

Usmerňovacie prvky

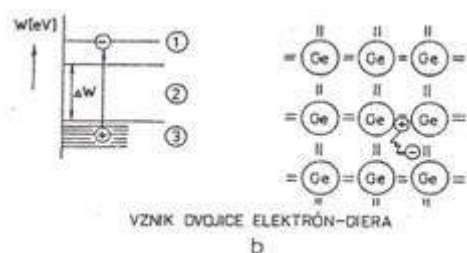
Fyzikálna podstata činnosti polovodičových obvodových súčiastok

El. prúd v polovodičoch

Charakteristický znak polovodičov: veľká závislosť merného odporu od čistoty látky a od vonkajších podmienok, napr. od teploty. Vodivosť polovodičov s rastúcou teplotou stúpa a podstatne závisí od prítomnosti cudzích prvkov (prímesí) v kryštálovej mriežke polovodiča. Fyzikálne vlastnosti polovodičov využívajú pri svojej činnosti polovodičové obvodové súčiastky napr.: diódy, tranzistory, tyristory, integrované obvody.

Vlastný polovodič (čistý polovodič)

Atómy Ge, Si sú 4-mocné. Sú pravidelne usporiadané v kryštálovej mriežke. Každý atóm Ge, Si susedí so 4 ďalšími atómami. Dvojica susediacich atómov má vždy 2 spoločné elektróny = kovalentná väzba. Pri veľmi nízkych teplotách v takto vytvorenej kryštálovej mriežke nie sú voľné elektróny a kryštál čistého Ge, Si sa správa ako izolant.



Nevlastné polovodiče (prímesové)

Na výrobu polovodičových obvodových súčiastok sa používajú nevlastné (prímesové) polovodiče. V týchto polovodičoch sa časť atómov kryštálovej mriežky vlastného polovodiča nahrádza atómami prímesí. Ako prímes pre Ge, Si sa používajú:

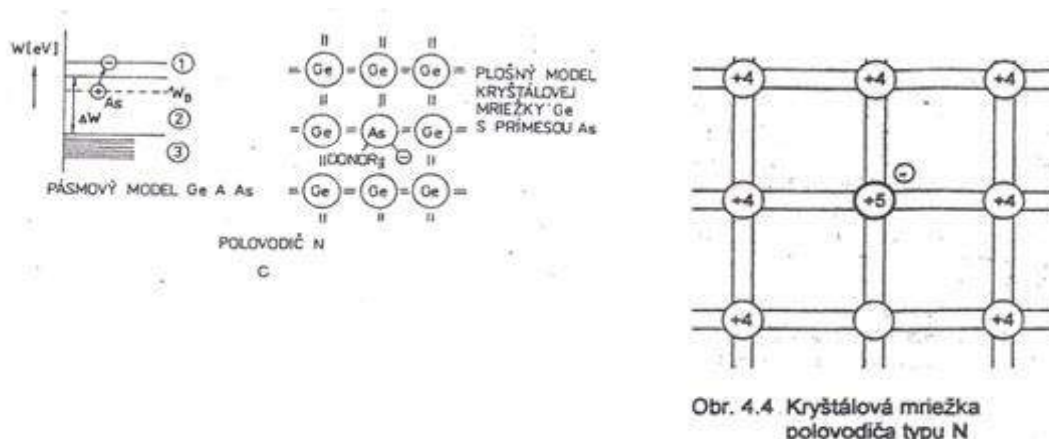
1.) Päťmocné prvky – donory (napr. Arzén – As)

Donor – „darca voľných elektrónov“.

