

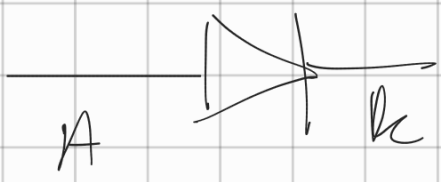
Concentraz. in di potatori
in parte

$$P(x) = P(0) e^{-\frac{V(x)}{V_T}} \Rightarrow$$

$$n(x) = n(0) e^{\frac{V(x)}{V_T}}$$

diffusione di una concentrazione di portatori a fronte di una concentrazione iniziale, in funzione di una sdp applicata agli estremi di questa zona $V(x)$;

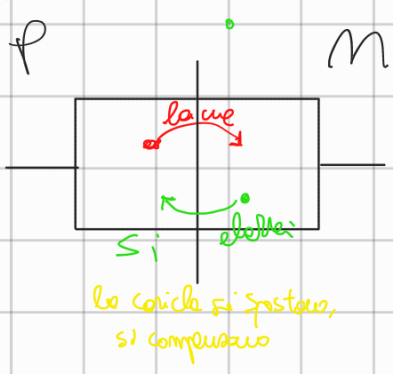
Diode



del diodo

Realizzare fisica con giunzione p-n
modo sop. di bilico

GIUNZIONE di corrente (No grad. di concen.)



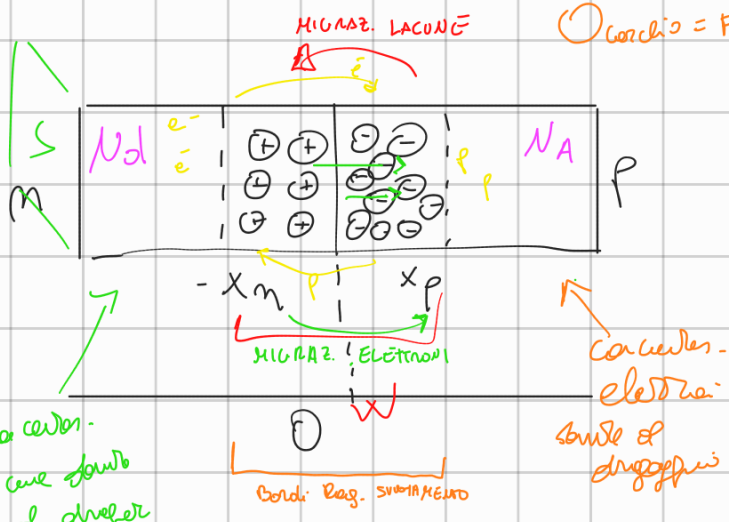
Profilo del drogaggio costante

- faccio due drogaggi diversi n e p
Geo con Giunzione BRUSCA
costante in tutte le parti
Drogaggio Mesclato Mascherato
cioè Metto una maschera e bombardo con
fascio di IONI la zona e faccio di
sì fa in maniera ottica

2 regimi di spazio in questo modo
avrei un problema di concentrazione, in una reg. ho una carica
e all'altra no, le cariche iniziano a spostarsi lacune verso Dx, elettroni verso Sx
avrei 2 correnti di diffusione, di lacune da zona p a n e di elettroni da n a p

• Lacune che us dall'altra parte, lascerà carica negativa non compensata, FISSA

• La regione si svuota di cariche MOBILI, lacune che si muovono lasciano cariche fisse e simili per gli elettroni, lasciano lacune FISSA
Cariche = FISSA



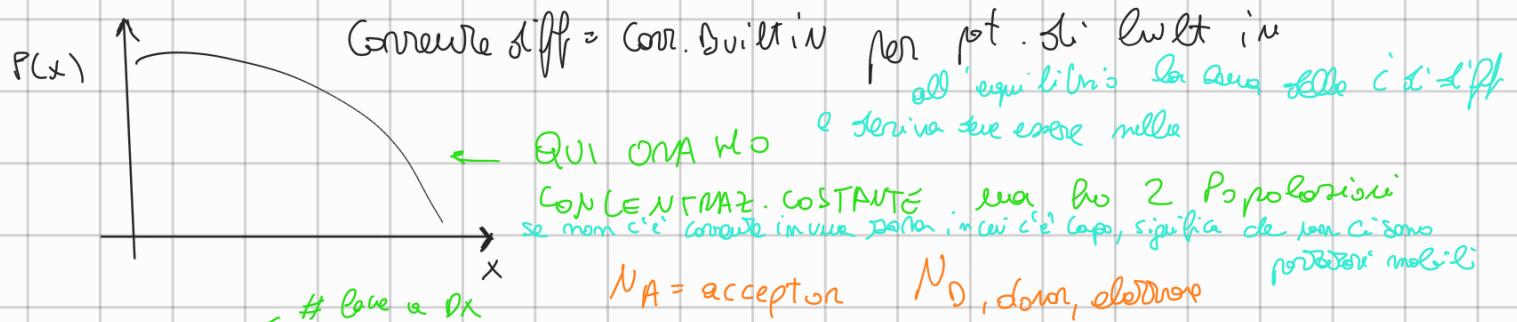
Le cariche lacune stanno a destra

Campo el. generato dalle cariche fisse si oppone allo movimento delle cariche

• quando es. elettroni si spostano verso P, si compensano con le lacune e lasciano lacune ma lacune e elettroni migrando lasciano CARICHE FISSA che danno origine a un CAMPO ELETTRICO in direz.

opposta alle due concentrazioni elettriche, il portatore es. cariche positive respinge il portatore delle lacune da zona p a n e viceversa
CARICHE FISSA

all'equilibrio il corpo d. forza delle corole fine, avverte la migrazione di
 Il corpo E1 che si crea dalle diffusioni di corole ^{carole per diffusione} da zona N
 a P e viceversa, il corpo si opporrà alla migrazione e mette in
 equilibrio le due grandezze. Ma una corrente dopo il strappio
 non per brevissimo tempo (visto col pt. di BUILT-IN)
 → da un grad. di concentraz. in cui dove corrente diff = corrente deriva



N_d , N_A concentrazioni di portatori; quanto vale
le la cui, hanno alla Regione di INTERFACCIA? $\rightarrow$ all'interfaccia
ho avuto ricombinazione.

