

Valenčak Mateja

SONČNE CELICE

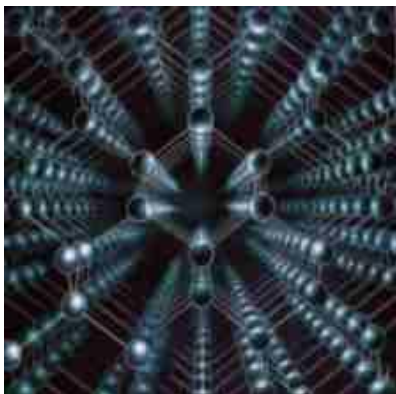
Energija Sonca - najbolj obetajoč vir energije za nove generacije. Sonce sije že okrog 5 milijard let in bo mirno (brez okvar) sijalo še vsaj toliko časa. Vsak dan Zemlja od Sonca prejme več energije kot je človeštvo porabi v vsem letu. Fotovoltaični sistemi so dobra rešitev za celo kopico primerov, ne glede kje se nahajate. V uporabi so tudi visoko v Himalaji in na Antarktiki.

Prvi fotovoltaični sistemi so z elektriko oskrbovali satelite in kasneje orbitalne postaje v vesolju. Danes jih uporabljamo v najrazličnejših primerih in okoliščinah. Pogosto jih uporabljamo na področjih, kjer ni na voljo javnega električnega omrežja, vedno pogosteje pa se gradijo tudi v urbanih okoljih. Fotovoltaični sistemi so dobra rešitev ne glede na to kje oskrbo z elektriko tudi potrebujemo.

Beseda fotovoltaika izvira iz grške besede "phos", ki pomeni svetlobo in besede "volt". Fotovoltaika je veda, ki preučuje pretvorbo energije svetlobe, natančneje energijo fotonov v elektriko. Pod pojmom fotovoltaična pretvorba razumemo direktno pretvarjanje svetlobne energije sončnega sevanja v električno energijo. Preprosteje povedano, gre za pretvorbo svetlobe v elektriko. Pretvorba se izvrši v sončnih celicah, ki so glede na zgradbo lahko amorfne, polikristalne ali monokristalne. V večini primerov so izdelane iz silicija. Najpreprostejši primeri uporabe sončnih celic so napajanje žepnih kalkulatorjev, parkirnih ur in podobnih naprav. Z združevanjem več sončnih celic dobimo fotovoltaične module. Z združevanjem več modulov in z uporabo drugih elementov, kot so akumulatorji, regulatorji polnjenja lahko zgradimo poljubno močan sistem za oskrbo z električno energijo na katerikoli lokaciji, če je le na razpolago dovolj sončnega sevanja.

Materiali sončnih celic - pridobivanje in lastnosti	
Silicij Glavni element za izdelavo sončnih celic je silicij, ki je zaenkrat praktično še vedno edina surovina za masovno proizvodnjo sončnih celic. Kot najpogosteje uporabljeni polprevodnik ima več dobrih lastnosti: V naravi se nahaja v zelo velikih količinah. Silicij v obliki oksidov sestavlja 1/3 zemeljske skorje. Je nestrupen, okolju prijazen, tudi odpadki ne predstavljajo težav. Lahko se tali, obdeluje in ga je sorazmerno enostavno oblikovati v monokristalno obliko. Njegove električne lastnosti (obstočnost do 125°C) omogočajo uporabo Si polprevodniških elementov tudi v najzahtevnejših primerih	Proizvodnja polikristalnega silicija Postopek pridobivanja čistega polikristalnega silicija iz triklorsilana se lahko (med drugim) izvaja v posebnih pečeh, ki so jih razvili v Siemensu. Peči se ogrevajo s tokom, ki teče skozi (v večini primerov) Si elektrode. Elektrode imajo premer do 8 mm, dolge pa so 2 m. Tokovi, ki tečejo skozi elektrode lahko znašajo tudi 6000 A. Stene peči dodatno hladimo, kar preprečuje nastajanje neželenih reakcij zaradi plinskih stranskih produktov. Rezultat procesa je čisti polikristalni silicij, ki ga nato uporabljamo kot surovino za izdelavo sončnih celic. Polikristalni silicij pridobivamo tudi iz silicija, ki ga segrevamo na 1500°C in nato ohlajamo na 1412°C, kar je tik nad strdiščem materiala. Pri ohlajanju nastaja blok polikristalnega silicija vlaknaste strukture

uporabe.



Silicij - kristalna struktura (Vir/Copyright: [Hahn-Meitner-Institut Berlin](#))

dimenzij 40x40x30 cm. Pri polikristalnem siliciju je zgradba v delu materiala urejena, vendar ni usklajena z zgradbo v drugem delu materiala.

