Zusammenfassung vom 08.11.2011

p-n-Übergang (*ohne Vorspannung*)

➔ *Idealisierung : abrupter Übergang von p- zu n-Dotierung ohne Störung des Kristallgitters*

➔ *es gilt Störstellenerschöpfung bei Raumtemperatur*

thermisches Gleichgewicht

➔ *chemisches Potential gleicht sich an:* **$\mu(x)$ = const.**

➔ *Leitungs- und Valenzband verbiegen sich*

Makropotential ➔ *es entsteht ein Makropotential* **$V(x)$** *im Übergangsbereich*

Raumladungszone

$$\frac{\partial^2 V(x)}{\partial x^2} = -\frac{\rho(x)}{\varepsilon\varepsilon_0}$$

Krümmung des Makropotentials entspricht einer Raumladungszone

Ladungsneutralität weit weg vom Übergang $n_D^+ \cong n_n \qquad n_A^- \cong p_p$

Majoritätsladungsträger n_n, p_p

Minoritätsladungsträger n_p, p_n

Zusammenfassung vom 08.11.2011

in der Raumladungszone

- ➔ *Konzentrationsgefälle erzeugt Diffusionsstrom* $\mathbf{j}^{\mathrm{Diff}}$ *von Elektronen aus dem n- in den p-HL* ($\mathbf{n}_p$) *und von Löchern aus dem p- in den n-HL* ($\mathbf{p}_n$)
- ➔ *Makropotential erzeugt Feldstrom* $\mathbf{j}^{\mathrm{Feld}}$ *von Elektronen aus dem p- in den n-HL und von Löchern aus dem n- in den p-HL*
- ➔ *im thermischen Gleichgewicht ist an jedem Ort* $\mathbf{x}$ *der Gesamtstrom* $\mathbf{j} = \mathbf{j}^{\mathrm{Diff}} + \mathbf{j}^{\mathrm{Feld}} = 0$

Gleichgewichtsbedingung

$$n_i^2 = n_n\, p_n = n_p\, p_p = N_{\mathrm{eff}}^C\, N_{\mathrm{eff}}^V\, e^{-\frac{E_g}{k_B T}}$$

$$E_g = E_c^p - E_v^p = E_c^n - E_v^n$$

Majoritätsladungsträger-konzentrationen

$$n_n = N_{\mathrm{eff}}^c\, e^{-\frac{E_c^n - \mu}{k_B T}} \qquad p_p = N_{\mathrm{eff}}^v\, e^{-\frac{\mu - E_v^p}{k_B T}}$$

➔
$$\frac{n_n\, p_p}{n_i^2} = \frac{e^{\left(E_v^p - E_c^n\right)/k_B T}}{e^{-\left(E_c^n - E_v^n\right)/k_B T}} = e^{\frac{E_v^p - E_v^n}{k_B T}}$$

Diffusionsspannung ➔

$$eV_D = \left(E_c^p - E_c^n\right) = \left(E_v^p - E_v^n\right) = kT \ln \frac{n_n p_p}{n_i^2}$$

$\mathbf{V_D}$ = *maximaler Wert von* $\mathbf{V(x)}$

Zusammenfassung vom 08.11.2011

Diffusionsstrom

$$j^{Diff} = j_n^{Diff} + j_p^{Diff} = e\left(D_n \frac{\partial n(x)}{\partial x} - D_p \frac{\partial p(x)}{\partial x}\right)$$

$D_{n,p}$ = *Diffusions-konstanten*

mit $E_c(x) = E_c^p - eV(x)$ ➔ $n(x) = N_{eff}^c \, e^{-\frac{E_c(x)-\mu}{k_B T}} = N_{eff}^c \, e^{-\frac{E_c^p - eV(x)-\mu}{k_B T}}$

➔ $$\frac{\partial n(x)}{\partial x} = n(x)\frac{e}{kT}\frac{\partial V(x)}{\partial x}$$

mit $E_v(x) = E_v^n + eV(x)$ ➔ $p(x) = N_{eff}^v \, e^{-\frac{\mu - E_v(x)}{k_B T}} = N_{eff}^v \, e^{-\frac{\mu - E_v^n - eV(x)}{k_B T}}$

➔ $$\frac{\partial p(x)}{\partial x} = p(x)\frac{e}{kT}\frac{\partial V(x)}{\partial x}$$

Feldstrom

$$j^{Feld} = j_n^{Feld} + j_p^{Feld} = e\left[n(x)\mu_n + p(x)\mu_p\right]\mathcal{E}(x)$$

$$\mathcal{E}(x) = -\frac{\partial V(x)}{\partial x}$$

durch V(x) erzeugtes Feld $\mathcal{E}_x$

Einstein-Beziehung

$$j^{Diff} + j^{Feld} = 0$$

$\mu_{n,p}$ = *Beweglichkeit*

➔ $$D_{n,p} = \frac{kT}{e}\mu_{n,p}$$