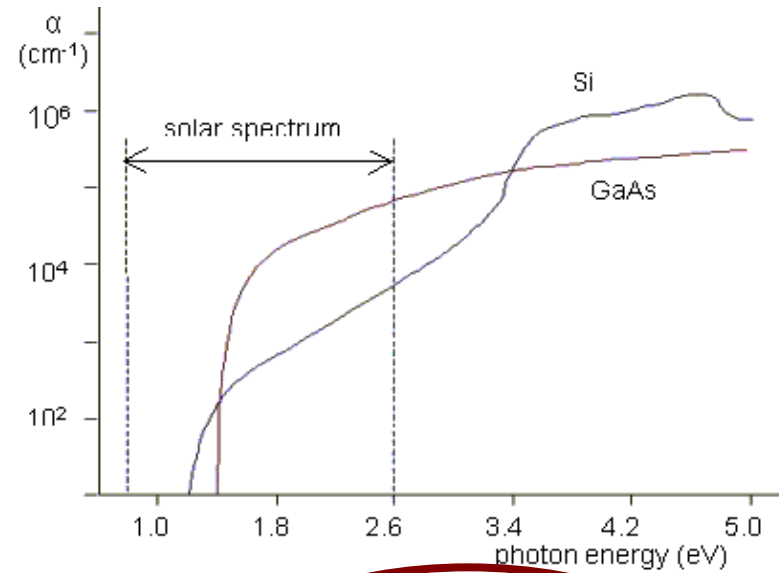
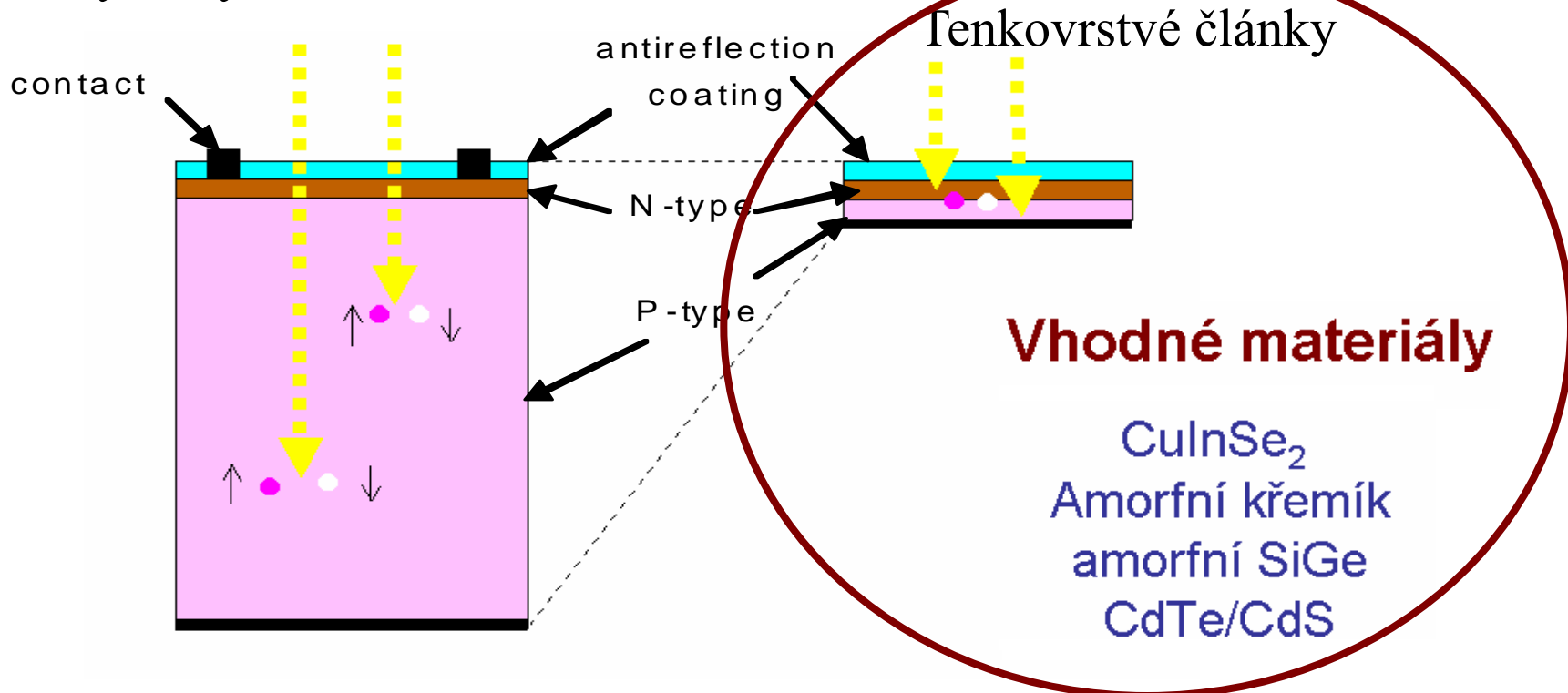


Základní typy článků:



Články z krystalického Si



Materiály a technologie pro fotovoltaické články

Objemové materiály

- Krystalický křemík - monokrystalický, multikrystalický

91%

Tenkvrstvé struktury

- Amorfnní křemík
- Mikrokrystalický křemík
- Amorfnní germánium
- Amorfnní SiGe
- CdTe/CdS
- CuInSe - CIS

9%

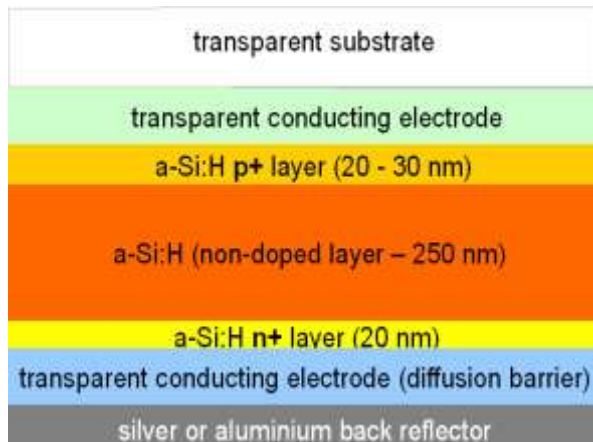
Nové materiály

- Gratzel, DSSC
- polymery
- nanotechnologie

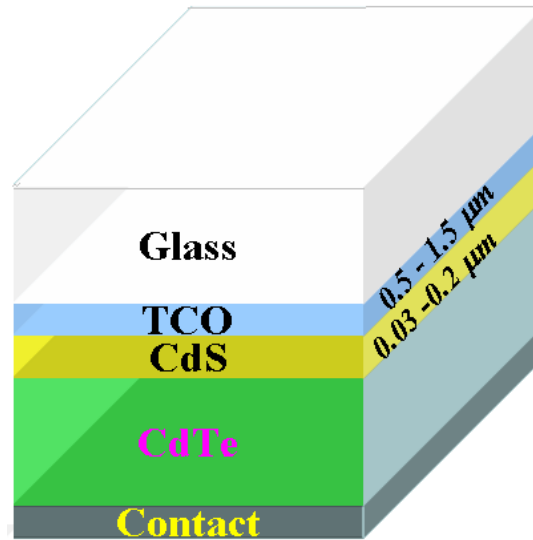
R&D

Tenkovrstvé články

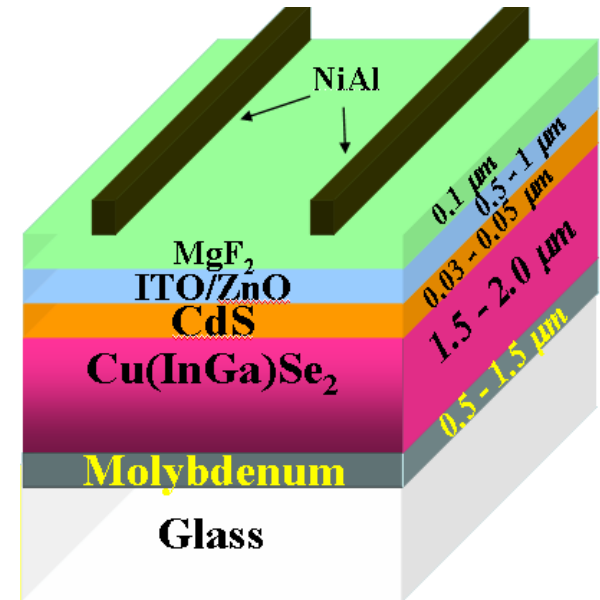
amorfní Si



CdTe/CdS



CIS (CIGS)



Podíl na produkci (2011) :

