Tehnologije sončnih celic in fotonapetostnih modulov

Janez Krč, Kristijan Brecl, Marko Topič

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za fotovoltaiko in optoelektroniko

Vsebina

- Uvod
- Tipi in tehnologije sončnih celic
- Fotonapetostni (PV) moduli
- Izkoristki celic in modulov

Uvod

sončna energija



sončna celica

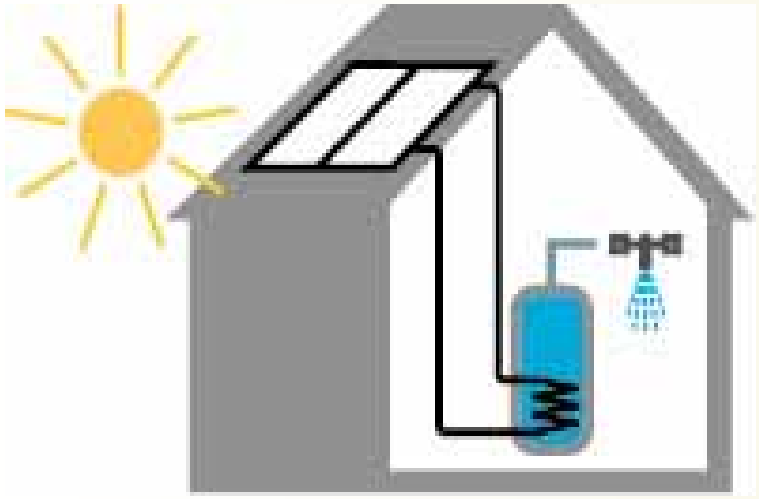


električna energija

Uvod

Solarni kolektorji

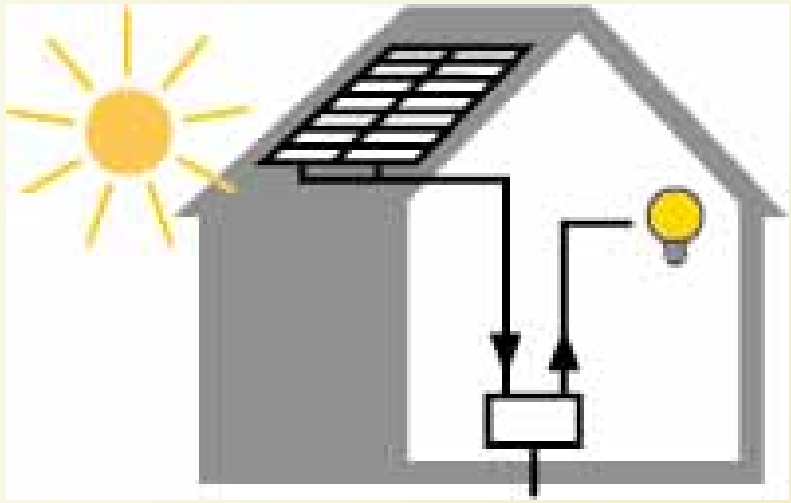