Proizvodnja monokristalnega silicija

Monokristalni silicij pridobivamo iz čistega silicija, pridobljenega po predhodno opisanem postopku z dvema postopkoma:

Metoda Czochralskega:

Silicij po tej metodi pridobivamo iz taline v indukcijski peči z grafitno oblogo pri temperaturi 1415°C. Na palico nanese silicijev kristal določene orientacije, nakar z vrtenjem palice v talini kristal narašča. Hitrost vrtenja palice znaša 10 do 40 obratov na minuto, pomikanje po dolžini pa med 1 mikrometrom in 0,1 milimetrom na sekundo. Na ta način lahko izdelamo palice premera 30 cm in dolžine nekaj metrov. Vse skupaj poteka v inertni atmosferi, morebitne nečistoče pa zgorijo, oziroma se izločajo v talini.

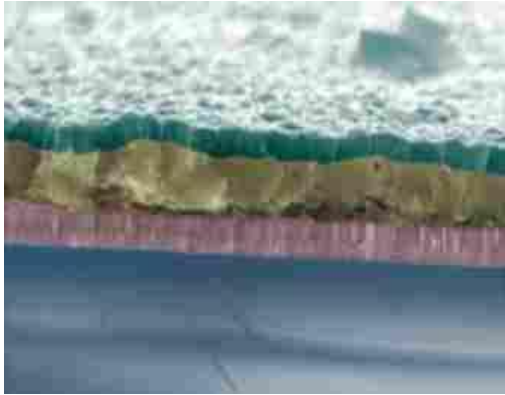
Conska rafinacija:

Prednost tega postopka je v večji čistoči silicija, z njim pa lahko izdelamo palico silicija premera 10 cm in dolžine 1 m. Tudi ta postopek poteka v inertni atmosferi, pri čemer indukcijski grelec potuje vzdolž palice in tali silicij, pri čemer pri ohlajanju nastaja monokristal silicija. Bloki monokristalnega ali polikristalnega silicija se nato žagajo in obdelujejo do končne oblike sončnih celic. Samo pri žaganju gre v izgubo okrog polovica materiala.

Pridobivanje amorfne silicija

Amorfni silicij pridobivamo v visokofrekvenčnih pečeh v delnem vakuumu, skozi katere ob prisotnosti električnega polja visokih frekvenc prepihujemo pline silan in B_2H_6 ali PH_3 s pomočjo katerih v silicij dodajamo bor ali fosfor.

[Hahn-Meitner-Institut Berlin](#)).

<p>Galijev arzenid (GaAs)</p> <p>Pogost material za izdelavo visokoučinkovitih PV celic. Pogosto se uporablja v koncentriranih sistemih in v astronautiki. Učinkovitosti so do 25%, pri koncentriranem sončnem sevanju do 28 %. Posebne izvedbe pa presegajo učinkovitost 30 %.</p> <p>Kadmijev telurid (CdTe)</p> <p>Bakrov indijev diselenid (CuInSe₂, ali CIS)</p>	 <p>CIS sončna celica (Vir/copyright: Hahn-Meitner-Institut Berlin).</p>
---	--

Sončne celice združujemo v fotovoltaične module, z razponom moči od nekaj W do 100 W ali več. Za velike sisteme proizvajalci izdelujejo panele (več združenih modulov) z močmi nekaj 100W. Lastnosti modulov so odvisne od vrste uporabljenih sončnih celic.

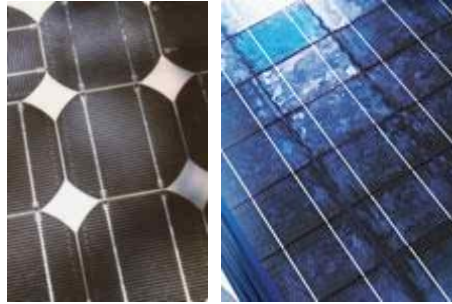
Material	Debelina	Izkoristek %	Barva	Slabosti	Prednosti in perspektive
Monokristalne Si sončne celice	0,3 mm	15 - 18 %	Temno modre, črne z AR plastjo, sive brez AR plasti	Dolgotrajni proizvodni postopki, potrebno žaganje rezin	Najbolj raziskan material. Tudi v prihodnjih letih bo prevladoval na tržišč, posebej tam, kjer je potrebno veliko razmerje moč/površina.
Polikristalne Si sončne celice	0,3 mm	13 - 15 %	Modre z AR plastjo, srebrno-sive brez AR plasti	V primerjavi s tankoplastnimi tehnologijami daljši proizvodni postopki, potrebno žaganje rezin	Najpomembnejši material vsaj v naslednjih nekaj letih.
Polikristalne Si celice v obliki traku	0,3 mm	12 %	Modre z AR plastjo, srebrno-sive brez AR plasti	Omejena uporaba proizvodnih postopkov	Možnost znatnega znižanja proizvodnih stroškov v prohodnosti. Ni žaganja rezin.
Apex (polikristalne Si) sončne celice	0,03 do 0,1 mm + keramični substrat	9,5 %	Modre z AR plastjo, srebrno-sive brez AR plasti	Omejena uporaba proizvodnih postopkov	Možna proizvodnja v obliki traku, ni žaganja rezin, material veliko obeta. Možnost znatnega znižanja

