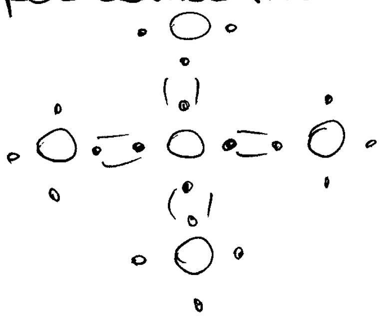
DIODO

(1) CRISTALLO SEMICONDUTTORE

Si : Z=14 (numero atomico)

4 e^- esterni (e^- di VALENZA) disponibili per
→ 4 legami covalenti
↓
disposizione 3D simmetrica (tetraedro)
↓
2D per comodità



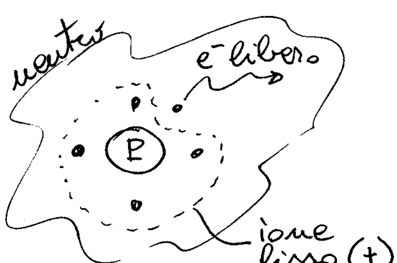
$5 \times 10^{22} \frac{\text{atomi}}{cm^3}$

Rottura di un legame covalente in Si puro
→ creazione contemporanea di $\underline{e^-}$ e $\underline{h.}$
(in Si a $T = 300K$, $n_i \sim 10^{10} \frac{\text{port.}}{cm^3}$).

(2) DROGAGGIO

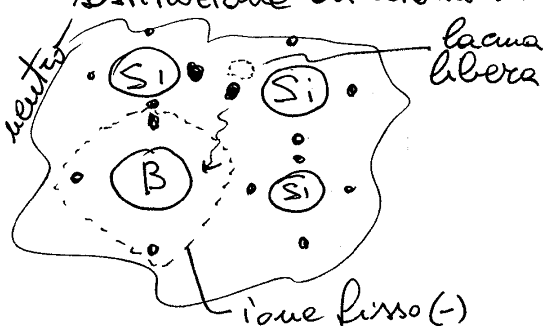
$\boxed{n}$ $\boxed{p}$

P (V gruppo), donore, in sostituzione di atomo di Si.



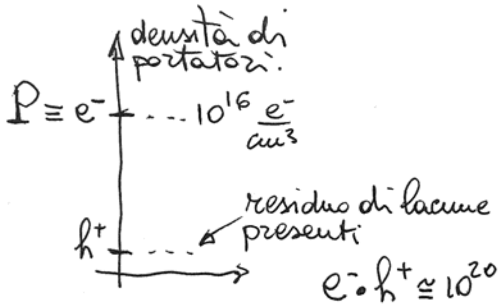
NON viene generata ~~una~~ la lacuna

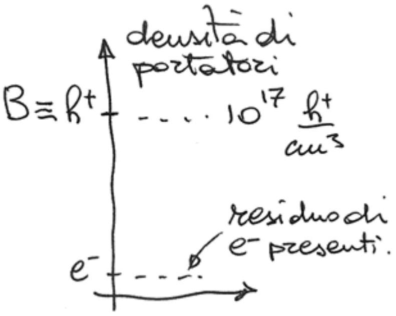
B (III gruppo), accettore, in sostituzione di atomo di Si.



NON viene generato l'elettrone

DROGAGGIO : aggiunta controllata di portatori di carica.

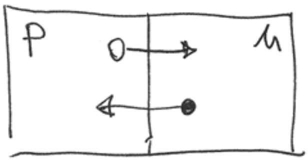




$$\underbrace{e^- \cdot h^+ \cong 10^{20}\ \frac{1}{cm^3}}_{\text{legge di azione di massa}}$$

(3) GIUNZIONE P-N

Contiguità di una zona p con una zona n (qualsivoglie drogate).