Nella reg N

• Solo NO, Concentros. LACUNE a Ski $\frac{M_i^2}{N_D} = N_A$ (mi² a temperatura ambiente)

Nella neg P

- dato N_A conc. di elettroni a dx $\frac{n_i^2}{N_A} = N_D$ all'interfaccia?

es. Per elettroni uno el i.e. sono
nella veg. 8.40.78 P, che danno diverse
mi². Se lo un e. sono, avrà una diffusione
NA
l'impiegare di elettroni deve essere
forzato da un POTENZIALE

• Nel MEETZ? ^{nella reg. SUSTOJO, ma} a DX avrò un eccesso di elettroni, più di $\frac{m_i^2}{NA}$, che

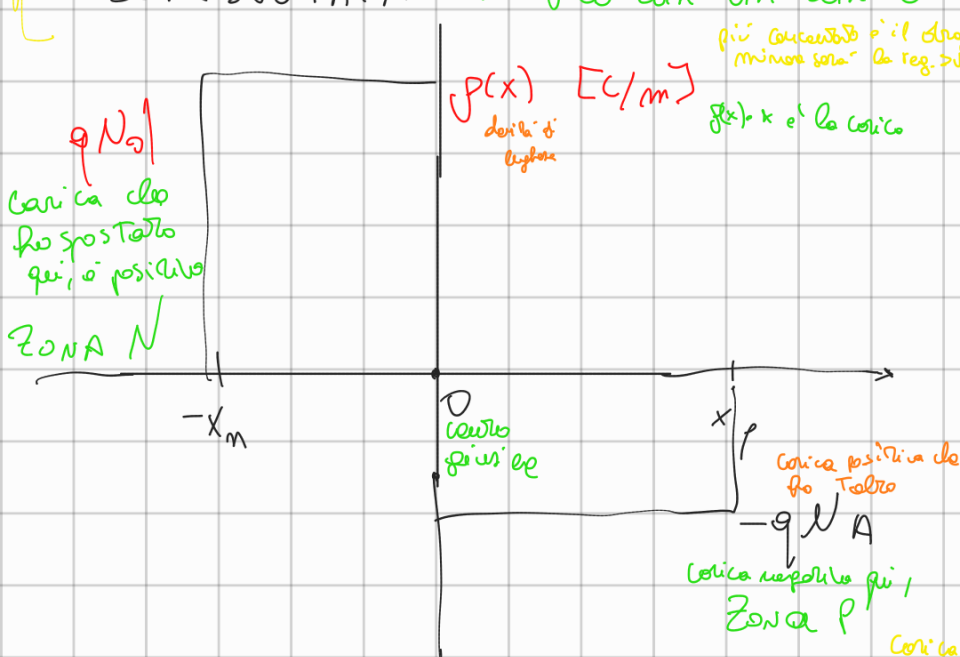
tensione a dx a $\frac{m_i^2}{NA}$ } $\Rightarrow$ ho bisogno di una TENSIONE
 che mi genera la corrente che passa nel diodo che mi forza l'esistenza di portatori di carica nel diodo e limite della legge di Shockley

(Se non supero Tensione di soglia) Ho bisogno di una TENSIONE tale da permettere il crescere di una densità di carica all'interfaccia un po' diverso da $\frac{n_i}{NA}$ ² che si dona infine alla corrente nel diodo

$|x_p + x_m| = W$ ESTENSIONE REGIONE di SVUOTAMENTO

$X_p \neq X_m$, = SSE i braggi sono uguali
e braggi di livello
sono diversi

$\Sigma \neq$ se drogaggi diversi, $N_d \neq N_A$
 PIÙ BASSA è la concentrazione del DONANTE, PIÙ ESTESA sarà la
 Zona SVOTATA Verifico con un conto P deriva corico diplota
 più concentrato è il drogante, minore sarà la reg. svotata
 quanto è la corica che idrolovento ho spostato?



carica accumulata zona N deve essere uguale alla carica accumulata nella zona P
 carica che complessivamente spostato è 0, neutro era prima e neutro è ora
 carica accumulata nella parte n deve rimborsare quella della reg. svotata

$\Rightarrow$ estendere Regione Svotata devo imporre $Q_n = Q_p$
 carica valore
 $-qN_d \int_{-x_m}^0 dx = -qN_A \int_0^{x_p} dx$
 Sup. Regione
 Se spostato lo carico dovuto cancellare lo della parte
 Carica elettrica Carica lacca
 oggetto neutro

$\Rightarrow N_d \cdot x_m = N_A \cdot x_p$
 $x_m = \frac{N_A}{N_d} x_p$
 x_m dipende dal rapporto delle concentrazioni
 regione svotata più estesa per la zona meno drogata
 concorre in valore
 concorre in valore

se $N_d > N_A$, $x_m < x_p$ problema sarà costante
 da questa relazione... Chi mi tiene in equilibrio le due coriche? il campo elettrico
 • Il campo elettrico che nasce! Per vedere quanto vale E Poisson

$\frac{\partial E}{\partial x} = \frac{\rho}{\epsilon}$
 divido la grandezza in 2, uno è il campo dovuto a coriche di segno diverso, l'altro di segno diverso
 derivata campo elettrico sup m
 $\frac{\partial E_m}{\partial x} = \frac{qN_d}{\epsilon} \Rightarrow \frac{qN_d x}{\epsilon} + C_m = E_m(x)$
 INTEGRAZIONE
 costante del materiale
 carica elettrica
 nella zona N
 valore costante
 inter. d'integrazione
 indicazione le costanti
 $\frac{\partial E_p}{\partial x} = \frac{-qN_A}{\epsilon} \Rightarrow \frac{-qN_A x}{\epsilon} + C_p = E_p(x)$
 campo elettrico in P

Fuori dalla regione svotata, non ho campo El. Se lo avessi avrei spostamento coriche, ma è tutto fermo
 $\Rightarrow N_d x_m = N_A x_p$