Ogrevanje sanitarne vode

Sončne celice - moduli

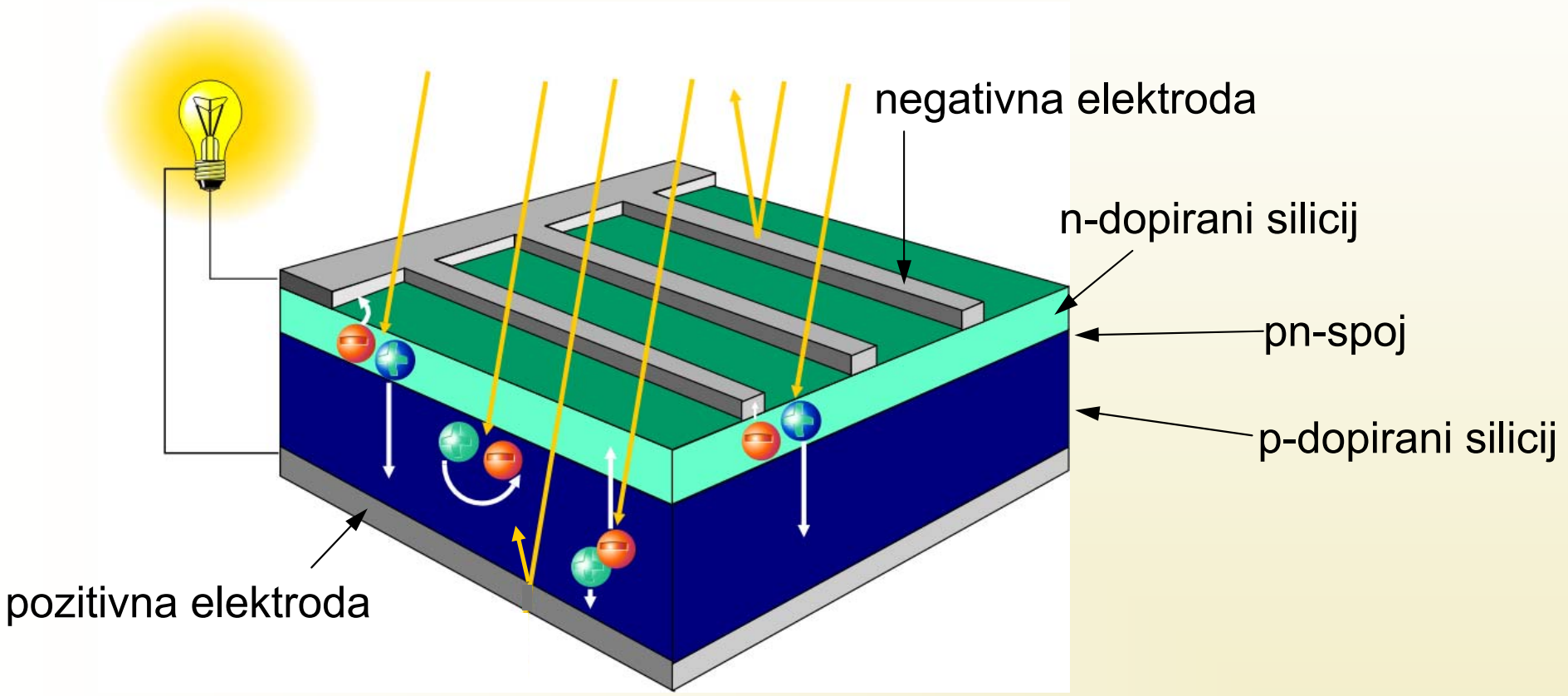




Električna energija

Uvod

polprevodniška sončna celica:



Uvod

sončna celica



~ 2 Wp

fotonapetostni (PV) modul



30 - 300 Wp

fotonapetostno (PV) polje –> sončna elektrarna (SE)



kWp, MWp

Uvod

Sončna elektrarna moči **~3.5 kWp**
za povprečno gospodinjstvo v Sloveniji

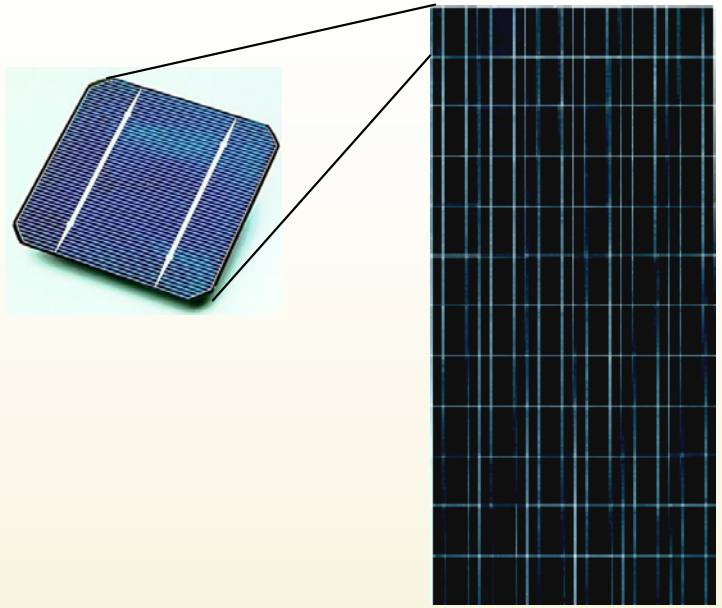
= 23 m^2 (PV moduli s 15 % izkoristkom)

