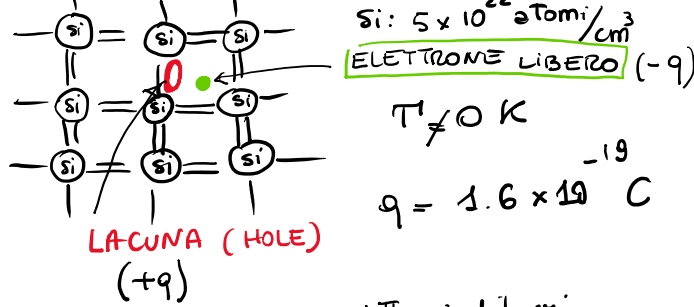


# Semiconduttori puri e drogati

lunedì 1 marzo 2021 09:41

## SEMICONDUZIONE INTRINSECO

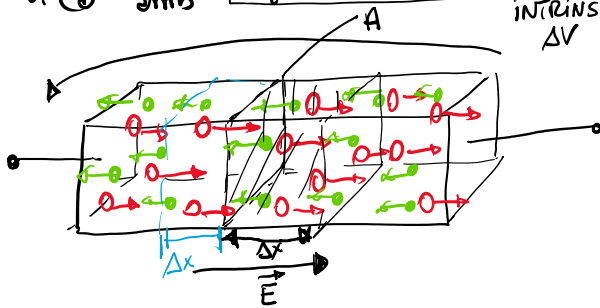


$n$ : concentrazione di elettroni liberi

$p$ : concentrazione di lacune libere

SEMICONDUZIONE INTRINSECO  $n = p = n_i$

Si @  $T_{amb}$   $n_i = 1.45 \times 10^{10}$  cm<sup>-3</sup> CONCENTRAZIONE INTRINSECA  $\Delta V$



$\vec{v}_p = \mu_p \vec{E}$   
 MOBILITÀ LACUNE  $\mu_p = 450$  cm<sup>2</sup>/Vs

$\vec{v}_n = -\mu_n \vec{E}$   
 MOBILITÀ ELETTRONI  $\mu_n = 1400$  cm<sup>2</sup>/Vs  
si di portatori nel "cubo"

$\vec{J}_n = (-q) \vec{Q}_n = -q \left( \frac{n v_n \Delta t \Delta E \Delta A}{\Delta t R} \right) =$  CORRENTE DI DERIVA (DRIFT)  
 $= -q n \vec{v}_n = -q n (-\mu_n \vec{E}) = q \mu_n n \vec{E}$

$\vec{J}_p = q \vec{Q}_p = q (p \vec{v}_p) = q p \mu_p \vec{E}$

$\vec{J}_{drift} = \vec{J}_n + \vec{J}_p = [q \mu_n n + q \mu_p p] \vec{E} =$

CONDUCIBILITÀ  $\sigma = q \mu_n n + q \mu_p p = 4.4 \cdot 10^{-6} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$

RESISTIVITÀ  $\rho = \frac{1}{\sigma} = 2.5 \cdot 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$

$\vec{J} = [q(\mu_n + \mu_p) n_i] \vec{E}$   $\sigma = q(\mu_n + \mu_p) n_i$   
 $\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{q(\mu_n + \mu_p) n_i}$

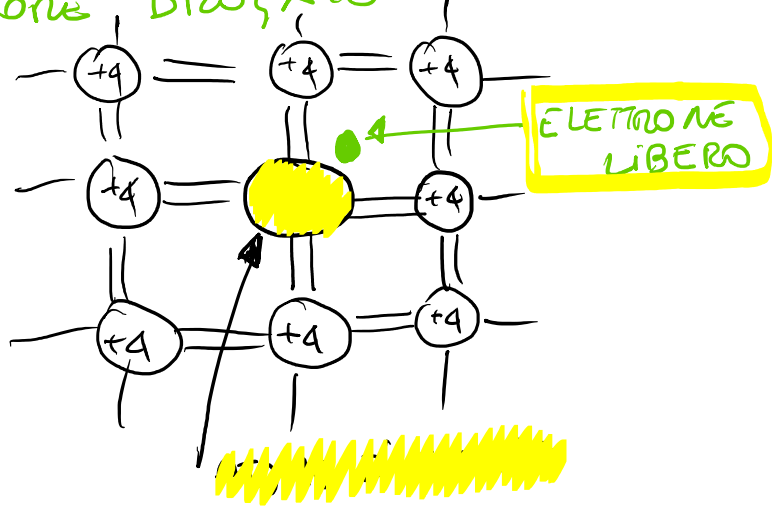
$$n = p = n_i = \left[ q(\mu_n + \mu_p) n_i \right]^{-1/2}$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{q(\mu_n + \mu_p) n_i}$$