4.7%

4.7%

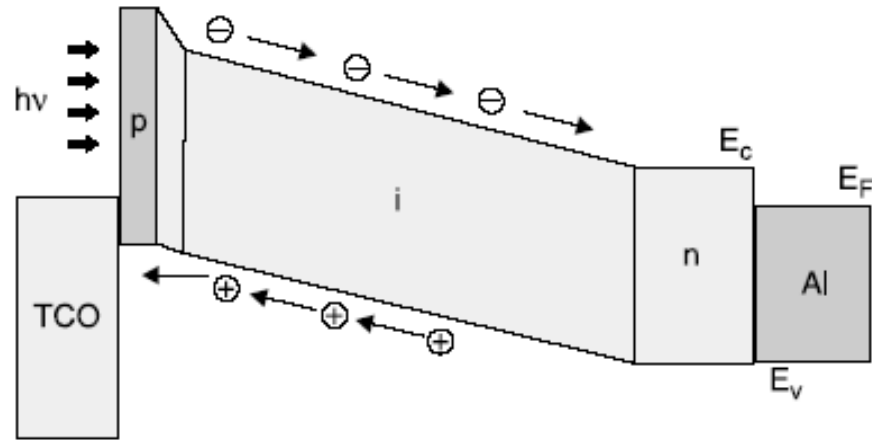
1.5%

Podíl na produkci (2013) :

2 %

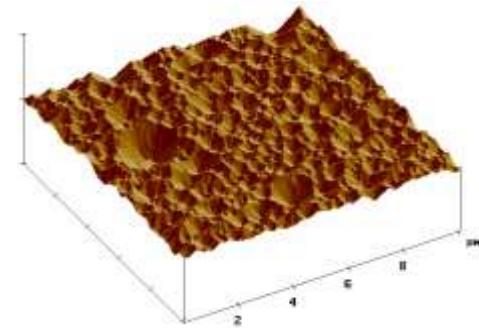
4%

2%

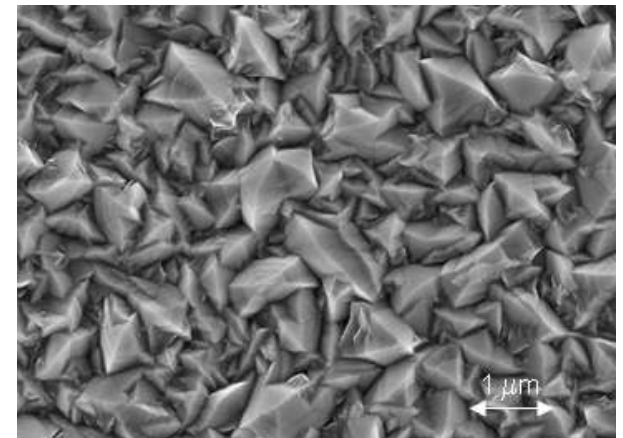
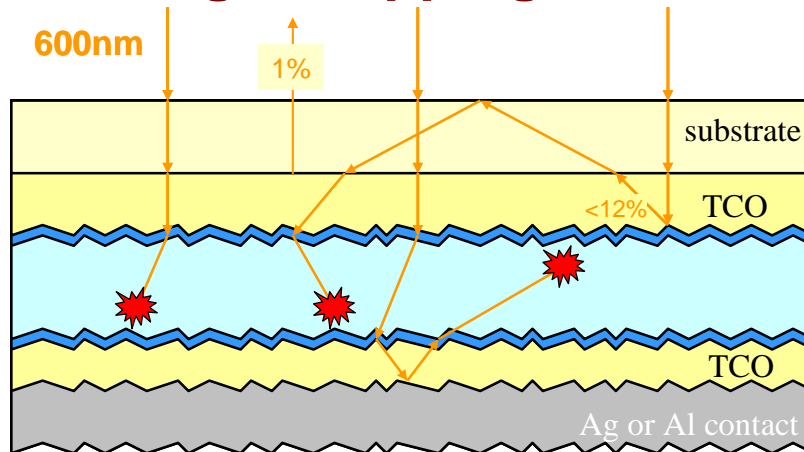


TCO:

- SnO_2
- ITO (indium-tin oxide)
- ZnO



Light trapping

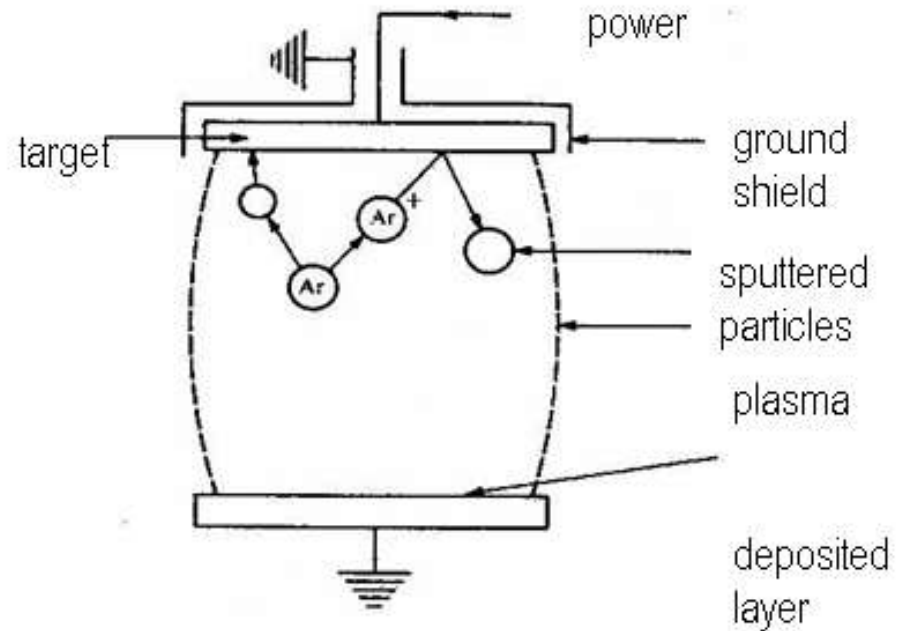


Technologie tenkovrstvých článků

A) Vakuové deposice

Napařování

Naprašování



B) CVD (Chemical vapour deposition)

- Chemická depozice z plynné fáze

CVD vytvoření stabilní sloučeniny na vyhřívané podložce chemickou reakcí nebo rozkladem směsi plynů

depozice nitridu křemíku



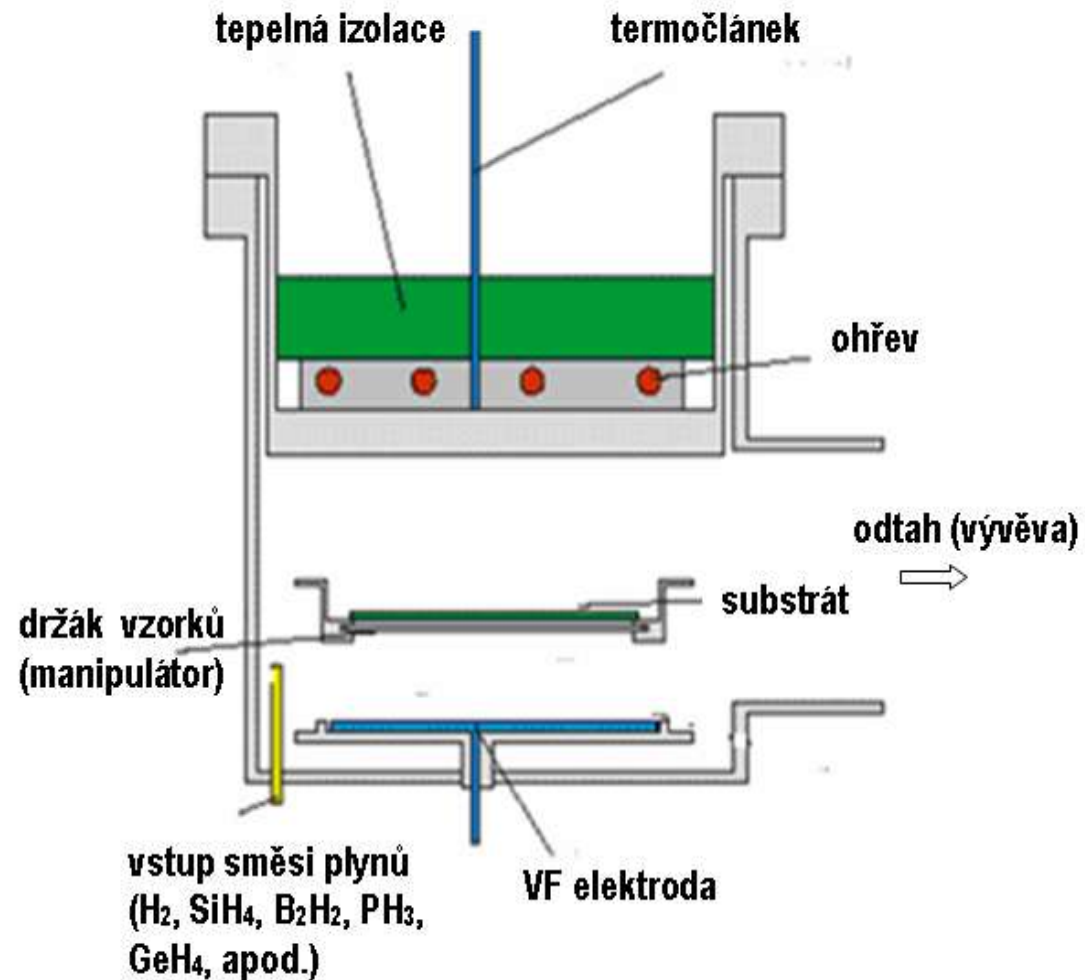
depozice křemíku



- Reakční komora
- Složení plynné směsi
- Řízení technologického postupu
- Řízení teploty podložky
- Výměna substrátů