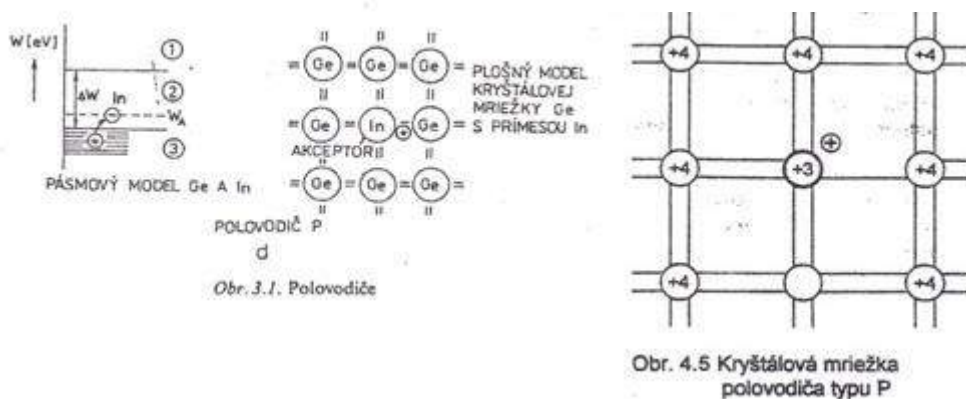
2.) Trojmocné prvky – akceptory (napr. Indium – In)

Akceptor – „prijemca voľných elektrónov“

- a) Ge s prímesou 5-mocného prvku, As 5-mocný prvok, má 5 valenčných elektrónov, 1 je v kovalentnej väzbe prebytočný. Na každý atóm As bude zvyšovať 1 elektrón, kt. sa nezúčastní kovalentných väzieb. Prevládajúce nositeľa nábojov sú záporne nabité elektróny. Takýto nevlastný polovodič má **elektrónovú vodivosť** a nazývame ho polovodič N (negatívne nosiče).



- b) Ge s prímесou 3-mocného prvku. In 3-mocný prvok má 3 valenčné elektróny, takže jedna z väzieb je neobsadená – nenasýtená väzba – diera, do ktorej môže prejsť iný voľný elektrón. Diery podobne ako elektróny sú nositeľmi el. náboja, ale kladného. Polovodič má **dierovú vodivosť** a nazývame ho polovodič P (pozitívne nosiče).



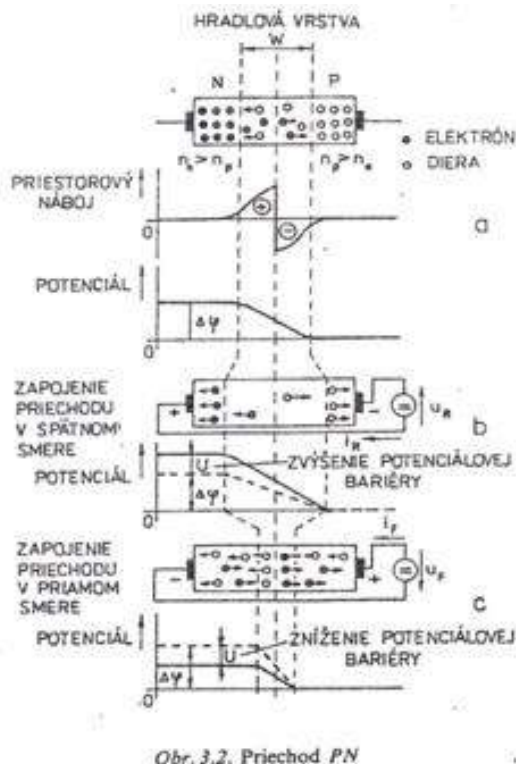
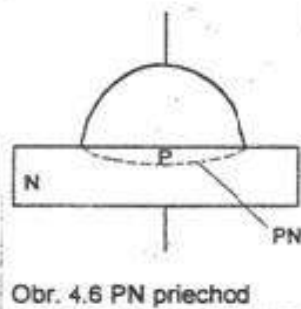
- a) w_D – donorová energetická hladina, kt. je obsadená elektrónom a nachádza sa pod dolnou hranicou vodivostného pásma. Prijatím malého množstva energie (tepelnej) sa môže tento elektrón uvoľniť do vodivostného pásma.
- b) w_A – akceptorová energetická hladina, kt. je neobsadená a nachádza sa nad hornou hranicou valenčného pásma. Dodaním nevelkého množstva energie môže elektrón z valenčného pásma obsadiť akceptorovú hladinu čím vo valenčnom pásme vzniká voľná diera.

