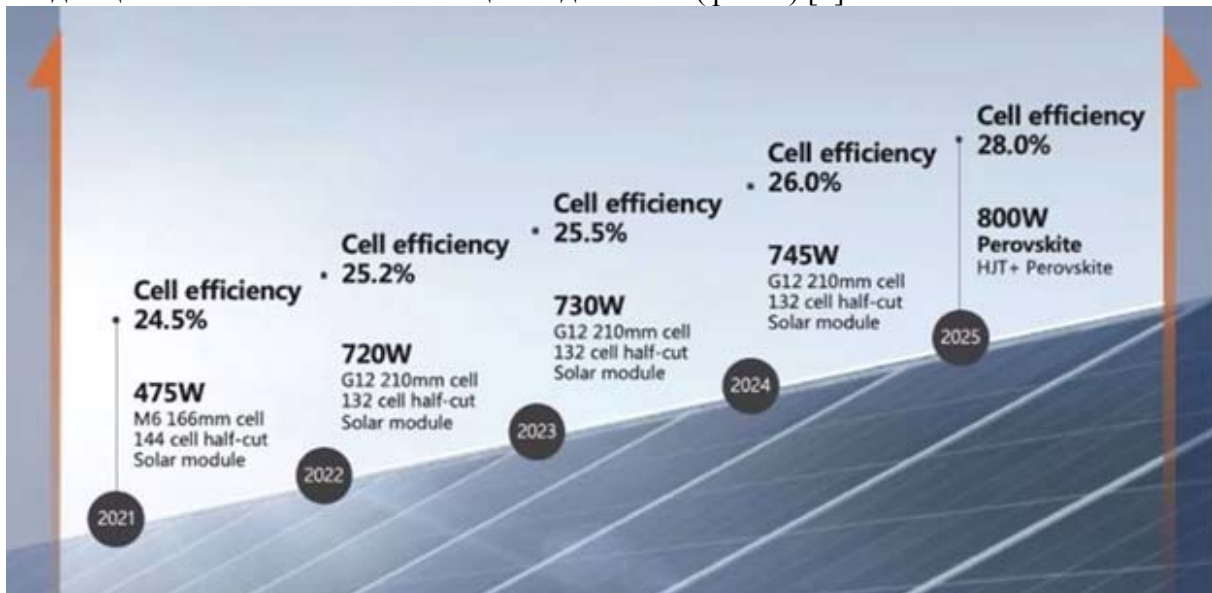
Изключително големите клетки от 210 mm също са много подходящи за нестандартни формати за разделяне на клетки, като например 1/3 изрязани клетки, където квадратната плоча е разделена на три сегмента.

ВИСОКОЕФЕКТИВНИ КЛЕТКИ

За постигане на тези мощности на панелите, са използвани нови технологии, като:

- МВВ – Мултишини;
- PERC/PERC+ - Пасивиран емитер и задна клетка;
- Хетеропреход (HJT);
- TOPCon - Тунелно-оксиден пасивиращ контакт;
- N-тип силициеви клетки;
- Клетки с висока плътност - Намаляване на междуклетъчните празнини;

В бъдеще се очаква клетъчната технология „Perovskite“ да стане стабилна и жизнеспособна, позволявайки на производителите да създават тандемни клетки от следващо поколение с нива на мощност до 800 W (фиг. 5) [5].



Фиг. 5. Развитие на соларните технологии с поглед в бъдещето

МВВ - Мултишини



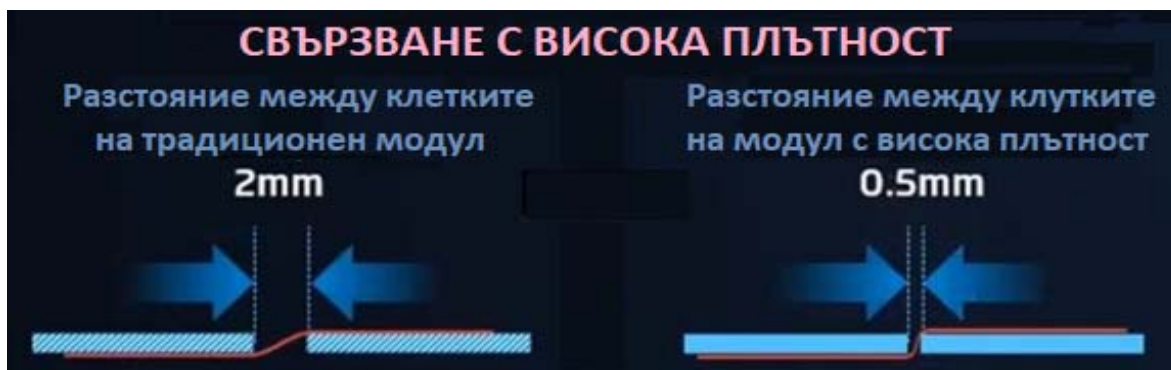
Фиг. 6. Клетка с мултишини (МВВ)

Повишаването на ефективността, е осъществено посредством мулти-шината MBV (Multi Bus Bars) (фиг. 6). Традиционните лентови шини (5BV или 6BV) се заместват от девет или повече тънкожилни шини (9BV). Някои производители като REC дори са преминали към 16 микрожилни шини в новата серия панели Alpha. По-широките клетки също означават, че повече шини могат да се поберат по повърхността на клетката, като клетките с 10 или 12 шини също стават все по-често срещани.

