

Meno a priezvisko:  
 Škola:  
 Predmet:  
 Školský rok/blok:  
 Skupina:  
 Trieda:  
 Dátum:

Škola pre mimoriadne nadané deti a Gymnázium  
 Fyzika

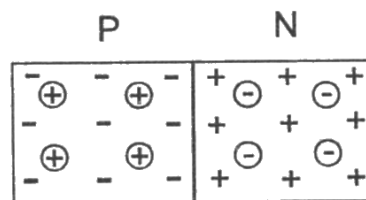
Teória

## Elektrický prúd v polovodičoch

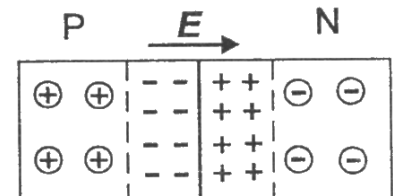
Prechod PN; Polovodičová dióda ; Tranzistorový jav

### 1.2 Prechod PN

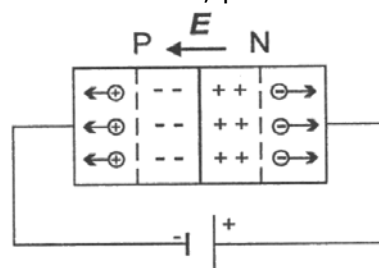
Prechod PN je oblasť polovodiča, v ktorej sa typ P mení na typ N. Oblasť typu P obsahuje pohyblivé kladné diery a v mriežke viazané akceptory, ktoré sú po prijatí elektrónu záporné. Oblasť typu N obsahuje voľné elektróny a v mriežke viazané donory, ktoré sú po strate elektrónu kladné.



Hneď po vzniku PN priechodu v dôsledku difúzie začnú diery z oblasti P prechádzať do oblasti N, kde rekombinujú a voľné elektróny z oblasti N do P. Výsledkom difúzie je, že v oblasti P ostane nevykompenzovaný záporný náboj akceptorov a v oblasti N nevykompenzovaný kladný náboj donorov. Preto medzi oblasťami N a P vznikne napätie a v prechode PN elektrické pole, ktoré bráni ďalšej difúzii. Vzniknuté napätie sa nazýva **difúzne napätie**. Jeho hodnota pre kremík je asi 0,7V a pre germánium 0,3V. Vrstva okolo rozhrania je zbavená voľných nábojov, preto má veľký odpor. Nazýva sa **hradlová vrstva**.

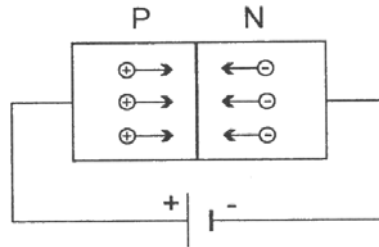


Ak pripojíme priechod PN na vonkajšie napätie tak, že kladný pól zdroja je pripojený na oblasť typu N, napätie medzi oblasťami N a P sa zväčší, preto sa hradlová vrstva ešte rozšíri.



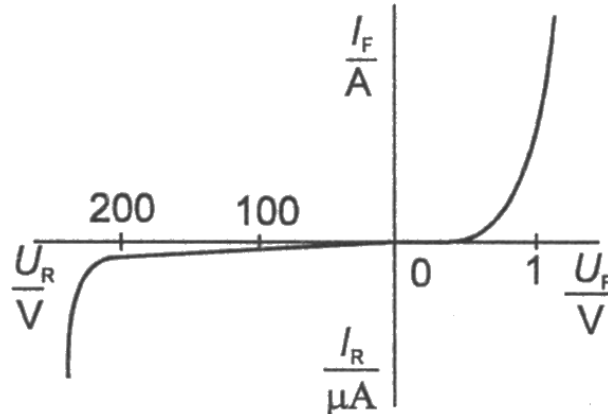
Priechodom PN prechádzajú iba minoritné častice, preto prúd priechodom je veľmi malý. Hovoríme, že PN prechod je zapojený v **závernom smere**.

Ak pripojíme PN prechod na vonkajšie napätie tak, že kladný pól zdroja je pripojený na oblasť typu P, tak pokiaľ je vonkajšie napätie malé (menšie ako difúzne napätie), prúd priechodom je malý, ale hradlová vrstva sa zužuje. Ak vonkajšie napätie prekročí hodnotu difúzneho napätia, hradlová vrstva zanikne, intenzita poľa v prechode zmení smer a priechodom začnú prechádzať majoritné častice.



Prúd prechodom bude s rastúcim napätím rásť. Hovoríme, že priedoch PN je zapojený v **priepustnom smere**.

