



Fotovoltaické články

**Ing. Pavel Hrzina, Ph.D. - Laboratoř diagnostiky fotovoltaických systémů
katedra elektrotechnologie**

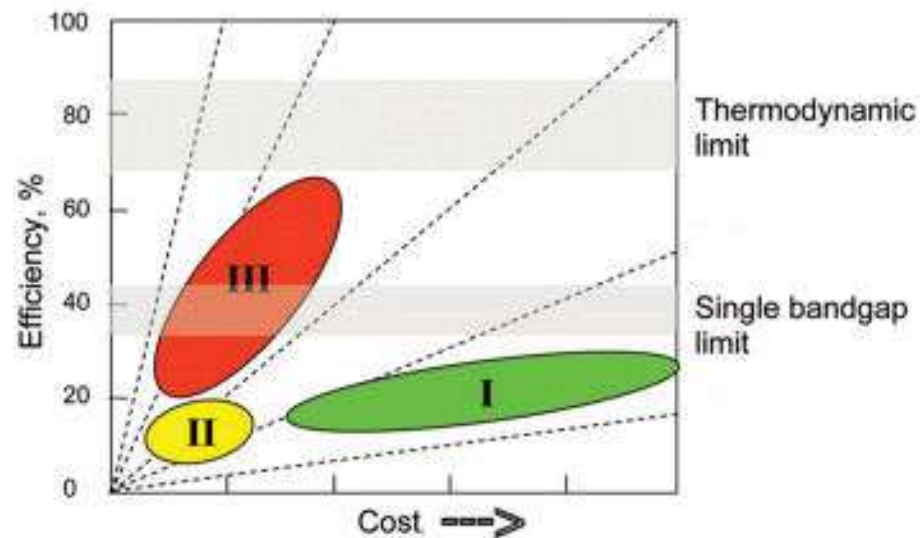
Fotovoltaické články

- Elektrické vlastnosti FV článků (obecně)
- Články první generace
- Články druhé generace
- Články třetí generace

Tinted areas:

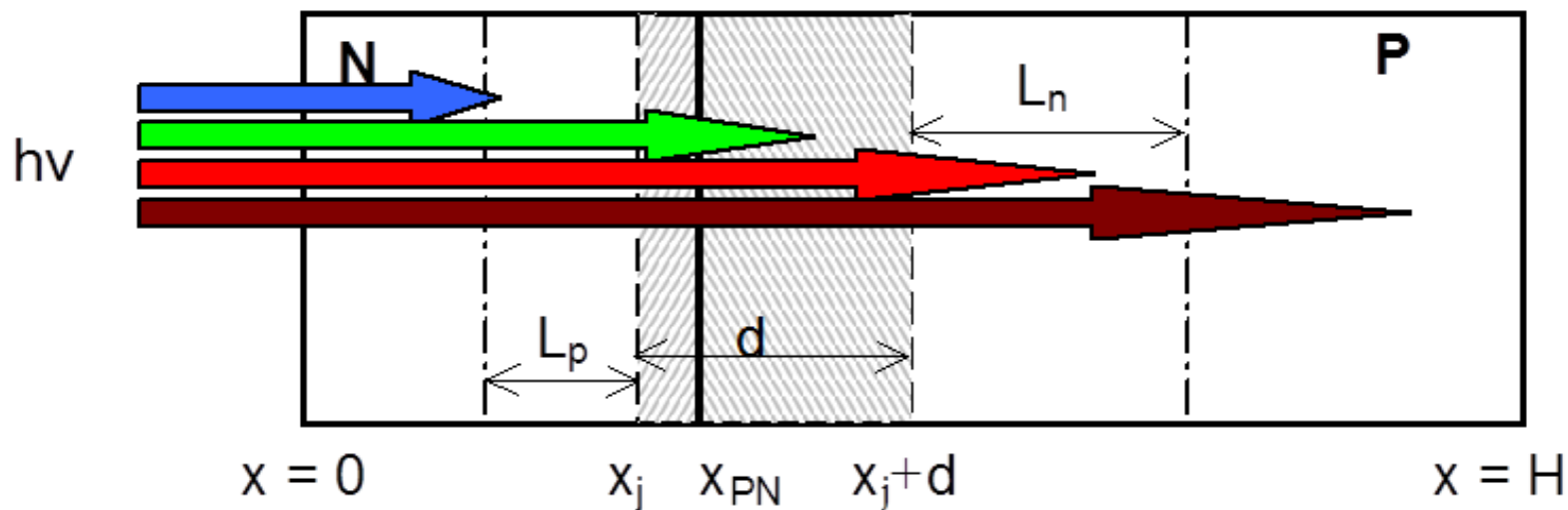
67 - 87% representing thermodynamic limit

31 - 41% representing single bandgap limit





Opakování





Elektrické vlastnosti FV článků

- Generace fotovoltaického proudu
- J – proudová hustota (A/m^2)

$$J_{PV}(\lambda) = J_{PVN}(\lambda) + J_{PVP}(\lambda) + J_{OPN}(\lambda)$$

- v oblasti typu N

$$J_{PVN}(\lambda) = q \int_0^{x_j} G(\lambda) dx - q \int_0^{x_j} \frac{\Delta p}{\tau_p} dx - J_{sr}(0)$$

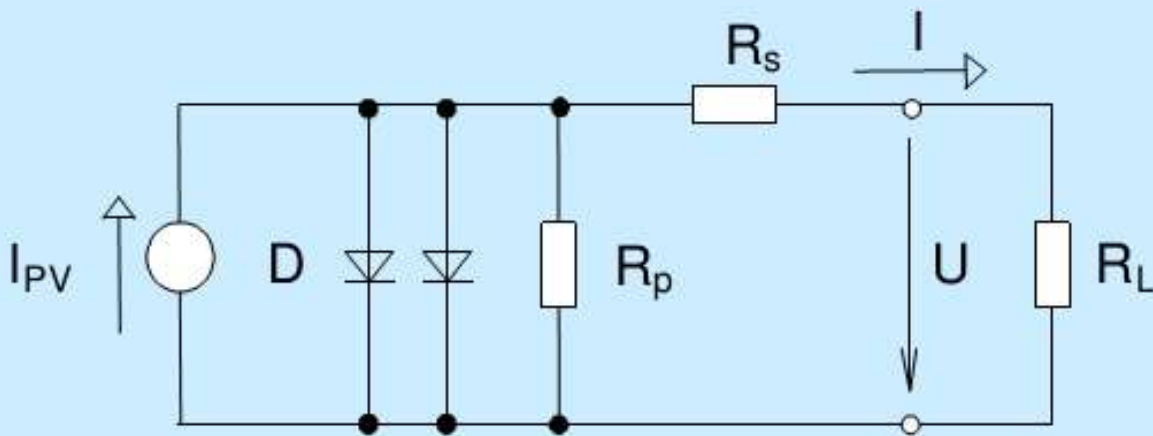
- v oblasti typu P

$$J_{PVP}(\lambda) = q \int_{x_j+d}^H G(\lambda) dx - q \int_{x_j+d}^H \frac{\Delta n}{\tau_n} dx - J_{sr}(H)$$

- v oblasti prostorového náboje přechodu PN

$$J_{OPN}(\lambda) \approx q \int_{x_j}^{x_j+d_j} G(\lambda) dx - q \int_{x_j}^{x_j+d_j} \frac{\Delta n}{\tau_{sc}} dx$$

Náhradní schéma FVČ



Paralelní odpor R_p

Sériový odpor R_s

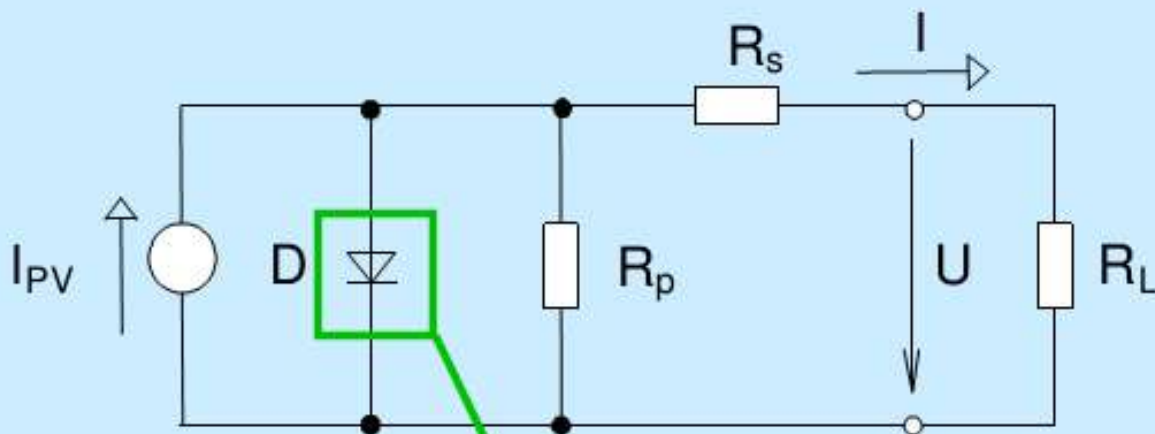
A_{ill} – ozářená plocha

A - celková plocha

Napětí na článku $U = U_f - R_s I$

$$I = A_{ill} J_{PV} - AJ_{01} \left[\exp\left(e \frac{U + R_s I}{\zeta_1 kT} \right) - 1 \right] - AJ_{02} \left[\exp\left(e \frac{U + R_s I}{\zeta_2 kT} \right) - 1 \right] - \frac{U + R_s I}{R_p}$$

Náhradní schéma FVČ



Paralelní odpor R_p

Sériový odpor R_s

A_{ill} – ozářená plocha

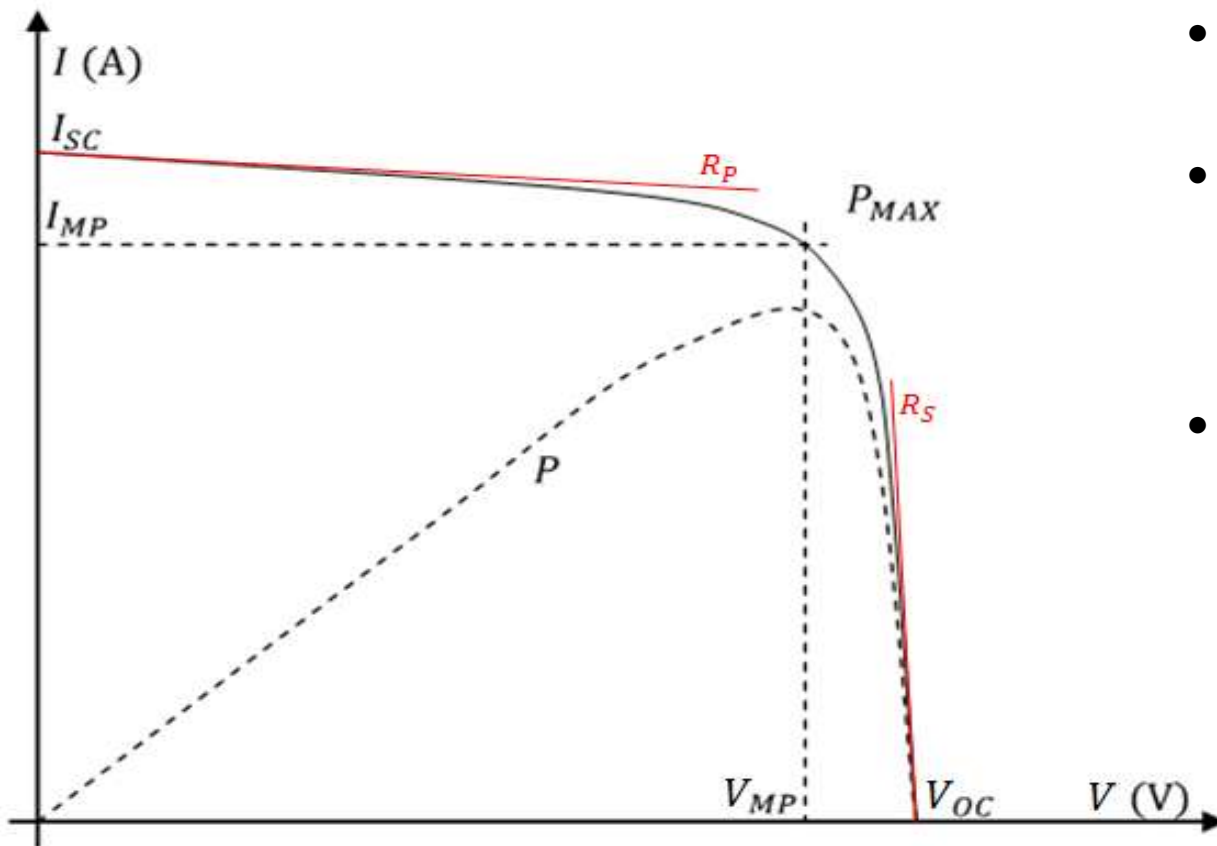
A - celková plocha

Napětí na článku $U = U_f - R_s I$

$$I = A_{ill} J_{PV} - \underbrace{A J_{01} \left[\exp \left(e \frac{U + R_s I}{\zeta_1 k T} \right) - 1 \right] - A J_{02} \left[\exp \left(e \frac{U + R_s I}{\zeta_2 k T} \right) - 1 \right]}_{\text{diode current}} - \frac{U + R_s I}{R_p}$$



