

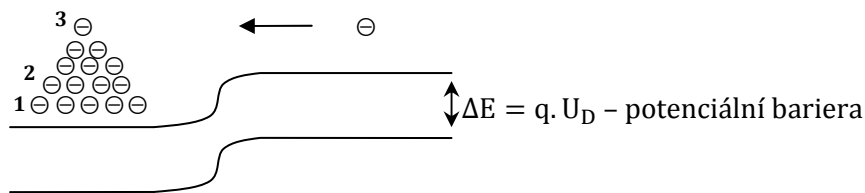
w... vyprázdněná oblast vzniklá pomocí difúze

- vlastní vodivost uvolní \ominus a ten přejde do N a stane se majoritní

- Fermiho hladina není přímka - difuze a drift; je-li přímka \rightarrow termodynamická rovnováha
- N - donorů \uparrow , minoritní díry
- P - majoritní akceptory, minoritní díry

$$U_D = E \cdot w$$

V čase t_0 vzniká PN přechod, v čase t_1 dochází k difúzi, elektrony se pohybují z N do P, kde rekombinují s dírami. Začíná vznikat vyčerpaná oblast, kde nejsou žádné volné náboje. V čase t_2 difuze skončila, ale začíná se projevovat tzv. drift, kdy vzniká pole z ionizovaných atomů začne působit na minoritní nosiče. V t_3 nastane termodynamická rovnováha $E_{F_N} = E_{F_P}$. Máme vyčerpanou oblast $w = l_N + l_P$.

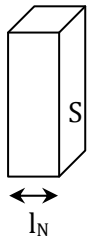


1. nemají dostatek energie a zůstanou v N
2. nemají dostatek energie, ale začnou se pohybovat do P a cestou zrekombinují
3. mají dostatek energie a přejdou do P - difuze
4. vlivem driftu přejde do \ominus jako minor z P do N a stává se majoritní
5. ve vrstvě w se vygeneruje současně elektron a díra a vlivem pole \ominus do N a \oplus do P

Závěr:

- el. pole vytvořené prostorovým nábojem se poskočení difuze začíná bránit majoritním nosičům.
- el. pole však umožňuje tzv. drift (pohyb minorů)
- difuzní síly podporují majory a brání minorům
- proud majoritních nosičů (difuze) závisí na velikosti potenciální bariery
- termodynamická rovnováha $E_{F_N} = E_{F_P}$

Přechod v závěrném směru



$$V = l_N \cdot S$$

$$Q = n \cdot V \cdot q = N_D \cdot S \cdot l_N \cdot q = k \cdot U \Rightarrow C \cdot U$$

$$C_j = \sqrt{\frac{e \cdot \epsilon \cdot N_D \cdot N_A}{2 \cdot (\Phi_D - U) \cdot (N_D + N_A)}} - \text{bariérová kapacita}$$

Φ_D - difuzní napětí, $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$, $\epsilon_{rSi} = 12$

Přechod v propustném směru

- vyprázdněná oblast se zmenší \rightarrow zaniká
- vznik driftové kapacity - nevýhoda

$$C_D = \frac{Q}{U} = \frac{I_n \cdot \tau_{\ominus}}{U}$$

τ_{\ominus} - doba života elektronu (než zrekombinuje)

$I = k \cdot e^U$ - exponenciální průběh

\ominus se pohybují do P než zrekombinují vytvářejí určitý náboj, který brání vstupu dalších nábojů (pole) \rightarrow projeví se jako C_D .

Závěr PN přechodu:

- PN přechod má dvě kapacity, v závěrném směru tzv. bariérovou a difuzní v propustném směru $C_{PN} = C_D + C_j$; C_D ...difuzní kapacita; C_j ...barierová

- šířka vyčerpané oblasti w

$$w = l_N + l_P = \sqrt{\frac{2\epsilon}{q} \cdot (U_D - U) \cdot \frac{N_A + N_D}{N_A \cdot N_D}}$$

