



POLPREVODNIKI

Kriterij za uvrstitev materialov med polprevodnike
so električne lastnosti



OSNOVNE LASTNOSTI POLPREVODNIKOV

4.

191

- Pri majhnih dovedenih energijah se obnaša kot **izolant**,
- Pri dovolj velikih dovedenih energijah ima lastnosti slabega **prevodnika**,
- Način prevajanja električnega toka:
 - elektroni,
 - vrzeli.
- Velikost energije prepovedanega pasu
- Temperatura znižuje ρ



VRSTE POLPREVODNIH MATERIALOV

- Elementarni polprevodni materiali
- Anorganski sestavi
- Organski polprevodni materiali

4.1.1.1
192



VRSTE POLPREVODNIH MATERIALOV

- Elementarni polprevodni materiali:
 - V periodnem sistemu je 12 elementov s polprevodnimi lastnostmi.

4.1.1.1
192

skupina perioda	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2	Be	B	C	N	O		
3		Al	Si	P	S	Cl	
4		Ga	Ge	As	Se	Br	
5		In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6			Pb	Bi	Po	At	

Anorganski sestavi:

- kemične spojine,
- zlitine s popolno topnostjo v trdnem stanju:
 - komponente iz skupine II in VI (ZnSe, CdTe),
 - komponente iz skupine III in V (GaAs, InP),
 - posamezne komponente so lahko izven skupine polprevodnih elementov,
 - binarne ali več komponentne zlitine (GaAs, InGaAsP, ZnSe, ...),
 - dobimo lahko polprevodne materiale z različnimi lastnostmi.

Organski polprevodni materiali

- organske spojine: aromatični ogljikovodiki – antracen, naftalin, benzen, ...
- kovinsko organski kompleksi: so organske spojine, ki vsebujejo tudi atome kovin,
- polimeri: makromolekula, večinski nosilci naboja so vrzeli – polietilen, polistiren, polistirol, ...,
- biološki materiali: klorofil, hemoglobin, protein, ...

FIZIKALNE ZNAČILNOSTI POLPREVODNIH MATERIALOV

4.2
194

- **Specifična električna upornost,**
- **Energija prepovedanega energijskega pasu.**

28.11.2008 9:41

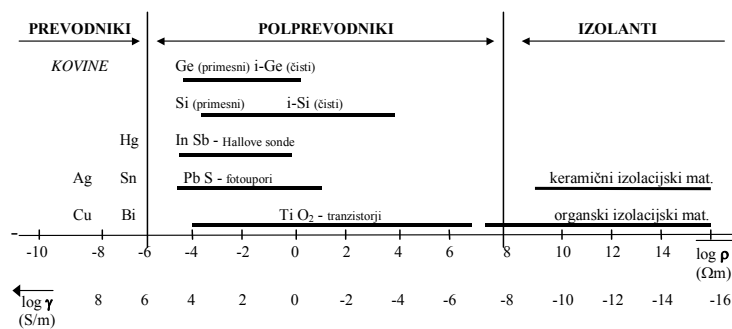
Polprevodniki

7

SPECIFIČNA ELEKTRIČNA UPORNOST

4.2.1
194

- **Večja od prevodnikov in manjša od izolantov.**



- **Običajno pada s temperaturo → (NTK)**
- **Pogosto odvisna še od zunanjih vplivov: temperatura, tlak, svetloba, električno in magnetno polje, ...**
- **Ovisna od popolnosti kristalov, koncentracije in vrste primesi.**

28.11.2008 9:41

Polprevodniki

8



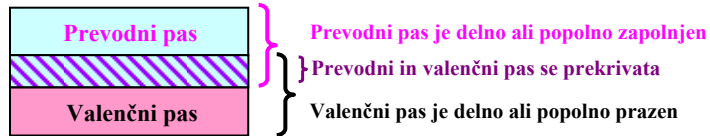
ENERGIJA PREPOVEDANEGA PASU

4.2.2
196

- Potrebna energija za prestop valenčnih elektronov v prevodni pas (W_g, E_g).

- **Primerjava z drugimi vrstami materialov**

- **Prevodniki** (leva stran periodnega sistema):



- Slabo vezani valenčni elektroni na atomsko jedro,
 - Pri sobni temperaturi so valenčni elektroni v prevodnem pasu → dobra električna prevodnost.