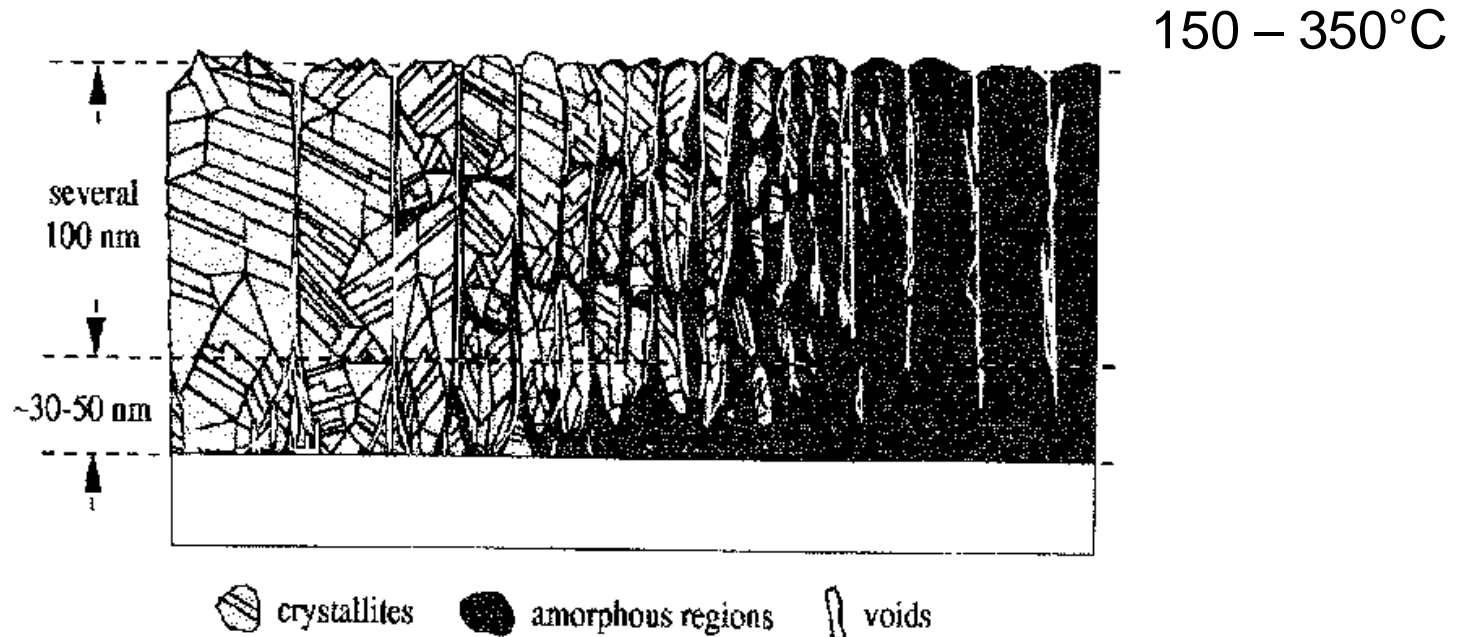
Plasmatická depozice (PECVD)

VF elektroda a substrát tvoří kapacitor.
V tomto objemu vzniká (za sníženého tlaku) plasma spojená s reakcí složek plynné směsi a depozici produktů reakce na povrch substrátu



Rychlost depozice je vyšší než v případě LPCVD, kvalita vrstev je nižší

Struktura deponované vrstvy závisí na složení plynu a na teplotě substrátu



zředění

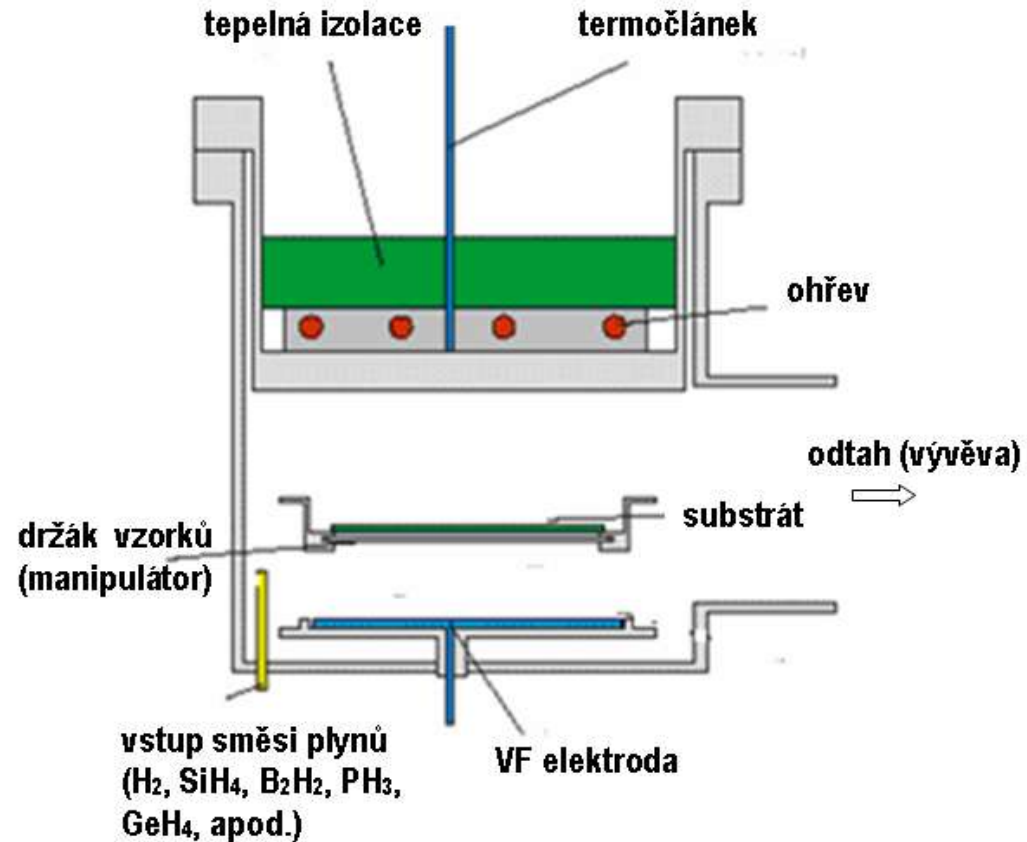
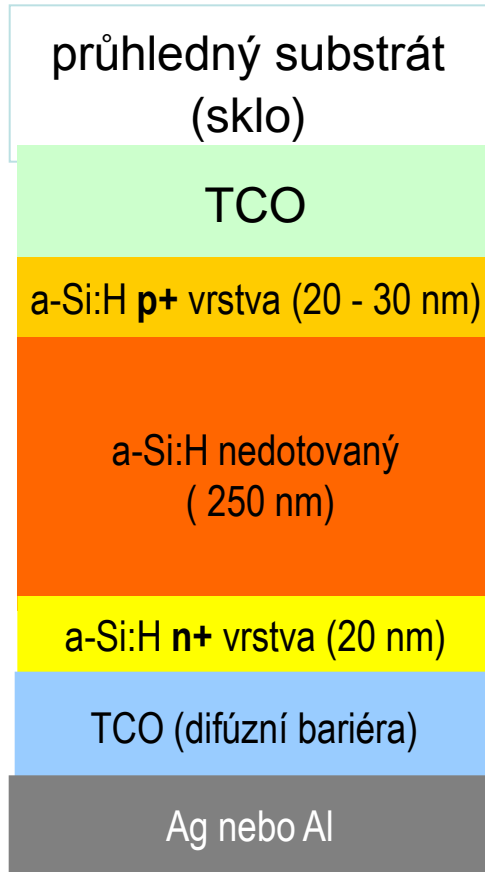
$$rH = ([H_2] + [SiH_4])/[SiH_4].$$