• Se valgo in $-x_m \Rightarrow -\frac{qN_d x_m}{\epsilon} + C_m = 0$
 $-x_m$

$$\rightarrow C_m = \frac{q N_D x_m}{\epsilon}$$

$$E_m(x) = \frac{q N_D x}{\epsilon} + \underbrace{\frac{q N_D x_m}{\epsilon}}_{\text{costante}}$$

$$\Rightarrow \text{in } x_p, -\frac{q N_A x_p}{\epsilon} + C_p = 0$$

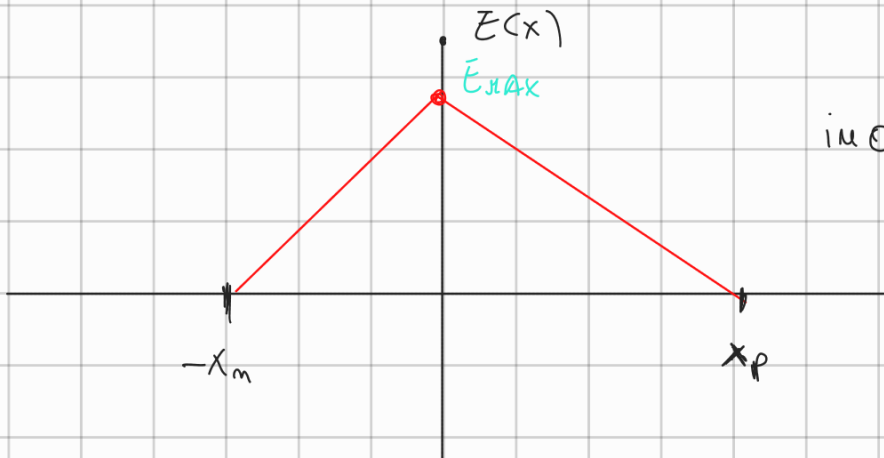
$$C_p = \frac{q N_A x_p}{\epsilon}$$

$$E_p(x) = -\frac{q N_A x}{\epsilon} + \frac{q N_A x_p}{\epsilon}$$

cioè l'area è costante: importante
che le funzioni siano nulle
rispettivamente per
 $x = -x_m$ e $x = x_p$.
non c'è campo fuori la
regione svuotata

Struttura del
campo elettrico all'interno
della reg. svuotata

Forma del campo el, solo due rami



in 0 devono essere uguali:

Il campo è CONTINUO $\Leftrightarrow$

$$\text{in } 0, E(0) = \frac{q N_D x_m}{\epsilon} = \frac{q N_A x_p}{\epsilon}$$

($N_D x_m = N_A x_p$)
Toma la formula.

$\Rightarrow$ questo oggetto fa eccesso
rimane corrente solo all'equilibrio

se ho un eccesso di
portatori alla fine della
regione svuotata

Voglio capire RELAZ tra TRASPORTO di CARICA
e TENSIONE, ora ho relaz. del campo el. rispetto
al drogaggio iniziale

valori più veloci: tra $v(x)$ e $p(x)$

$$I_{\text{diode}} = I_0 \left(e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right)$$

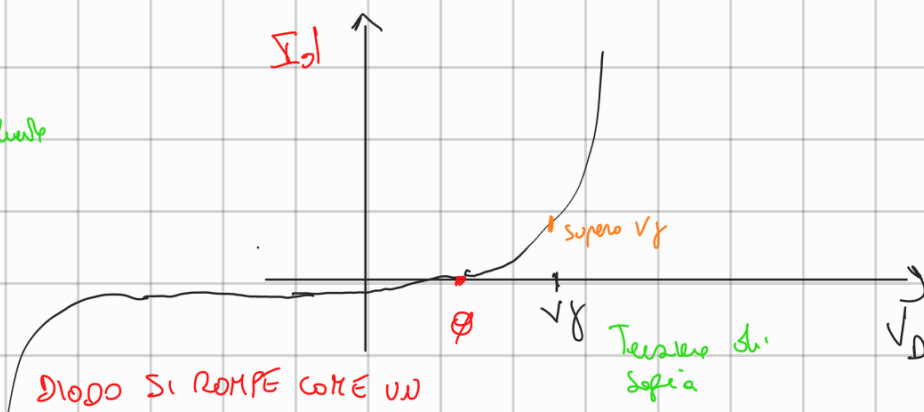
corrente inversa
di saturazione

se applico Tensione 0, corrente vale 0

se applico -V, corrente scorre, piccola,
nel verso opposto

TRANSISTORE: relaz tra
diode V_D e I_D
corrente in
uscita

a tensione negativa
reduzione



Conto Circuito

• Data struttura del corpo El., voglio conoscere il potenziale
 Ma il corpo è una f. integrabile a tratti *diversi spaziali p' integr.*

$$\varphi = - \int_{-x_m}^{x_p} E(x) dx = - \int_{-x_m}^0 E(x) dx - \int_0^{x_p} E(x) dx$$

campo el. nella reg.
 SVUOLTA destra
 una sola f. a zona
 p e n
 calcolo

prima
 parte
 0
 -x_m

$$= - \left(\int_{-x_m}^0 \frac{q N_D}{\epsilon} dx + \frac{q N_D x_m}{\epsilon} \right) = - \left[\frac{q N_D}{2 \epsilon} x^2 + \frac{q N_D x_m}{\epsilon} x \right]_{-x_m}^0$$

$$= \frac{q N_D}{2 \epsilon} x_m^2 - \frac{q N_D x_m^2}{\epsilon} = \boxed{\frac{-q N_D}{2 \epsilon} x_m^2} - \frac{q N_A x_p^2}{2 \epsilon}$$

$$\Rightarrow \varphi = \frac{q}{2 \epsilon} [N_D x_m^2 + N_A x_p^2]$$

0
 -x_m

Stessa cosa se
 calcolo con NA
 e x_p

• a seconda di come
 drogare una certa
 regione SVUOLTA
 e ricordando che

POTENZIALE E' FUNZIONE del DROGGAGGIO

φ è il pot. di BUILT-IN di questa config.