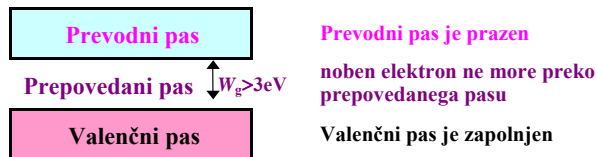


2

ENERGIJA PREPOVEDANEGA PASU

4.2.2
196

- **Izolanti** (desna stran periodnega sistema):



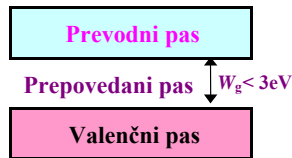
- Čvrste vezi med valenčnimi elektroni in jedrom atoma → ni prostih elektronov,
 - Prevodni pas je prazen, ni nosilec elektrine → slaba električna prevodnost.



3

ENERGIJA PREPOVEDANEGA PASU

■ Polprevodniki:



Prevodni pas je prazen

noben elektron ne more preko prepovedanega pasu brez dovedene zunanje energije

Valenčni pas je zapolnjen

4.2.2
196

- **Sobna temperatura:** večina valenčnih elektronov vezanih na jedra atomov,
- **Malo prostih elektronov** → obnašajo se kot izolanti,
- **Ob dovedeni energiji** mnogi valenčni elektroni pretrgajo kovalentne vezi → preidejo v prevodni pas,



4

ENERGIJA PREPOVEDANEGA PASU

■ Polprevodniki:

- **Mesto iz katerega se je izluščil elektron v valenčnem pasu** → vrzel → atom električno pozitiven,
- **$n = p$**
- **Vrzeli in prosti elektroni so gibljivi nosilci elektrine** → tok = Σ toka prostih elektronov in vrzeli,
- **Nastali prosti elektroni in vrzeli** izboljšajo prevodnost polprevodnika → slab prevodnik.
- **To prevodnost imenujemo *lastna* (notranja ali intrinistična γ_i).**
- **Število generiranih parov elektronov in vrzeli je odvisno od temperature. Število parov pri sobni temperaturi:**
 - **Ge:** $n_i = 2.39 \cdot 10^{13}$ parov/ cm^3
 - **Si:** $n_i = 1.52 \cdot 10^{10}$ parov/ cm^3

4.2.2
197

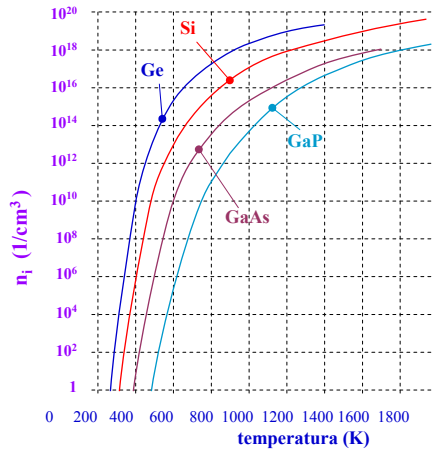


5

ENERGIJA PREPOVEDANEGA PASU

Polprevodniki:

- Odvisnost število generiranih parov elektronov in vrzeli od temperature pri različnih materialih.



28.11.2008 9:41

Polprevodniki

13

4.2.2
197

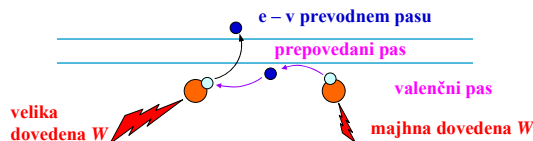


6

ENERGIJA PREPOVEDANEGA PASU

Polprevodniki:

- Čas od nastanka prostega elektrona do *rekombinacije* z vrzeljo (življenska doba) $\approx 10 \mu s$, \rightarrow število generiranih parov je enako številu rekombinacij.
- Mehanizem potovanja prostih elektronov: fizično premikanje.
- Mehanizem potovanja vrzeli: vrzeli so vezane na atom, ta se ne more premikati. Vrzeli zapolnjujejo prosti elektroni.



- Ob zunanjem električnem polju potujejo elektroni v prevodnem pasu v nasprotni smeri E , vrzeli v valenčnem pasu pa v smeri E .