$rH < 30$, roste amorfní vrstva

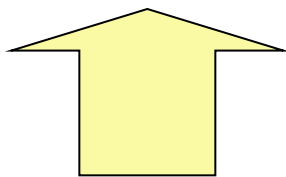
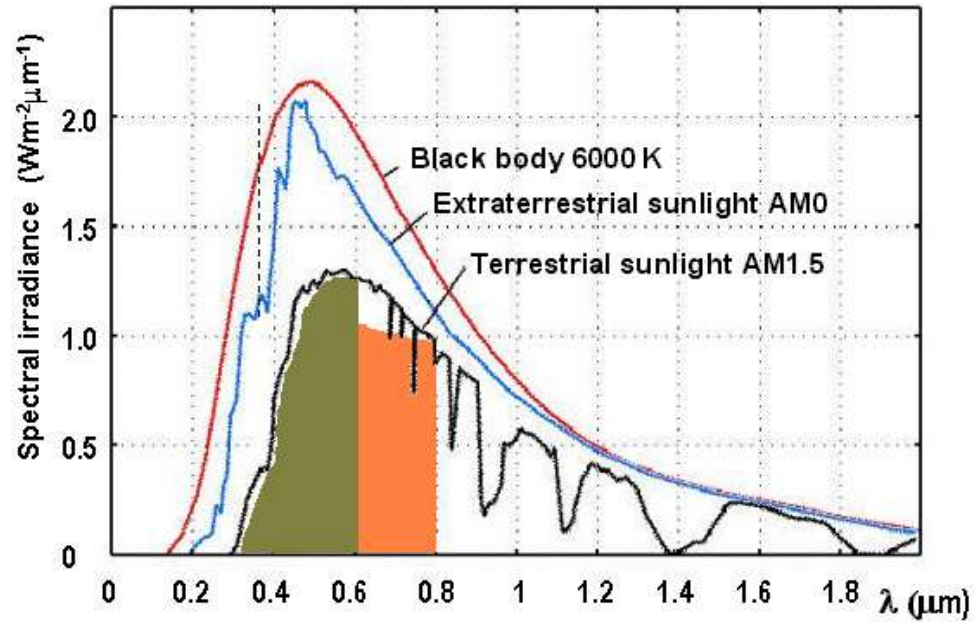
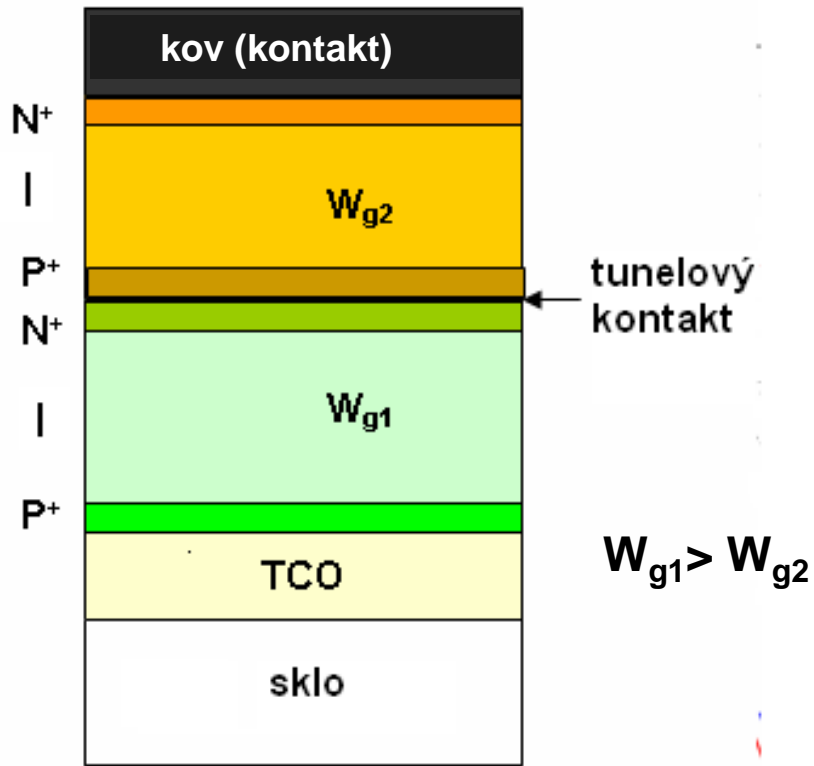
$rH > 45$, roste vrstva c-Si

Technologie tenkovrstvých článků

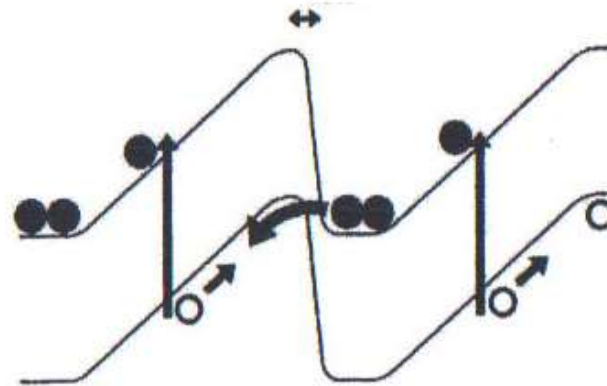
Články z amorfního (mikrokystalického) Si



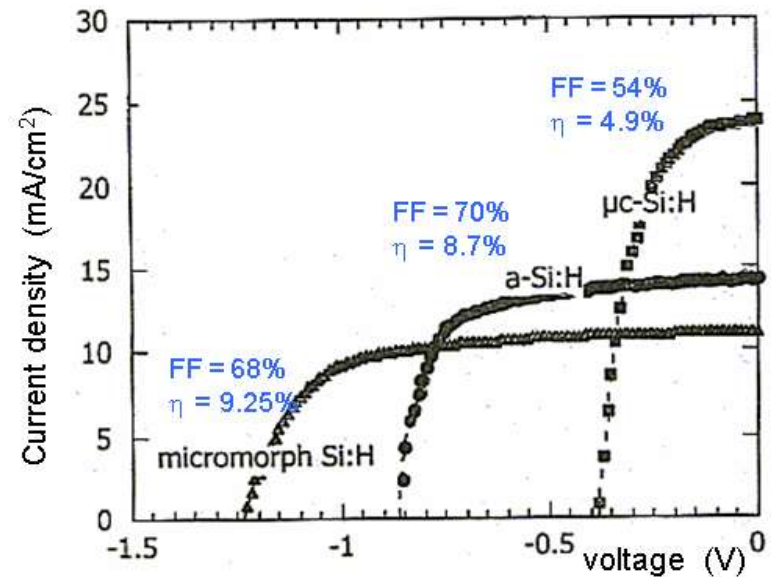
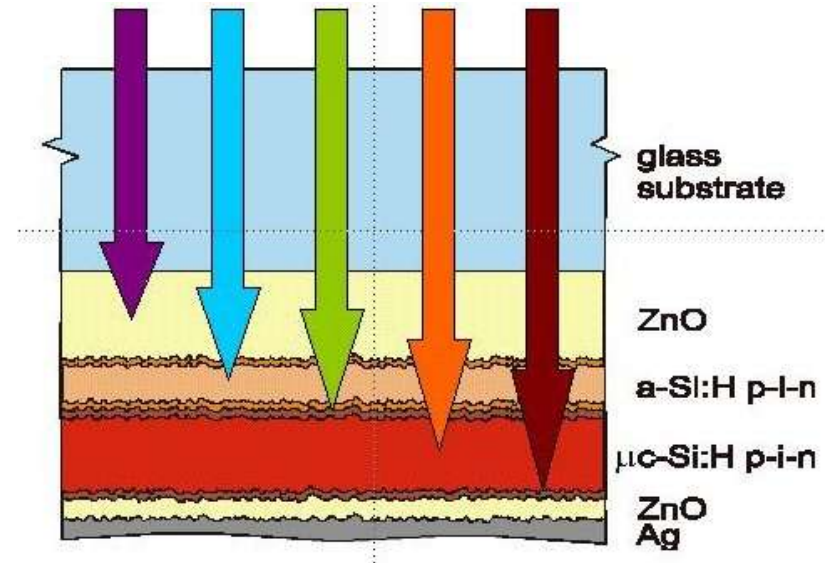
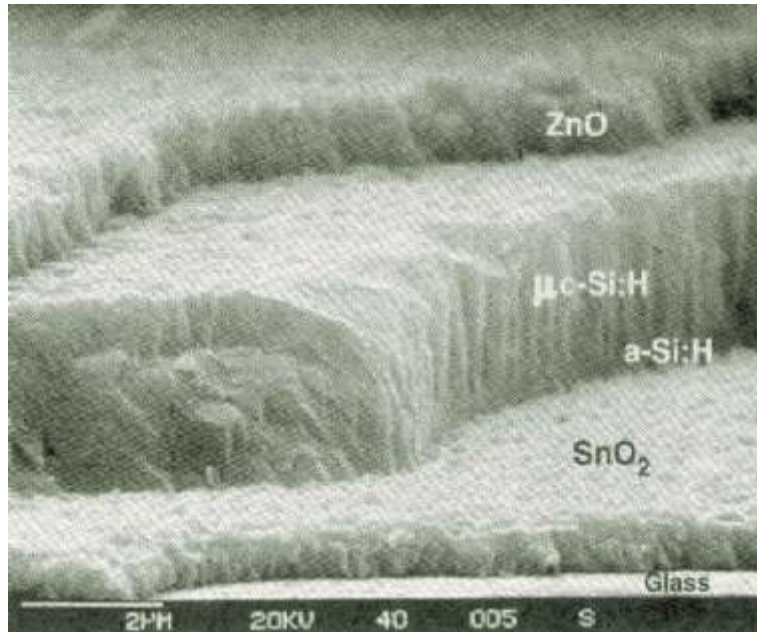
Tandemové články



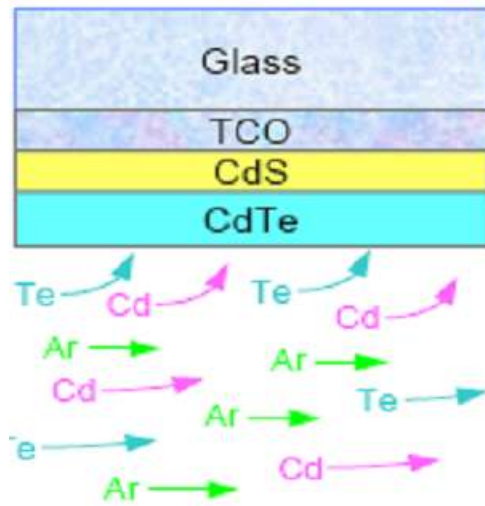
dopadající záření



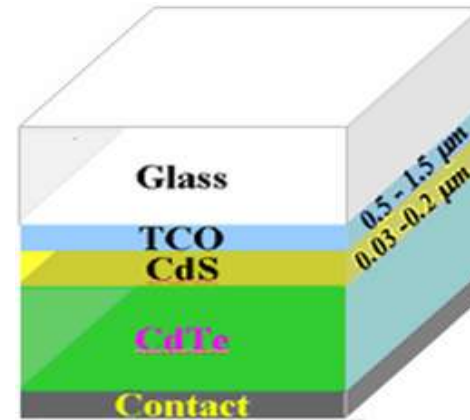
Tandem solar cell – „micromorph“(microcrystal + amorphous)