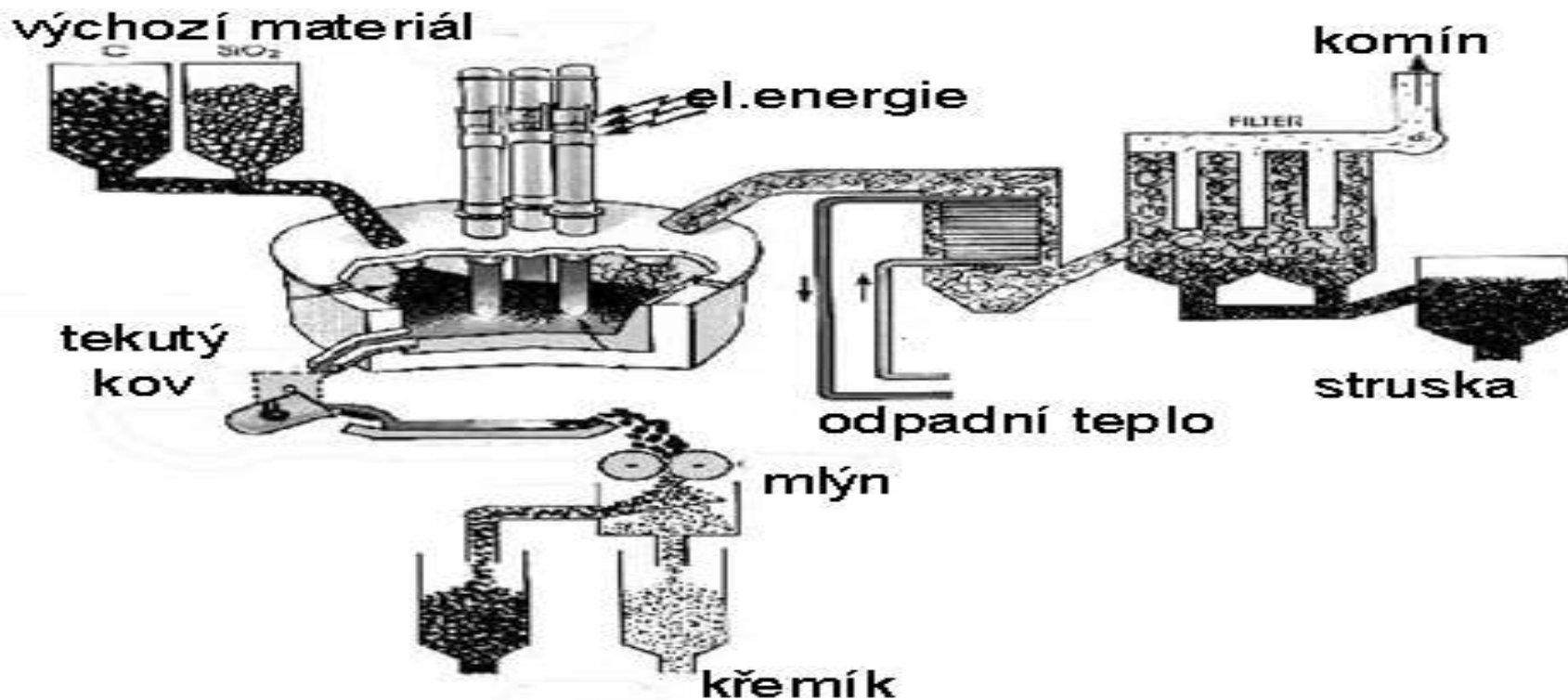
VA charakteristika



- I_{sc} , U_{oc} , P_{max}
- R_p
 - „svod“
- R_s
 - „odpor přívodů“

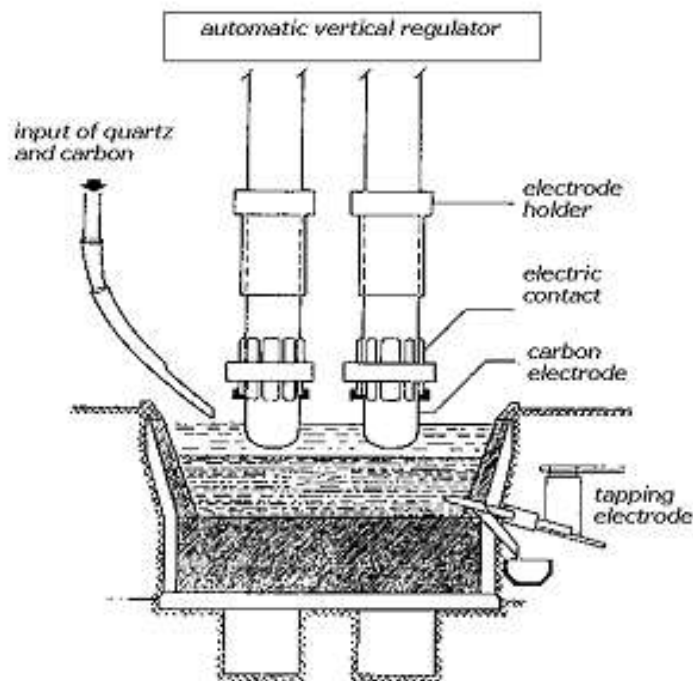
Konstrukce článků (I. generace)

- Základní materiál křemík

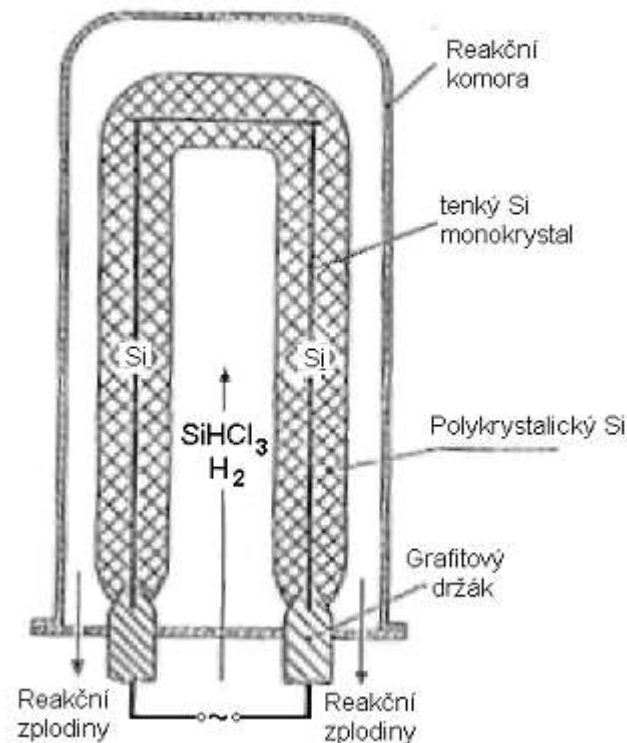
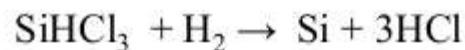
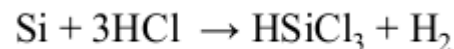


Čištění hutnického křemíku

- 99 % hutě



- 99,9999 % chemicky





6N křemík – ukázka z výroby



zdroj: alibaba.com



Products ▾

6n silicon chunk

About **18** results: **Other Solar Energy Related Products (13)**

[Home](#) > [Products](#) > [Energy](#) > [Solar Energy Products](#) > [Other Solar Energy Related Products \(76667\)](#)



Poly Silicon Chunk

[Add to Inquiry Cart](#)

[Add to My Favorites](#)

Share to:

FOB Price: US \$25 - 26 / Kilogram | [Get Latest Price](#)

Port: FOB

Payment Terms: L/C,T/T

[Mr. Jae-gyu Kim](#)

Offline

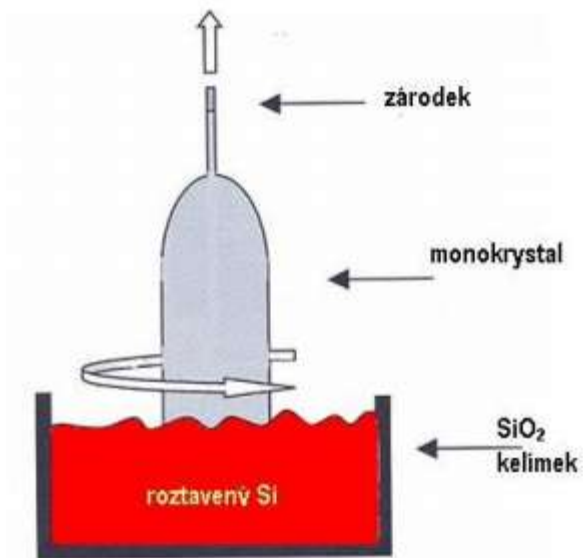
[Contact Supplier](#)

[See larger image](#)

Výroba ingotů

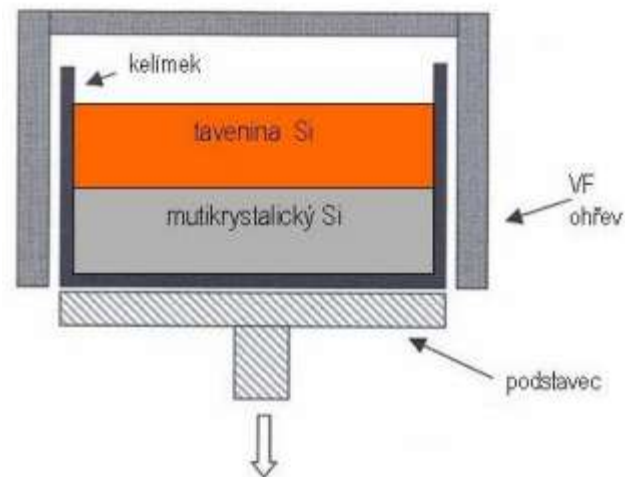
- monokrystal

- průměr až 450 mm
- 300 kg



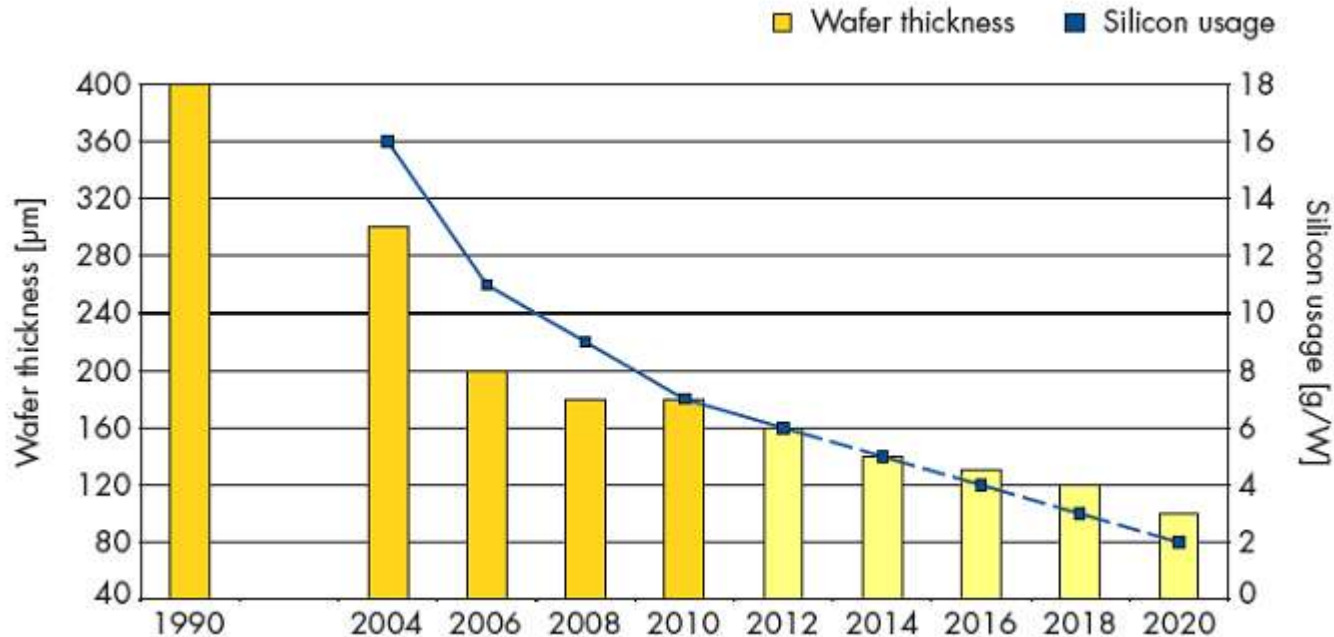
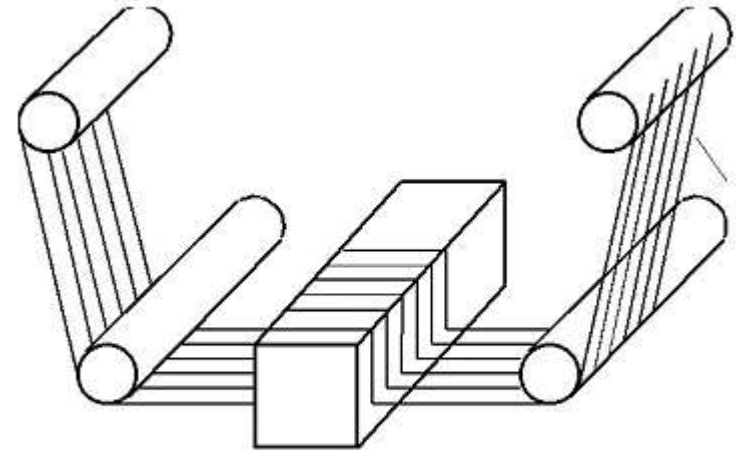
- multikrystal

- bloky až 250 kg



Řezání destiček (wafer)