28.11.2008 9:41

Polprevodniki

14

4.2.2
198

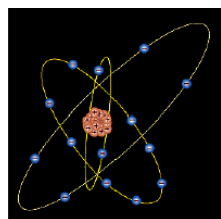


TIPI POLPREVODNIKOV

Polprevodnik brez primesi

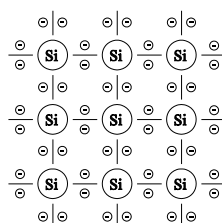
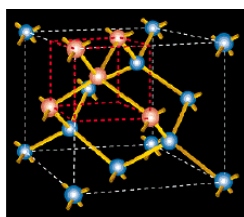
4.3
198

- Najpogosteje uporabljena polprevodna elementa: Ge in Si,
- Valenca: 4



Si atom

- Kristalna struktura: kubična s kovalentnimi vezmi.



Si kristal

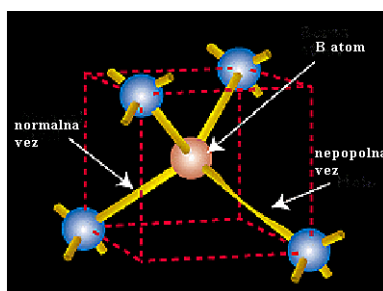


TIPI POLPREVODNIKOV

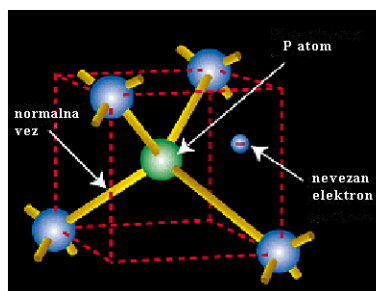
Polprevodnik s primesmi

4.3
198

- Če 4 valentnemu polprevodniku (Ge, Si) dodamo 3 ali 5 valentne atome → *dopirani polprevodnik (polprevodnik s primesmi)*.



3 valentne primesi: B, Al, Ga



5 valentne primesi: P, As, Sb

- Že male koncentracije tujih atomov ($1:10^6$) močno spremenijo električne lastnosti polprevodnika.

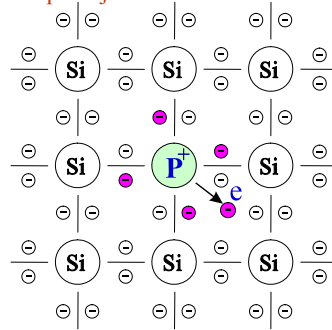
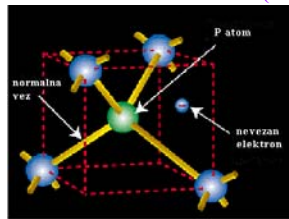


N TIP POLPREVODNIKA

4.3.1
199

■ Dopirni elementi so 5 valentni: P, As, Sb

- zasedajo mesto Si atoma,
- tvorijo 4 kovalentne vezi,
- peti valenčni elektron P:
 - ima majhno vezalno energijo na jedro atoma,
 - pri majhni dovedeni energiji se odcepi od jedra:
 - preide v prevodni pas
 - nastane negibljiva vrzel (ne sodeluje pri el. toku),
 - atom P se ionizira (+Q).



28.11.2008 9:41

Polprevodniki

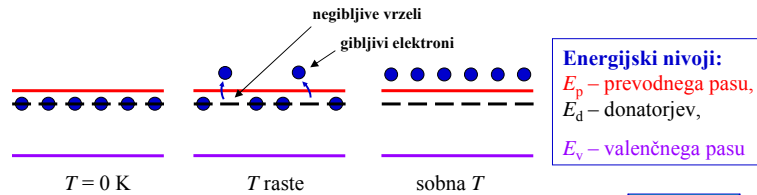
17



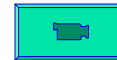
N TIP POLPREVODNIKA

4.3.1
199

- Potrebna energija za ionizacijo primesnih atomov (0.04 – 0.05 eV), → mnogo manj od W_g čistega polprevodnika (Si - 1.12 eV, Ge - 0.67 eV).
- Pri sobni temperaturi so vsi primesni atomi ionizirani.



- 5 valentni primesni atomi dajejo polprevodniku proste elektrone → darovalci (**donatorji**).



- Večinski nosilci elektrine so elektroni, manjšinski vrzeli → $n > p$ → N tip.