Polovodičový priechod PN

Spojité rozhranie medzi oblasťou s vodivosťou P a N sa nazýva priechod PN. Vyrába sa tak, že na základnú doštičku typu N sa naniesie kúsok 3-mocného prvku (In). Zahrievaním sa roztopí a na tomto mieste sa vytvorí oblasť P (zliatinová metóda).

Polovodičový priechod má **usmerňovací účinok**, kt. nazývame **diódový jav** (polovodičová dióda). Podľa polarít pripojeného napätia môže byť PN priechod zapojený v 2. Smeroch:

- Nepriepustný smer (záverný, spätný)
- Priepustný smer (priamy)



a) Zapojenie PN priechodu – pomery bez vonkajšieho vplyvu

V dôsledku nerovnováhy medzi oblasťami budú elektróny z oblastí prúdiť do oblasti P a opačne. Medzi oblasťami pôsobia príťažlivé elektrostatické sily až dovtedy, kým sa nevytvorí rovnovážny stav. Medzi oblasťami vzniká el. pole a potenciálová bariéra, kt. svojím pôsobením zabráni ďalšiemu premiestňovaniu elektrónov a napätie medzi oblasťami sa ustáli.

W – hradlová vrstva – málo vodivá oblasť ochudobnená o nosiče.

b) Zapojenie priechodu v spätnom smere

Potenciálovú bariéru môžeme zväčšiť, ak k PN priechodu pripojíme vonkajší zdroj napätia. Na oblasť P pripojíme záporný pól zdroja. Na oblasť N pripojíme kladný pól zdroja. Nastane pohyb nosičov nábojov. Elektróny v polovodiči N a diery v polovodiči P sú od PN priechodu odťahované. Hradlová vrstva sa rozšíri. Potenciálová bariéra sa zvýši, odpor priechodu rastie.

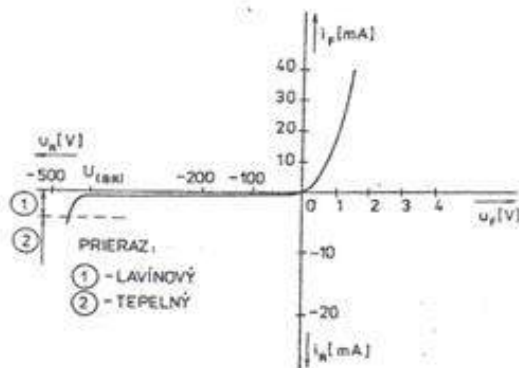
PN priechodom nepotečie prúd. Hovoríme, že PN priechod je polarizovaný v nepriepustnom smere.

c) Zapojenie priechodu PN v priamom smere

Vymeníme polaritu napájacieho zdroja. Na oblasť N pripojíme záporný pól, na P kladný pól zdroja. Nastane pohyb nosičov nábojov – elektróny a diery sú tlačené na PN priechod. Hradlová vrstva sa zúži, potenciálová bariéra sa zníži, odpor priechodu klesá a **priechodom tečie prúd. Vtedy je priechod zapojený v priamom smere.**

VA charakteristika PN priechodu

- a) Priepustný smer $u_F = f(i_F)$ – PN priechodom tečie prúd.
- b) Nepriepustný smer $u_R = f(i_R)$ – pri zvyšovaní napätia na PN priechode nastáva pri napätí $u_R = U_{BR}$ **lavínový prieraz** – je to napätie, kt. sa môže periodicky opakovať a nepoškodí PN priechod. Poškodenie PN priechodu nastáva až pri **tepelnom prieraze** a to veľkým prúdovým zaťažením, vtedy sa priechod zohrieva.