Двустранните панели с MBV също стават все по-популярни поради увеличената изходна мощност чрез използване на задната страна на панела за постигане на 20% или повече мощност (80 W допълнително). Обаче, двустранните панели обикновено са полезни само върху светло оцветени повърхности, като светла пясъчна или камениста земя или слънчеви ферми с голям мащаб, разположени в по-сухи райони.

КЛЕТКИ С ВИСОКА ПЛЪТНОСТ

Панелите Trina Solar Vertex разполагат с 210 mm 1/3 отрязани MBV клетки с висока плътност. Trina Solar въведеха техники за премахване на типичните 2-3 mm вертикални празнини и притискането на клетките една към друга води до по-голяма налична повърхност на панела. Производителите намалят разстоянието между клетките от 2,0 mm на 0,5 mm (фиг. 7). Причината за тази празнина се дължи на традиционните по-големи лентови шини, изискващи 2,0 mm+ за огъване и свързване на предната и задната част на всяка клетка. Преходът към използване на много по-малки телени шини обаче позволи разликата да бъде намалена значително.

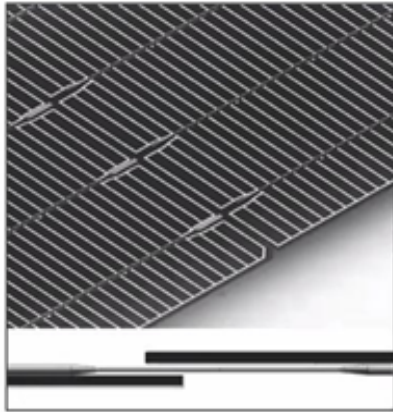


Фиг. 7. Подреждане на клетки с висока плътност

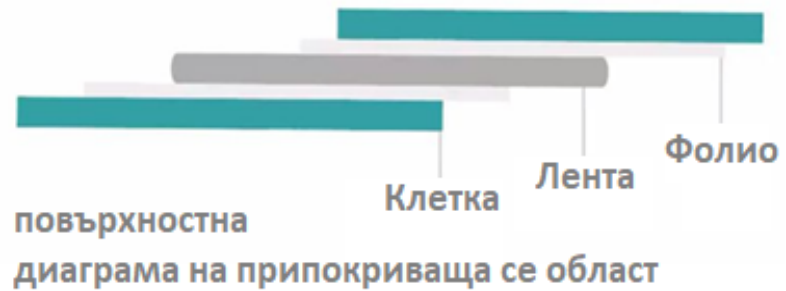
LONGi Solar е друг производител, който успя да намали разстоянието между клетките до 0,6 mm, като използва това, което компанията описва като метод на „интелигентно запояване“, използвайки интегрирани сегментирани ленти. Тази нова технология използва уникален триъгълен дизайн на шина през предната повърхност на клетката, с много тънък плосък участък, който се огъва и минава зад клетката, за да образува взаимното свързване.

TR - ТЕХНОЛОГИЯ TILING RIBBON

Jinko Solar, в момента най-големият производител на панели в света, разработи това, което компанията нарича Tiling Ribbon (Облицовъчна лента) или TR клетки (фиг. 8). Технологията Tiling Ribbon cell е елиминирането на празнината между клетките чрез леко припокриване на клетките, създавайки повече клетъчна повърхност. Технологията на лентата за облицоване също драстично намалява необходимото количество спойка чрез използване на методи за свързване с компресия между клетките, вместо запояване. Клетъчните панели с плочки, като тези, използвани в серията Sunpower Performance, използват подобна технология, при която припокриващите се тънки клетъчни ленти могат да бъдат конфигурирани в панели с по-голям формат с висока мощност.