Primer 4.4 kWp SE na Nanosu



Tipi in tehnologije sončnih celic

Tipi sončnih celic



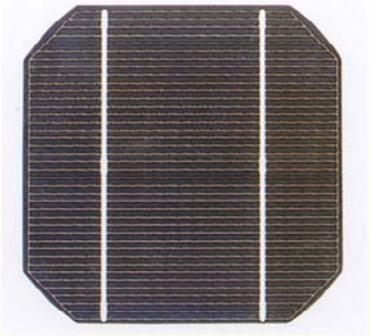
- **Konvencionalne sončne celice**
  - **debelina rezine ~ 0.3 mm**
  - **10 g/W za silicijeve celice**

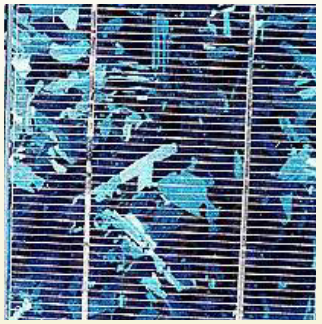
- **Tankoplastne sončne celice**
  - **debelina celice ~ 1 um –> 300 x manj!**
  - **0.15 g/W za CIGS celice –> 66 x manj!**
  - **nekoliko manjši izkoristki –> večje površine**
  - **upogljivi (fleksibilni) substrati**



Tipi sončnih celic

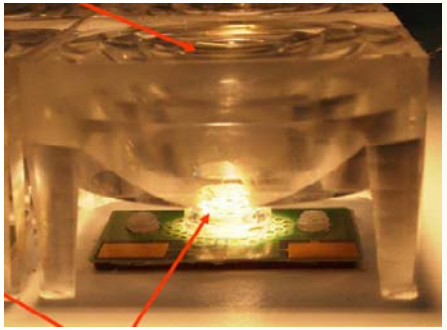
Konvencionalne sončne celice:

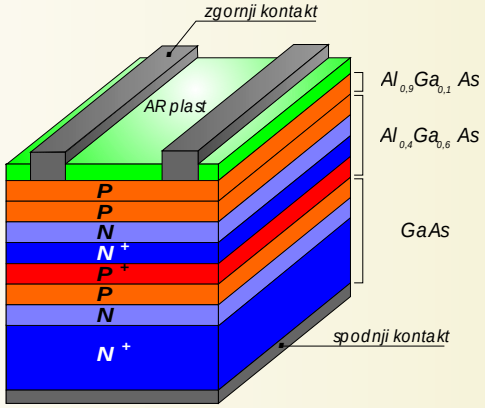




- **silicijeve** (~ 94 % tržni delež)
  - monokristalne (c-Si)
  - poli(multi)kristalne (multi -Si)
  - HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin-layer)

- **iz zmesnih polprevodnikov** (“compounds”)
  - GaAs, InP (večspojne, koncentratorske)







Tipi sončnih celic

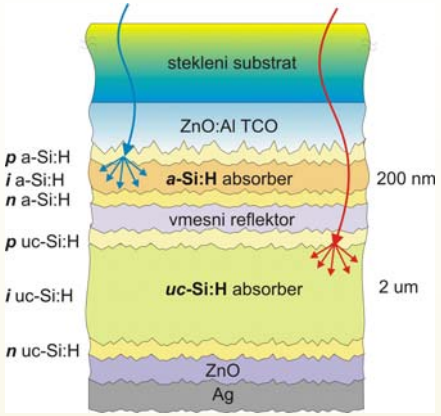
Tankoplastne sončne celice:

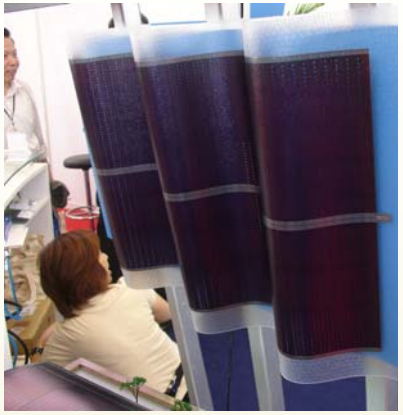
- **silicijeve**
  - amorfne (a-Si:H)
  - mikrokristalne (uc-Si:H)
  - več-spojne (a-Si:H/uc-Si:H)

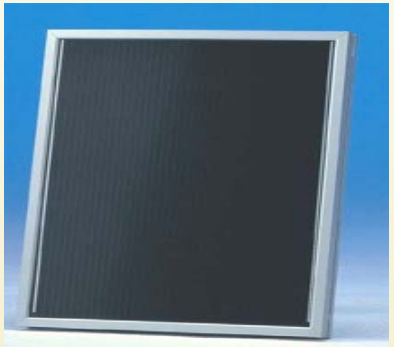
- **halkogenidne**
  - $Cu(In,Ga)Se_2$ (CIGS)
  - CdTe

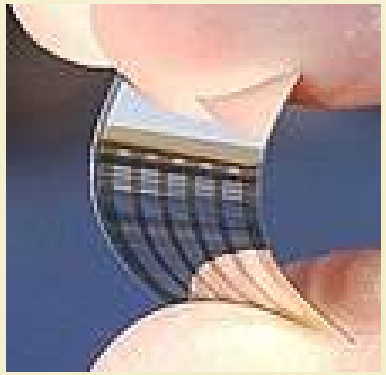
- **elektrokemijske** (Graetzlove)

- **organske**









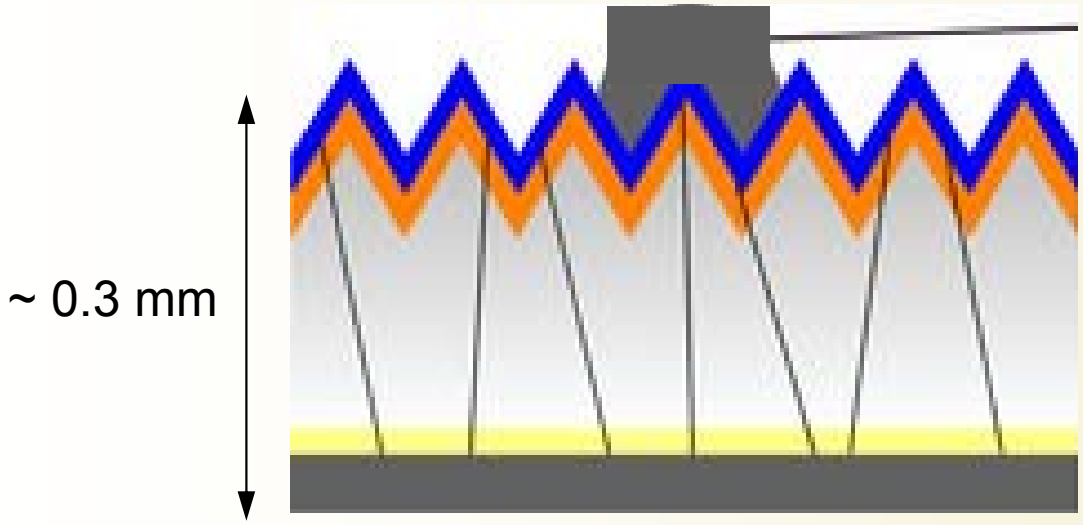
Tehnologije sončnih celic:

- **silicijeve polikristalne**
- **silicijeve tankoplastne**

Tehnologije sončnih celic



Silicijeve polikristalne:



Tehnologije sončnih celic

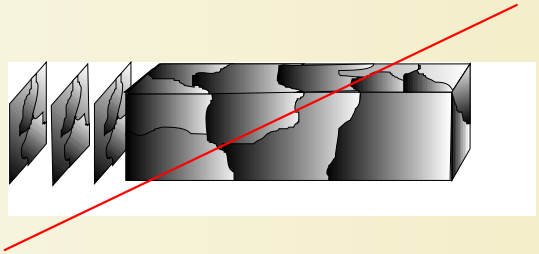
Silicijeve polikristalne:



- izdelava rezine
- dopiranje
- antirefleksna in zaščitna plast
- izdelava kontaktov

Schott solar
EFG proces
(Edge-defined Film-fed Growth)

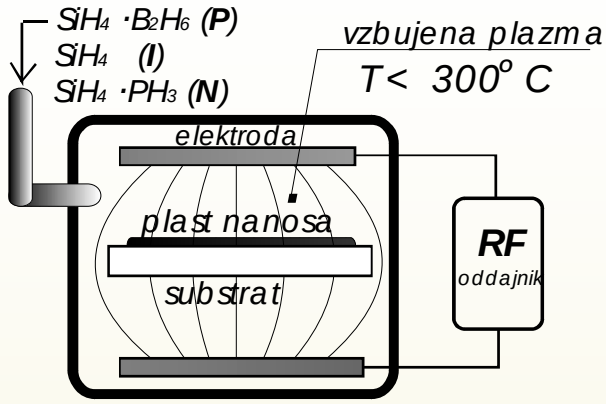




Tehnologije sončnih celic

Tankoplastne silicijeve:

PECVD nanos plasti pri nizkih temperaturah (< 250° C)
(Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition)





Oerlikon (Unaxis) KAI PECVD sistem
za nanos plasti na velike površine (m)



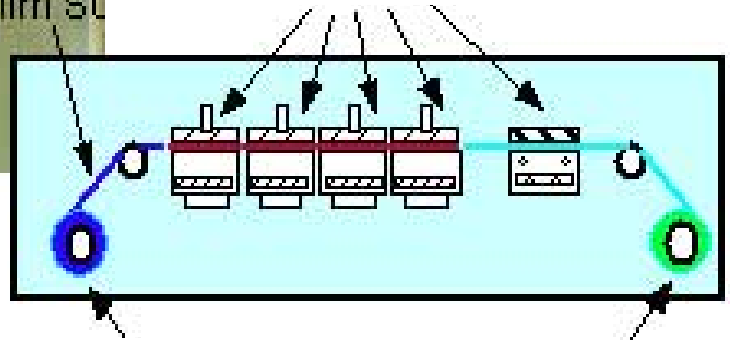
Tehnologije sončnih celic

Tankoplastne silicijeve:

"Roll-to-roll" proces







Vodilni proizvajalci sončnih celic v letu 2005

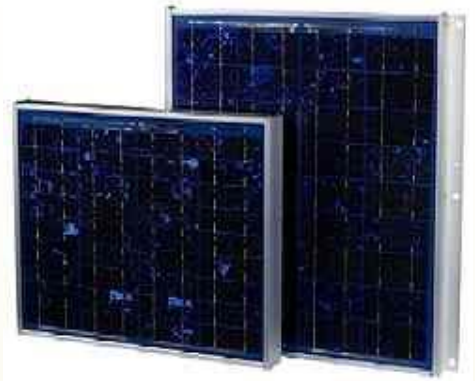
Proizvajalec:	Prodaja (MWp):	Tržni delež (%):
Sharp	428	24.8
Q-Cells	160	9.3
Kyocera	142	8.2
Sanyo	125	7.2
Mitsubishi	100	5.8
Schott Solar	95	5.5
BP Solar	90	5.2
Suntech	80	4.6
Motech	60	3.5
Shell Solar	59	3.4

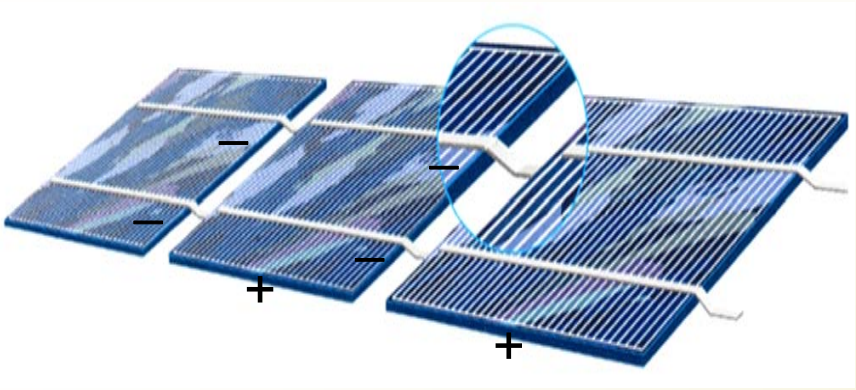
Vir: Prometheus Institute, Cambridge, 2006