28.11.2008 9:41

Polprevodniki

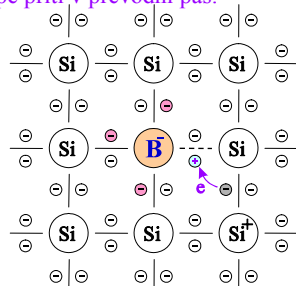
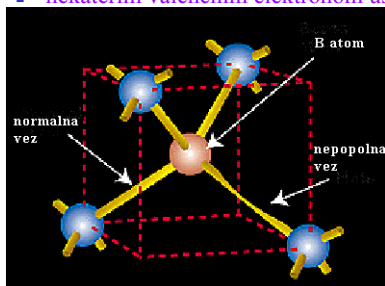
18



P TIP POLPREVODNIKA

4.3.2
200

- Dopirni elementi so 3 valentni: **B, Al, Ga, In**
 - zasedajo mesto Si atoma,
 - tvorijo 3 kovalentne vezi,
 - četrta kovalentna vez ni popolna (manjka elektron) → vrzel:
 - pri majhni dovedeni energiji pade v vrzel valenčni elektron sosednjega Si atoma → nastane nova vrzel (gibljiva),
 - atom B se ionizira ($-Q$),
 - nekaterim valenčnim elektronom uspe priti v prevodni pas.



28.11.2008 9:41

Polprevodniki

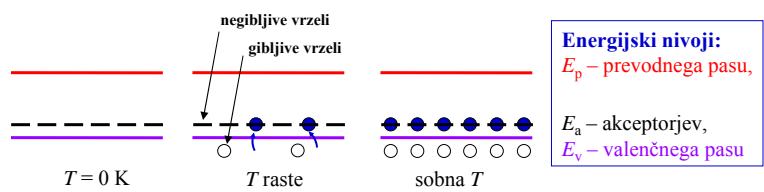
19



P TIP POLPREVODNIKA

4.3.2
200

- Potrebna energija za ionizacijo primesnih atomov ($0.04 - 0.16$ eV).
- Pri sobni temperaturi so vsi primesni atomi ionizirani.



- 3 valentni primesni atomi povečajo koncentracijo vrzeli s tem da vežejo nase elektrone → so prejemniki (akceptorji).
- Večinski nosilci elektrine so gibljive vrzeli, manjšinski elektroni → $n < p$ → P tip.



28.11.2008 9:41

Polprevodniki

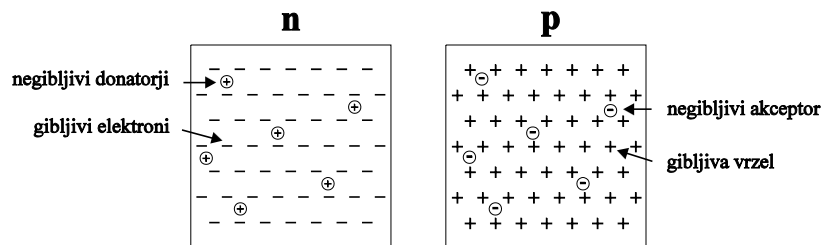
20



PN SPOJ POLPREVODNIKA

4.3.3
200

- Uporaba samo enega tipa polprevodnika je zelo redka (NTK upori, foto upori, termistorji, fotocelice, ...).
- V elektrotehniki se najpogosteje koristi spoj obeh tipov (PN spoj), ki je osnova vseh elektronskih elementov.
- Električne razmere v N in P tipu polprevodnika:
 - Vsak tip je električno popolnoma nevtralen,
 - N tip ima gibljive elektrone, P tip pa vrzeli.



28.11.2008 9:41

Polprevodniki

21

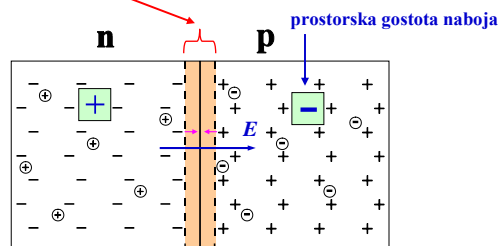


2

PN SPOJ POLPREVODNIKA

4.3.3
201

- Ob združitvi obeh tipov pride do:
 - difuzije (prehoda) nosilcev nabojev preko stične ploskve. Vrzeli potujejo iz p v n-tip, elektroni pa v nasprotni smeri,
 - ob srečanju prostega elektrona in vrzeli se rekombinirata,
 - poruši se električna nevtralnost tipa polprevodnika,
 - nastane električno polje (zaporna napetost),
 - **zaporna plast.**



28.11.2008 9:41

Polprevodniki

22

PN SPOJ POLPREVODNIKA PRIKLJUČEN NA NAPETOST

4.3.4
201

- Glede na polariteto priključene napetosti ločimo:
 - zaporno smer,
 - prevodno smer.
- **Zaporna smer:**
 - priključna napetost se prišteje zaporni napetosti pn spoja,
 - zaporni pas se razširi,
 - spoj je neprevoden → ni električnega toka.