- velikost difuzního napětí U_D

$$U_D = \frac{kT}{q} \ln \frac{N_D \cdot N_A}{n_i^2} = U_T \cdot \ln \frac{N_D \cdot N_A}{n_i^2} \quad U_T \dots \text{teplotní napětí (při } T = 300^\circ\text{K)} \quad U_T = 0,026\text{V};$$

$$n_i^2 \dots \text{intristická vodivost} = (n + N_D)(p + N_P)$$

Proud PN přechodem

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

I_S ...saturační proud

$$I = I_S \cdot \left(e^{\frac{U}{U_T}} - 1 \right)$$

pro $U \ll U_T \Rightarrow I = -I_S$ - závěrný směr

pro $U \gg U_T \Rightarrow I = I_S \cdot e^{\frac{U}{U_T}}$ - propustný směr

$$I + I_S = I_S \cdot e^{\frac{U}{U_T}} \quad | \ln$$

$$U = U_T \cdot \ln \frac{I + I_S}{I_S}$$

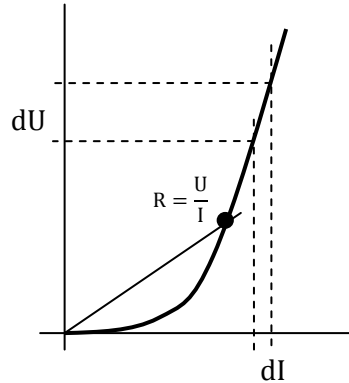
$$I \gg I_S \Rightarrow U = U_T \cdot \ln \frac{I}{I_S}$$

Statický odpor

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U_T \cdot \ln \left(1 + \frac{I}{I_S} \right)}{I_S \cdot \left(e^{\frac{U}{U_T}} - 1 \right)}$$

Dynamický odpor

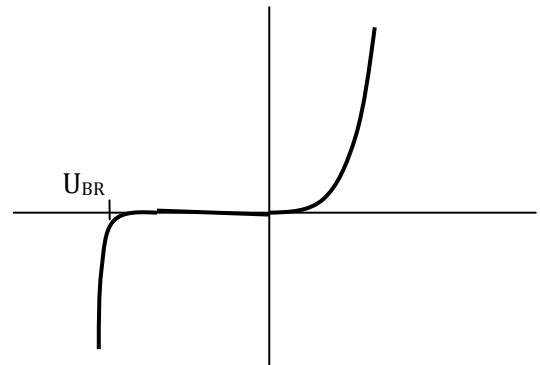
$$R_D = \frac{dU}{dI} \doteq \frac{U_T}{I + I_S} \doteq \frac{U_T}{I}$$



Průraz v PN přechodu

Průrazy:

- Zenerův - el. polem
 - Lavinový
 - Tepelný - destruktivní
 - Povrchový
- } žádoucí (nedestruktivní)



Zenerův průraz

Podmínky:

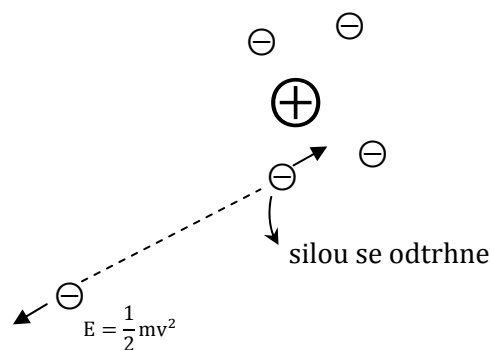
- w - tenké, toho dosáhneme silně dotovaným polovodičem
- hodně velké množství \ominus a \oplus se stejně velkou úrovní energie

Má záporný teplotní součinitel - $T \uparrow, U_Z \downarrow$

Lavinový průraz

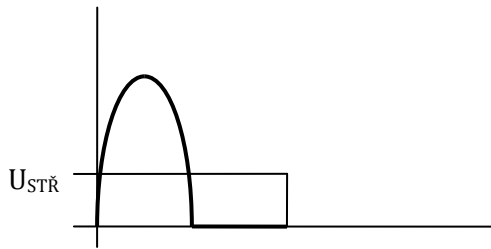
Podmínky:

- w co největší
- vysoká intenzita pole



Vlastnost	Zenerova (tunelová)	lavinová
průrazné napětí	<6,7V Si <4,2V Ge	>4,3V Si >2,8V Ge
teplotní koeficient	-	+
koncentrace nosičů	velká	malá
w	malá	velká

Jednocestné usměrnění



$$\begin{aligned}
 U_{\text{STŘ}} &= \frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{\pi} U \cdot \sin \alpha \cdot d\alpha = \frac{1}{2\pi} \cdot U \cdot [-\cos \alpha]_0^{\pi} = \\
 &= -\frac{U}{2\pi} \cdot [-1 - 1] = -\frac{U \cdot (-2)}{2\pi} = \frac{U}{\pi}
 \end{aligned}$$