Dispositivi Elettronici

Esercitazione

Proprietà elettriche dei semiconduttori

Esercizio 1: testo

- ***Si consideri un campione di Si drogato tipo*** n ***con una concentrazione*** $N_{\mathrm{D}} = 10^{17}$ ***cm***$^{-3}$
- ***Drogaggio uniforme, campione in equilibrio termodinamico a*** $T = 300$ ***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***

$$p - n + N_{\mathrm{D}} = 0$$

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

$$np = n_{\mathrm{i}}^2 \Longrightarrow p = \frac{n_{\mathrm{i}}^2}{n}$$

Esercizio 1: soluzione

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

$$\frac{n_\mathrm{i}^2}{n} - n + N_\mathrm{D} = 0 \iff n^2 - N_\mathrm{D} n - n_\mathrm{i}^2 = 0$$

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

$$n = \frac{N_\mathrm{D}}{2}\left[1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2n_\mathrm{i}}{N_\mathrm{D}}\right)^2}\right] \approx N_\mathrm{D} = 10^{17}\ \mathrm{cm}^{-3}$$

- ***L'approsimazione segue da*** $n_\mathrm{i} = 1.45 \times 10^{10}$ ***cm***$^{-3}$ ***e*** $(2n_\mathrm{i}/N_\mathrm{D})^2 = 8.4 \times 10^{-14} \ll 1$

Esercizio 1: soluzione

- ***La concentrazione di portatori minoritari vale***

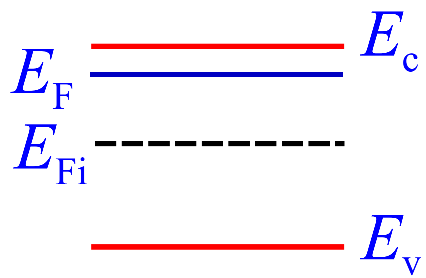
$$p = \frac{n_\mathrm{i}^2}{n} = 2.1 \times 10^3\ \mathrm{cm}^{-3}$$

- ***Noto n, da***

$$n = N_\mathrm{c} \exp\left(-\frac{E_\mathrm{c} - E_\mathrm{F}}{k_\mathrm{B} T}\right)$$

si ricava la posizione di E_F

$$E_\mathrm{c} - E_\mathrm{F} = k_\mathrm{B} T \ln \frac{N_\mathrm{c}}{n} = 146\ \mathrm{meV}$$



$E_g = E_c - E_v = 1.124$ eV

$E_c - E_F = 146$ meV

Esercizio 2: testo

- ***Si consideri un campione di Si drogato tipo*** p ***con una concentrazione*** $N_{\mathrm{A}} = 5 \times 10^{16}$ ***cm***$^{-3}$
- ***Drogaggio uniforme, campione in equilibrio termodinamico a*** $T = 300$ ***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***

$$p - n - N_\mathrm{A} = 0$$

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

$$np = n_\mathrm{i}^2 \Longrightarrow n = \frac{n_\mathrm{i}^2}{p}$$

Esercizio 2: soluzione

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

$$p - \frac{n_\mathrm{i}^2}{p} - N_\mathrm{A} = 0 \Longleftrightarrow p^2 - N_\mathrm{A} p - n_\mathrm{i}^2 = 0$$

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

$$p = \frac{N_\mathrm{A}}{2}\left[1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2n_\mathrm{i}}{N_\mathrm{A}}\right)^2}\right] \approx N_\mathrm{A} = 5 \times 10^{16}\ \mathrm{cm}^{-3}$$

- ***L'approsimazione segue da*** $n_\mathrm{i} = 1.45 \times 10^{10}$ **cm**$^{-3}$ **e** $(2n_\mathrm{i}/N_\mathrm{A})^2 = 3.364 \times 10^{-13} \ll 1$

Esercizio 2: soluzione

- ***La concentrazione di portatori minoritari vale***

$$n = \frac{n_{\mathrm{i}}^2}{p} = 4.2 \times 10^3\ \mathrm{cm}^{-3}$$

- ***Noto p, da***

$$p = N_{\mathrm{v}} \exp\left(-\frac{E_{\mathrm{F}} - E_{\mathrm{v}}}{k_{\mathrm{B}}T}\right)$$

si ricava la posizione di E_{F}

$$E_{\mathrm{F}} - E_{\mathrm{v}} = k_{\mathrm{B}}T \ln\frac{N_{\mathrm{v}}}{p} = 139\ \mathrm{meV}$$