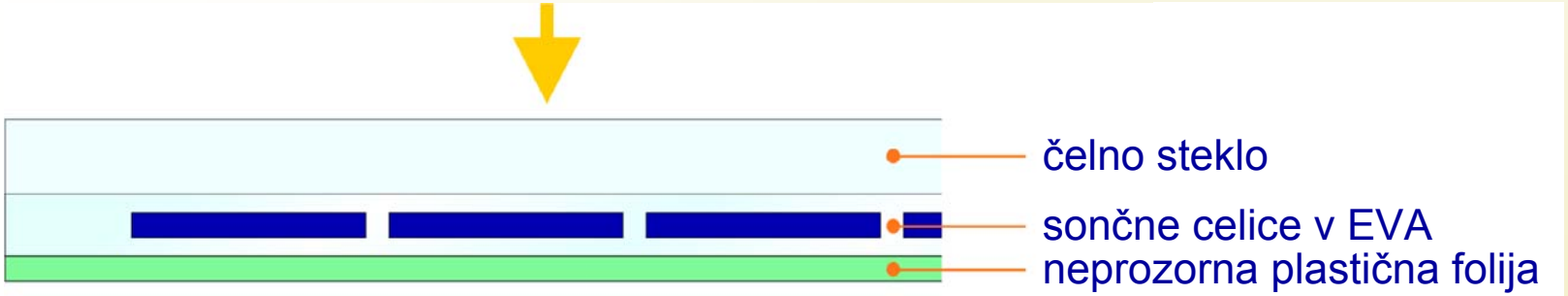
Fotonapetostni moduli

PV moduli

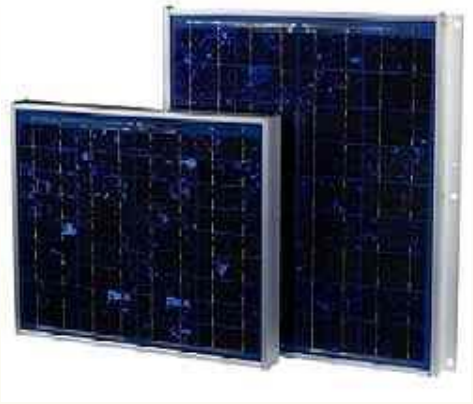
električna + mehanska povezava + zaščita