Voltampérová charekteristika priedochu PN:



Má časť v priepustnom smere (I. kvadrant) a časť v závernom smere (III. kvadrant). Prúd a napätie v priepustnom smere označujeme  $I_F$ ,  $U_F$ ; v závernom  $I_R$ ,  $U_R$ . Charakteristická rovnica prechodu PN je

$$I = I_S \left( e^{\frac{eU}{kT}} - 1 \right)$$

kde  $I_S$  je prúd súvisiaci s konštrukciou prechodu,  $k$  je Boltzmanova konštanta. V pomerne širokom rozsahu napätí sa zhoduje s krivkou voltampérovej charakteristiky.

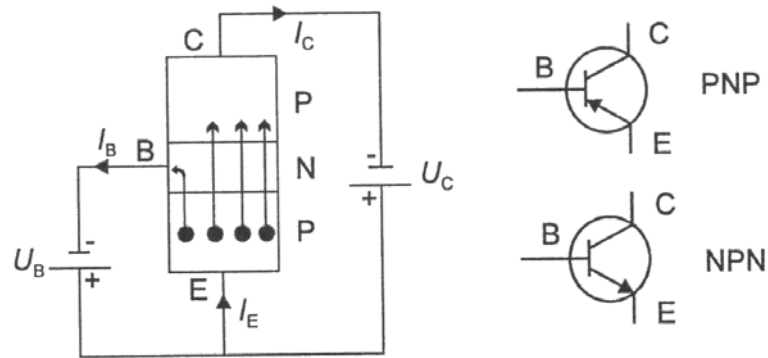
Polovodičová súčiastka s jedným PN prechodom sa nazýva **polovodičová dióda**. Z charakteristiky prechodu PN vyplýva, že polovodičová dióda je nelineárny dvojpól. Vývod pripojený k časti P sa nazýva **anóda**, vývod pripojený k časti N je **katóda**. Používa sa najmä na usmerňovanie striedavých prúdov, ale aj na demoduláciu signálov, ako spínací prvok, stabilizátor napätia atď. Značka polovodičovej diódy je na obrázku.



### 1.3 Tranzistorový jav

Tranzistorový jav spočíva v zosilnení prúdu, napätia resp. výkonu, ktoré sa dosiahne pomocou dvoch prechodov PN (NP). Polovodičová súčiastka, ktorá využíva tranzistorový jav sa nazýva **tranzistor**.

Základom tranzistora je doštička polovodiča, v ktorej sú vytvorené dva prechody PN, resp. tri oblasti v poradí P-N-P alebo v poradí N-P-N. Stredná oblasť sa nazýva **báza B**, zvyšné oblasti sú **emitor E** a **kolektor C**. Priedoch medzi bázou a emitorom sa nazýva emitorový, medzi bázou a kolektorom kolektorový. Princíp činnosti tranzistora PNP a NPN je rovnaký, preto budeme ďalej uvažovať tranzistor typu PNP. Najpoužívanejším zapojením tranzistora je zapojenie so spoločným emitorom.



Ak pripojíme zdroj napätia medzi kolektor a bázu tak, že emitorový prechod je zapojený v priepustnom smere a kolektorový v závernom smere, bude kolektorový prúd  $I_C$  malý. Ale **ak pripojíme zdroj napätia na emitorový prechod tak, aby bol zapojený v priepustnom smere, diery z emitora prejdú do bázy, kde sú minoritnými časticami, teda môžu prejsť kolektorovým prechodom, hoci je v závernom smere.** Báza je vyrobená tak, že jej objem je malý a má malú koncentráciu prímiesí. Potom iba malá časť dier v báze rekombinuje a podieľa sa na báзовom prúde  $I_B$ . Prevažná väčšina dier prejde do kolektora a tvorí kolektorový prúd  $I_C$ , ktorý je oveľa väčší ako  $I_B$ . Podľa 1. Kirchhoffovho zákona platí:

$$I_E = I_C + I_B \text{ resp. } I_B = I_E - I_C \lll I_C$$

Malé zmeny napätia (rádovo desiatín V)  $\Delta U_{BE}$  medzi emitorom a bázou tranzistora vyvolajú malé zmeny báзовého prúdu  $\Delta I_B$ , ktoré vyvolajú veľké zmeny kolektorového prúdu  $\Delta I_C$ , čo je podstata použitia tranzistora ako zosilňovača. Charakteristikou tranzistora ako zosilňovača je prúdový zosilňovací činiteľ

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \text{ pri } U_{CE} = \text{konšt.}$$

kde  $U_{CE}$  je napätie medzi kolektorom a emitorom. Bežné tranzistory majú prúdový zosilňovací činiteľ  $\beta$  od 20 do 200.