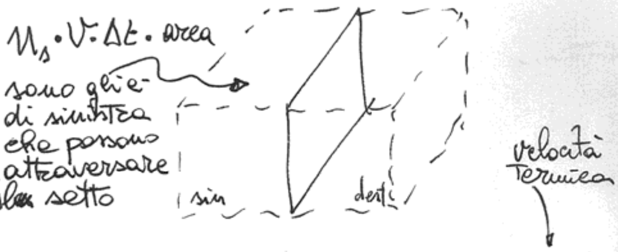


Si attiva trasferimento netto di portatori dalla regione a maggior densità verso quella a minore densità

→ MOTO DI DIFFUSIONE

Ogni lacuna si lascia dietro uno ione ⊖

~~nissuna~~ Ogni elettrone si lascia dietro uno ione ⊕



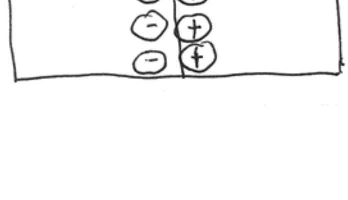
$$I = q\,\frac{n_s \cdot v \cdot \Delta t \cdot area - n_d \cdot v \cdot \Delta t \cdot area}{\Delta t}$$

$$= q\,(n_s - n_d)\, v \cdot area$$

$$= q\,\frac{dn(x)}{dx} \cdot \Delta x \cdot v \cdot area = q\,\frac{dn}{dx} \cdot \underbrace{l}_{\text{lunghezza di diffusione}} \cdot v \cdot area$$

$$\boxed{I = q\,\frac{dn(x)}{dx} \cdot D}$$

Senza aver fatto niente dall'esterno si forma un campo elettrico $\vec{E}$ che contrasta ulteriore diffusione.



zona a cavallo della giunzione in cui ho $\vec{E}_{bi}$ e differenza di potenziale ψ_{bi}

ZCS

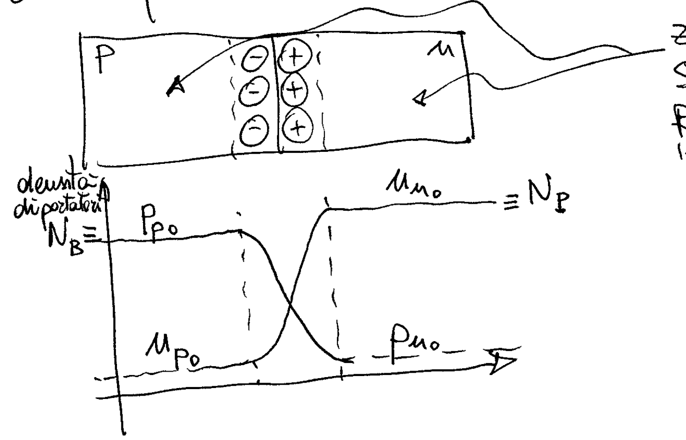
(4) EQUILIBRIO DINAMICO

diffusione ⟷ deriva

$\left(J = qD\frac{dn}{dx}\right)$ $\left(J = qn\mu E\right)$

$\Rightarrow$ corrente netta $\equiv 0$ e $V_{EXT} \equiv 0V$

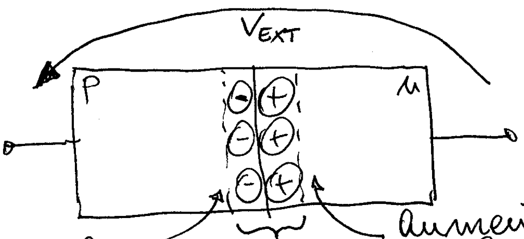
La distribuzione di portatori nella giunzion pn all'equilibrio è:



zone neutre
Stesse concentrazioni di portatori del materiale isolato.

(5) APPLICO TENSIONE ESTERNA "DIRETTA"

cioè tale da diminuire il campo elettrico $\vec{E}_{bi}$



Altero equilibrio fra diffusione e deriva. a favore di diffusione.