CdTe moduly



*Vapor Transport
Deposition*



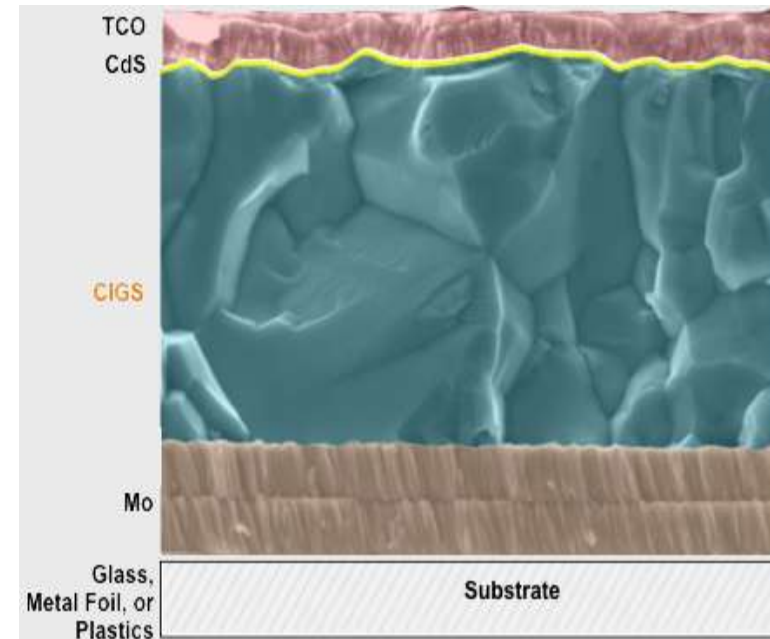
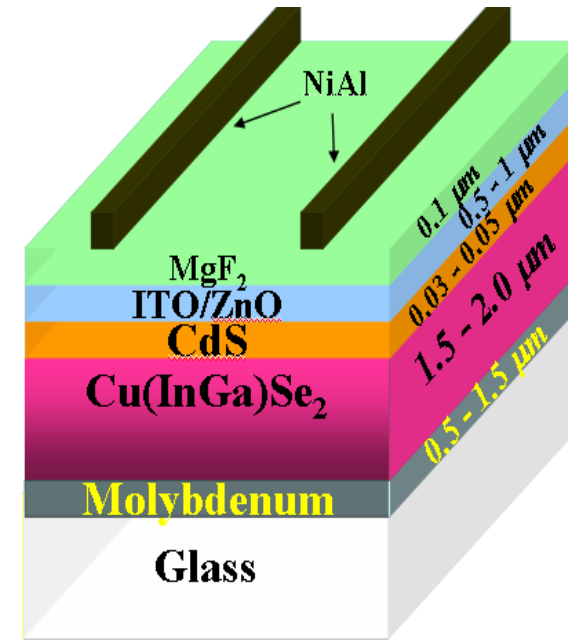
CdTe solární články
Cd je toxické
Te je relativně vzácný

Nízké výrobní náklady

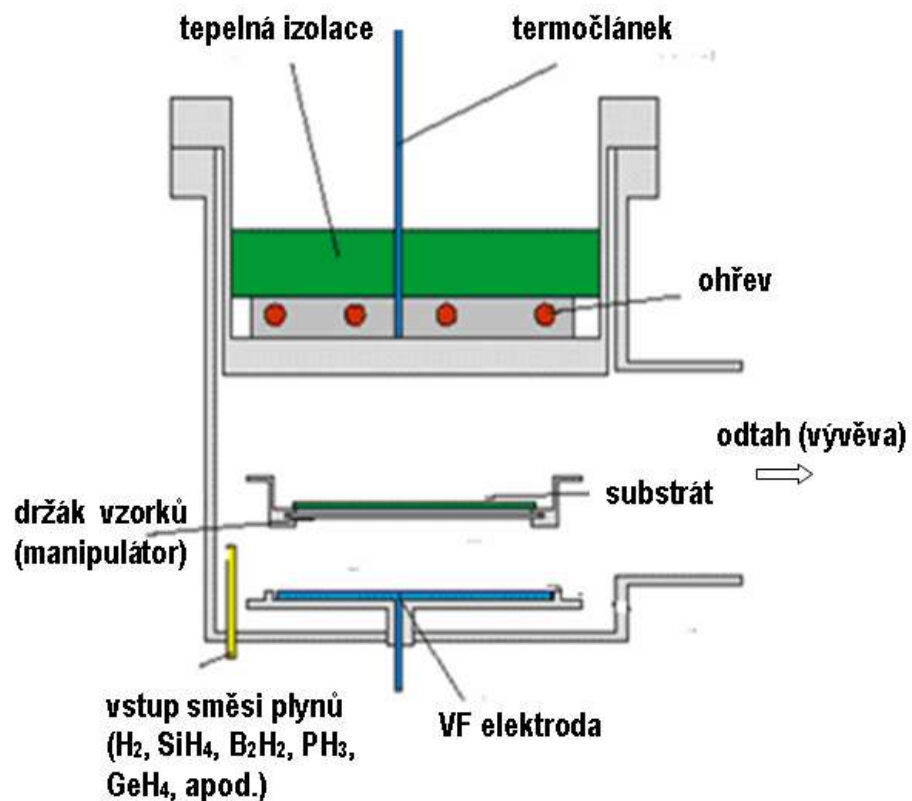
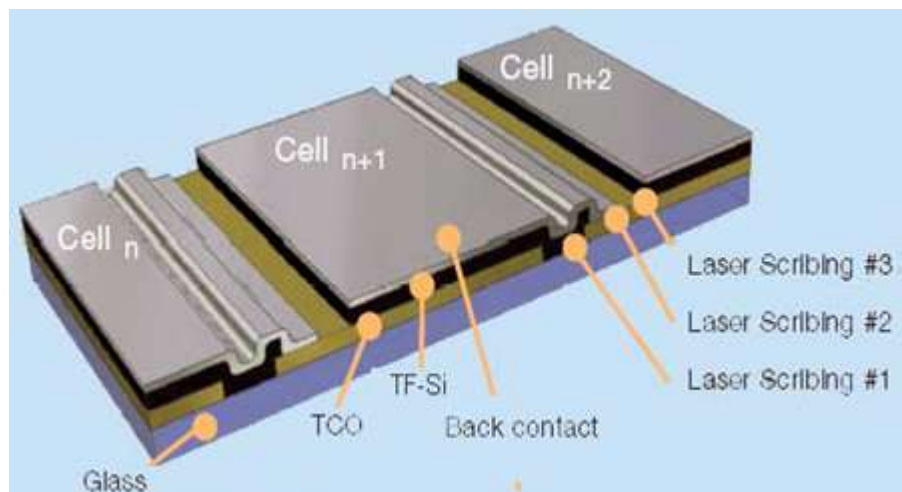
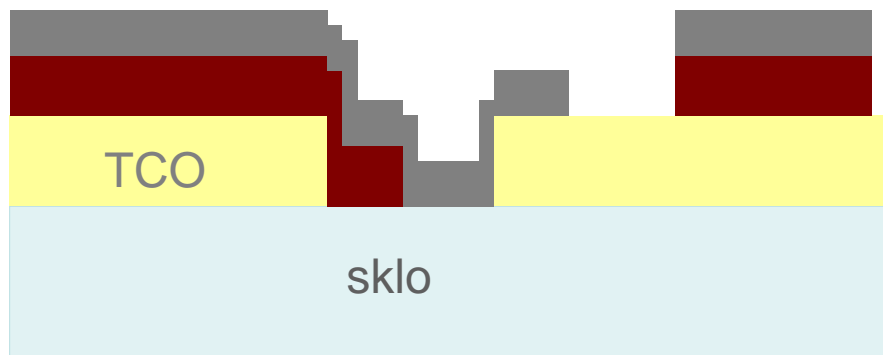
Relativně vysoká účinnost (10%)

CIGS cells

1. Na transparentní substrát je naprášena vrstva Mo
2. Vícezdrojové napaření vrstvy Cu, In, Ga, (Se)
3. Selenizace v H_2Se při teplotě vyšší než $400\text{ }^\circ\text{C}$.
4. Chemická depozice tenké vrstvy CdS
5. Naprášení vrstvy ZnO dotovaného Al
6. Ni/Al- kontakty

