

Semiconduttori

Esercizio 1

DATI: $n_i = 1.45 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $N_D = 5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, $N_A = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$

1. Calcolare la concentrazione di elettroni e di lacune

Il drogaggio è molto superiore alla concentrazione intrinseca. vale l'approssimazione:

$$n = N_D = 5 \times 10^{16} \cdot \text{cm}^{-3}$$

Legge di azione di massa:

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

Supponiamo di aggiungere $N_A = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ atomi accettori

2. Ricalcolare la concentrazione di elettroni e lacune

$N_A < N_D$ quindi il semiconduttore rimane di tipo n. per il principio di compensazione si comporta come un

semiconduttore n con drogaggio: $N_D - N_A = 4 \times 10^{16} \cdot \text{cm}^{-3}$ che è comunque molto maggiore della concentrazione intrinseca. Vale l'approssimazione:

$$n = N_D - N_A = 4 \times 10^{16} \cdot \text{cm}^{-3}$$

Legge di azione di massa:

$$p = \frac{n_i^2}{n} = 5.3 \times 10^3 \cdot \text{cm}^{-3}$$

Supponiamo di aggiungere $N_A = 2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ atomi accettori

3. Ricalcolare la concentrazione di elettroni e lacune

$N_A > N_D$ quindi il semiconduttore diventa di tipo p. per il principio di compensazione si comporta come un

semiconduttore p con drogaggio: $N_A - N_D = 1.5 \times 10^{17} \cdot \text{cm}^{-3}$ (molto maggiore della concentrazione intrinseca). Vale l'approssimazione:

$$p = N_A - N_D = 1.5 \times 10^{17} \cdot \text{cm}^{-3}$$

Legge di azione di massa:

$$n = \frac{n_i^2}{p} = 1.4 \times 10^3 \cdot \text{cm}^{-3}$$

Esercizio 2

DATI: $n_i = 1.45 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $\mu_n = 1000 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, $\mu_p = 300 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, $q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

1) Tipo di semiconduttore e resistività con $N_D = 0$, $N_A = 0$ **Semiconduttore intrinseco**

Concentrazione di portatori: $n = n_i = 1.45 \times 10^{10} \cdot \text{cm}^{-3}$ $p = n_i = 1.45 \times 10^{10} \cdot \text{cm}^{-3}$

Conducibilità: $\sigma = q \cdot n \cdot \mu_n + q \cdot p \cdot \mu_p = 3 \times 10^{-6} \cdot \text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$

Resistività: $\rho = \sigma^{-1} = 331.6 \cdot \text{k}\Omega \cdot \text{cm}$

2) Tipo di semiconduttore e resistività con $N_D = 5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, $N_A = 0$ **Semiconduttore di tipo n**

Concentrazione di portatori: $n = N_D - N_A = 5 \times 10^{15} \cdot \text{cm}^{-3}$ $p = \frac{n_i^2}{n} = 4.2 \times 10^4 \cdot \text{cm}^{-3}$

Conducibilità: $\sigma = q \cdot n \cdot \mu_n + q \cdot p \cdot \mu_p = 0.8 \cdot \text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$

Resistività: $\rho = \sigma^{-1} = 1.25 \cdot \Omega \cdot \text{cm}$

3) Tipo di semiconduttore e resistività con $N_D = 0$, $N_A = 3 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ **Semiconduttore di tipo p**

Concentrazione di portatori: $p = N_A - N_D = 3 \times 10^{16} \cdot \text{cm}^{-3}$ $n = \frac{n_i^2}{p} = 7 \times 10^3 \cdot \text{cm}^{-3}$

Conducibilità: $\sigma = q \cdot n \cdot \mu_n + q \cdot p \cdot \mu_p = 1.4 \cdot \text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$

Resistività: $\rho = \sigma^{-1} = 0.69 \cdot \Omega \cdot \text{cm}$

4) Tipo di semiconduttore e resistività con $N_D = 5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, $N_A = 3 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ **Semiconduttore di tipo p**

Concentrazione di portatori: $p = N_A - N_D = 2.5 \times 10^{16} \cdot \text{cm}^{-3}$ $n = \frac{n_i^2}{p} = 8.4 \times 10^3 \cdot \text{cm}^{-3}$

Conducibilità: $\sigma = q \cdot n \cdot \mu_n + q \cdot p \cdot \mu_p = 1.2 \cdot \text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$

Resistività: $\rho = \sigma^{-1} = 0.83 \cdot \Omega \cdot \text{cm}$

5) Tipo di semiconduttore e resistività con $N_D = 5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, $N_A = 3 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ **Semiconduttore di tipo n**

Concentrazione di portatori: $n = N_D - N_A = 4.7 \times 10^{17} \cdot \text{cm}^{-3}$ $p = \frac{n_i^2}{n} = 447.3 \cdot \text{cm}^{-3}$

Conducibilità: $\sigma = q \cdot n \cdot \mu_n + q \cdot p \cdot \mu_p = 75.2 \cdot \text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$

Resistività: $\rho = \sigma^{-1} = 13.3 \cdot \text{m}\Omega \cdot \text{cm}$

Esercizio 3

DATI: $n_i = 1.45 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $\mu_n = 1000 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, $\mu_p = 300 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, $q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $L = 10 \mu\text{m}$

$\Sigma = 100 \mu\text{m} \cdot 200 \mu\text{m}$, $N_D = 2 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, $V_A = 0.2 \text{ V}$

Corrente attraverso il semiconduttore

concentrazione di portatori: $n = N_D$ $p = \frac{n_i^2}{N_D} = 1.05 \times 10^4 \cdot \text{cm}^{-3}$

essendo di tipo n possiamo trascurare le lacune nel calcolo della resistività:

$$\rho = \frac{1}{q \cdot N_D \cdot \mu_n} = 0.313 \cdot \Omega \cdot \text{cm}$$

Resistenza: $R = \rho \cdot \frac{L}{\Sigma} = 1.563 \Omega$

Corrente: $I = \frac{V_A}{R} = 0.128 \text{ A}$

In alternativa possiamo calcolare:

- il campo elettrico $E = \frac{V_A}{L} = 200 \cdot \frac{\text{V}}{\text{cm}}$

- la densità di corrente $J = q \cdot \mu_n \cdot n \cdot E = 640 \cdot \frac{\text{A}}{\text{cm}^2}$

- la corrente $I = \Sigma \cdot J = 0.128 \text{ A}$