

Appunti di Sistemi Mesoscopici e Nanodispositivi

Daniele Rapetti

1 Eterostrutture

Un-eterostruttura è una giunzione tra due materiali differenti. Si presenta il problema di cercare due materiale con strutture cristalline il più simili possibile per evitare stress alla giunzione e per rispettare il più possibile il teorema di Bloch.

Per esempio Semiconduttori simili sono

- GaAs e AlAs
- GaIn e InP

In quanto hanno una costante cristallina molto simile.

A questo punto scegliamo la prima coppia, in quanto GaAs ha il gap diretto e ci dedicheremo allo studio della giunzione



la x indica la % di Al rispetto al Ga nel secondo mezzo, varia tra 0 e 1, solitamente si scelgono valori inferiori a 0.4 in quanto a 0.45 il gap diventa indiretto.

Figure 1:

immagine dei due livelli dei materiali vicini $\Delta E_c = E_{c2} - E_{c1} = 0.77x$ e $\Delta E_v = E_{v1} - E_{v2} = 0.48x$

A questo punto droghiamo: il lato a destra del sistema con donori e la part senza alluminio con accettori e procediamo con i calcoli della giuntura unita. Il drogaggio sarà tale che i donori saranno molti più degli accettori:

$$N_A \ll N_D \Rightarrow n \gg p$$

Definisco la differenza tra le due energie di Fermi:

$$E_{F1} - E_{F2} = e\phi_0 \quad (1.0.1)$$

Ho quindi movimento di lacune e elettroni, il che mi darà luogo a una corrente di deriva:

immagine lacune e e- in movimento

immagine distribuzioni di carica

$$J_d^{(n)} = eD_n \frac{dn}{dx} \quad (1.0.2)$$

La rilocazione di lacune e elettroni crea una distribuzione di carica non omogenea che da luogo a un campo elettrico che si oppone alla corrente di deriva.

$$E(z) = -\frac{d\phi}{dz}, \quad \frac{d^2\phi}{dz^2} = -\frac{\rho_i}{\varepsilon_0\varepsilon_{ri}} \quad (1.0.3)$$

dove i indica il mezzo 1 o 2. D'ora in poi sintetizzerò: $\varepsilon_0\varepsilon_{ri} = \varepsilon_i$

Definisco le condizioni al contorno del campo:

$$\phi(0^+) = \phi(0^-) \quad (1.0.4)$$

$$\varepsilon_1\phi'(0^+) = \varepsilon_2\phi'(0^-) \quad (1.0.5)$$

$$\phi(z) = \text{costante} \quad \text{se } z \geq dn \text{ o } z \leq -dp \quad (1.0.6)$$

$$\phi(+\infty) - \phi(-\infty) = \phi_0 \quad (1.0.7)$$

e avremmo

$$\phi(z) = \begin{cases} \phi_1 + e^{\frac{N_a}{2\varepsilon_1}}(z + dp)^2 & -dp \leq z \leq 0 \\ \phi_2 + e^{\frac{N_a}{2\varepsilon_2}}(z - dn)^2 & 0 \leq z \leq dn \end{cases} \quad (1.0.8)$$

Per comodità definiamo $\phi_2 = 0$, come ipotesi è ragionevole perchè nel mezzo 2 il drogaggio è molto intenso e quindi è in condizione di essere "dominante" sul mezzo 1. In pratica sto schematizzando che l' E_{F1} si sposterà molto meno rispetto all' E_{F1} .

Rispetto al caso di una giunzione omogenea le dimensioni delle zone di svuotamento si calcolano:

$$dn = \left(\frac{N_a}{N_d} \frac{1}{\varepsilon_1 N_a + \varepsilon_2 N_d} \frac{2\varepsilon_1 \varepsilon_2 \phi_0}{e} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1.0.9)$$

$$dp = \left(\frac{N_d}{N_a} \frac{1}{\varepsilon_1 N_a + \varepsilon_2 N_d} \frac{2\varepsilon_1 \varepsilon_2 \phi_0}{e} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1.0.10)$$

Figure 2: Il potenziale cambia la posizione delle bande

Immagine livello