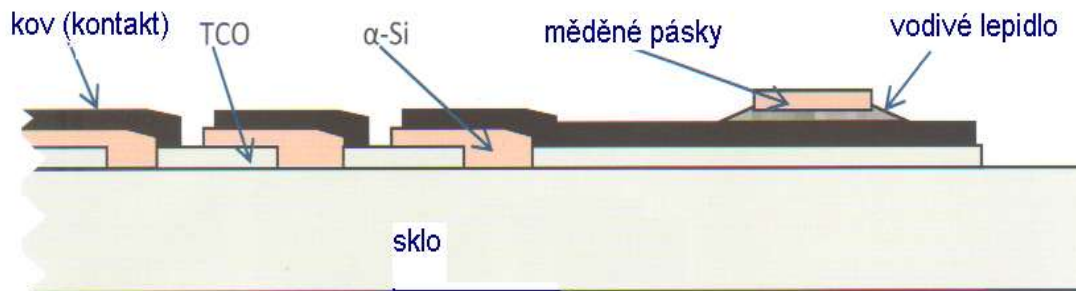


Tenkovrstvé moduly na skleněném substrátu



Rozměr pracovní komory depozičního
zařízení musí odpovídat rozměrům modulu
(maximální dosažená plocha 5 m²)





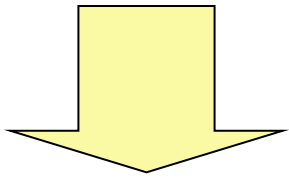
Kontakty se připojují pomocí vodivého lepidla

Ze zadní strany se pomocí EVA přilaminuje krycí vrstva – obvykle sklo, svorkovnice s vývody opatřenými konektory (bez překlenovacích diod)



Relativně velká hmotnost - **17 až 19 kg/m²**

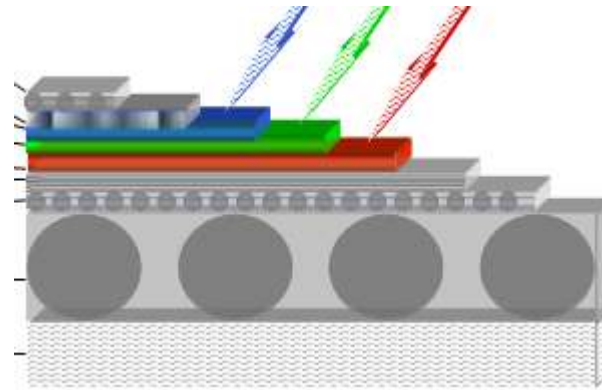
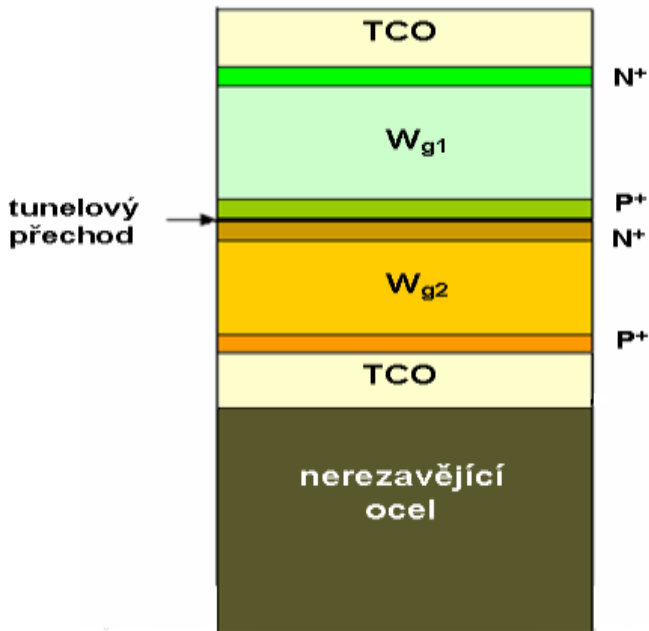
Tenkovrstvé FV články na pružném substrátu



„Roll to roll“ technologie



Po rozčlenění pásu se jednotlivé články spojí do modulu a zapouzdří polymery



$\eta \approx 7\%$



Články a moduly je možno realizovat na pružném transparentním substrátu

Omezení technologie maximální teplotou zpracování plastu (polyimidy až do 500°C)



- amorfní křemík
- technologie CIS (CIGS)

V porovnání s články z krystalického křemíku – nižší spotřeba materiálů a nižší energetická náročnost výroby, na druhé straně nižší účinnost, zásoby některých materiálů (In, Te,..) jsou omezené

V současné době se soustřeďuje pozornost na materiály typu CIGSS (Cu-In-Ga-Se-S), kde byla na malých vzorcích dosažena účinnost 20%

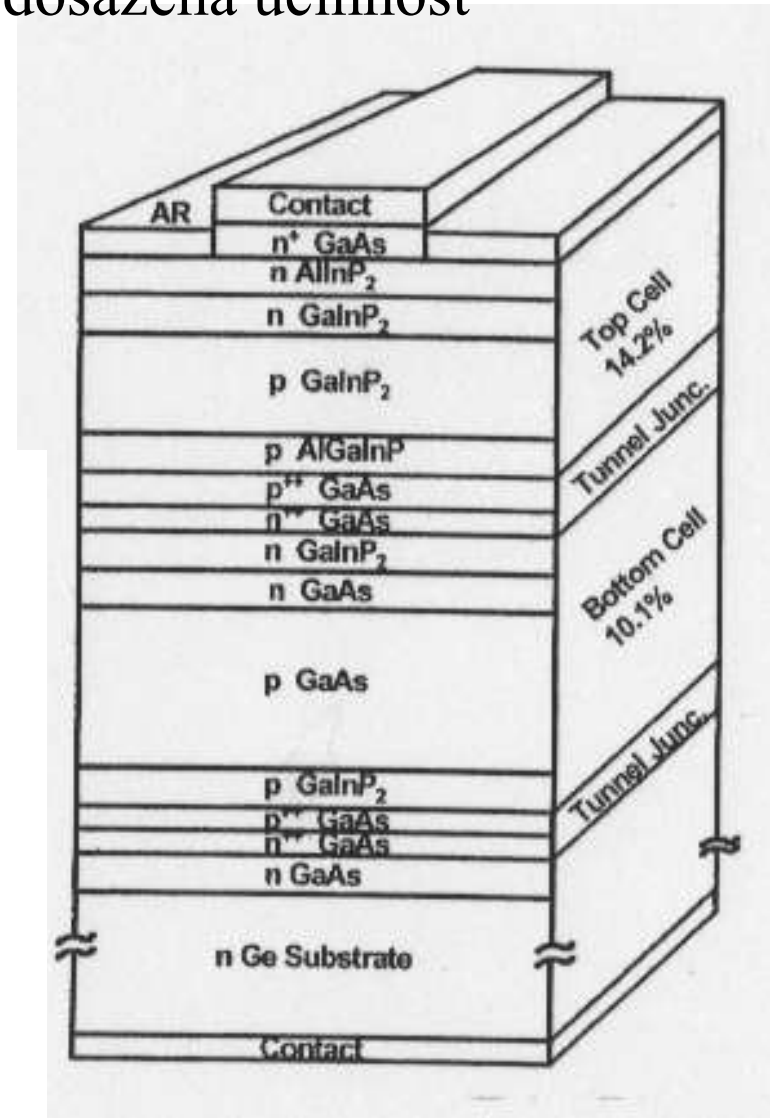
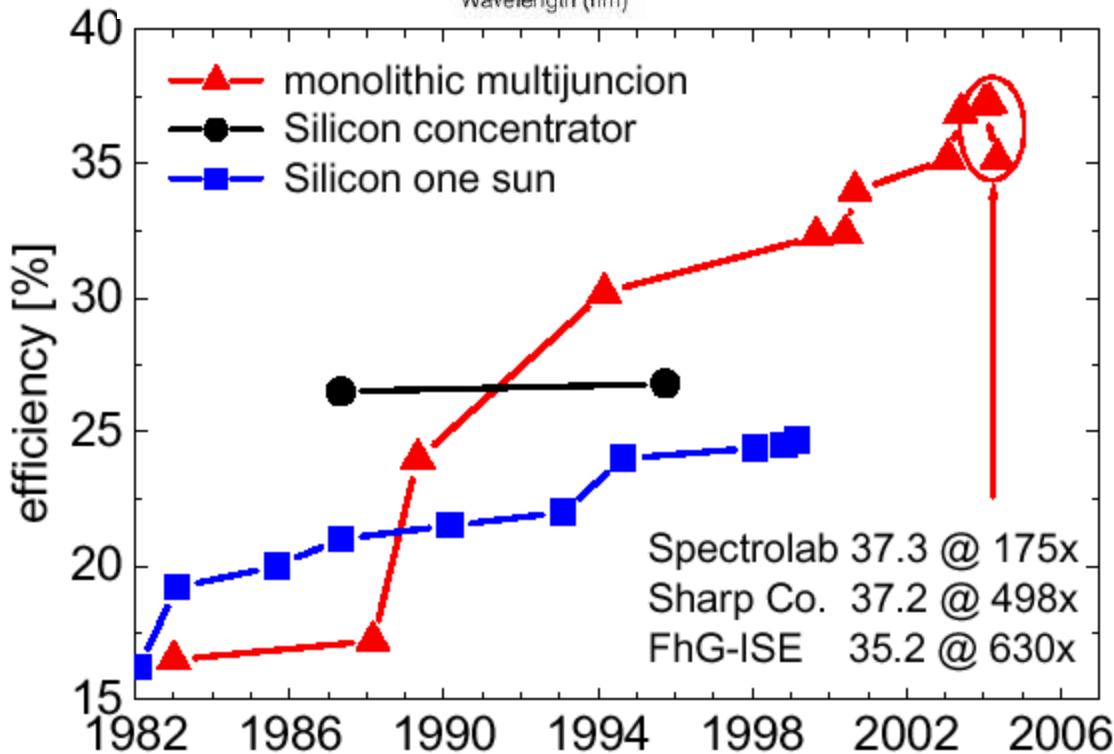
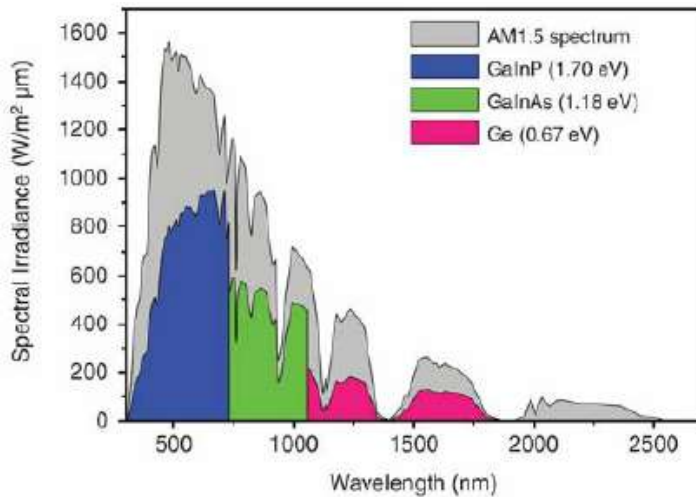
Jednotlivé typy modulů se porovnávají podle různých kritérií (účinnost, cena, energetická výtěžnost). Jedním ze zajímavých kritérií může být potřeba plochy na instalaci výkonu 1 kW_p