(usando relazione) *es. Voglio
 x_m*

Voglio sapere a "riposo"
 quanto è lunga la
 regione SVUOLTA
 in F del potenziale e
 drogaggio in 2.

$$x_p = \frac{N_D}{N_A} x_m$$

Relaz.

$$\varphi = \frac{q}{2 \epsilon} \left[N_D x_m^2 + N_A \left(\frac{N_D}{N_A} \right)^2 x_m^2 \right]$$

pot. in pieno
 del drogaggio, dov
 esserci la sola
 reg. SVUOLTA

$$\varphi = \frac{q}{2 \epsilon} x_m^2 \left[N_D + \frac{N_D^2}{N_A} \right] = \frac{q N_D x_m^2}{2 \epsilon} \left[1 + \frac{N_D}{N_A} \right]$$

per simmetria

$$\Rightarrow x_m = \sqrt{\frac{2 \epsilon}{q N_D} \varphi \cdot \frac{N_A}{N_A + N_D}}$$

$$x_p = \sqrt{\frac{2 \epsilon}{q N_A} \varphi \cdot \frac{N_D}{N_A + N_D}}$$

Conosco x_m, conosco
 x_p - calcolo W

$$x_p = \frac{N_D}{N_A} x_m$$

$$W = x_m + x_p =$$

$$\sqrt{\frac{2 \epsilon}{q N_D} \varphi \cdot \frac{N_A}{N_D + N_A}} + \sqrt{\frac{2 \epsilon}{q N_A} \varphi \cdot \frac{N_D}{N_D + N_A}}$$

Ho x_m, ho x_p
 posso sapere quanto è grande reg. SVUOLTA

$$x_m + \frac{N_D}{N_A} x_m \Rightarrow x_m \left(1 + \frac{N_D}{N_A} \right) \Rightarrow x_m \left(\frac{N_A + N_D}{N_A} \right)$$

raccolgo ed esce



$$V = \sqrt{\frac{2 \epsilon \gamma}{q} \left[\frac{1}{N_D} + \frac{1}{N_A} \right]}$$

$$w = \frac{2 \epsilon \gamma \frac{N_A}{N_D + N_A} \left(\frac{N_A + N_D}{N_A} \right)^{1/2}}{q N_D} = \frac{2 \epsilon \gamma \frac{N_A + N_D}{N_D N_A}}{q N_D}$$

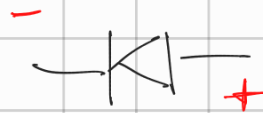
posso dunque calcolare lo spessore della reg. di svuotamento nota il potenziale di bias.

ho un legame diretto tra il potenziale e l'estensione della regione svotata. Se esternamente riusciamo a controllare questa ϕ , ^{aumentando γ} la mia regione svotata ^{aumenta}. I bordi della reg. svotata sono per gli elettroni che devono provenire da una parte ^{come dei muri}. Se il muro è grande e nel muro ho creato una serie grande di cariche SVUOTATA (non ci sono cariche mobili che posso drogare), più l'aumento dei muri, più è improbabile che riesca a far passare un elettrone dall'altra parte.

• Se applico potenziale CRESCENTE nella dir. del potenziale di built in ^{STO ALLONTANANDO I MURI} lo STO aumentando la larghezza della regione svotata, rendo la conduzione difficile.

• Se riesco ad applicare un potenziale in modo tale che reg. diminuisce se ϕ diminuisce, V diminuisce, l'elettrone riuscirà ad andare dall'altra parte. Ovvero un eccesso di cariche da sulling ^{eccesso di carica > $\frac{ni^2}{N_A}$ dell'interfaccia} si converte

Nel Formisco Elettronici, el. vero da n a p, dunque corrente va da N_A a N_D .
 N_D è il CATODO, N_A è l'ANODO



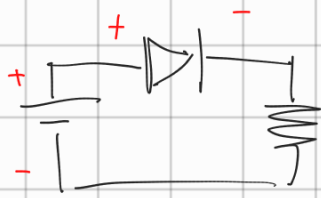
Devo fare in modo che gli elettroni si muovano verso l'altro.

Superata la tensione di soglia, corrente è fatta, se ne devono poter muovere
Caric. del Catodo all'Anodo, la REGIONE deve essere svuotata

RECAP
 voglio far scorrere corrente.

APPLICO Tensione che si controlla con quella di built in

Polarizz. **DIRETT.** il Diodo: APPLICARE tensione nella direzione nel senso della DIMINUIZIONE della barriera di pot.,
 OVEVER LA REGIONE SVUOTATA $V+ \rightarrow PDD, V- \rightarrow CDD$



**polarizzato
il
diodo**

STO cambiando il SENSO, si sommano applicando DOP, STO diminuendo η , V si restringe, gli elettroni passano facilmente da N_D a N_A .

Diodo INVERTITO: polarizz. di contrario, lo trattiamo come un CA.

- η come e' legato al mio drogaggio η pot. di V_T in
- η legato DIRETT. alla concentraz. di droganti

- lavoro con gli elettroni, si vuole con la luce

aplica una delle due agli elettroni - reg. svuotata

concentraz. elettroni in $-x_m$

$$n(-x_m) = n(x_p) \text{ e } \eta = V_T$$

$\eta = V_T$

$\frac{\eta}{V_T}$

$$\begin{cases} n(x) = n(0) e^{\frac{V_T x}{V_T}} \\ p(x) = p(0) e^{-\frac{V_T x}{V_T}} \end{cases}$$

valgono per un semiconduttore all'equilibrio

lego η a grandezza note

esami regione svuotata, dove c'è il potenziale η di built-in

co faccio log

$$\eta = V_T \log \left[\frac{n(-x_m)}{n(x_p)} \right] = V_T \log N_D \cdot \left[\frac{N_A}{N_i^2} \right]$$

in condiz. staz. $\frac{N_i^2}{N_A} = N_D \times P$

$n(-x_m)$ concentraz. elettroni prima della regione svuotata, costante

es.

$$N_D = \frac{10^{17}}{\text{cm}^3}$$

$> 10^{10}, < 10^{22}$ i, pi di drogaggi concentraz. realistica

$$N_A = \frac{10^{14}}{\text{cm}^3}$$

meno la cur, e loro sibilanciata sulla parte T la zona di svuotata. Reg. svuotata

