

Dispositivi e Tecnologie Elettroniche

Esercitazione

Proprietà elettriche dei semiconduttori

Esercizio 1: testo

- *Si consideri un campione di Si drogato tipo n con una concentrazione $N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$*
- *Drogaggio uniforme, campione in equilibrio termodinamico a $T = 300 \text{ K}$*
- *Calcolare:*
 - ◆ le concentrazioni di portatori liberi
 - ◆ la posizione del livello di Fermi

Esercizio 1: soluzione

- *Poiché il campione è omogeneo, in equilibrio termodinamico vale la **condizione di neutralità***
- *Assumendo che **tutti gli atomi droganti siano ionizzati**, si ha*

$$p - n + N_D = 0$$

- *Poiché $N_D \ll N_c(T = 300 \text{ K}) = 2.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, vale la **legge dell'azione di massa***

$$np = n_i^2 \implies p = \frac{n_i^2}{n}$$

Esercizio 1: soluzione

- **Sostituendo, si ottiene un'equazione algebrica del secondo ordine in n**

$$\frac{n_i^2}{n} - n + N_D = 0 \iff n^2 - N_D n - n_i^2 = 0$$

- **Solo la soluzione positiva ha significato fisico:**

$$n = \frac{N_D}{2} \left[1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2n_i}{N_D} \right)^2} \right] \approx N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

- **L'approssimazione segue da $n_i = 1.45 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ e $(2n_i/N_D)^2 = 8.4 \times 10^{-14} \ll 1$**

Esercizio 1: soluzione

- *La concentrazione di portatori minoritari vale*

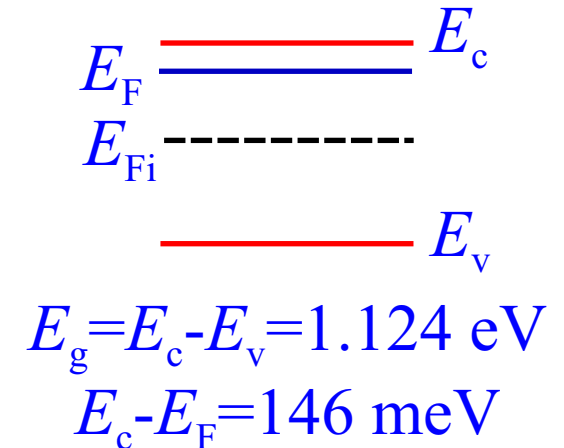
$$p = \frac{n_i^2}{n} = 2.1 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$$

- *Noto n , da*

$$n = N_c \exp\left(-\frac{E_c - E_F}{k_B T}\right)$$

si ricava la posizione di E_F

$$E_c - E_F = k_B T \ln \frac{N_c}{n} = 146 \text{ meV}$$



Esercizio 2: testo

- *Si consideri un campione di Si drogato tipo p con una concentrazione $N_A = 5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$*
- *Drogaggio uniforme, campione in equilibrio termodinamico a $T = 300 \text{ K}$*
- *Calcolare:*
 - ◆ le concentrazioni di portatori liberi
 - ◆ la posizione del livello di Fermi

Esercizio 2: soluzione

- *Poiché il campione è omogeneo, in equilibrio termodinamico vale la **condizione di neutralità***
- *Assumendo che **tutti gli atomi droganti siano ionizzati**, si ha*

$$p - n - N_A = 0$$

- *Poiché $N_A \ll N_V(T = 300 \text{ K}) = 1.04 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, vale la **legge dell'azione di massa***

$$np = n_i^2 \implies n = \frac{n_i^2}{p}$$

Esercizio 2: soluzione

- *Sostituendo, si ottiene un'equazione algebrica del secondo ordine in p*

$$p - \frac{n_i^2}{p} - N_A = 0 \iff p^2 - N_A p - n_i^2 = 0$$

- *Solo la soluzione positiva ha significato fisico:*

$$p = \frac{N_A}{2} \left[1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2n_i}{N_A} \right)^2} \right] \approx N_A = 5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$$

- *L'approssimazione segue da $n_i = 1.45 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ e $(2n_i/N_A)^2 = 3.364 \times 10^{-13} \ll 1$*

Esercizio 2: soluzione

- *La concentrazione di portatori minoritari vale*

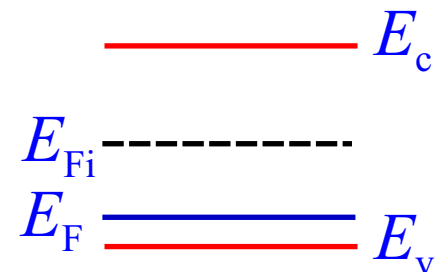
$$n = \frac{n_i^2}{p} = 4.2 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$$

- *Nota p , da*

$$p = N_v \exp\left(-\frac{E_F - E_v}{k_B T}\right)$$

si ricava la posizione di E_F

$$E_F - E_v = k_B T \ln \frac{N_v}{p} = 139 \text{ meV}$$



$$E_g = E_c - E_v = 1.124 \text{ eV}$$

$$E_F - E_v = 139 \text{ meV}$$