Účinnost panelů a článků						
Technologie	Tenkovrstvé				Krystalické	
	Amorfní Si	CdTe	CIS	am/mikro Si	Monokrystal	Multikrystal
Účinnost za STC*	6-7 %	8-10 %	10-11%	8%	16-17%	14-15%
Účinnost panelů					13-15%	12-14%
Potřebná plocha na kWp	15 m ²	11 m ²	10 m ²	12 m ²	cca 7 m ²	cca 8 m ²

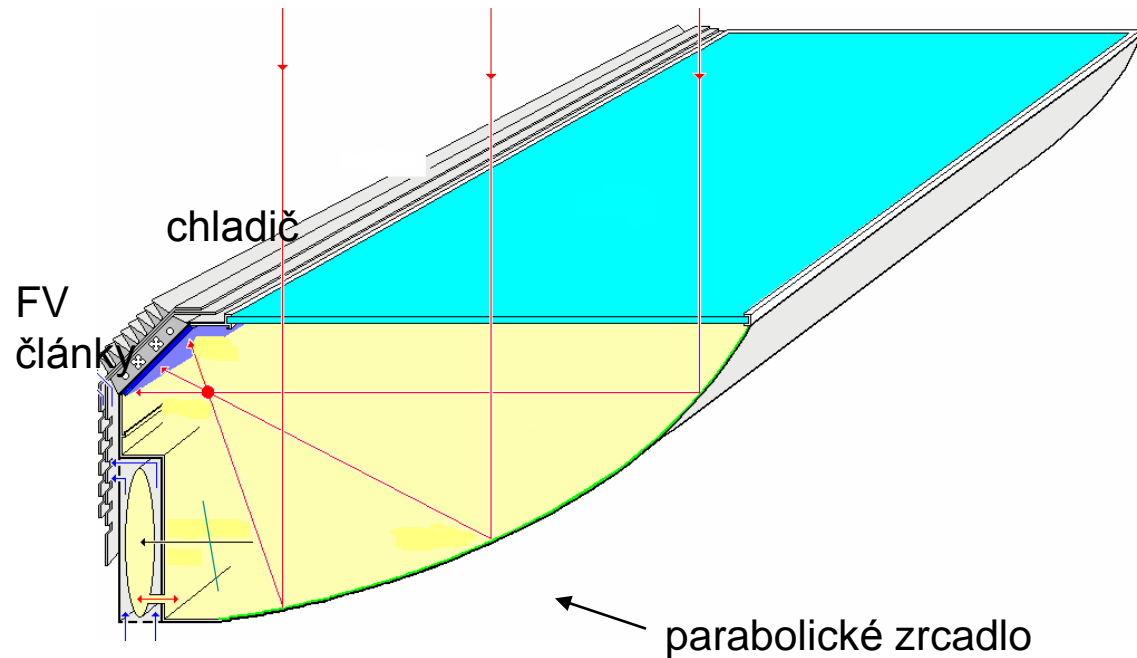
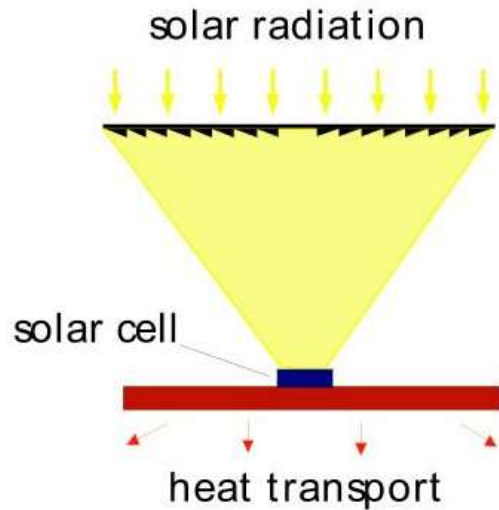
A^{III}B^V články s vysokou účinností

Nejvyšší dosažená účinnost

$$\eta \geq 40\%$$



Koncentrátorové moduly

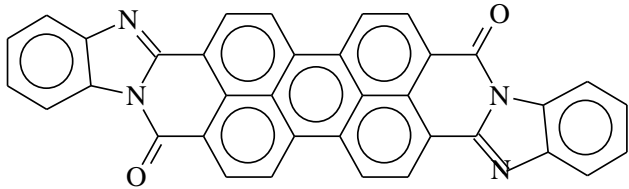


Sluneční záření musí být v optické ose
Musí být zajištěn odvod ztrátového tepla

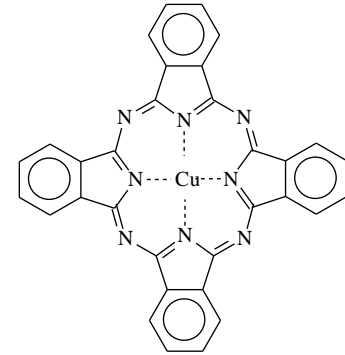


Cell	V_{oc} [mV]	$1/V_{oc} dV_{oc}/dT$ [%/K]
Ge	200	-0.90
GaAs	1050	-0.19
GaInP	1350	-0.16
GaInP/GaAs	2400	-0.17
GaInP/GaAs/Ge	2600	-0.23
GaInP/GaAs/Ge (500 suns)	3080	-0.19

Organické polovodiče



Perylen pigment (N-type)



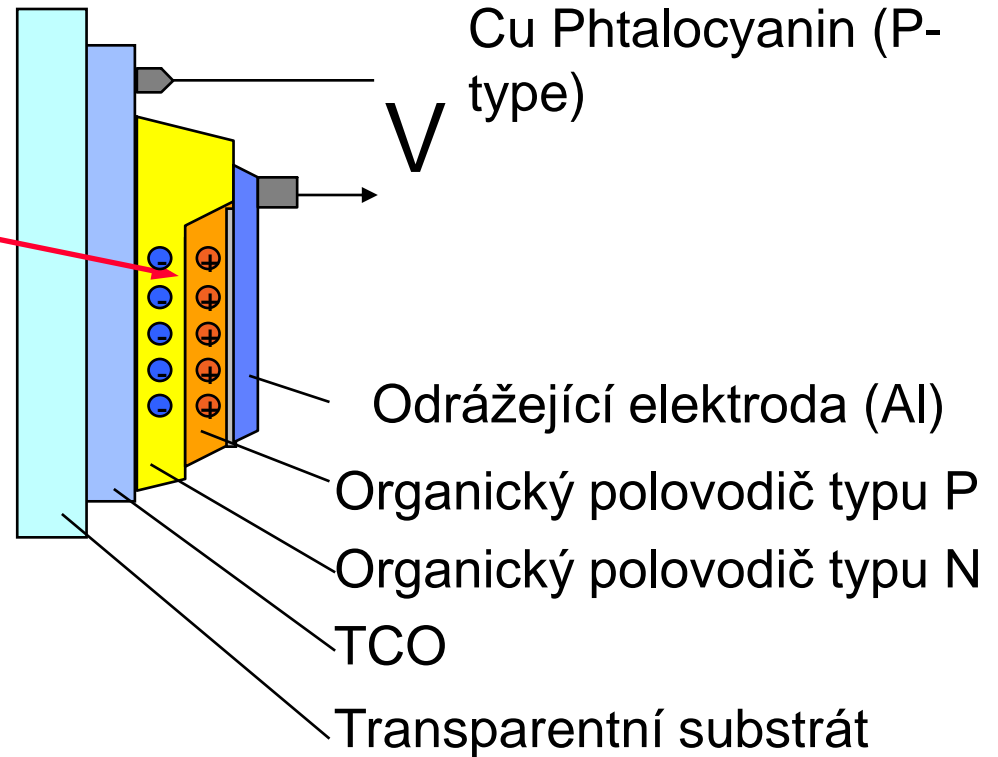
Cu Phtalocyanin (P-type)