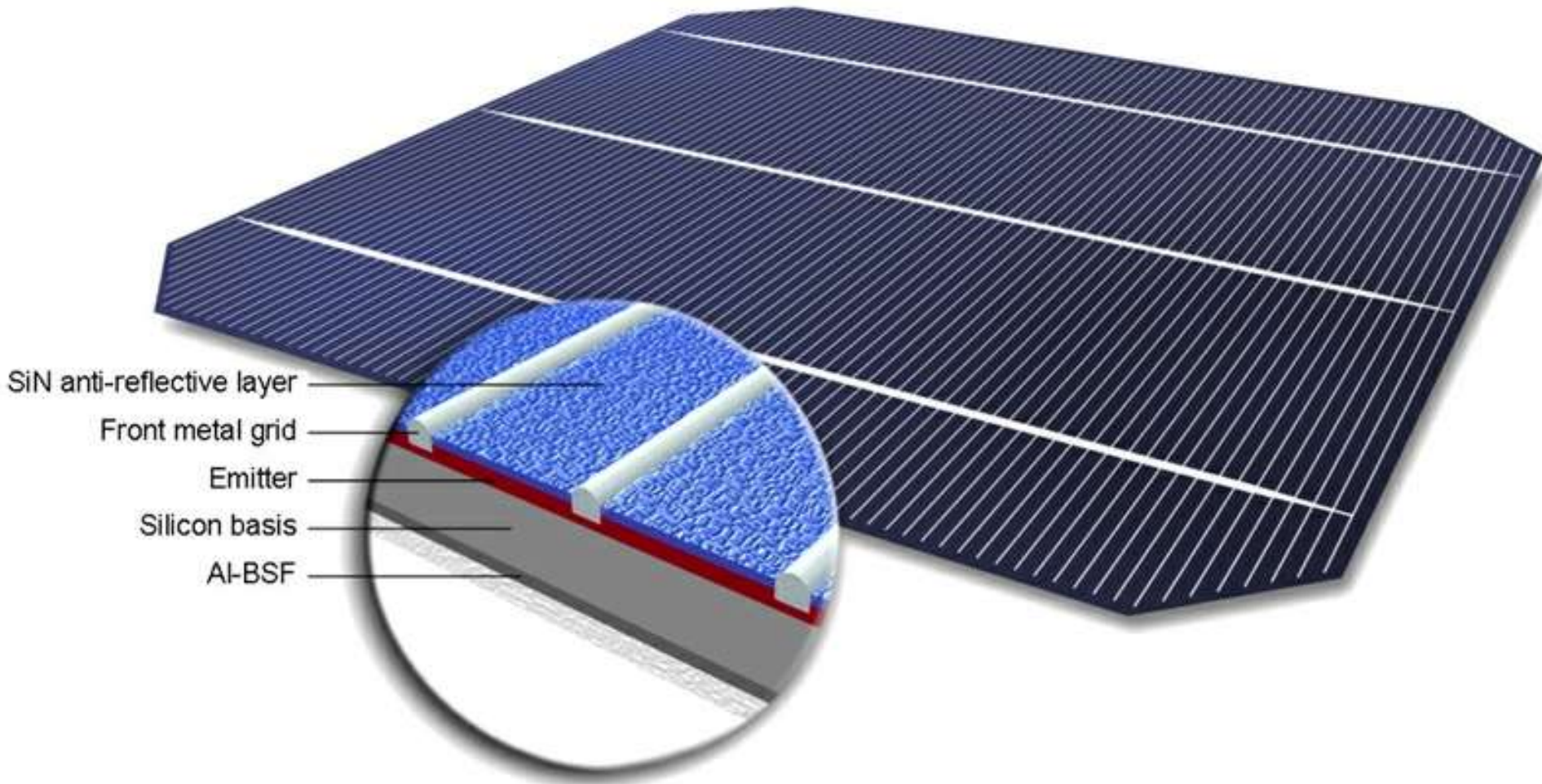
- cca 200 μm
- snižování tloušťky





Výroba FVČ (monokrystal)

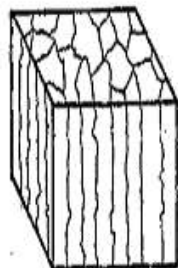
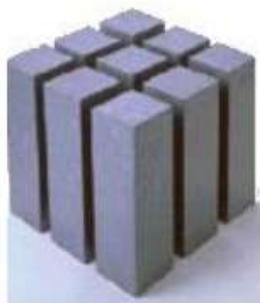
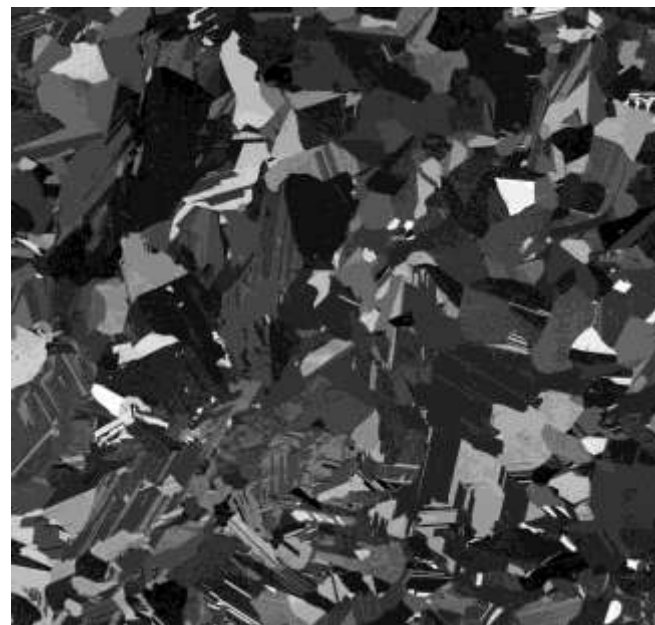
- Odleptání zhmožděné vrstvy
- Texturace povrchu
- Vytvoření PN přechodu (dotace N – fosfor)
- Vytvoření antireflexní vrstvy
- Sítotisk předního kontaktu (Ag)
- Al vrstva na zadní straně článku, sběrnice (Ag)
- Vyžihání kontaktů
- Odstranění obvodového zkratu





Výroba FVČ polykrystal

- Patrné hranice zrn
- Pasivace vodíkem
- Horší vlastnosti než monokrystal

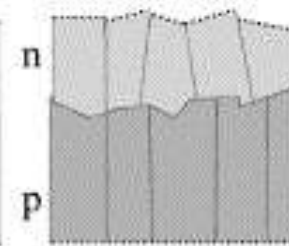


a.



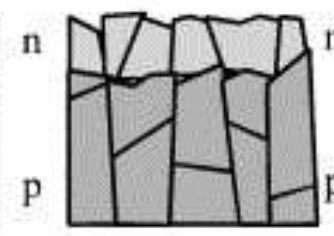
Crystalline

b.



Passivated
Polycrystalline

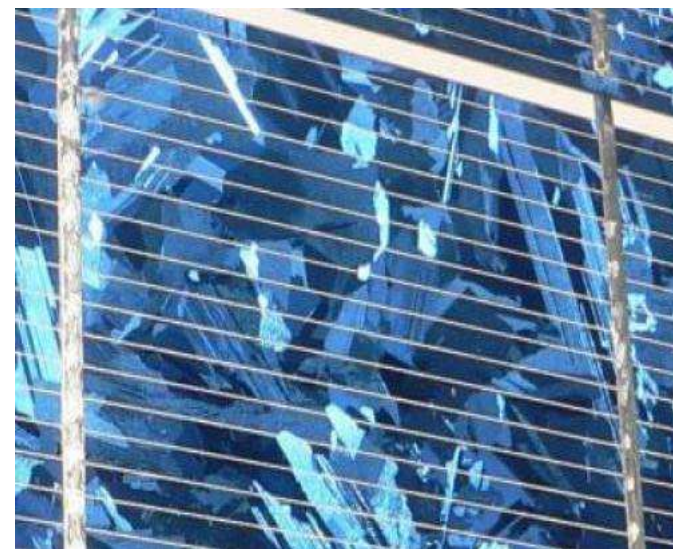
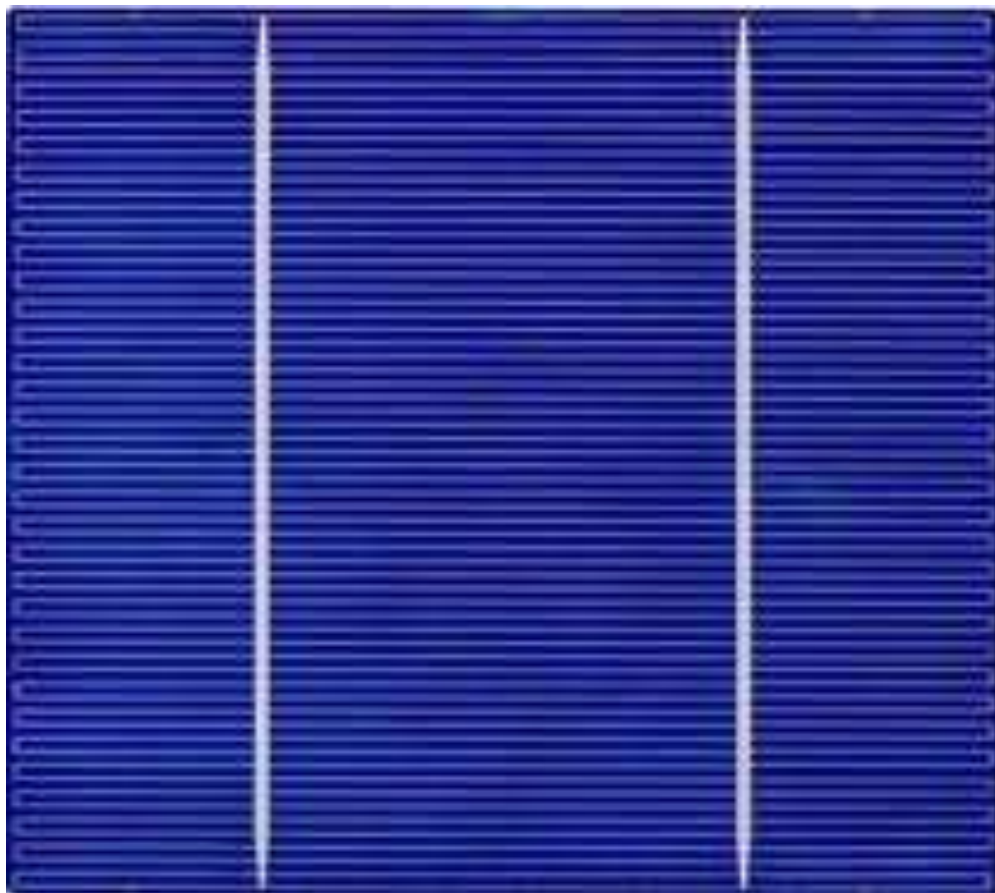
c.



Polycrystalline

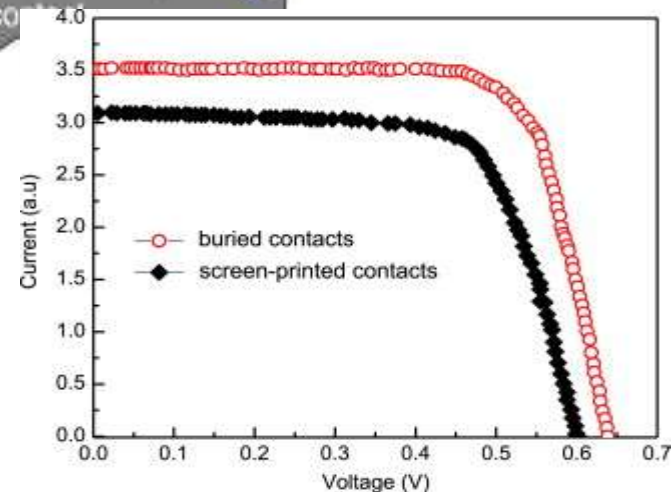
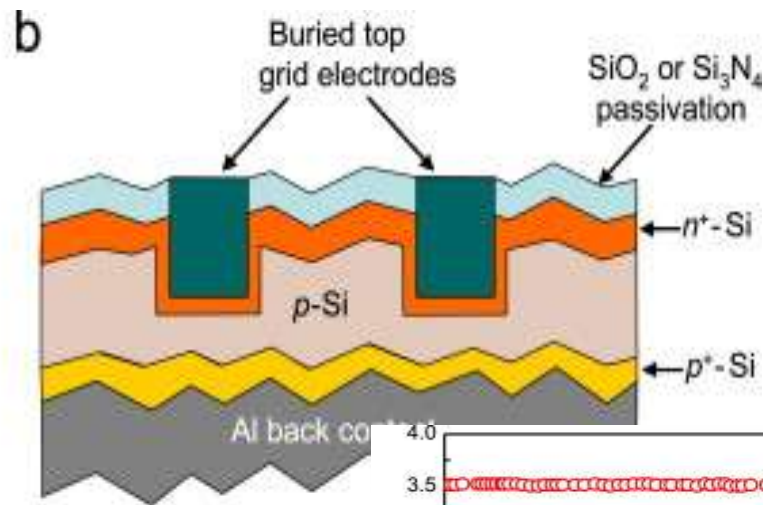
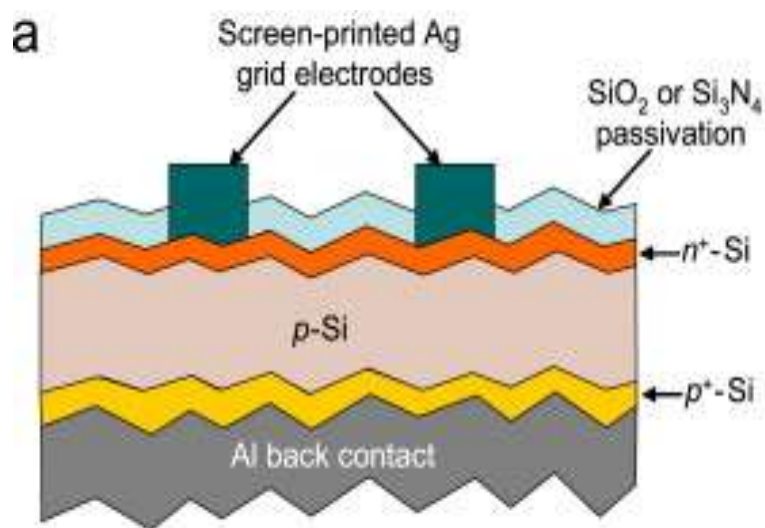