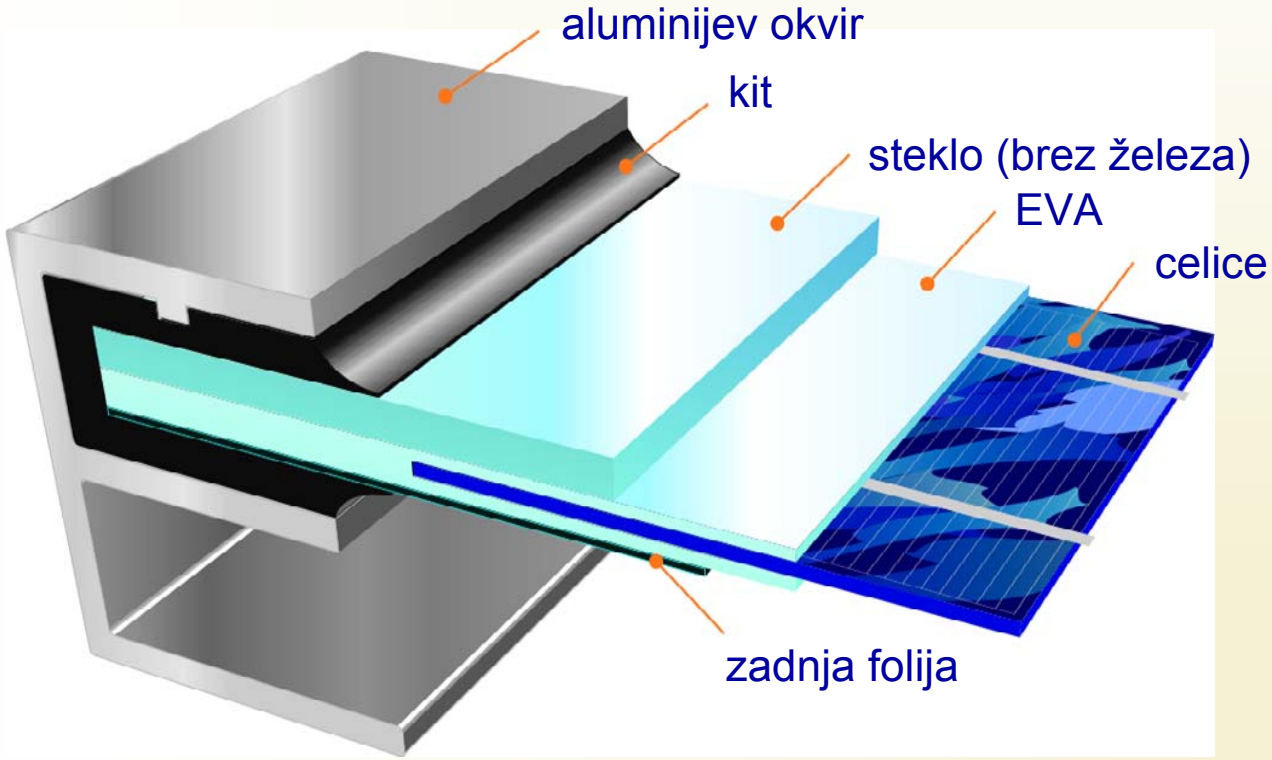




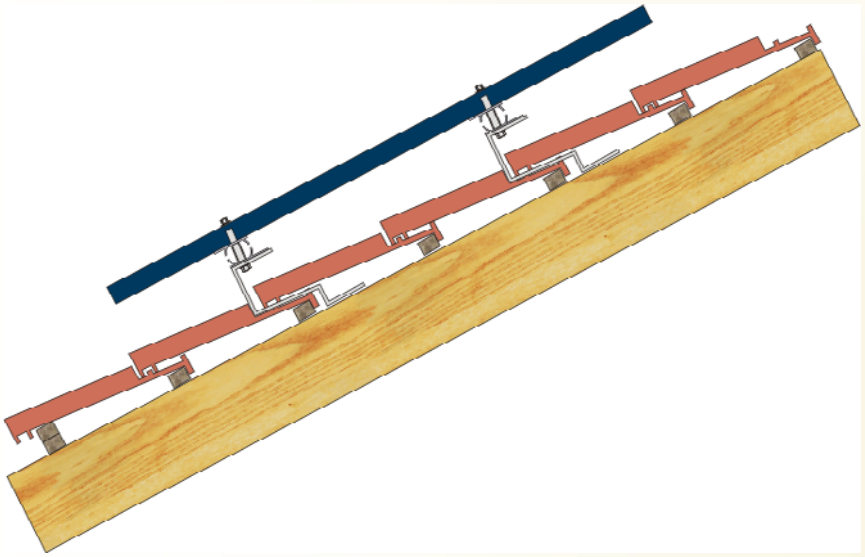
PV moduli



električna + mehanska povezava + zaščita



PV moduli



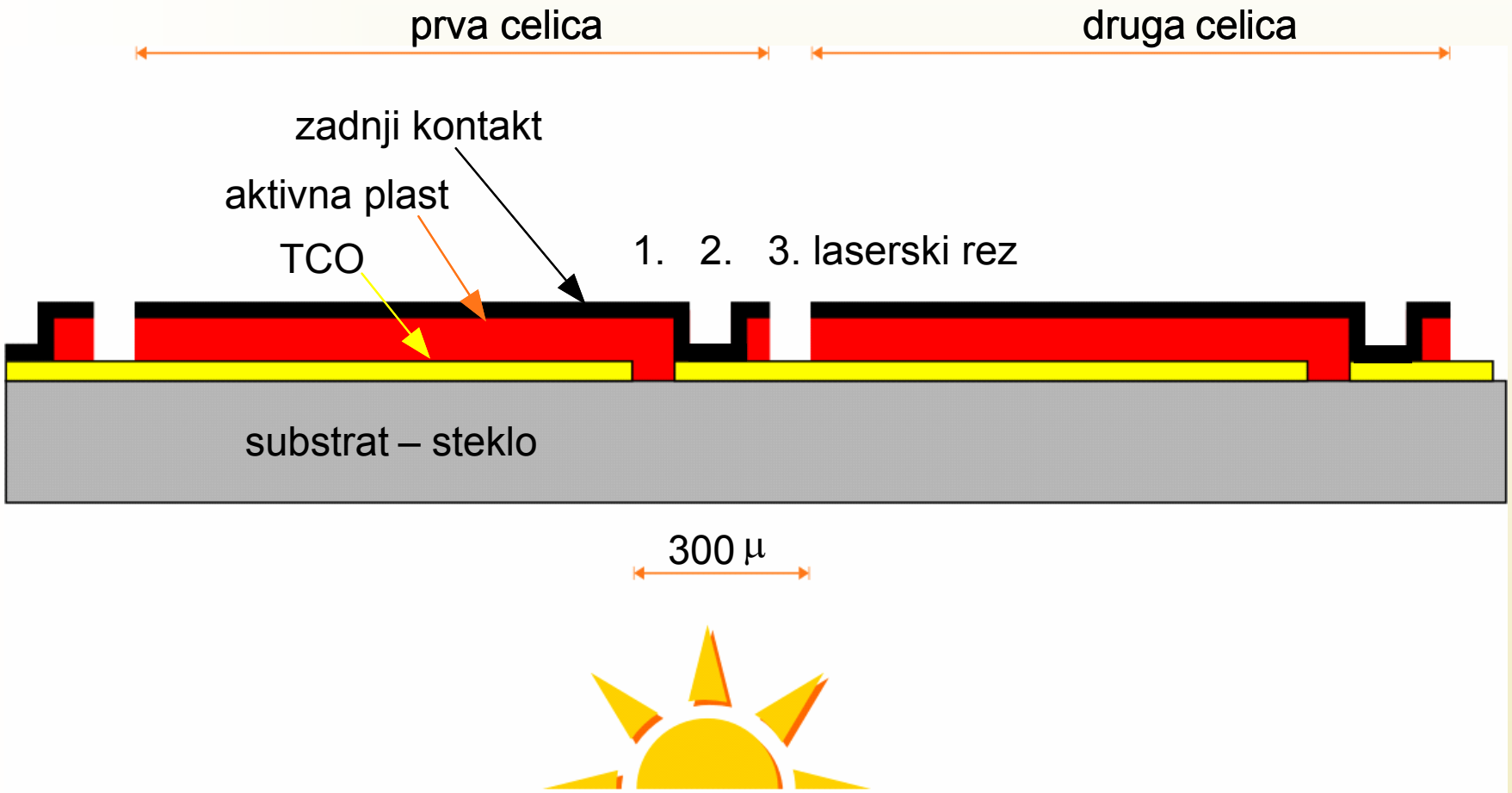




Fotoj levo: Solarpraxis, Berlin, Nemčija; Foto desno: DGS, Berlin, Nemčija

PV moduli

tankoplastne sončne celice (monolitna integracija)



Izkoristki sončnih celic in PV modulov

konvencionalne:	lab. celice	PV moduli
c-Si	24.7 %	22.7 %
multi-Si	20.3 %	15.3 %
HIT	21.5 %	-
GaAs	25.1 %	-
InP	21.9 %	-
GaInP/GaAs/Ge	32.0 %	-
	(konc. 38.8 %)	-
tankoplastne:		
amorfni Si	9.5 %	~ 7 %
mikrokristalni Si	10.1 %	-
Cu(In,Ga)As	18.4 %	13.4 %
CdTe	16.5 %	10.7 %
elektrokemijske	10.4 %	(6.3 %)
organske	3.0 %	-

Vir: Progress in Photovoltaics, Res. Appl. 14 (2006) 455