28.11.2008 9:41
Polprevodniki
23

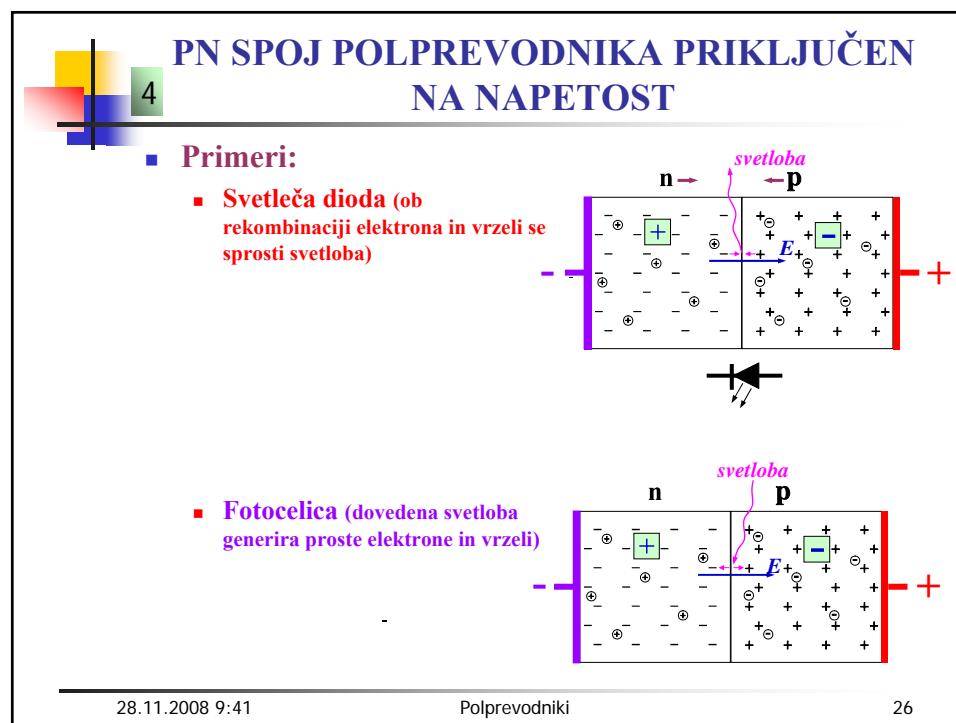
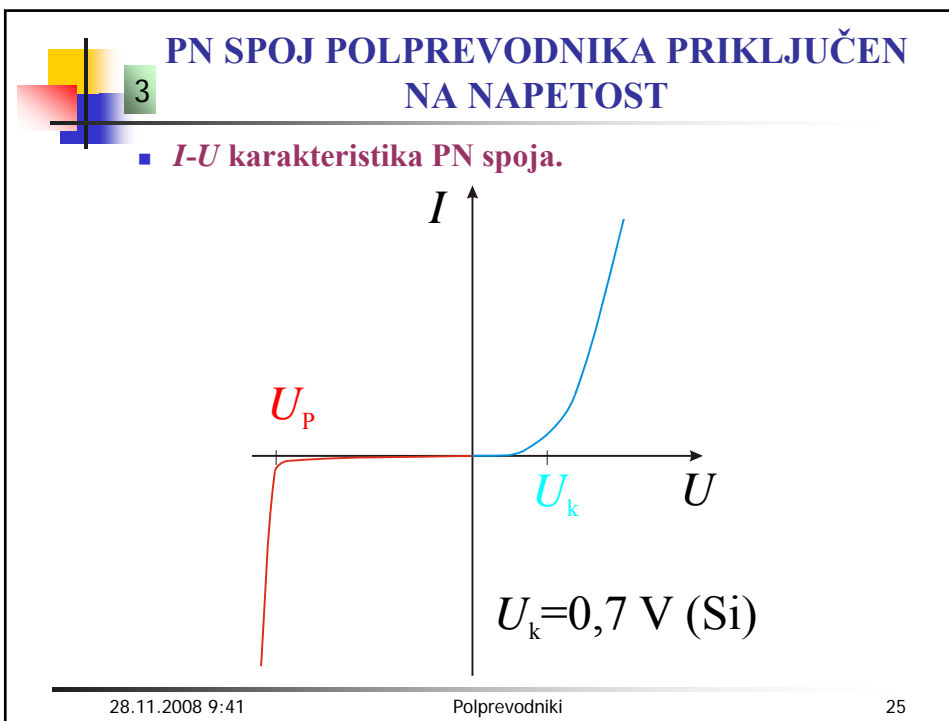
PN SPOJ POLPREVODNIKA PRIKLJUČEN NA NAPETOST