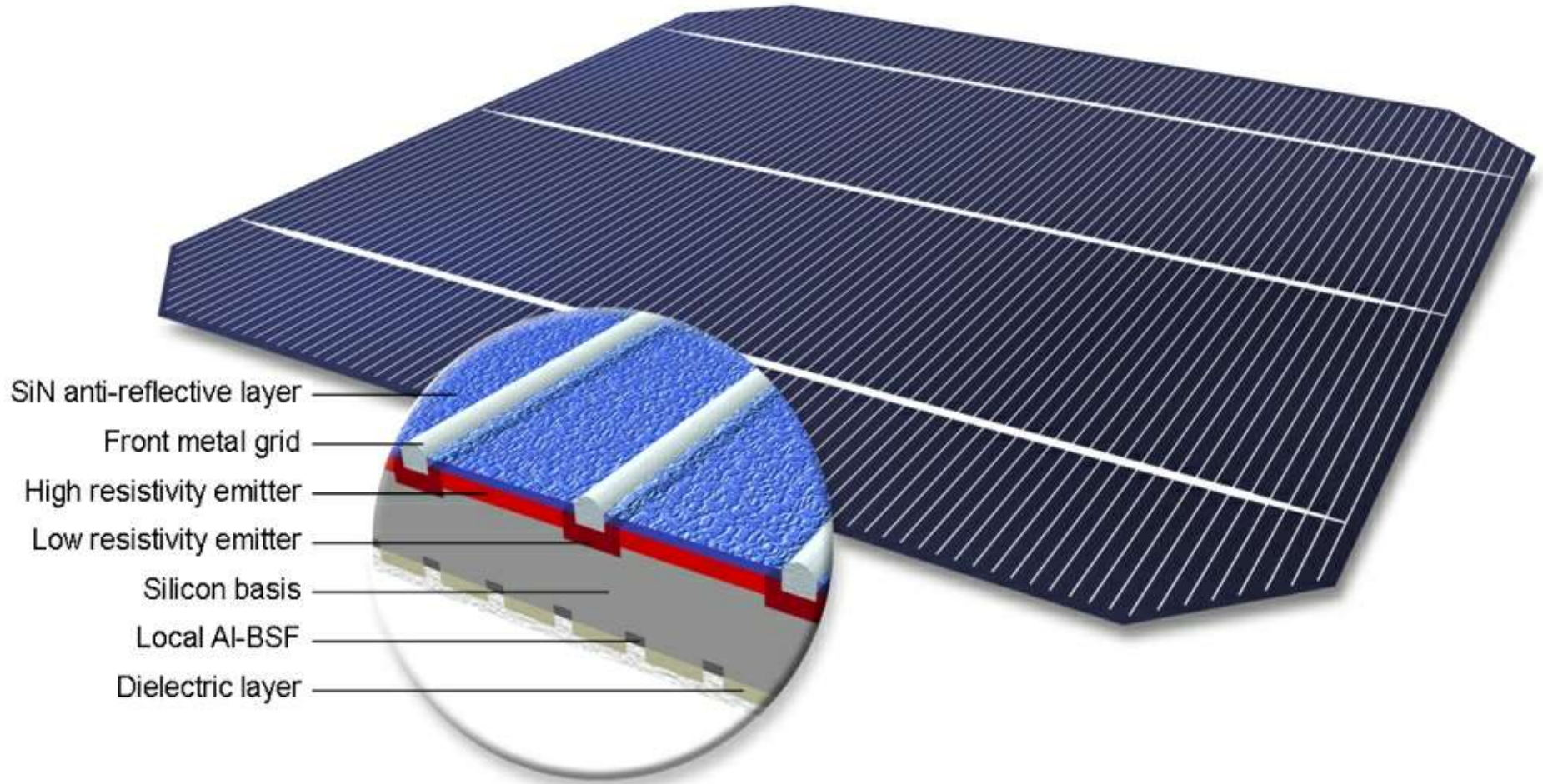
Polykrystalický FVČ



Zvyšování účinnosti FVČ

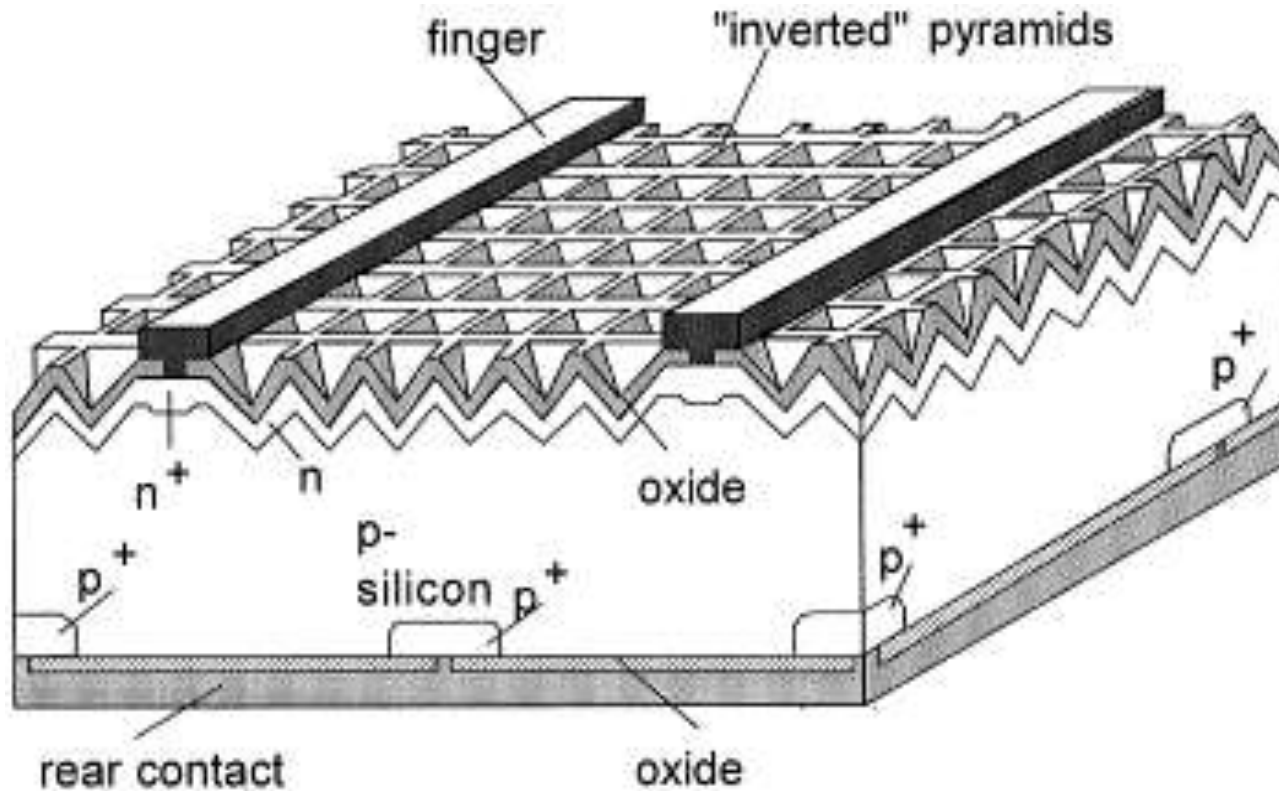
- Zvýšení paralelního odporu , snížení sériového





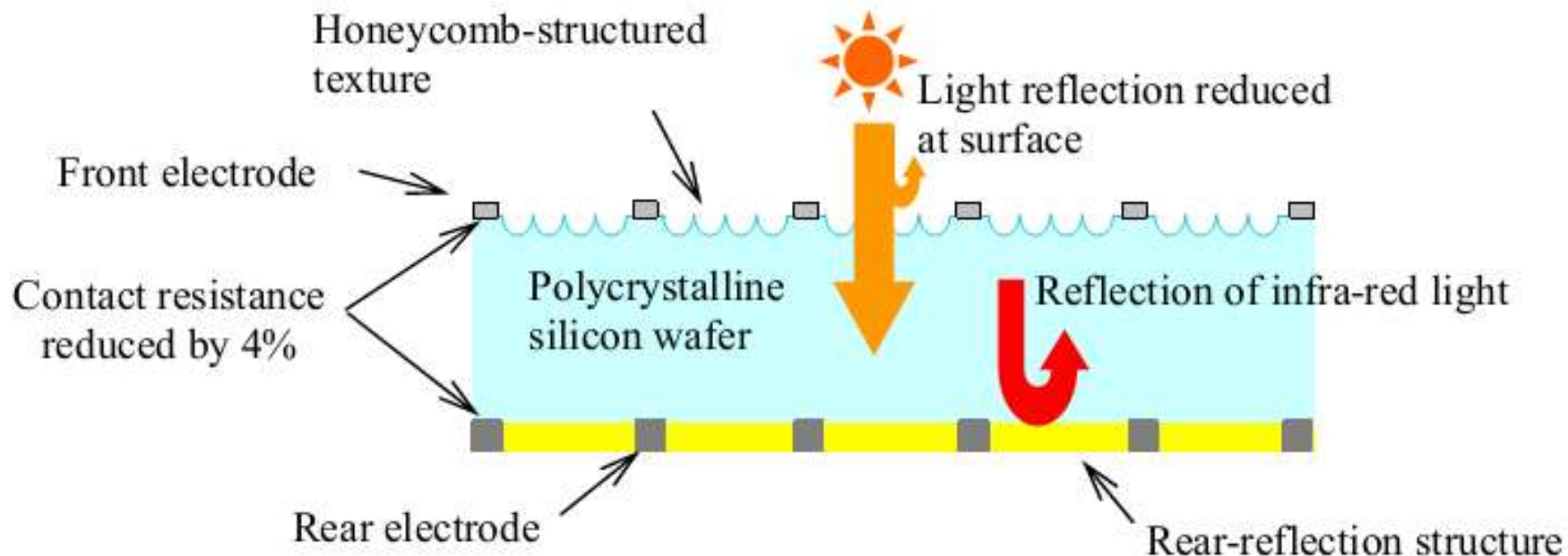
Zlepšení absorpce záření

- Texturace povrchu





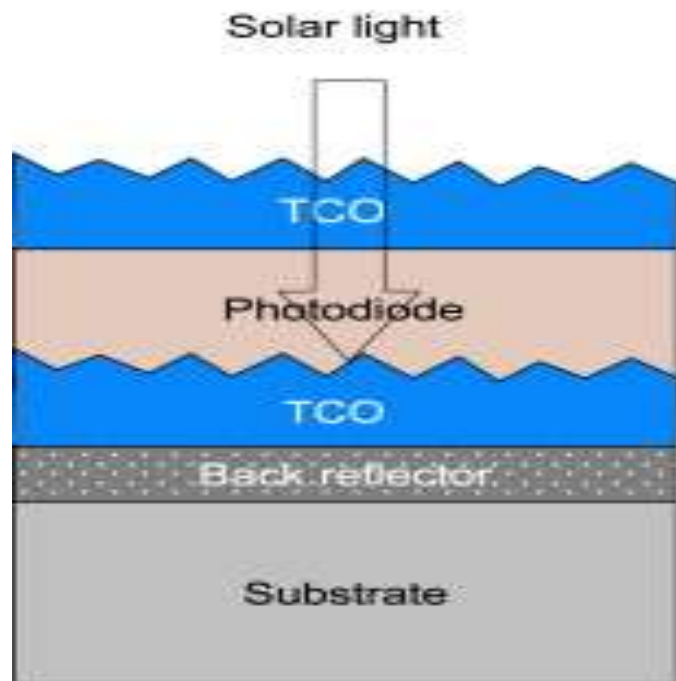
18 % - 15 cm x 15 cm x 100 μm (Mitsubishi)



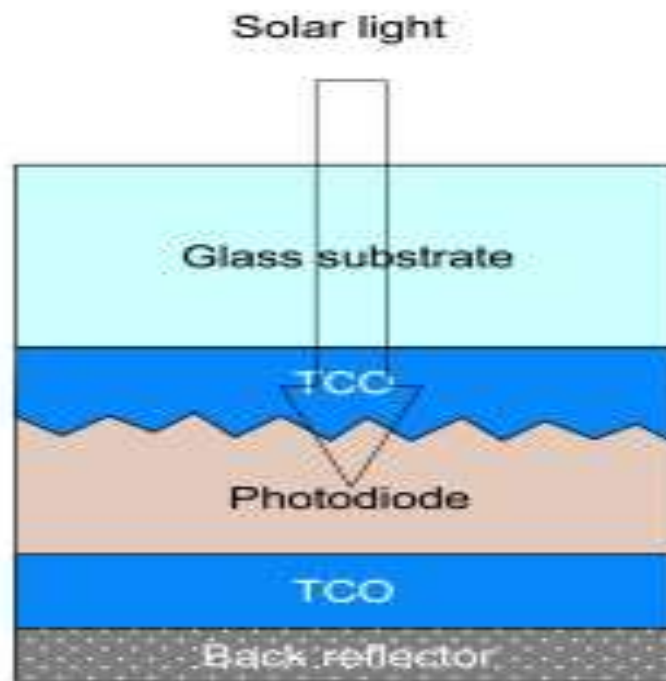
Konstrukce článků (2. generace)

- Tenkovrstvé FVČ

Substrate configuration



Superstrate configuration



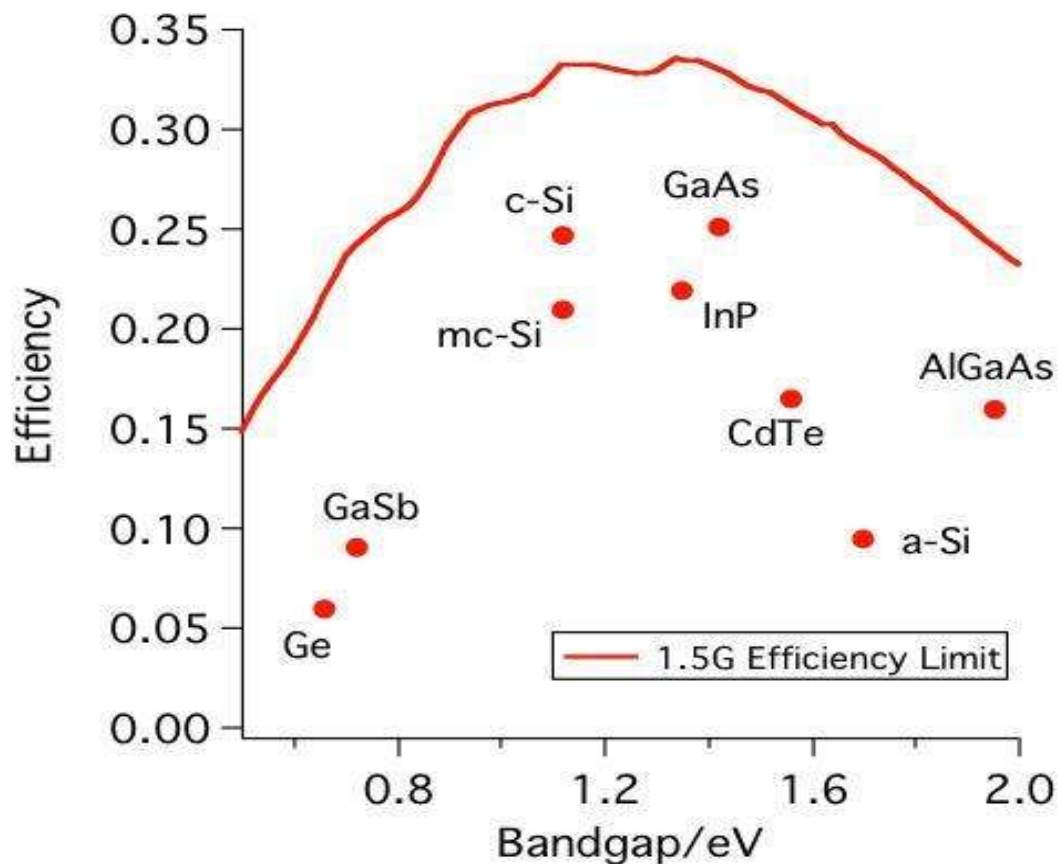


Požadavky na materiál tenkovrstvých FVČ

- Polovodivý materiál
 - vysoký absorpční koeficient
 - nízká depoziční teplota
 - dobrá přilnavost k povrchu předchozí vrstvy
 - rozumná šířka zakázaného pásu
 - cenová dostupnost