Tiling Ribbon (облицовъчна лента) (TR) Technology

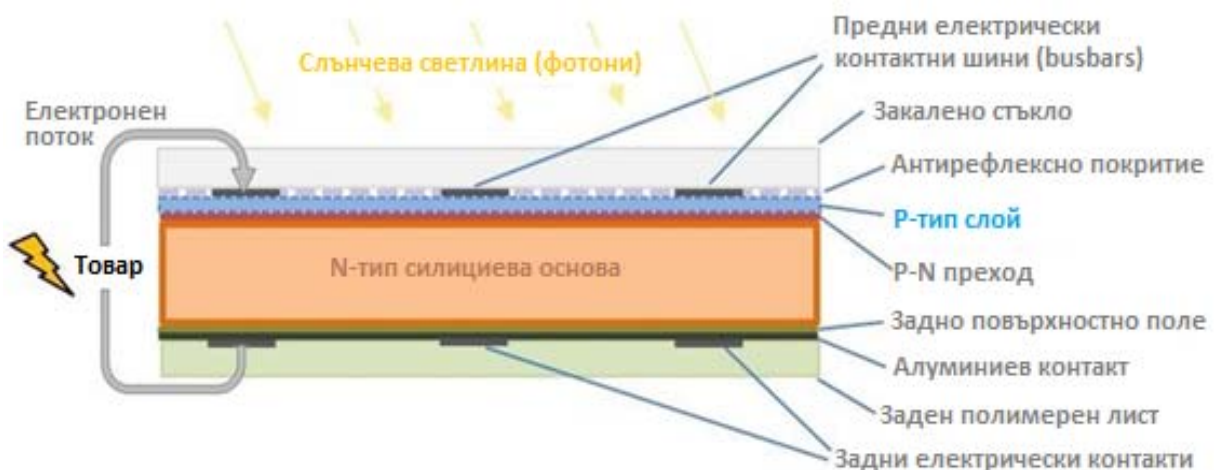


Фиг. 8. TR – технологията

EVA фолиото представлява прозрачен полимер и се поставя между клетките и стъклото. Поставя се и от към гърбът и във вакуумна камера се изтегля въздуха. Сред това се загрява до стапяне на фолиото. То капсулира целия сандвич и не позволява проникването на въздух и влага до клетките. Без такова фолио клетките корозират бързо и панела дефектира.

N-ТИП СИЛИКОНОВИ КЛЕТКИ TOPCON

Клетките, изградени върху N-тип силициев субстрат (фиг. 9), предлагат подобрена производителност в сравнение с по-разпространения P-тип силиций поради по-голяма толерантност към примеси, което повишава общата ефективност. В допълнение, N-тип клетките имат по-нисък температурен коефициент в сравнение с моно и мулти P-тип клетки. N-тип клетки също имат много по-ниска скорост на LID или индуцирано от светлина разграждане и обикновено не страдат от LeTID (индуцирано от светлина и повишена температура разграждане), което е често срещан проблем с P-тип клетки.



Фиг. 9. Структура на соларен панел построен по полуклетъчна технология

TOPCon или тунелен оксиден пасивиран контакт се отнася до специализирана техника за пасивиране на клетки от задната страна, която помага за намаляване на вътрешните загуби от рекомбинация в клетката и повишава ефективността на клетката. Процесът е достъпен от няколко години, но сега се превръща в новия индустриален стандарт, тъй като производителите се стремят да увеличат ефективността и производителността.

АНАЛИЗ

Ефективността на соларните панели непрекъснато се повишава, благодарение на новите технологии, които производителите постоянно въвеждат.

При сегашна ефективност 21-23%, до 2-3 години се очаква тя да се повиши до 25-27%. В същото време Цената на соларните панели се е понижила, което ги прави достъпни.

В комбинация с растящите цени на електроенергията се създава предпоставка за по-широкото им разпространение, включително и за битово приложение.

Постепенно се преминава към по-голям размер на клетката. Едновременно с това се увеличава броя на клетките в панел. Съответно нараства размера на панела, а също така и неговата мощност.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/most-powerful-solar-panels>
- [2] <https://www.mustsolar.com/addresses-and-contacts/>
- [3] <https://pv.snec.org.cn/?locale=en-US>
- [4] <https://www.maysunsolar.com/solar-cells-size-process-and-technology-explained/>
- [5] <https://bg.dsisolar.com/info/an-introduction-to-perovskites-and-perovskite-36048941.html>
- [6] <https://www.maysunsolar.com/solar-cells-size-process-and-technology-explained/>

CLASSIFICATION AND ANALYSIS OF MANUFACTURERS OF THE MOST POWERFUL SOLAR PANELS

Dilyana Mitseva, Irena Bozhichkova, Petko Kostadinov, Martin Zlatkov
D.mitseva@abv.bg, mlenium_26@abv.bg, petko_kostadinov@abv.bg, dj_marti79@mail.bg

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

Key words: Photovoltaic panel, solar panel, solar cell, solar plant, solar inverter, grid inverter, monocrystalline, mc4, half cell.

Abstract: The solar panel is the main building block in solar systems. The performance of the entire solar plant depends on its parameters. The report makes a classification of the manufacturers of the most powerful solar panels. A comparison of the efficiencies and a significant number of parameters for different solar panels has been made. The drawings and dimensions of the solar panels are given. The cell connection schemes for the various designs and assemblies are shown. The ways in which the power increase was achieved with the new solar panels are indicated.