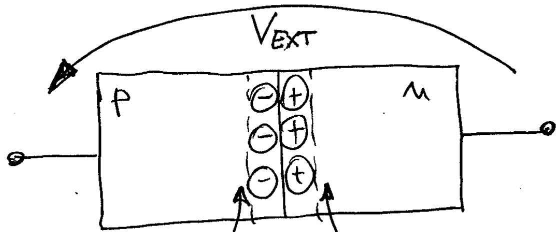
Aumenta la quantità di elettroni (importante)

Aumenta la quantità di lacune (importante)

Diminuisce l'estensione della regione carica (non importante).

(6) LA LEGGE DI AUMENTO DEI PORTATORI CON V_{EXT}

vicino al bordo della ZCS è:



Richiama la distribuzione di probabilità di Maxwell-Boltzmann.

$$P_n = P_{n_0} e^{\frac{V_{EXT}}{KT/q}}$$

$$n_p = n_{p_0} e^{\frac{V_{EXT}}{KT/q}}$$

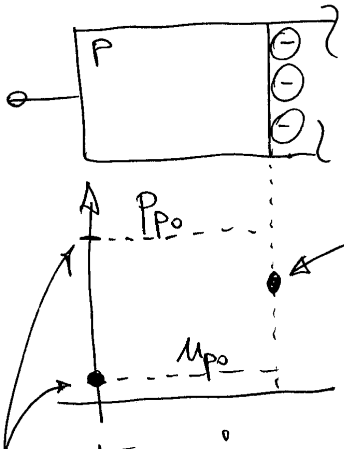
questi sono portatori "minoritari"

I maggioritari sono sempre gli stessi.

(7) ZOOM NELLE DUE REGIONI CONDUTTIVE

sostanzialmente neutre:

Per muoversi i portatori possono solo diffondere!



$$n_p = n_{p_0} e^{\frac{V_{EXT}}{KT/q}}$$

$$J_n = q D_n \frac{dn}{dx}$$

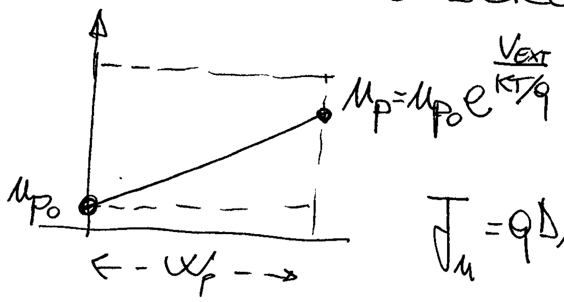
e

$$J_p = q D_p \frac{dp}{dx}$$

La concentrazione al contatto INVARIATE.

8) LA CORRENTE DEVE ESSERE COSTANTE

$\Longrightarrow$ IL PROFILO DI CONCENTRAZIONE DEVE ESSERE LINEARE



$$J_n = q D_n \frac{n_{p0} e^{\frac{V_{EXT}}{KT/q}} - n_{p0}}{W} = q D_n \frac{n_{p0}}{W_p}\left(e^{\frac{V_{EXT}}{KT/q}} - 1\right)$$

Analogamente per $J_p = q D_p \frac{p_{n0}}{W_n}\left(e^{\frac{V_{EXT}}{KT/q}} - 1\right)$

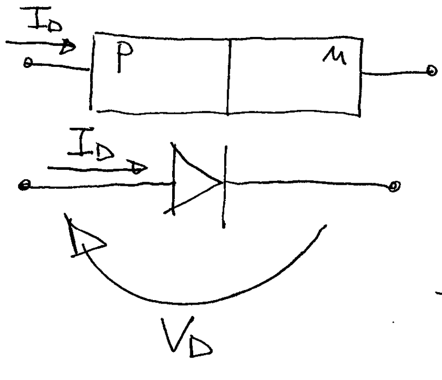
↳ ricordarsi che le lacune si muovono in senso opposto agli elettroni ma hanno carica opposta.