Vhodné materiály



- a-Si
- CdTe
- GaAs

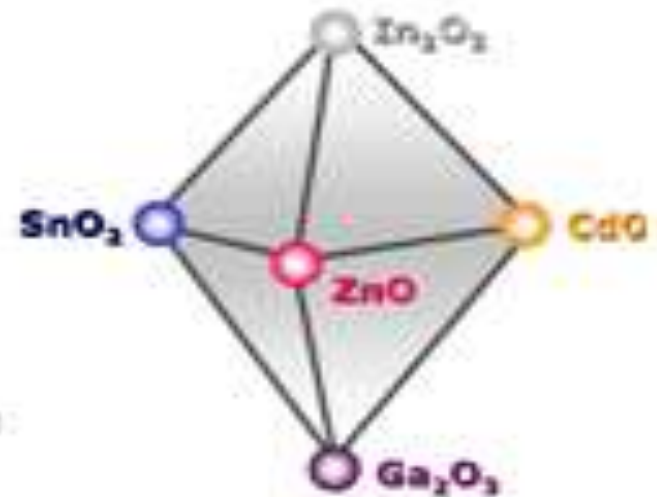


Kontaktní materiál

- TCO (Transparent conducting oxides)
 - dobrá prostupnost pro světelné záření
 - velká šířka zakázaného pásu
 - dobrá elektrická vodivost
 - dobrá přilnavost k předchozí vrstvě
 - schopnost kontaktování vývodů (pájitelnost, lepení)
 - cenová dostupnost
 - odolnost proti korozi

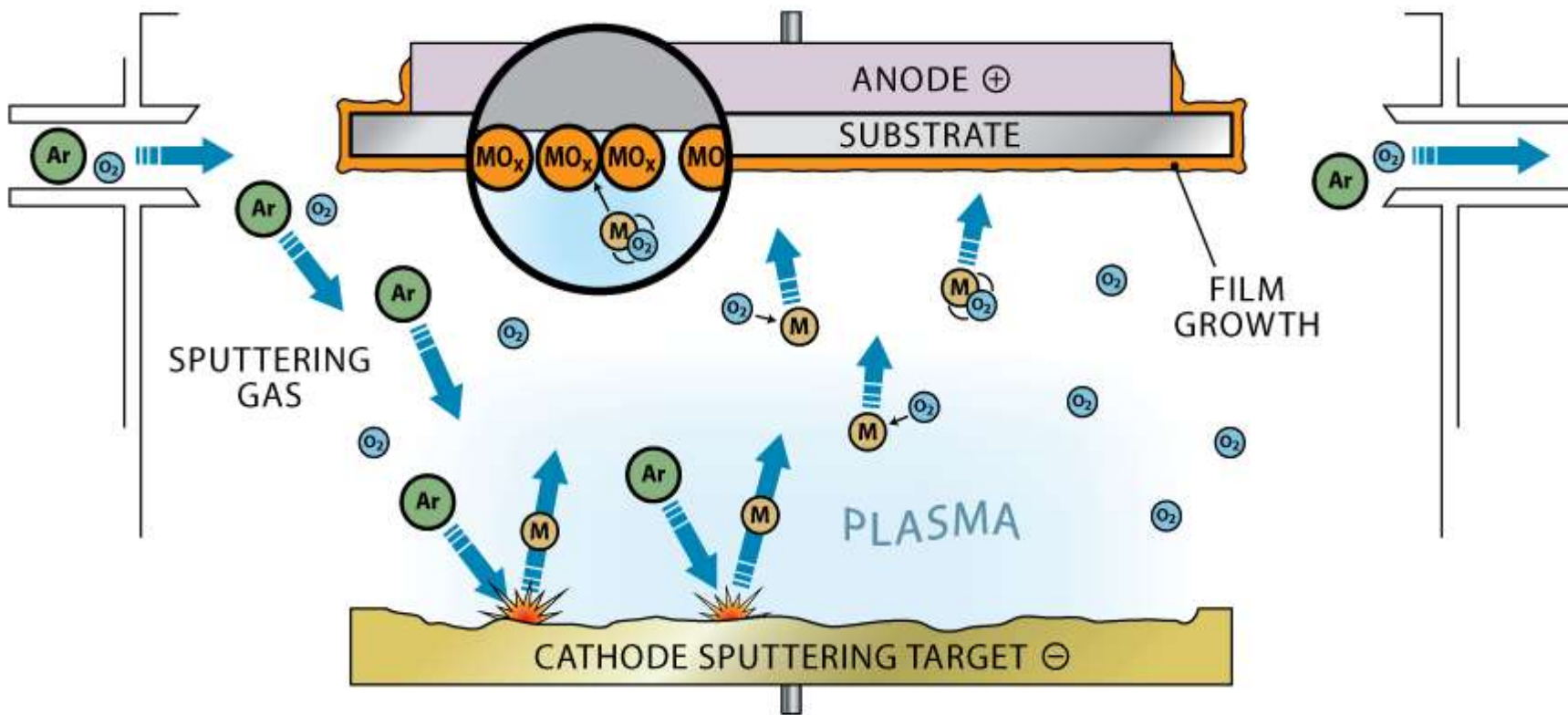
Vhodné materiály

Material	Dopant or compound
SnO_2	Sb, F, As, Nb, Ta
In_2O_3	Sn, Ge, Mo, F, Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, W, Te
ZnO	Al, Ga, B, In, Y, Sc, F, V, Si, Ge, Ti, Zr, Hf
CdO	In, Sn
ZnO-SnO_2	Zn_2SnO_4 , ZnSnO_3
$\text{ZnO-In}_2\text{O}_3$	$\text{Zn}_2\text{In}_2\text{O}_5$, $\text{Zn}_3\text{In}_2\text{O}_6$
$\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$	$\text{In}_4\text{Sn}_3\text{O}_{12}$
CdO-SnO_2	Cd_2SnO_4 , CdSnO_3
$\text{CdO-In}_2\text{O}_3$	CdIn_2O_4
MgIn_2O_4	
GaInO_3 , $(\text{Ga}, \text{In})_2\text{O}_3$	Sn, Ge
CdSb_2O_6	Y
$\text{ZnO-In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$	$\text{Zn}_2\text{In}_2\text{O}_5\text{-In}_4\text{Sn}_3\text{O}_{12}$
$\text{CdO-In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$	$\text{CdIn}_2\text{O}_4\text{-Cd}_2\text{SnO}_4$
$\text{ZnO-CdO-In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$	

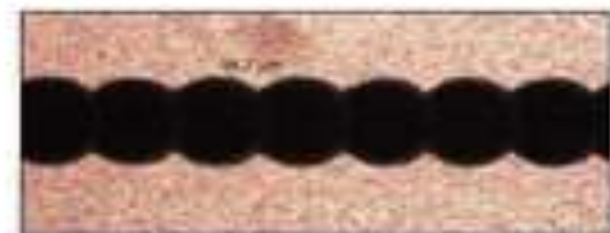
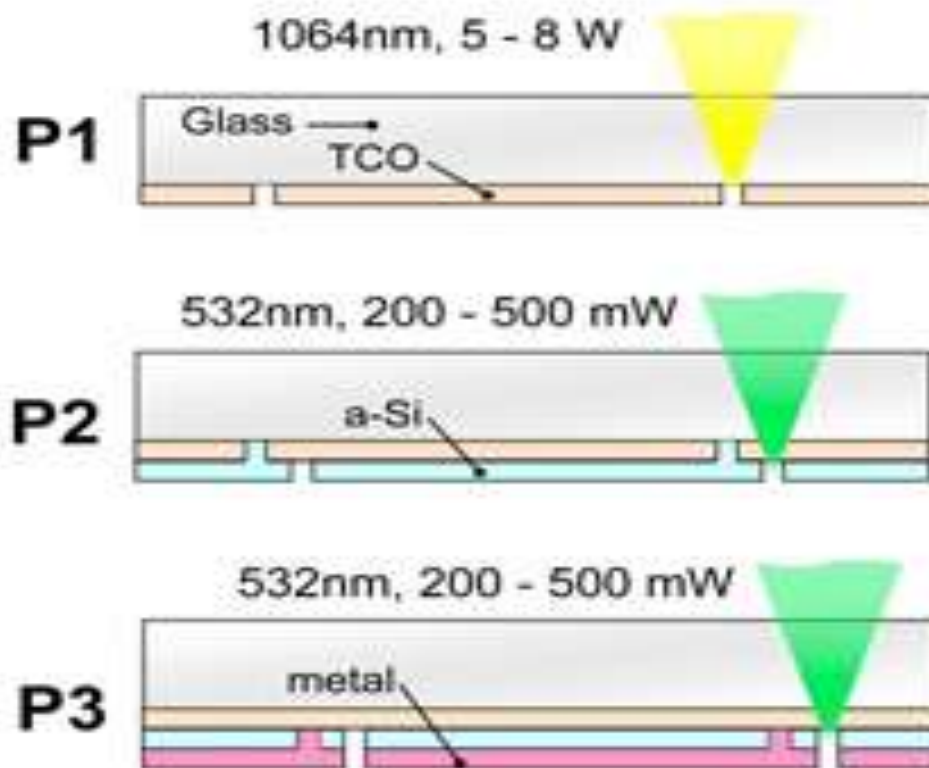




Výrobní technologie - Naprašování

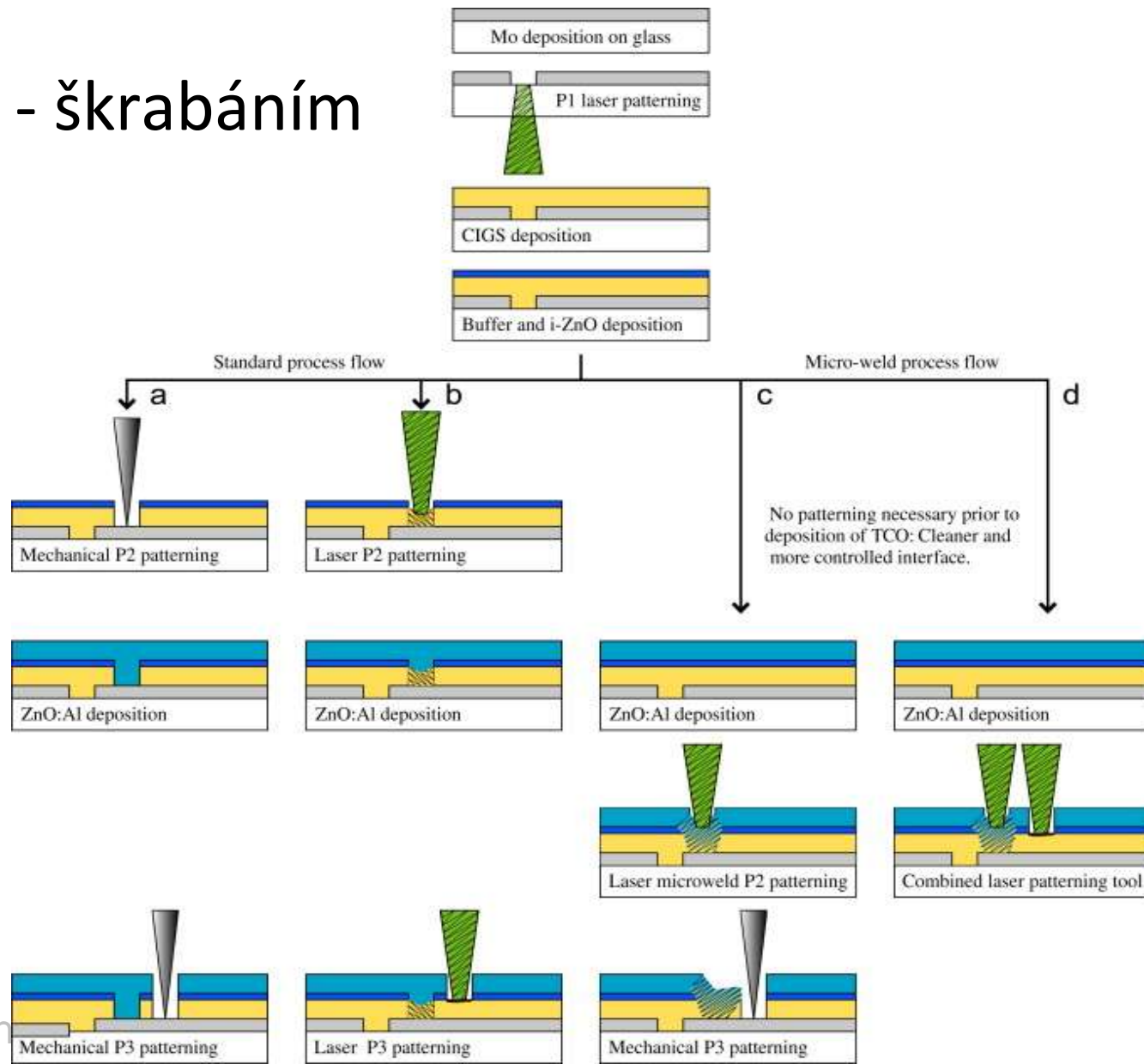
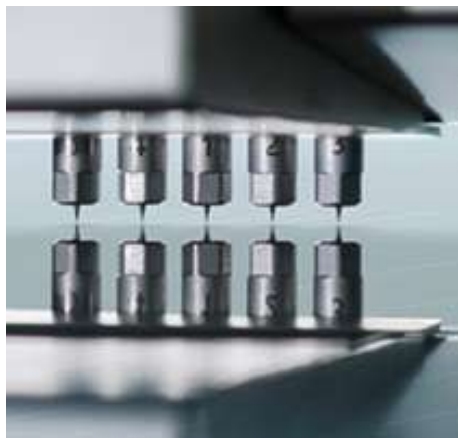