## SEMICONDUCTORI DROGATI

SEMICONDUCTORE DROGATO DI TIPO (n)

IV	
C	N
Si	P
Ge	As



$N_D$ : IMPUREZZE DONORI (DONORS)

Concentrazione di impurezze donori

$$N_D \gg n_i$$

$$n \approx N_D$$

$$10^{14} \text{ cm}^{-3} < N_D < 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

LEGGE DI AZIONE DI MASSA

equilibrio termodinamico, semiconduttore intrinseco

$G(\pi)$ : tasso di generazione di portatori (tasso di rottura di legami)

$R(\pi)$ : tasso di ricombinazione  
 $R(\pi) = n p r(\pi)$

$$G(\pi) = R(\pi)$$

$$n \cdot p \cdot r(\pi) = G(\pi)$$

$$n \cdot p = \frac{G(\pi)}{r(\pi)} = n_i^2$$

$$n \cdot p = n_i^2 \approx 10^{20} (\text{cm}^{-3})^2$$

$$n \cdot p = (n_i)^2 \approx 10^{-10} \text{ (cm}^{-6}\text{)}$$

Concentrazione di lacune

per la legge di azione di massa

$$n \cdot p = n_i^2 \Rightarrow p = \frac{n_i^2}{n} \stackrel{m = N_D}{=} \frac{n_i^2}{N_D}$$

$$N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3} \Rightarrow p = \frac{n_i^2}{N_D} \approx 10^3 \text{ cm}^{-3}$$

$$n \approx N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

SEMICONDUCTORE DI TIPO N

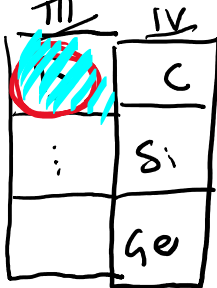
\* ELETTRONI  $\rightarrow$  portatori MAGGIORITARI

\* LACUNE  $\rightarrow$  portatori MINORITARI

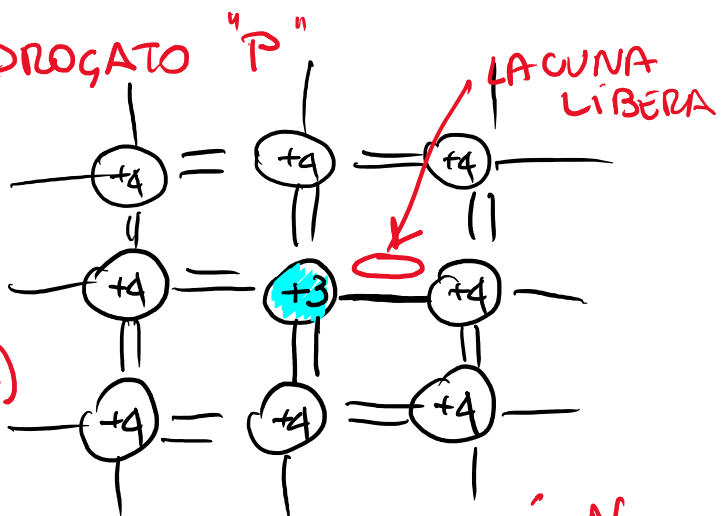
$$\vec{J}_{\text{TOT}} = \underbrace{[q \mu_n n + q \mu_p p]}_{\sigma} \vec{E} \approx q \mu_n n \vec{E}$$

$$\sigma = q \mu_n n \rightarrow \rho = \frac{1}{q \mu_n n}$$

SEMICONDUCTORE DOPATO "P"



$N_A$ : ACCETTORI (ACCEPTOR)



