Dispositivi elettronici – AA2018/19

Homework 03

Valerio Nappi
https://5n44p.github.io/triennale-elettronica-polimi/

Consegna

E1 – La Figura 1 rappresenta schematicamente un resistore integrato realizzato in uno strato di silicio drogato con atomi di fosforo in concentrazione $N_D=1x10^{17}cm^{-3}$. Le dimensioni geometriche del componente sono $\Delta=1\mu m$, $W=5\mu m$, $L=100\mu m$. Ai capi del resistore è presente un gradiente di temperatura di $\pm 10°C$ attorno alla temperatura media $T_0=300K$, con l'andamento riportato in figura.

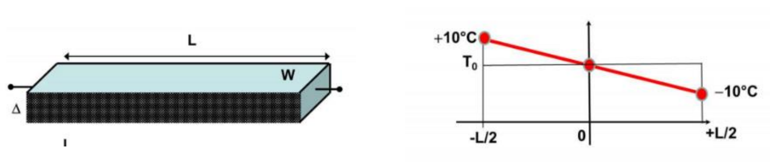

Figura 1 – resistore integrato

a) In analogia con quanto esposto nella dimostrazione della legge di Fick, dimostrare che la presenza del gradiente di temperatura ai capi di un componente uniformemente drogato determina un flusso netto di portatori maggioritari pari a: $\varphi_n = -n\frac{D_n}{T}\frac{dT}{dx}$ dove Dn è il coefficiente di diffusione delle cariche.

b) Sapendo che la mobilità degli elettroni nello strato è pari a $\mu_n=775$ cm^2/Vs, stimare la corrente generata per termodiffusione.

c) Determinare valore e segno della differenza di potenziale da applicare al resistore per annullare l'effetto della corrente prodotta da termodiffusione.

1 Analisi del problema

Il problema consiste nello studio di un resistore a semiconduttore, realizzato su silicio con drogaggio di fosforo. Il resistore è studiato in presenza di un gradiente di temperatura. In presenza di tale gradiente, la velocità termica nel resistore non sarà uniforme. Una velocità dei portatori non uniforme determina un flusso netto di portatori da un lato all'altro del dispositivo.

Orientato il dispositivo secondo la direzione del grafico fornito, e consideratane una sezione centrata al centro del dispositivo, i portatori alla sinistra della sezione avranno una velocità media più alta, percorrendo un cammino medio $\lambda = v_{th}(T)\tau$ più ampio rispetto alla controparte di destra.

Si scrivono quindi le espressioni per il flusso di carica da sinistra a destra $\Phi_{s\to d}$ e per il flusso da destra a sinistra $\Phi_{d\to s}$:

$$\phi_{s\to d} = \frac{1}{2} n\ v_{th}\ T$$
$$\phi_{d\to s} = \frac{1}{2} n\ v_{th}(T)$$

Il flusso netto sarà quindi:

$$\phi = \frac{1}{2} n\ [v_{th}\ T_s\ -\ v_{th}\ T_d\ ]$$

Dove T_d e T_s si riferiscono alla temperatura a distanza di λ a destra e a sinistra dal punto in cui è considerata la sezione. Studiando il fenomeno per variazioni di temperatura relativamente piccole, possiamo linearizzare $v_{th}(x)$ attorno al centro, con T=300 K. Avremo perciò:

$$\phi_{s\to d} = \frac{1}{2} n\tau\ (v_{th} - \frac{dv_{th}}{dx}\lambda) = \frac{1}{2} n\tau\ (v_{th} - \frac{dv_{th}}{dx}\frac{dT}{dT}\lambda)$$

$$\phi_{s\to d} = \frac{1}{2} n\tau\ (v_{th} - \frac{dv_{th}}{dT}\frac{dT}{dx}\lambda)$$

$$\phi = \frac{1}{2} n\ \tau \left[(v_{th} - \left.\frac{dv_{th}}{dx}\right|_o \lambda) -\ (v_{th} + \left.\frac{dT}{dx}\right|_0 \lambda) \right] = \frac{1}{2}\ n \left[-2 \left.\frac{dT}{dx}\right|_0 \lambda \right]$$

$$\phi = -\ n \left.\frac{dT}{dx}\right|_0 \lambda$$