Drážkování - laser



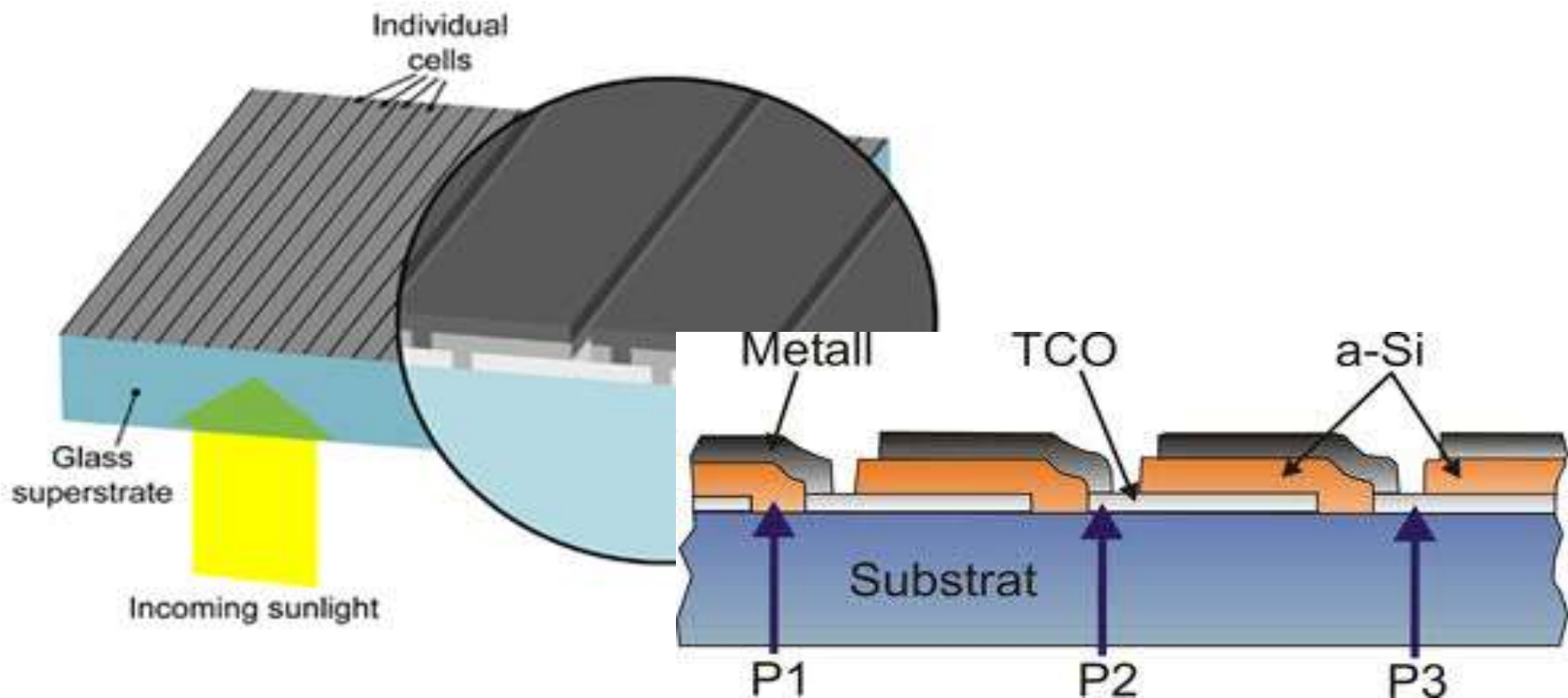


Drážkování - škrabáním



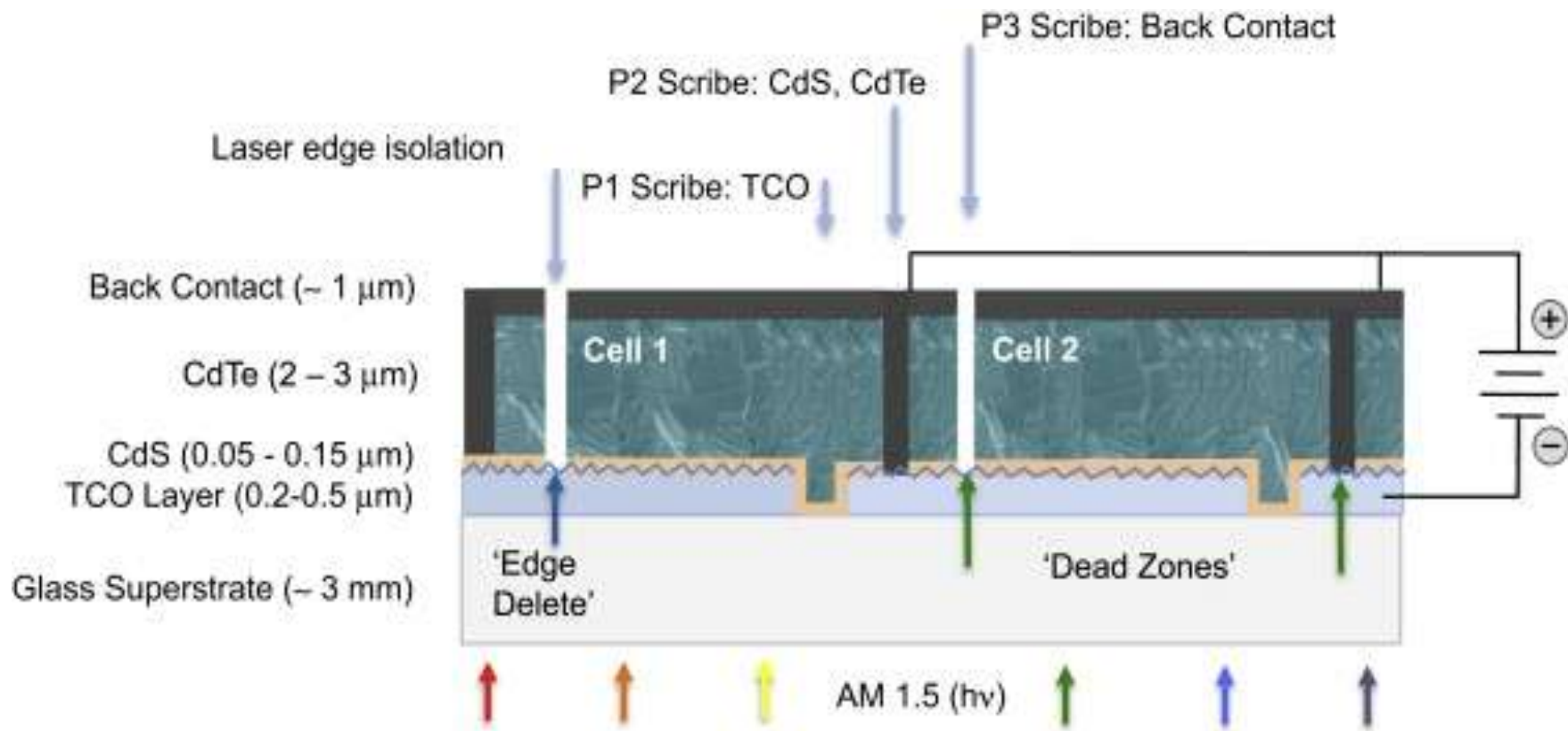
a-Si články

- články z amorfního křemíku



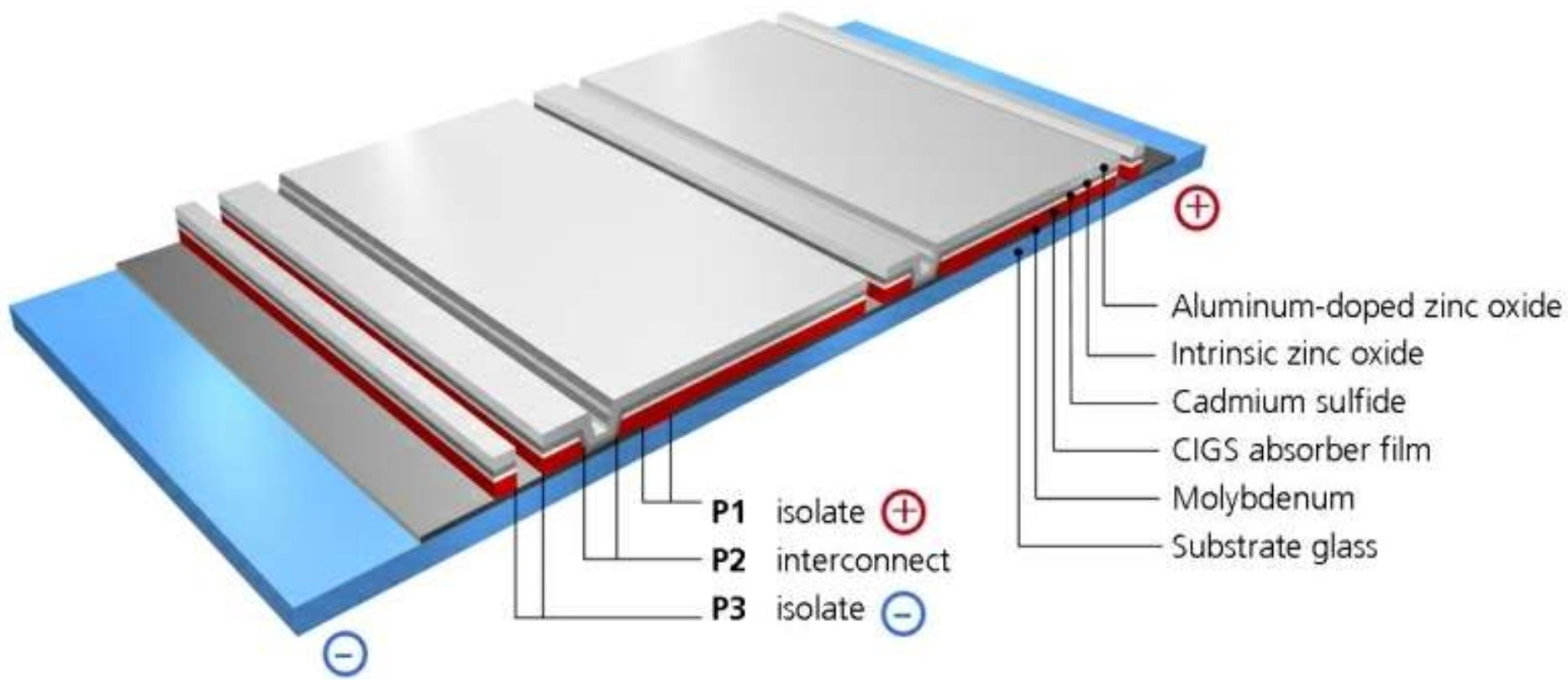
CdTe

- Kadmium telluridové články



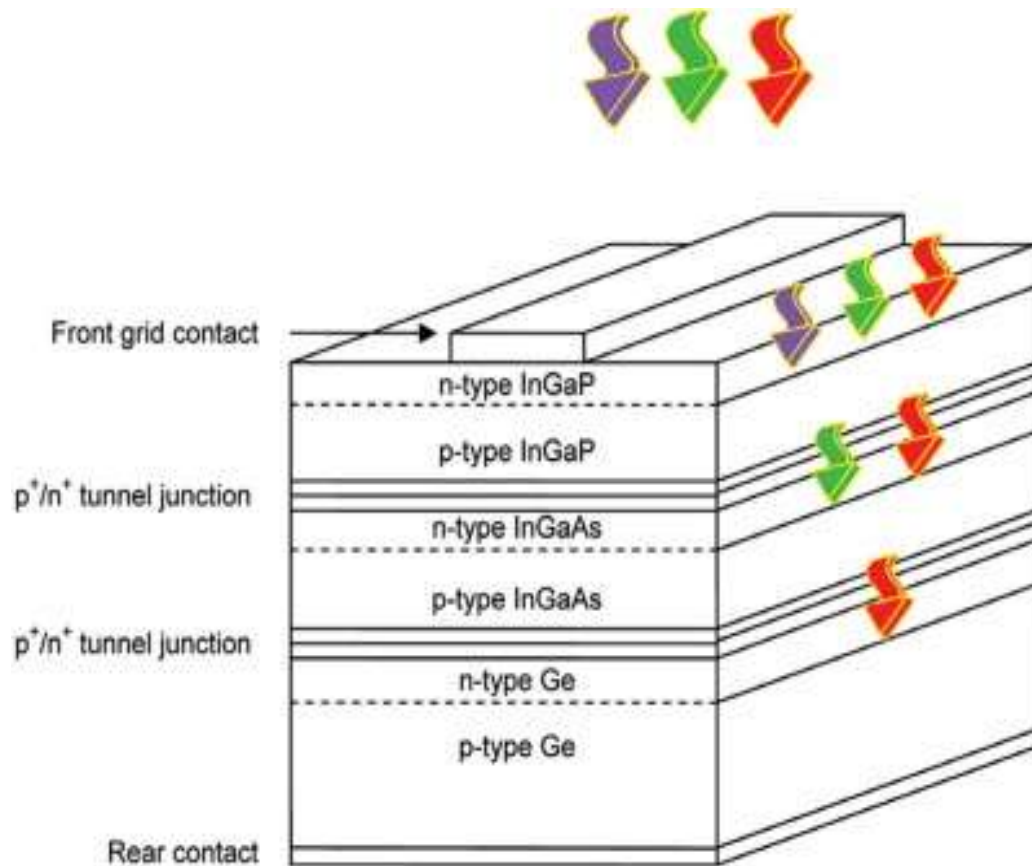


CIGS (CuInGaSe_2)