Obr. 3.3. Charakteristika VA priechodu PN

Polovodičové diódy

Sú najjednoduchšie polovodičové obvodové súčiastky, kt. využívajú pri svojej činnosti usmerňovacie účinky PN priechodu. Najjednoduchšie sú preto, že majú len 2 vrstvy, teda 1 PN priechod.

Druhy polovodičových diód:

a) Podľa funkčného určenia:

- 1.) Usmerňovacie diódy (usmerňovače)
- 2.) Zenerové diódy – stabilizačné diódy (stabilizátory)
- 3.) Kapacitné diódy – varikapy (rezonančné obvody)
- 4.) Tunelové diódy (zosilňovače, oscilátory)

b) Podľa schopnosti zniesť rôznu záťaž alebo podľa frekvencie striedavého prúdu:

- 1.) Nízkofrekvenčné
- 2.) Vysokofrekvenčné

Parametre polovodičovej diódy:

- Prahové napätie U_{T0} – el. napätie, pri ktorom dôjde k zrušeniu hradlovej vrstvy a diódou začína pretekať prúd.
- Prierazové napätie $u_R = U_{BR}$ – el. napätie, kt. pôsobí pri zapojení v závernom smere, zničenie PN priechodu.

- VA charakteristika – závislosť prúdu pretekajúceho diódou od napätia medzi vývodmi.
- Maximálne zaťaženie - najväčší možný výkon el. prúdu, kt. nepoškodí diódu.
- Maximálny prúd – najväčší prúd, kt. môže prechádzať diódou.
- Tepelnú rozmedzie – rozmedzie teplôt, pri ktorých môže dióda pracovať.

1.Usmerňovacie diódy

Môžu byť Si, Ge. Sú to elektronické súčiastky určené na premenu striedavého prúdu na jednosmerný.

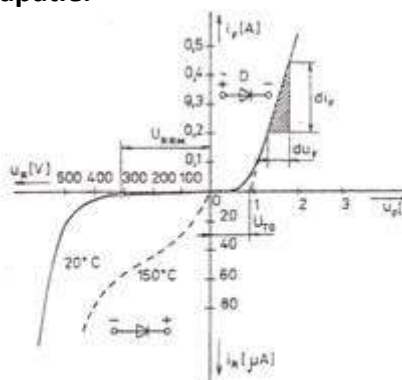
Prevádzkové stavy diódy:

- Na A (anódu) pripojíme záporný pól a na K (katóda) kladný pól zdroja, žiarovka sa nerozsvieti, dióda je polarizovaná **záverne**.
- Na A pripojíme kladný pól, na K záporný pól zdroja, žiarovka sa rozsvieti, dióda je polarizovaná **priepustne**.

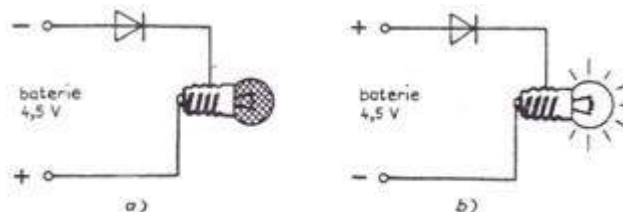
Priepustný smer – priepustný prúd je pri nízkom napätí nepatrný a až od určitej hodnoty sa značne zväčšuje. VA charakteristika je v priepustnom smere určená **prahovým napätím** U_{T0} , pri ktorom diódou začína prakticky pretekať prúd. Po prekročení prahového napätia prúd a napätie na dióde stúpajú lineárne. V priepustnom smere je charakteristika ešte určená **dynamickým odporom**.

$$r_d = \frac{du_F}{di_F}$$

Záverný smer – záverný prúd je nepatrný a zväčšuje sa až pri napätí U_{BR} – **prierazné napätie**. V závernom smere je dióda ohraničená napätím U_{RRM} – **maximálne prípustné opakovateľné napätie**.