4.3.4
202

2

- **Prevodna smer:**
 - priključna napetost nasprotuje zaporni napetosti pn spoja,
 - zaporni pas se zoži, pri dovolj veliki napetosti izgine,
 - spoj je prevoden.

28.11.2008 9:41
Polprevodniki
24



PRIDOBIVANJE POLPREVODNIH MATERIALOV

- Za izdelavo elektronskih elementov uporabljamo:
 - čiste polprevodne materiale ali,
 - polprevodne materiale s **točno določenimi primesmi** (vrsto in koncentracijo).
- Zgradba polprevodnikov je lahko:
 - **monokristalna** (eno kristalna) brez strukturnih napak - (Ge, Si, - diode, tranzistorji, integrirana vezja, procesorji, ...),
 - **polikristalna** (mnogo kristalna - (selen - usmerniki, varistorji, termistorji, NTK upori, ...),
 - **amorfna** (foto celice, ...).
- Potrebna čistost za izdelavo elektronskih elementov:
 - čistost polprevodnikov ima izreden vpliv na lastnosti,
 - kemijsko čisti materiali 99.0 %,
 - **polprevodniki 99.9999 %,**
 - **kriterij čistosti je 1 ppm (one partical per milion).**

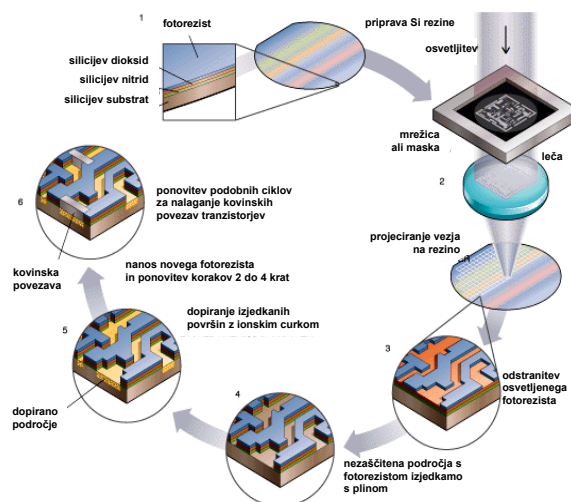
4.4
202

28.11.2008 9:41

Polprevodniki

27

POSTOPKI IZDELAVE ELEKTRONSKIH KOMPONENT



4.6
215

28.11.2008 9:41

Polprevodniki

28

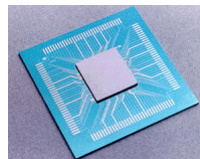
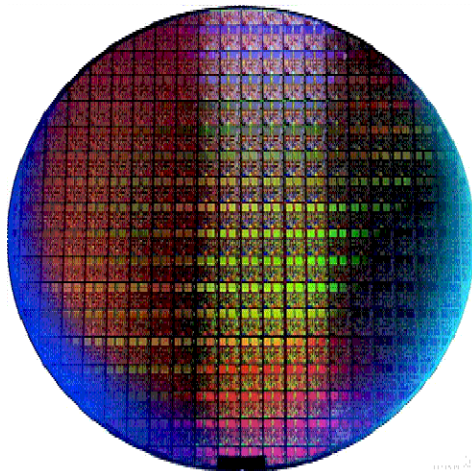


3

POSTOPKI IZDELAVE ELEKTRONSKIH KOMPONENT

- Zunanji videz sprocesirane rezine polprevodnika

4.6
215



28.11.2008 9:41

Polprevodniki

29



Toliko o polprevodnikih