

Equazione di continuità

1/4

Dato un blocchetto di silicio drogato n in equilibrio termico, per cui il numero di coppie elettrone-lacuna generate G_0 uguaglia il numero di quelle che si ricombinano, si ha

$$G_0 = n_0 f_1(T) \cong N_D f_1(T) \quad \text{essendo } n_0 \cong N_D$$

$$R_0 = n_0 p_0 f_2(T) \cong N_D p_0 f_2(T)$$

$$G_0 = R_0$$

In caso di rottura dell'equilibrio a causa di una perturbazione provocata dall'energia trasmessa al blocchetto da una fonte di calore o da una fonte luminosa, si ha

$$G = n f_1(T) \cong N_D f_1(T) = G_0 = R_0$$

se la perturbazione è abbastanza piccola da non alterare le caratteristiche del silicio che rimane di tipo n -quasi.

$$R = n p f_2(T) \cong N_D p f_2(T)$$

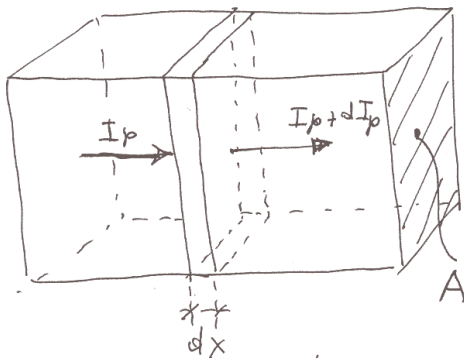
Riconoscendo che G ed R esprimono rispettivamente le coppie e - h generate e ricombinate nell'unità di tempo, si può scrivere

$$G - R = G_0 - R = R_0 - R = -N_D f_2(T) (p - p_0) = -\frac{p - p_0}{\tau_p} = \frac{dp'}{dt}$$

con $\tau_p = \frac{1}{N_D f_2(T)}$ tempo di vita medio delle lacune

2/4

Se nell'elemento di silicio considerato viene iniettata una corrente, in modo che in un elemento di materiale di spessore dx si può definire una corrente entrante I_p ed una uscente $I_p + dI_p$, si produce la seguente



variazione di carica nell'unità di tempo nel volume $A dx$

$$\frac{I_p - (I_p + dI_p)}{q} = - \frac{dI_p}{q} \left(\frac{\text{cariche}}{\text{sec}} \right)$$

Si ha quindi una variazione di concentrazione

nell'unità di tempo data da:

$$\frac{dp''}{dt} = - \frac{dI_p}{A dx \cdot q} = - \frac{1}{A q} \cdot \frac{dI_p}{dx}$$

Tenendo presente che la corrente di lacune è data da:

$$I_p = A \cdot J_{\text{deriva}} + A J_{\text{diff}} = A q \mu_p p E - A q D_p \frac{dp}{dx}$$

$$\frac{dp''}{dt} = - \frac{1}{A q} \cdot A q \frac{d}{dx} \left(\mu_p p E - D_p \frac{dp}{dx} \right) = - \mu_p E \frac{dp}{dx} - \mu_p p \frac{dE}{dx} + D_p \frac{d^2 p}{dx^2}$$

La variazione di concentrazione nel tempo, all'interno dell'elemento di spessore dx è la somma di (dp'/dt) , prodotto degli effetti di G e di R e di (dp''/dt) prodotto dall'effetto di I_p .

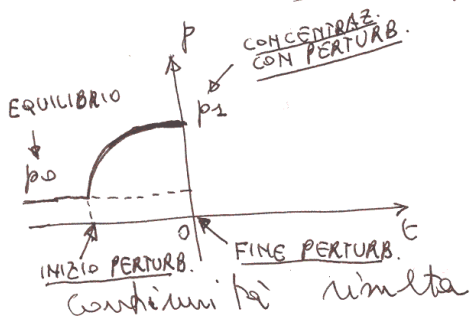
$$\frac{dp}{dt} = \frac{dp'}{dt} + \frac{dp''}{dt} = - \frac{p - p_0}{\tau_p} + D_p \frac{d^2 p}{dx^2} - \mu_p E \frac{dp}{dx} - \mu_p p \frac{dE}{dx}$$

EQUAZIONE DI CONTINUITÀ

Equazione analoga per le variche n di un semiconduttore p

Primo caso: Concentrazione uniforme senza campo elettrico 3/4

Quando viene perturbata la concentrazione delle cariche p di minoranza in un blocco di Silicio (per effetto di assorbimento di energia termica o luminosa) e poi la corrente cessa bruscamente



si può ritenere la concentrazione di lacune uniforme $d^2p/dx^2 = 0$ e nullo il campo elettrico $dE/dx = 0$. Dall'equazione di

$$\frac{dp}{dt} = - \frac{p - p_0}{\tau_p}$$

ovvero che $dp/dt = d(p - p_0)/dt$, ponendo $p' = p - p_0$

si ha

$$\frac{dp'}{dt} = - \frac{p'}{\tau_p}$$

$$\int \frac{dp'}{p'} = \int - \frac{1}{\tau_p} dt \quad \ln p' = - \frac{t}{\tau_p} + K_1$$

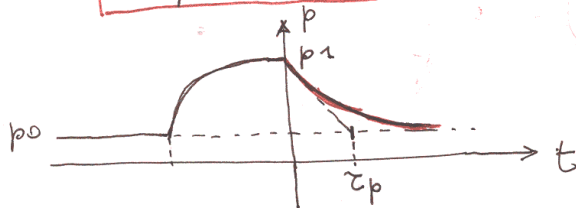
$$p' = e^{-\frac{t}{\tau_p} + K_1} = K e^{-t/\tau_p} \quad (K = e^{K_1})$$

per $t = 0$ deve essere $p' = p_1 - p_0$

$$p_1 - p_0 = K e^{-0/\tau_p} \quad K = p_1 - p_0$$

infine

$$p - p_0 = (p_1 - p_0) e^{-t/\tau_p}$$



secondo caso Concentrazione indipendente da t e 4/4
campo elettrico nullo

Quando avviene una diffusione di carica p attraverso una giunzione P-N (verso il lato n) si può ritenere che nella regione quasi neutra il campo elettrico sia nullo, $E = dE/dx = 0$, e che la concentrazione nell'interfaccia tra regione quasi neutra e regione di carica spaziale, in regime stazionario, non dipenda dal tempo, $dp/dt = 0$.
Dall'equazione di continuità si ha:

$$0 = -\frac{p-p_0}{\tau_p} + D_p \frac{d^2 p}{dx^2}$$

$$\frac{d^2 p}{dx^2} = -\frac{p-p_0}{D_p \tau_p}$$

posto $p' = p - p_0$

$$\frac{d^2 p'}{dx^2} = -\frac{p'}{D_p \tau_p}$$

$$\frac{d^2 p'}{dx^2} + \frac{p'}{D_p \tau_p} = 0 \quad \text{equazione lineare omogenea}$$

$$\lambda^2 + \frac{1}{D_p \tau_p} = 0 \quad \text{equazione caratteristica} \quad \lambda_{1,2} = \pm \frac{1}{\sqrt{D_p \tau_p}}$$

detta $L_p = \sqrt{D_p \tau_p}$ lunghezza di diffusione

si ha

$$p' = A_1 e^{-t/L_p} + A_2 e^{+t/L_p}$$

$$p - p_0 = A_1 e^{-t/L_p} + A_2 e^{+t/L_p}$$

con A_1 e A_2 costanti da determinarsi in base alle condizioni al contorno