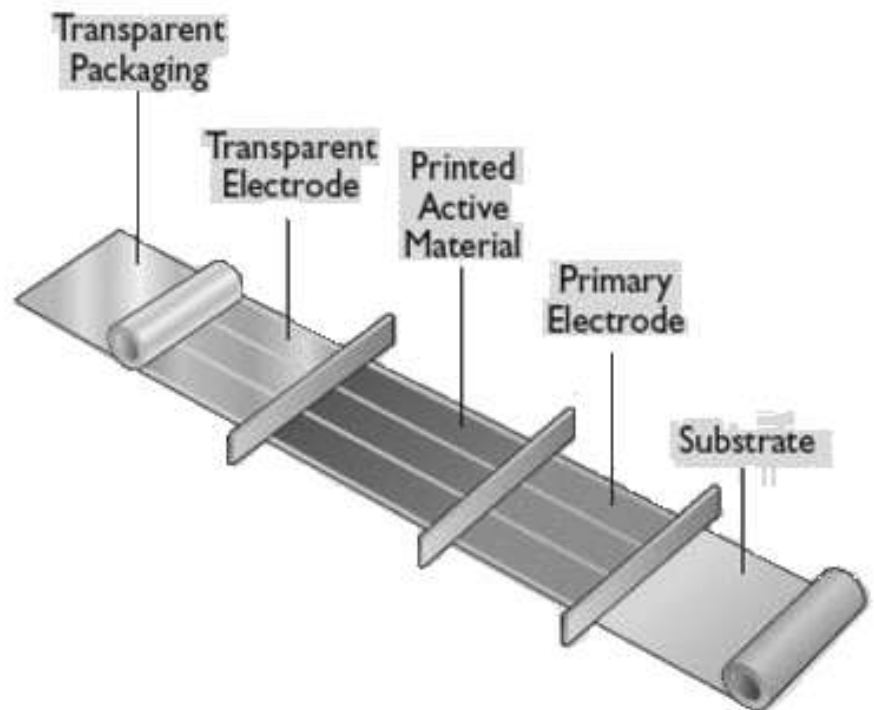
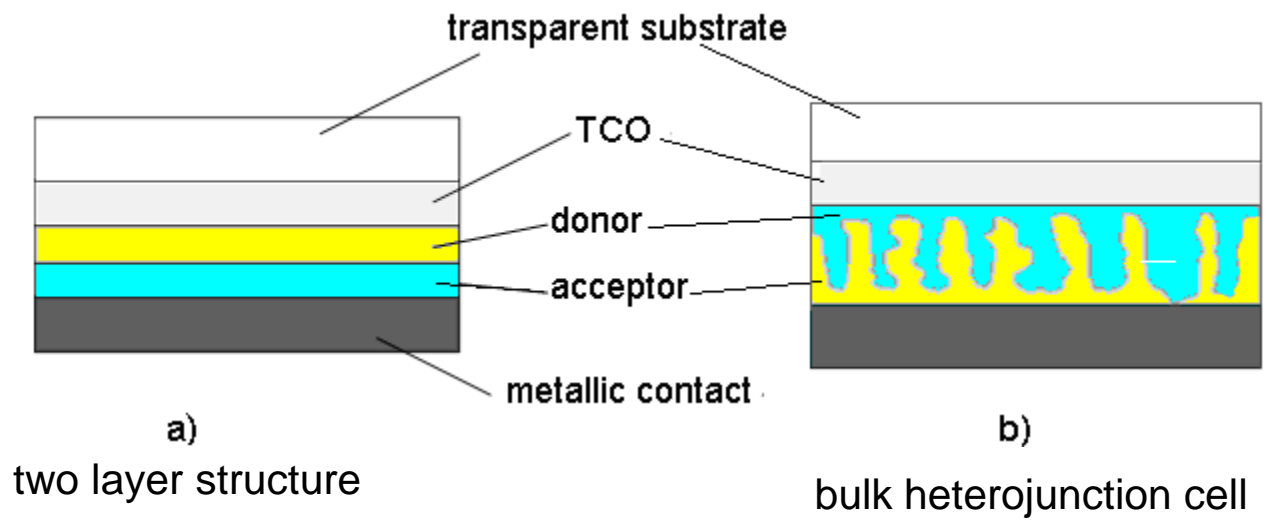
hn

V

Výhody:

- Mokvý proces (tisk)
- Pružné články
- Velká plocha
- Nízká cena
- Molekulární materiály

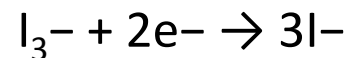
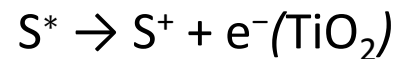
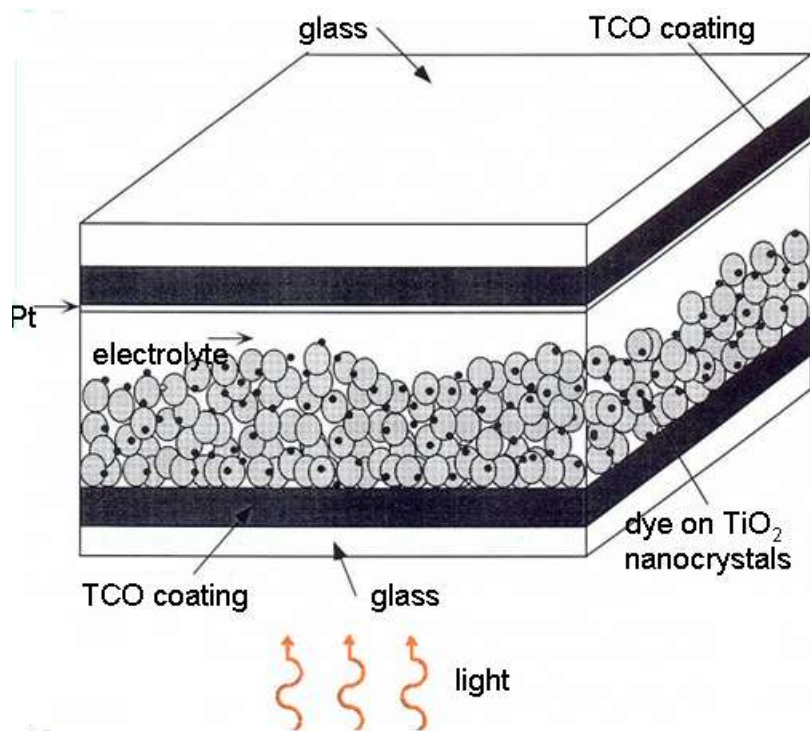




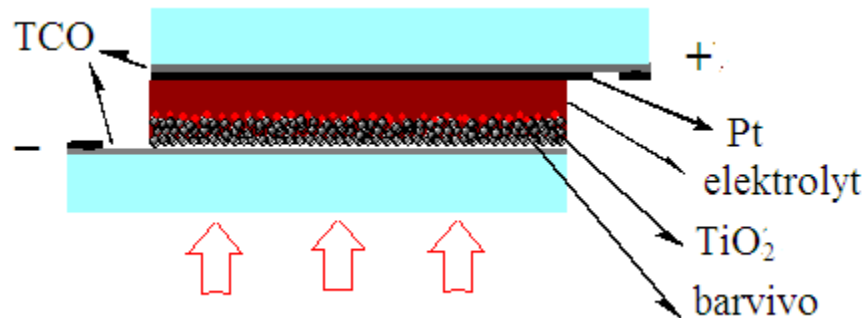
Dye-sensitized Solar Cells (DSSC)

Ve vývoji od 1992

TiO₂ – Iodine system

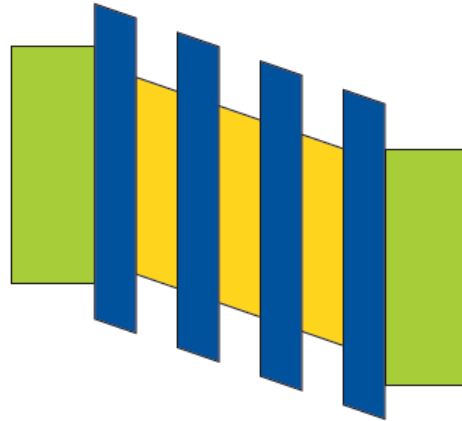
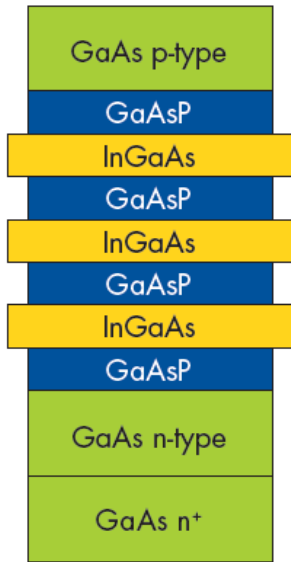


$$\eta = 8\%$$



Omezená provozní teplota

Quantum effect solar cells



Nanotechnologie

Většinou ve stádiu výzkumu