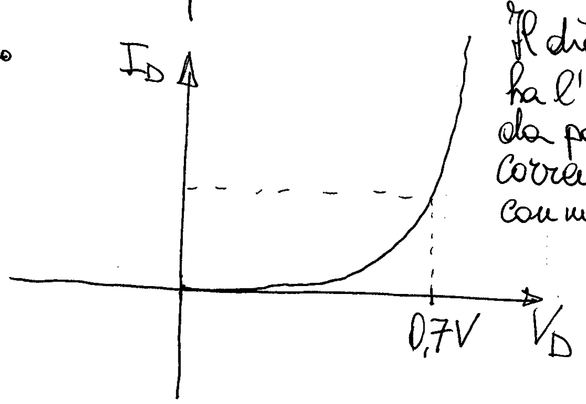
9) LA CORRENTE TOTALE CIRCOLANTE è:

$$I_D = (J_n + J_p)\cdot Area = \underbrace{q\left[D_n \frac{n_{p0}}{W_p} + D_p \frac{p_{n0}}{W_n}\right]\cdot Area}_{\text{Dipende da costruzione}} \cdot \left(e^{\frac{V_D}{KT/q}} - 1\right)$$

$$\boxed{I_D = I_0\left(e^{\frac{V_D}{KT/q}} - 1\right)}$$

$\frac{KT}{q} = 25\,mV$ a $T = 300\,K$

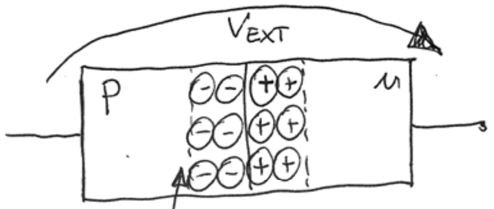




Il diodo "giusto" ha l'Area tale da portare la corrente desiderata con una $V_D \simeq 0,7V$

(10) APPLICO TENSIONE ESTERNA "INVERSA"

cioè tale da aumentare il campo elettrico $\vec{E}_{bi}$

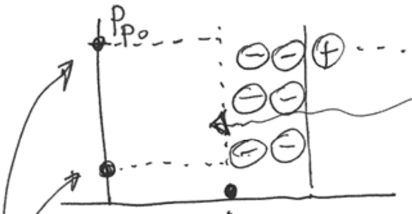


Altero equilibrio tra diffusione e deriva a favore di deriva.

IMPORTANTE!

Se ci fosse un e^- qui, verrebbe risucchiato verso destra dal campo $\vec{E}$.
Gli elettroni all'equilibrio erano pochi e ora sono praticamente zero.

(11) ZOOM NELLE REGIONI CONDUTTIVE NEUTRE

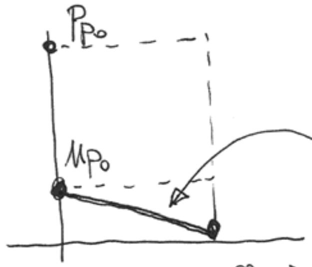


Quanti e^- possono arrivare qui da sinistra?
Solo per diffusione x' il cristallo è neutro.

concentrazione praticamente $\simeq 0$

Concentrazioni al contatto INVARIATE

Corrente costante $\Rightarrow$ profilo dei portatori LINEARE



$$J_{n} = -q D_n \frac{n_{p0} - 0}{W_p}$$

Il moto per diffusione degli elettroni cambia segno rispetto a V_{EXT} diretta, x' pendenza opposta.

(12) LA CORRENTE INVERSA TOTALE è:

$$I_D = (J_n + J_p) \cdot Area = -q \left[D_n \frac{n_{p0}}{W_p} + D_p \frac{p_{n0}}{W_n} \right] \cdot Area$$

$$\boxed{I_D\Big|_{inv} = -I_0}$$

praticamente indipendente da V_{ext}!