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Farad}}{\text{F/m}} \text{ Costante dielettrica nel vuoto}$$

$$\epsilon_r = 12 \text{ Costante dielettrica Silicio}$$

$$n_i^2 = \frac{10^{10}}{\text{cm}^2} \text{ a T ambiente}$$

$$V_T = 25 \text{ mV}$$

$$V = \text{Turn-on voltage limit} = 0,66 \text{ V}$$

Temperatura TIPICA DI
SOGLIA da superare per
partire IN CONDIZ.
il viaggio, dipende
dai drogaggi.

metà Tenise a W, soprattutto finché
è forte la regime sotto

Se $W > \text{lunghezza d'onda}$, l'elettone non può efficacemente esercitare
direttamente per farlo scendere lì, o meglio una *Tensione*
e imporre condizioni un potenziale esterno

altro modo per visualizzare ciò che accade all'interno di una p.e.n.,
 usando il modello a bande

Prime SSQ

Faendo una GLIUNZIONE,

Vediamo cosa accade al nostro Viro
Energico

- perturbamos la distribución del # número de electrones ionizados que son debido un molécula



Struttura
di un
seriale conduttore
intrinseco

-> osservare della DENSITA' di CANUCHE presenti nel mio materiale

effetto giunzione alle lenti



GIUNZIONE: contatto mobile
tipo N e P

Matrindo
tipo N

$$E_f$$

✓

E_F = electr. i.e. insel. d'inters
d'um materiale ...

NON POSSONO ESSERCI 2

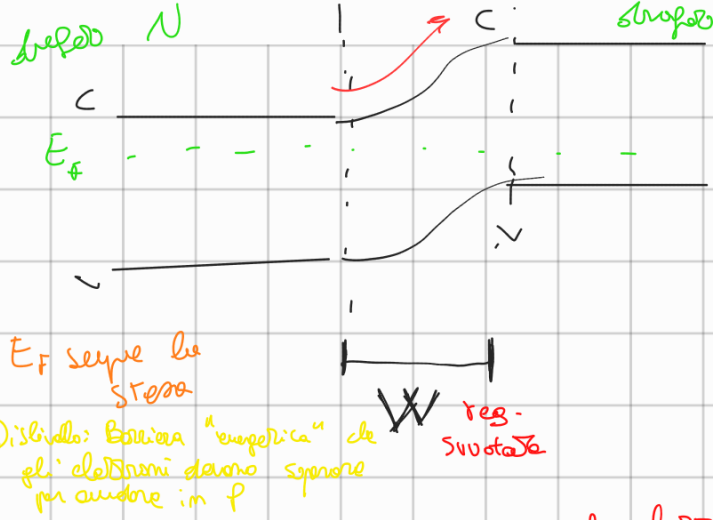
i due, dopo la giunzione tendono ad allinearsi in modo che l' E_F sia la stessa, e il bar LAP è lo stesso.

• (materiale e sempre silicio)

no um band-passing. Se aplico uma DOP externa, vou ter

riparamento della
Bande di
energia

- Succeede
in consp.
dalla reg. - indote



è come se abbiamo 2 E_F livelli
 è come se **MA DOPPIAZZA** le bande.

• Salita che i miei elettroni devono fare, funzione del V applicato
 $\Rightarrow$ più è alto il potenziale ψ ^{con più gli carichiamo}
 più è lunga W , più è alto il dislivello, cioè la barriera che

$\Rightarrow$ Più basso è η , più è stretta W , più stretta è la regione svuotata
 più basso è il dislivello da superare

COSTRUIAMO DIODO



allaccio metallo
 ai semiconduttori

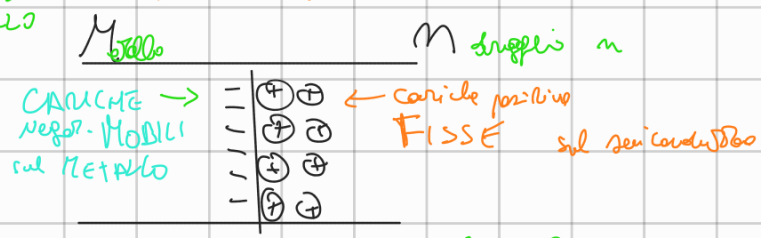
GIUNZIONE Metallo-Semiconduttore

Metallo ha energia di Fermi
 , anche se non ha bande di
 conduzione o valenza, sono
 mischiati

• Metallo ha una certa E_F
 Prendiamo un semiconduttore con E_F più alta
 rispetto al metallo, e gli elettroni passano con
 piacere nel metallo. Nella giunzione
 el. del Si al metallo, lasciano cariche positive
 nel Si e hanno cariche mobili nel METALLO



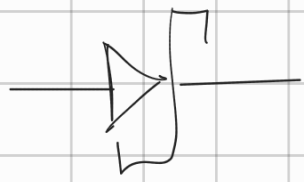
C'è una nuvola di el. ionizzati
 Sempre disponibili alla conduzione



avendo molti più elettroni liberi nel metallo,
 avrà la regione svuotata principalmente nel semiconduttore N

Tensione di sopera
 più bassa ho
 metà regione
 svuotata

Avrà regione SVUOTATA tutta
 nel lato del SEMICONDUCTORE
 avrà una giunzione resistiva come nel
 caso P-N

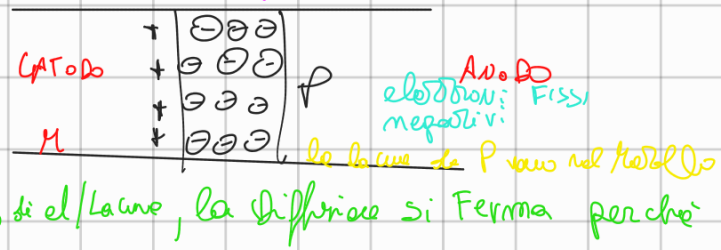
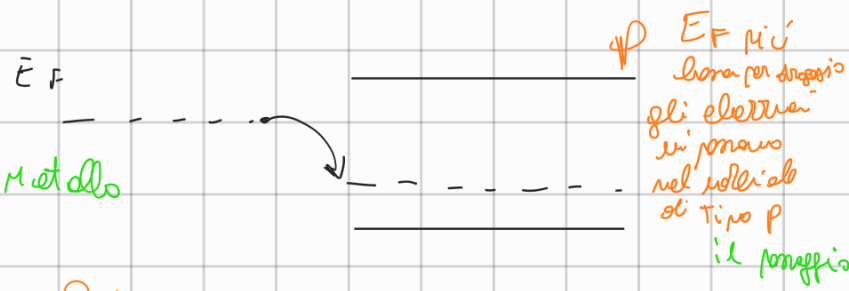