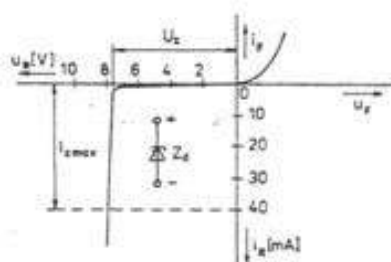
Obr. 3.4. Charakteristika VA kremikovej diódy



Obr. 165. Dioda v závernom a vodivom stave

2. Zenerové diódy

Zenerová dióda je dióda, ktorej VA charakteristika vykazuje prudký zlom v spätnom smere pri určitom napätí $u_r = U_z$. Je to napätie, pri ktorom nastáva Zenerov prieraz a nazývame ho Zenerové napätie. Prudký zlom VA charakteristiky v spätnom smere sa dosahuje pri veľkých intenzitách el. poľa a vysokých koncentráciách prímiesí. Po prekročení U_z sa záverný prúd veľmi rýchlo zväčšuje, ale napätie privedené na diódu cez ochranný rezistor sa mení veľmi málo. Tento jav sa využíva na **stabilizáciu napätia** a diódu s týmito vlastnosťami nazývame **stabilizačná dióda**. Využitie: jednoduchý stabilizátor napätia – stabilizácia jednosmerného napätia zenerovou diódou.

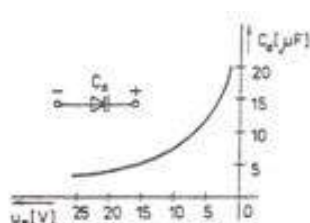


Obr. 3.5. Charakteristika VA Zenerovej diódy

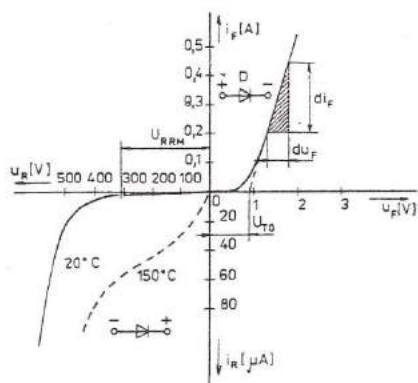
3. Kapacitné diódy

Správanie tejto diódy opisuje VoltFaradová charakteristika $C_d = f(u_R)$ je to závislosť kapacity od napätia. Zvyšovaním napätia sa kapacita znižuje.

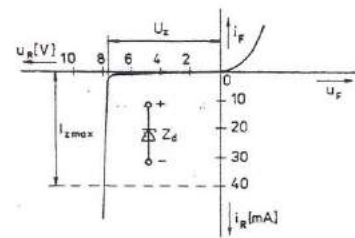
Využitie: rezonančné obvody – namiesto otočných kondenzátorov.



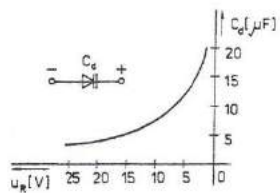
Obr. 3.6. Voltfaradová charakteristika kapacitnej diódy



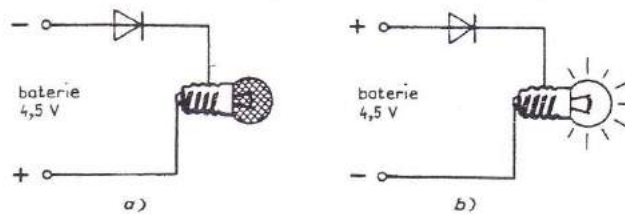
Obr. 3.4. Charakteristika VA kremikovej diódy



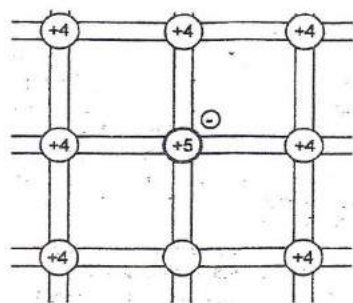
Obr. 3.5. Charakteristika VA Zenerovej diódy