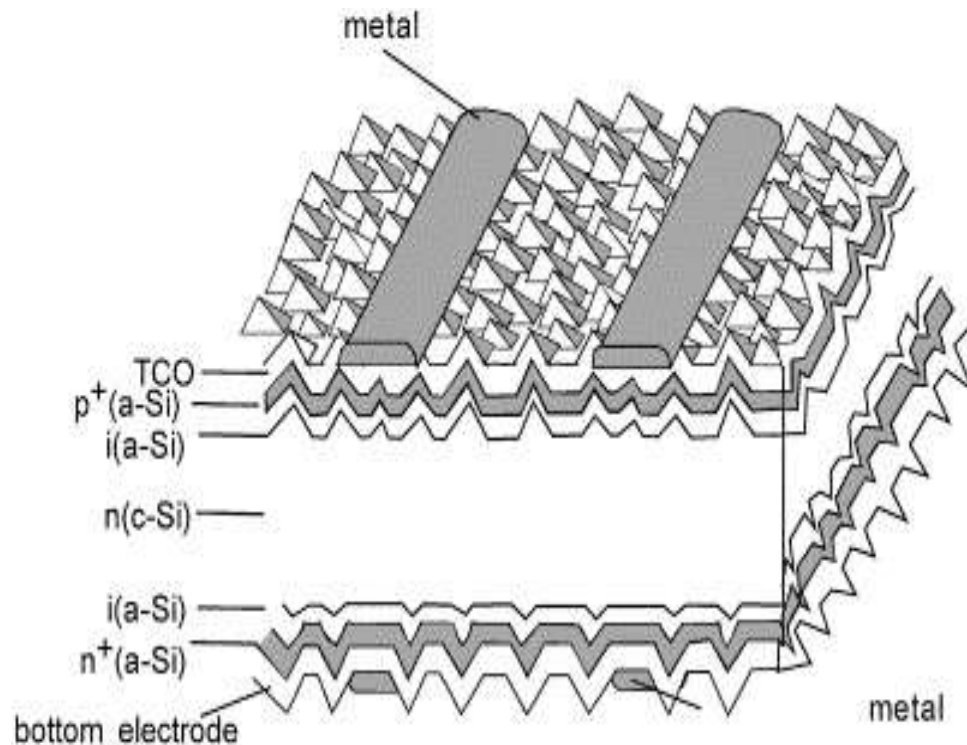
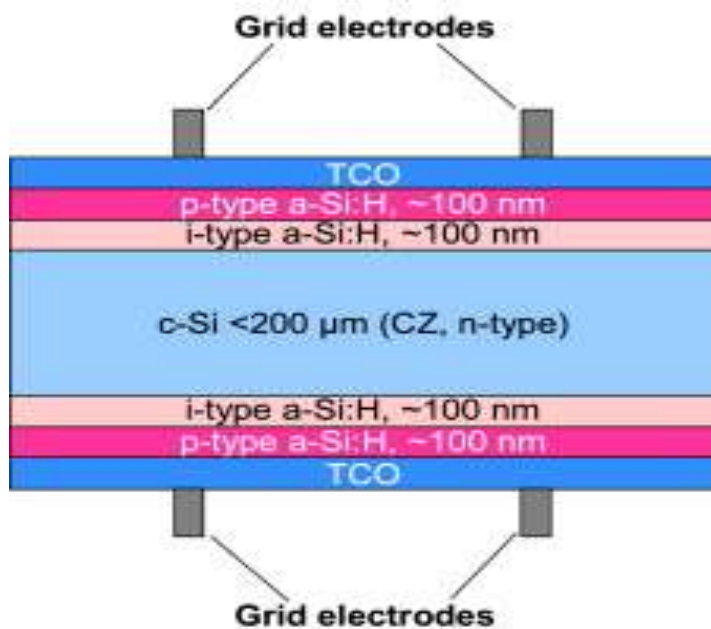
3. generace

- Vícepřechodové FVČ
- Ohebné články
- Organické FVČ



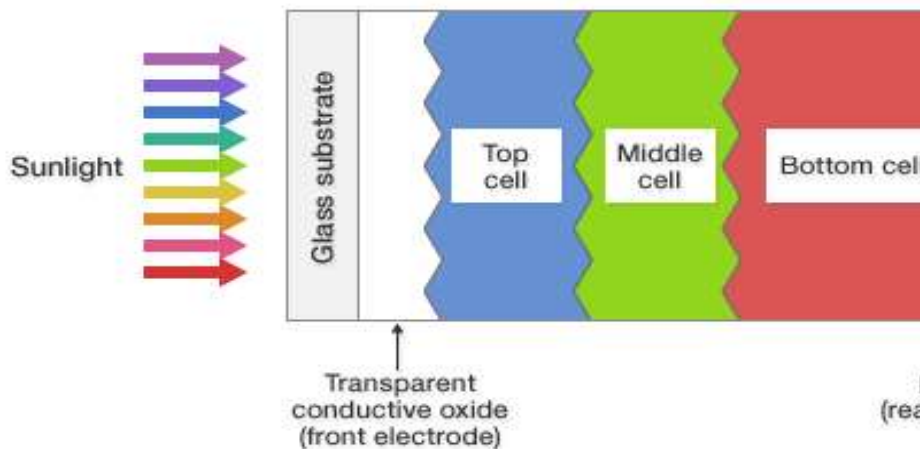
Vícepřechodové články

- SANYO HIT

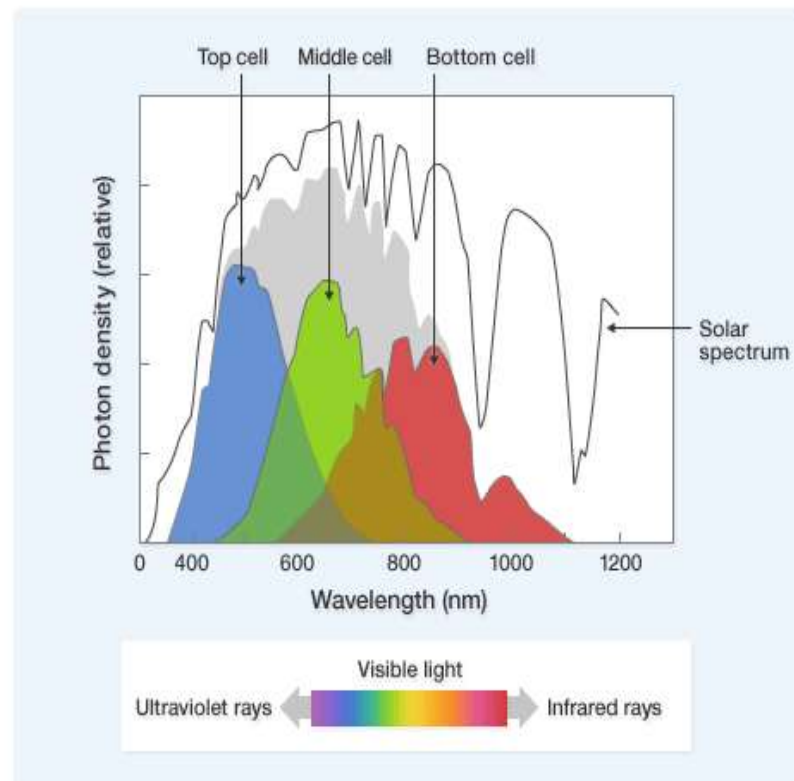


Tří přechodové články

Cross sectional view of thin-film silicon PV cell with triple-junction structure

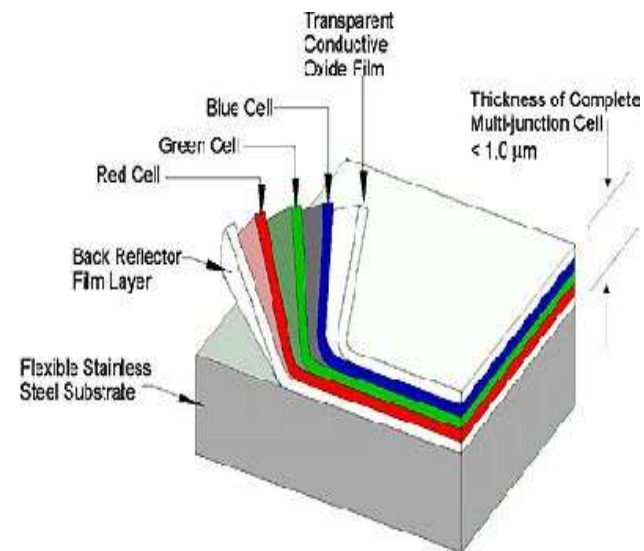
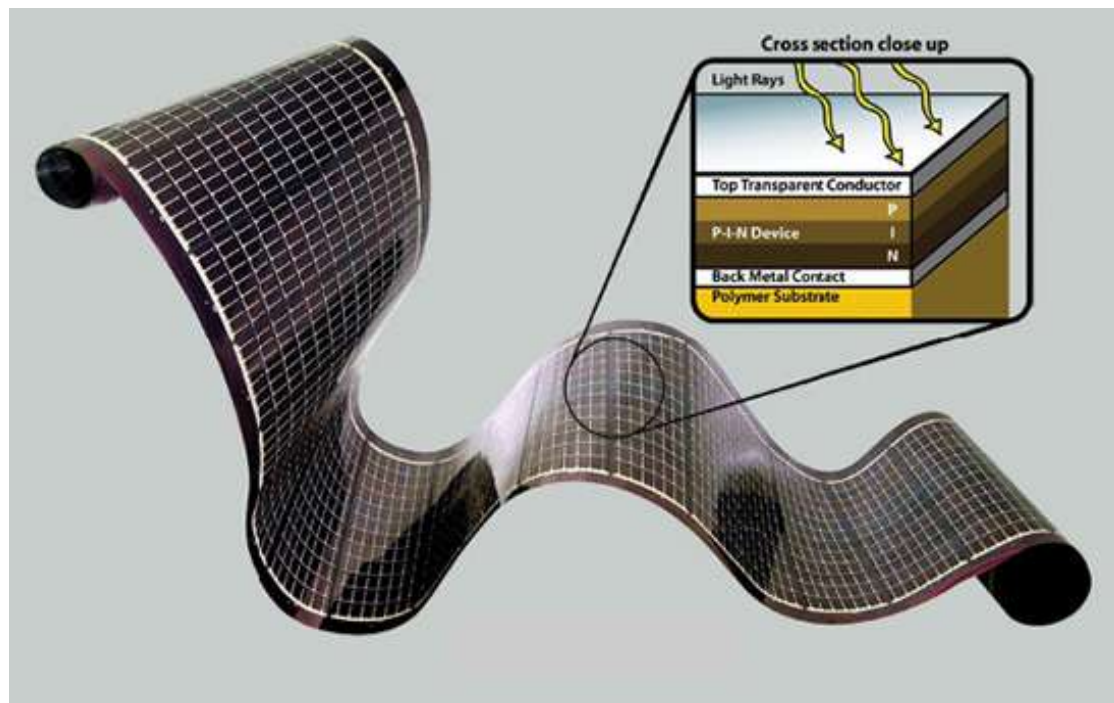


Effective Utilization of Sunlight through Triple-junction Structure



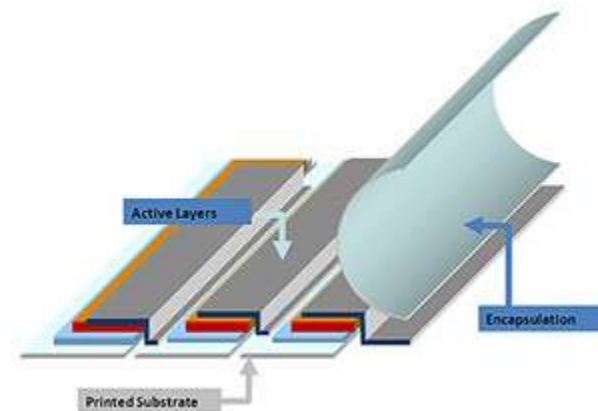
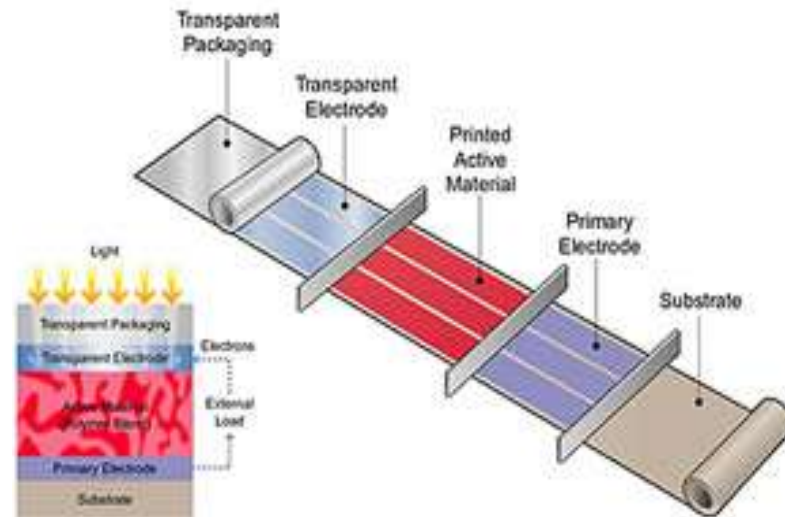
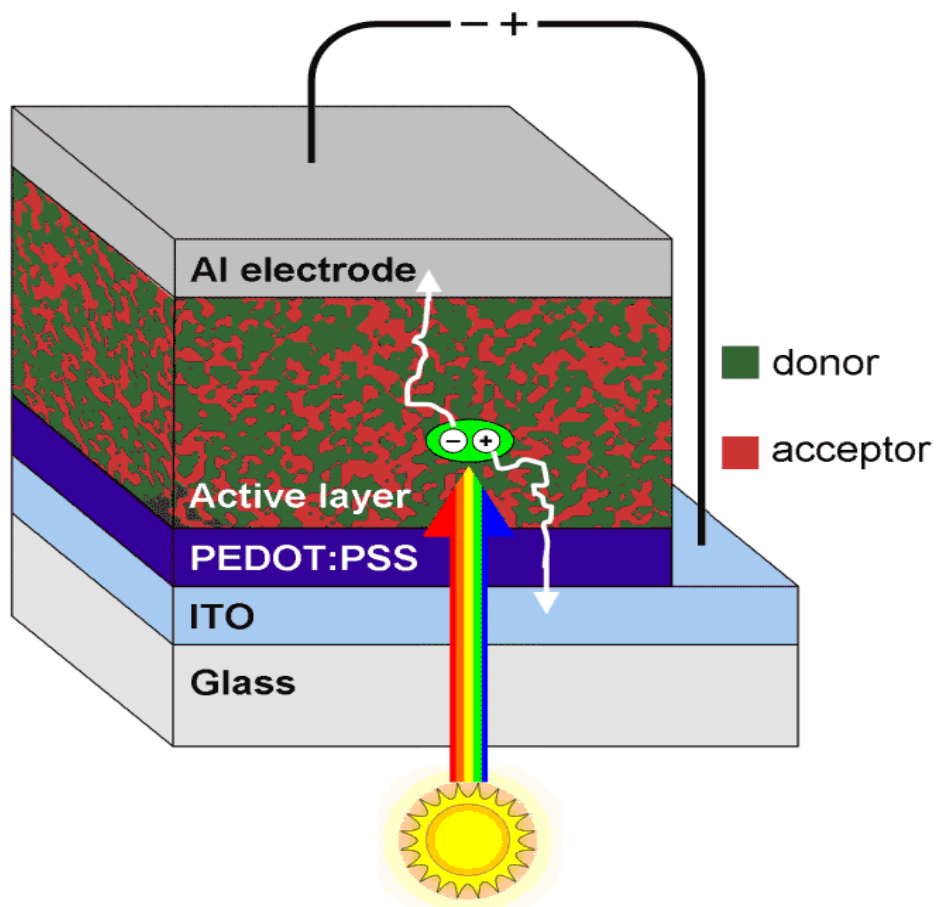