					proizvodnih stroškov v prohodnosti
Monokristalne Si celice v obliki dendritne mreže	0,13 mm vključno s kontakti	13 %	Modra z AR plastjo	Omejena uporaba proizvodnih postopkov	Možna proizvodnja v obliki traku, ni žaganja rezin.
Amorfne sončne celice	0,0001 mm + 1 do 3 mm substrat	5 - 8 %	Rdeče-modra, črna	Manjša učinkovitost, krajša življenjska doba.	Možna proizvodnja v obliki traku, ni žaganja rezin. Ob izboljšanju dolgoročnih lastnosti (izkoristek, življenjska doba) najbolj perspektiven material.
Kadmijev telurid (CdTe)	0,008 mm + 3 mm steklen substrat	6 - 9 % (modul)	Temno zelene, črne	Strupene surovine	Možnost znatnega znižanja proizvodnih stroškov v prohodnosti
Bakrov indijev diselenid (CIS)	0,003 mm + 3 mm steklen substrat	7,5 - 9,5 % (modul)	Črna	Omejene zaloge indija v naravi	Možnost znatnega znižanja proizvodnih stroškov v prohodnosti
Hibridne (HIT) sončne celice	0,02 mm	18 %	Temno modra, črna	Omejena uporaba proizvodnih postopkov	Višja učinkovitost, boljši temperaturni koeficient in manjša debelina.

UČINKOVITOST SONČNIH CELIC

Kristalne sončne celice

Učinkovitost sončnih celic je omejena s številnimi dejavniki. Energija fotonov z večanjem valovne dolžine svetlobe pada, največja valovna dolžina, pri kateri imajo fotoni še dovolj veliko energijo za silicij znaša $1.15 \mu\text{m}$. Sevanje z večjo valovno dolžino povzroča le segrevanje sončnih celic. Foton lahko povzroči nastanek le enega para elektro-vrzel, zato se tudi pri manjših valovnih dolžinah od mejne pojavlja višek energije, ki prav tako le segrevajo celico. Zgornja meja pretvorbe vpadne svetlobne energije na sončno celico znaša približno 23 % (velja za silicijeve eksperimentalne sončne celice). Pri uporabi drugih materialov je izkoristek lahko večji (eksperimentalno do 30%), zaradi širšega spektra svetlobe, katere vpadno sevanje celica še lahko pretvori v elektriko. Lastne izgube sončne celice nastopajo zaradi kontaktne mreže (lastna zastrtost), notranje upornosti celice in zaradi refleksije sončnega sevanja na površini celice. Kristalne sončne celice so največkrat v obliki rezin, debeline 0.3 mm, in generirajo okrog 35mA toka na cm^2 (skupaj do 2 A/celico) površine pri napetosti približno 550 mV pri polni osvetlitvi. Laboratorijske izvedbe tovrstnih celic imajo učinkovitost do 18 %, klasične do 15 %.



Monokristalne sončne celice - levo (Foto: Denis Lenardič), Polikristalne sončne celice - desno (Vir/Copyright Solar-fabrik).

Amorfne sončne celice

Amorfne celice imajo precej slabši izkoristek, ki se giblje med 6 in 8 %. Amorfne celice se tudi hitreje starajo. Gostota toka znaša do 15 mA/cm^2 , napetosti neobremenjenih celic pa so do 0.8 V, kar je več, kot pri kristalnih celicah. Spektralna občutljivost pri amornih celicah je pomaknjena bolj proti modri svetlobi, tako da je idealen izvor svetlobe za amorfne celice fluorescenčna žarnica.

PRIMERI UPORABE



Protihrupna ovira vzdolž avtoceste A9 v Amsterdamu

Polet Heliosa 13. avgusta 20 (Vir/Copyright: NASA DFRC)



Telefon ob cesti za klice v sili
(Vir/Copyright: [Sandia National Laboratories](#)), Radijska povezava napajana s fotonapetostnim sistemom



Sončna ura



Javna razsvetljava v Afriki (Vir/Copyright: [Solar fabrik](#))



Drugi zanimivi primeri uporabe - Fotovoltaične sisteme lahko uporabimo tudi za oskrbo naftnih ploščadi ali podobnih porabnikov. Enostavni primeri uporabe so tudi napajanje parkirnih ur oziroma avtomatov za parkiranje. Pogosto so takšni sistemi kombinirani tudi z vetrnimi ali dieselskimi generatorji za oskrbo z elektriko, ko ni na razpolago sončnega sevanja.