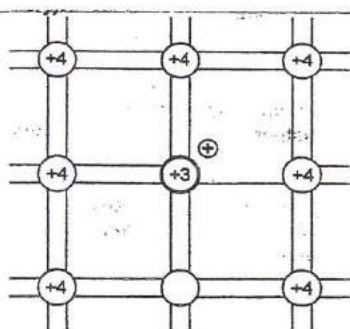
Obr. 3.6. Voltfárová charakteristika kapacitnej diódy



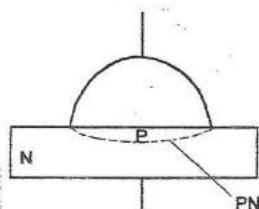
Obr. 165. Dioda v závěrném a vodivém stavu



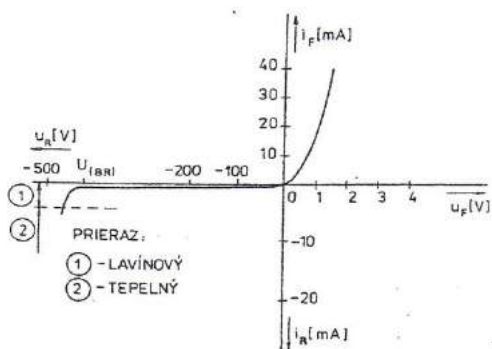
Obr. 4.4 Kryštálová mriežka polovodiča typu N



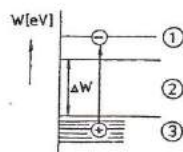
Obr. 4.5 Kryštálová mriežka polovodiča typu P



Obr. 4.6 PN priechod

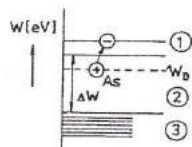


Obr. 3.3. Charakteristika VA priechodu PN



VZNIK DVOJICE ELEKTRÓN-DIERA

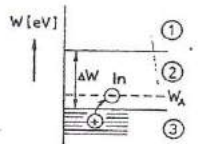
b



PÁSMOVÝ MODEL Ge A As

POLOVODIČ N

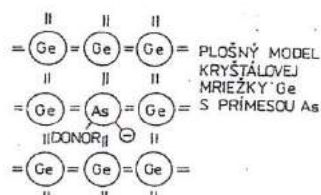
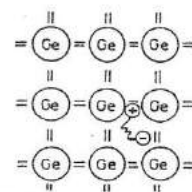
c



PÁSMOVÝ MODEL Ge A In

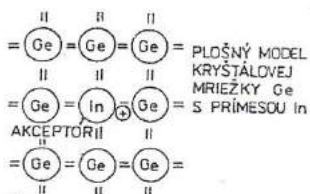
POLOVODIČ P

d



POLOVODIČ N

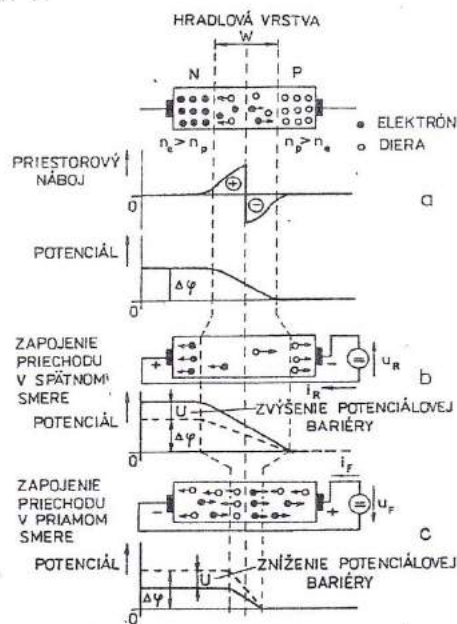
c



POLOVODIČ P

d

Obr. 3.1. Polovodiče



Obr. 3.2. Priechod PN