Ohebné články



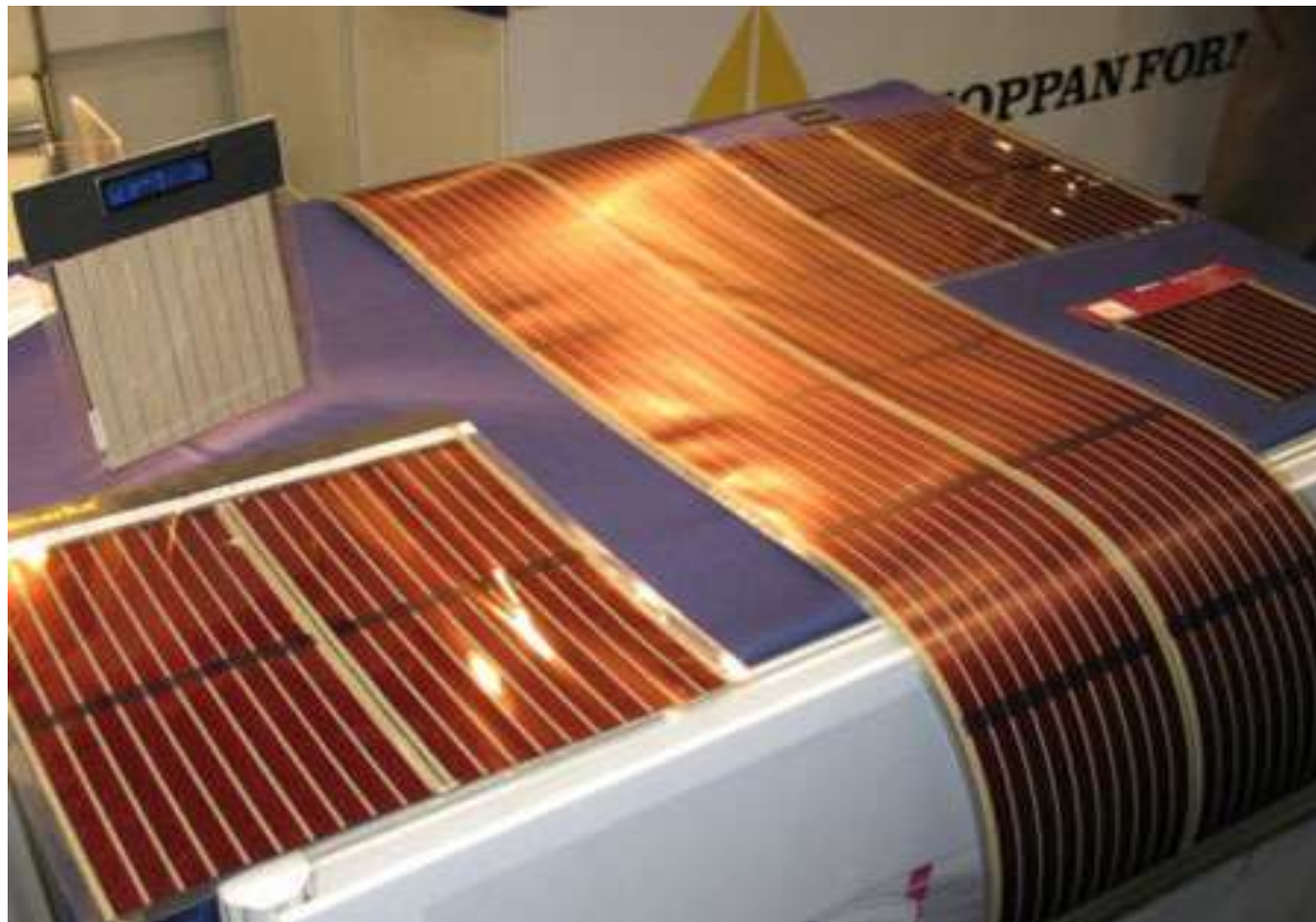


Organické FV články





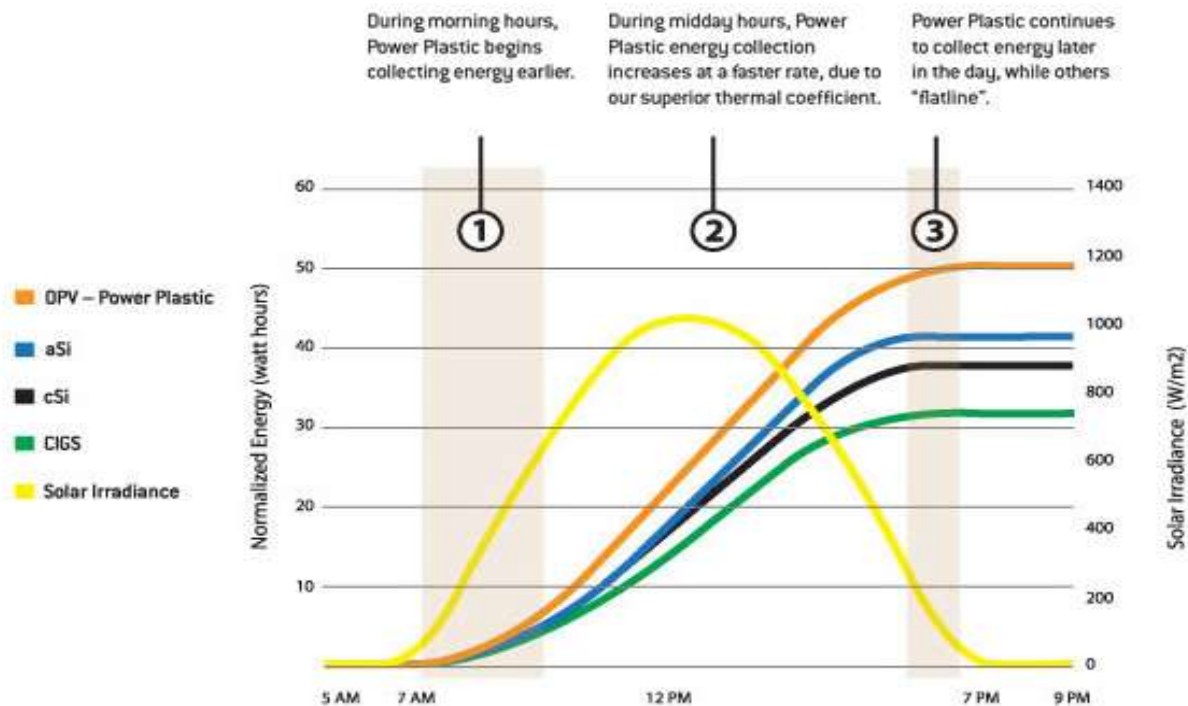
Organické články





Výhody a nevýhody organických fotovoltaických článků

Total Energy Collected

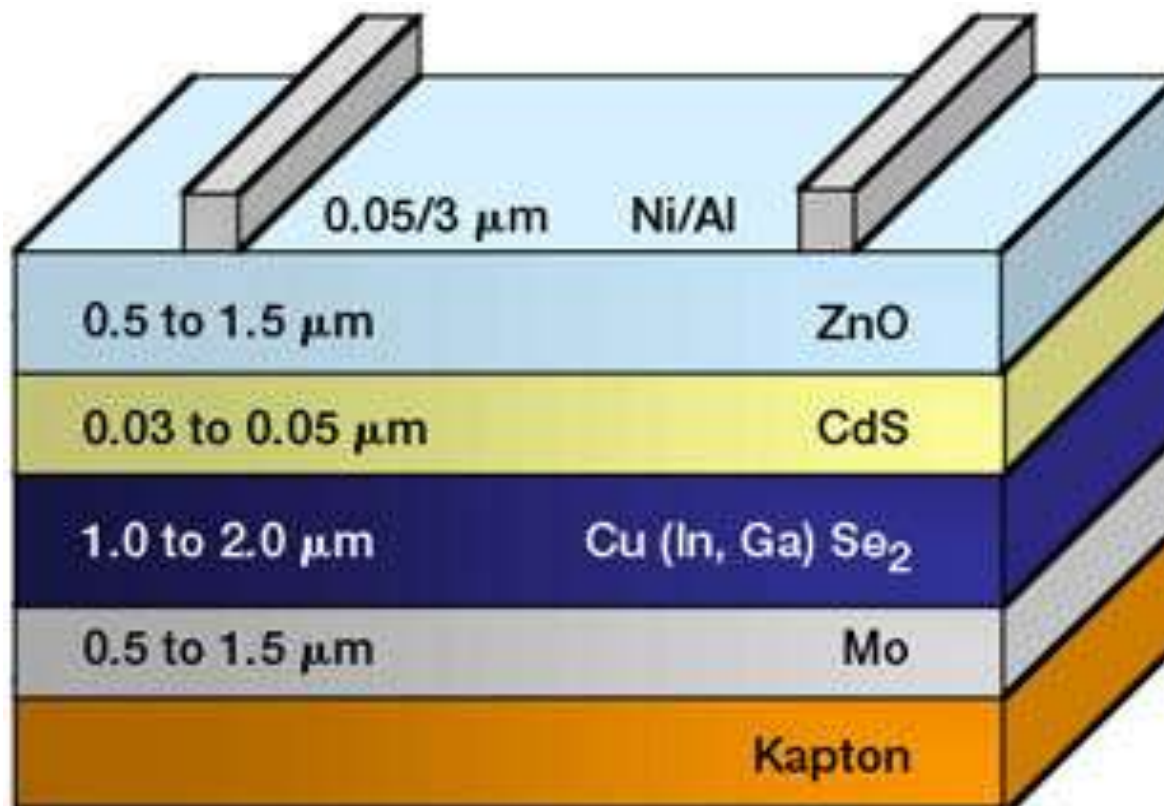


- + Lepší teplotní koeficienty
- - Malá účinnost

Konarka Power Plastic collects energy earlier and longer than other solar technologies.

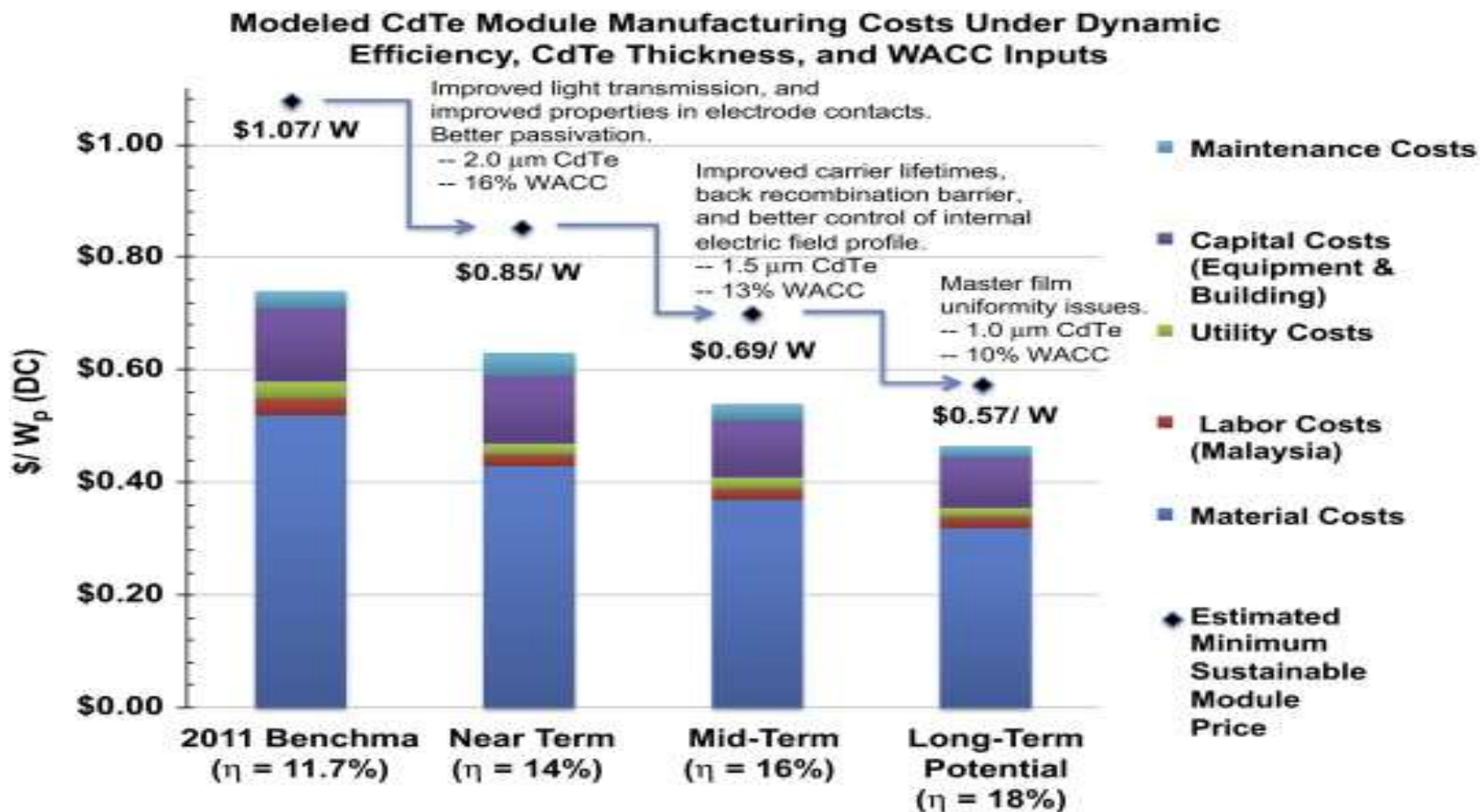


Články pro využití mimo atmosféru (AM0)





Příklad optimalizace výroby tenkovrstvých článků





Příště

- Konstrukce FV modulů

Děkuji za pozornost a prosím o Vaše dotazy