Diodo SCHOTTKY

↑ GIUNZIONE Rettificante
 METALLO - SEMICONDUCTORE

nel lato P invece

avrei una serie di elettroni indotti neg. nel silicio lato P, avrò la carica che vanno nel metallo



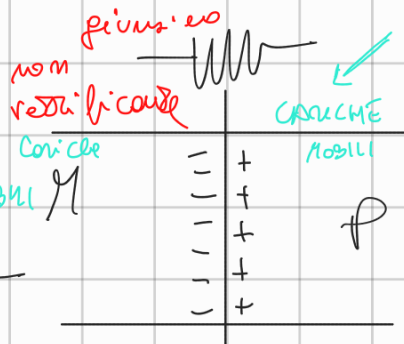
Potenziale di CONDUT. - sempre piccolo



avrei un campo elettrico fatto di cariche negative fisse che si oppone al passaggio di elettroni da parte del metallo verso i semiconduttori di tipo P

Se scegliessi un materiale in cui E_F fosse un po' sotto il materiale di tipo P, avrei la condut. in cui quei pochi elettr. $\frac{N_A}{N_D}$ nel tipo P (che sono in banda di valenza), tendono a passare. **Pochi elettroni mobili vanno dall'altro parte**

Consente più scorrevole in entrambi i sensi, come in una resistenza



non sono applico non potremmo, e' come una resistenza, la cui valore tende a essere lineare

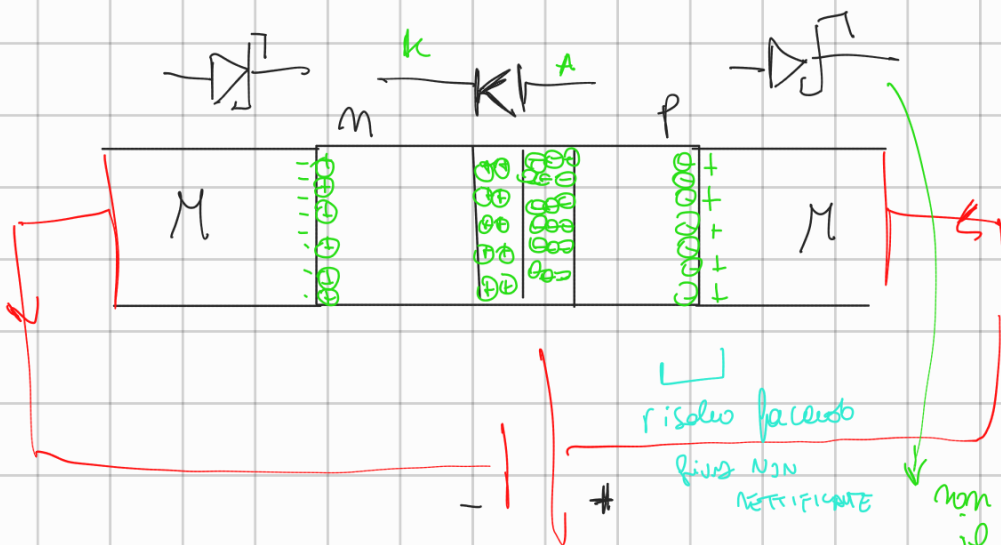
Giunti. Metallo-M, M-P, P-Metallo

COSTRUIAMO DIODO

Prima Schottky fanno scendere corrente in un solo verso, sono anche meno Diodi - scelgo 2 rettificanti

Giunti. NON RETTIFICANTI non ho regione svotata

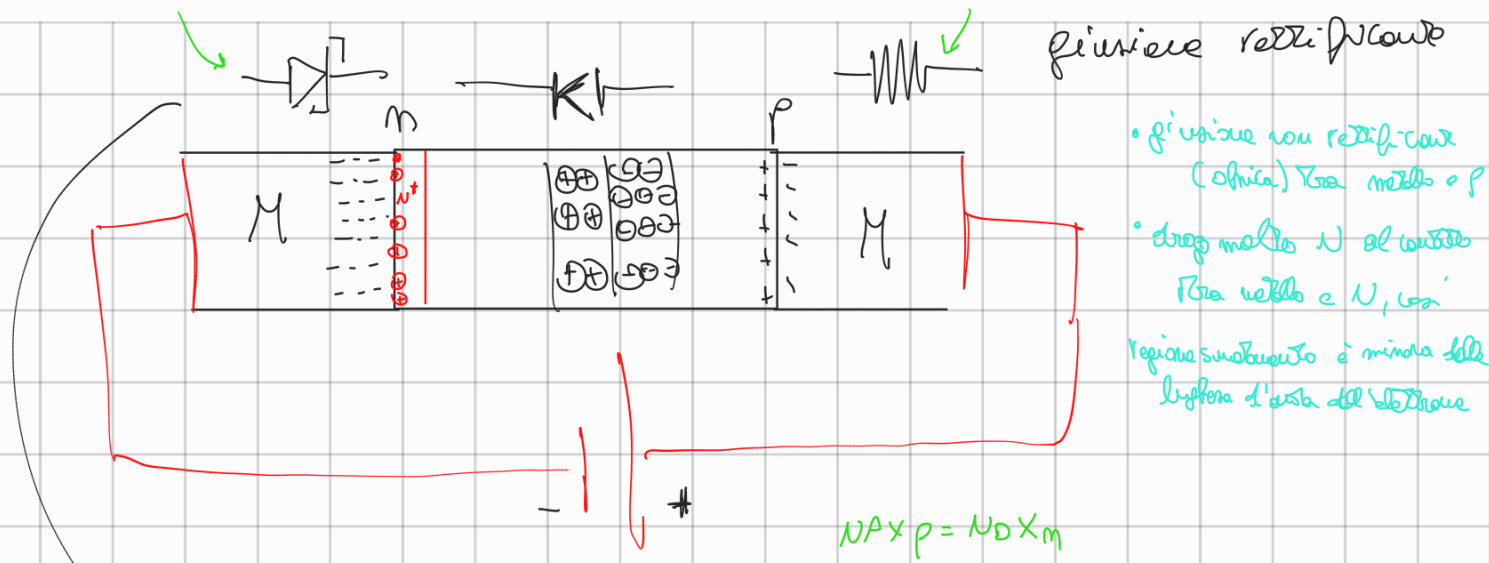
non sono applico non potremmo, e' come una RESISTENZA e valore tende a essere sempre lineare