$\rightarrow$  LACUNE: portatori MAGGIORITARI  $N_A$

$\rightarrow$  ELETTRONI: portatori MINORITARI  $n_i^2$

→ ELETTRONI: portatori MINORITARI

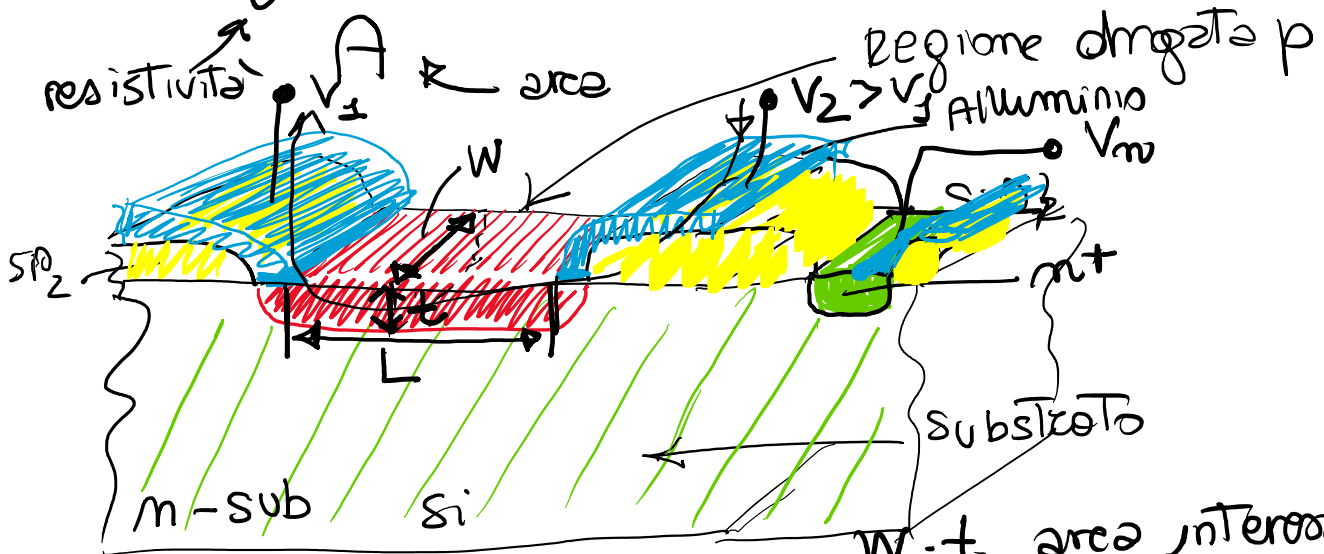
$$\sigma = q \mu_p p$$

$$n = \frac{n_i^2}{N_A}$$

## RESISTORE INTEGRATO

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

← lunghezza



$$R = \rho \frac{L}{A} = \frac{1}{q \mu_p p} \cdot \frac{L}{W \cdot t} =$$

$$p \approx N_A$$

← conc. di atomi accettori

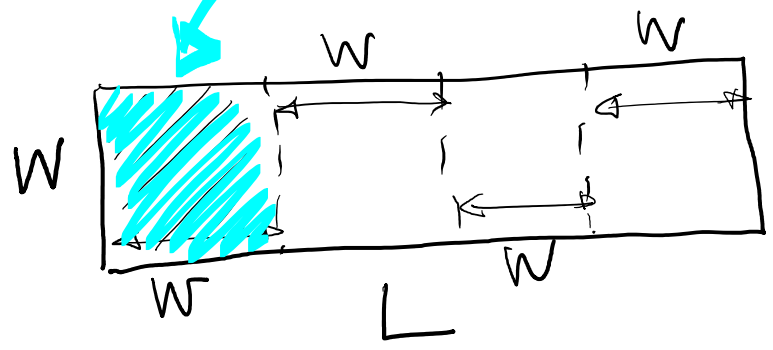
↑ conc. lacune

$$= \frac{1}{q \mu_p \underbrace{N_A t}} \frac{L}{W} =$$

↑ conc. di atomi accettori per unità di superficie

DOSE DEL DROGGAGGIO  $\rightarrow$

$$= \frac{1}{q \mu_p D} \frac{L}{W}$$



$$R_{\square} = \frac{1}{q \mu_p D}$$

Resistenze per quadrato  
(SQUARE RESISTANCE)

$$(R_{\square} = \frac{R}{L/W})$$

ESERCIZIO

drogaggio di tipo  $n$  con dose  $2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$   
 $(\mu_n = 1200 \text{ cm}^2/\text{Vs})$ , quanti quadrati per avere  
 un resistore  $R = 1 \text{ k}\Omega$

$$R_{\square} = \frac{1}{q \mu_n D} = \frac{1}{1.6 \times 10^{19} \text{ C} \cdot 1200 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}} \cdot 2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}}$$

$$= 260 \Omega / \square$$

$$n^{\circ} \text{ quadrati} = \frac{R}{R_{\square}} = \frac{1 \text{ k}\Omega}{260 \Omega / \square} = 3.85 \square \approx 4 \square$$

$$L \triangleright R = 1040 \Omega$$

$$R = 10 \text{ k}\Omega \Rightarrow \overset{p}{m} \text{ quadrati } 40 \square$$

$$W = 5 \mu\text{m} \Rightarrow R_{1k} \rightarrow L = 20 \mu\text{m}$$

$$R_{10k} = L = 200 \mu\text{m}$$