Così non finisce così

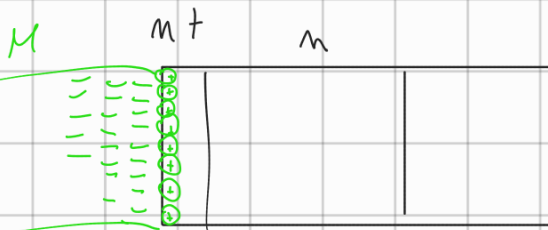
serve giunzione non rettificante all'anodo

Rischio scegliendo opportuno Metallo con E_F minore di P, oppure drogaggio poco P, così E_F è poco



drogaggio tanto N^+ , la regione svuotata è tanto più estesa ... N_D alto, x_n piccolo
 Regione svuotata piccola, le onde possono passare per effetto tunnel

Reg. svuotata piccola, gli elettroni passano



È come se non ci fosse la GIUNZIONE SCHOTTKY

Tensione ai capi del diodo

$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1 \right)$$

corrente inversa di saturazione

Relazione tra I_0 e parametri del diodo

Voglio scrivere brevemente. in base alle concentrazioni, i parametri di costruzione dipende dal drogaggio applicato su 2 estremi della reg. di svuotamento



$$V(x) = V_T \ln \frac{n(x)}{n(0)} = V_T \ln \frac{n(x_p)}{N_D}$$

uso nota 2 libro? $x(0) = x_p$ da libro e (2)?

Se applico una forza μ_0
 Suppongo ora che V_D si applica direttamente alla giunzione, vero se sono "poco" in conduzione

approssimo V_{bi} in con $\psi - V_D$, con ψ_{bi} in all'eq. 1 $V = V_T \ln \frac{N_D}{n(x_p)}$

potenziale applicato in una regione

pot applicato esternamente

2 $V = \psi - V_D = V_T \ln \frac{N_D}{n(x_p)} = V_T \ln \left(\frac{N_D N_A}{n_i^2} \right)$

ipotesi, sono poco in conduzione e la distribuzione di elettroni non varia rispetto all'eq. 1

Voglio parlare in conduzione il mio diodo

$n(x_p) > \frac{n_i^2}{N_A}$

$\psi - V$ con ψ se sono poco in cond.

Se applico V_D , ho una corrente?

$x \rightarrow x_p$

è facile $\lim_{\Delta x \rightarrow 0}$

SOST: Reciproco

$$\Rightarrow \frac{dJ_m}{dx} = -q \frac{dn}{dt}$$

$$\left\{ \frac{1}{q} \frac{dJ_m}{dx} + \left[\frac{dn}{dt} \right] = 0 \right.$$

lo conosco

$$\Rightarrow \left\{ \frac{1}{q} \frac{dJ_m(x)}{dx} - \left(\frac{n + n_{p0}}{\tau} \right) = 0 \right.$$

diff

$J_m = q D_n \frac{dn}{dx}$
e ricordando che la intensità di cor. di diffusione era coeff. di diffusione

corrente di diffusione

derivata delle cariche rispetto alla posizione

$$\Rightarrow \frac{1}{q} \cdot q D_n \frac{d^2 n}{dx^2} - \frac{n + n_{p0}}{\tau} = 0$$

• quando ho iniezione elettronica in una regione,

ho più elettroni

l'intensità di cor.

→ se produco, mi esce una corrente di

diffusione, ho all'interfaccia più elettroni che stanno uscendo oltre l'equil.

Corrente di diffusione

funzione del gradiente di

concentraz. dello spazio

STO: Testo corso di 3

Case; Corrente di diffusione

perché carica e equilibrio.

eq di diff. 2° grad

$$\Rightarrow D_n \frac{d^2 n}{dx^2} - \frac{n + n_{p0}}{\tau} = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{d^2 n}{dx^2} = \frac{n + n_{p0}}{\tau D_n}$$

è un numero,

Se chiedo $n' = n + n_{p0}$

la derivata non cambia

funzione che mi dice

in funzione della geometria, le cariche, tanto conto dell'intensità, della reversibilità e della ricombinazione

La corrente che esce è data dal fatto che ho spinto delle cariche, non più di quelle che dovrebbero essere.

$L_n = \text{LUNGHEZZA DI DIFFUSIONE} = \sqrt{\tau D_n}$

dipende da coeff di diffusione, e τ

$$\tau = \frac{1}{v \cdot N_A}$$

$v = N_A \rightarrow$ conc. la cui parte p

$$L_n = \sqrt{\tau D_n}$$

$$\frac{d^2 n'}{dx^2} = \frac{n'}{L_n^2}$$

radice carr. $x^2 = \frac{1}{L_n^2} \Rightarrow$ al. $n'(x) = n'(0) e^{-\frac{x}{L_n}}$

$-\frac{x}{L_n}$

Solus. tipica $n'(x) = n'(0) e^{-\frac{x}{L_n}} \Rightarrow n'(0)$ è la car. iniziale

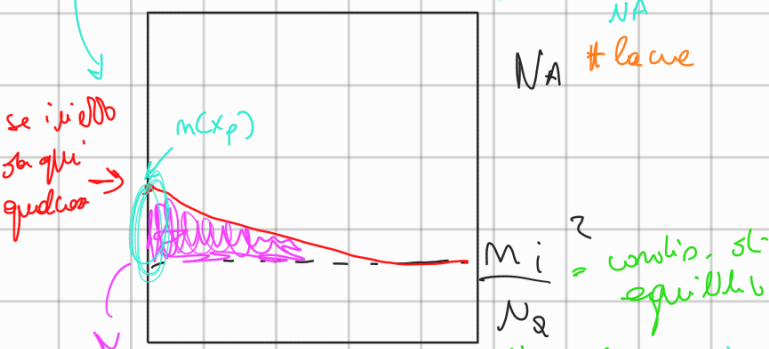
nel mio sys di NF x_p è lo 0. • Se voglio $x = x_p$

trovo di x_p

$$\Rightarrow m'(x) = m'(x_p) \text{ e } \frac{-(x-x_p)}{L_n}$$

$\Rightarrow$ Po coniche, al fondo della reg. stabile, le ho fatte venire dall'altra parte, decidono come un exp decrescente

se ho iniezione di elettroni, ho una riduzione della carica fino valore di equilibrio $\frac{n_i^2}{N_A}$, ma ci vuole esponenziale



Arro elettroni in eccesso che, per arrivare a regime, suonano, vanno via, mi genera una corrente

ho elettroni di eccesso # coniche iniettando elettroni oltre barriera in zona p. Inietta qualcosa al di la' della Barriera di Pot.

Dove la reg. stabile, ma quello che importa non e' $\frac{n_i^2}{N_A}$ $\rightarrow$ e di più, ma dipende dal potenziale $m(x_p)$ dipende da V , dipend. da V_D . Corrente che genero e' funzione dell'eccesso di carica, la quale e' funzione di $m'(x_p)$, e $m(x_p)$ dipende da V , cioè V_D

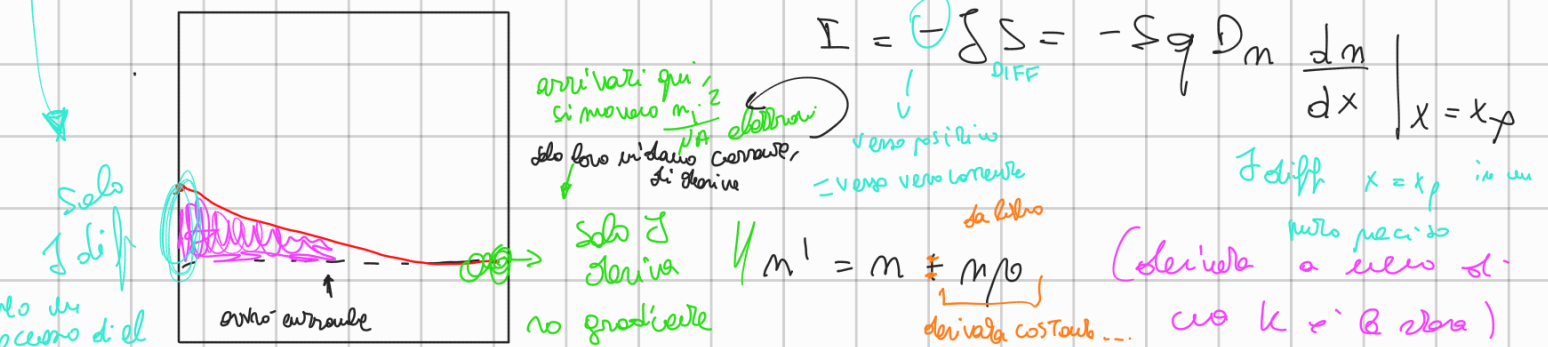
Corrente nel diodo se applico V_D inietto una diff. di carica che mi genera una quantita' di carica proporzionale, in diff.

applicando un campo esterno, ho corrente deriva, ma ho anche una con di diff. (ho un eccesso di elettroni rispetto alla con. di equilibrio nominale)

$$J = J_{DIFF} + J_{DERIVA}$$

ma all'INTERFACCIA, quando le coniche arrivano qui, non ho DERIVA ho un eccesso di elettroni, all'interfaccia. corrente e' sempre una calcolo corrente diff. in x_p

* corrente sopra corrente, la calcolo all'interfaccia solo e' solo di diff.



$$I = - \oint S = - S q D_n \frac{dn}{dx} \Big|_{x=x_p}$$

J_{diff} $x = x_p$ in un punto preciso (derivata a zero di x e' B zero)

$$\boxed{I} = - S q D_n \frac{dn}{dx} \Big|_{x=x_p} = 0 \quad \boxed{q S D_n \left[m(x_p) - \frac{n_i^2}{N_A} \right]}$$

$$m'(x) = m'(x_p) \text{ e } \frac{-(x-x_p)}{L_n}$$

$$m(x_p) = \frac{n_i^2}{N_A} \text{ e } \frac{V_D}{V_T} \cdot I = \frac{q S D_n}{L_n} \frac{n_i^2}{N_A} \left[e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1 \right]$$

$$- \frac{q}{L_n} n'(x_0) e^{-\frac{(x_p - x_p)}{L_n}} \dots n(x_p) - n_{p0} = - \frac{n_i^2}{N_A}$$

$$\frac{\partial n'}{\partial x} = \frac{n'(x_p)}{L_n}$$

$$\Rightarrow I = \left[\frac{q S D_n}{L_n} \frac{n_i^2}{N_A} \right] \left[e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1 \right]$$

$\swarrow$ carica $\swarrow$ sup $\swarrow$ coeff. diff.
 $\downarrow$ lunghezza Diff $\downarrow$ concentr. drogante di Tipo P
 $= \sqrt{x \cdot D_n}$
 $\sqrt{\frac{1}{2} \cdot D_n}$
 $\frac{1}{2 N_A}$

I_0 varia molto perché dipende da molti fattori

a causa della tensione esterna V_D , il carico tra regione e P, c'è una iniezione di portatori n che migrano verso B zona P

I_{diff} è minima per $x = x_p$, e si annulla, va a zero quando concent. elettr.

raggiunge equilibrio

Corrente di sat. deve essere costante. quindi $I_{diff} = 0$, ma I_{seria} .
 si ottiene rimpiazzando I_{diff} per $x = x_p$