

Zusammenfassung vom 05.11.2010

Dotierung von Halbleitern mit Fremdatomen *das gezielte Einbringen von drei- oder fünfwertigen Fremdatomen in den reinen Kristall wird **Dotierung** genannt. Die Fremdatome heißen **Störstellen***

Donator ***fünfwertiges Element (P, As, Sb)**, dessen fünftes Elektron nur schwach an den Ionenrumpf gebunden ist.*

Konzentration n_D

Akzeptor ***dreiwertiges Element (B, Al, Ga, In)**, dessen fehlendes viertes Elektron verhält sich wie positiv geladenes Loch, das schwach an den Ionenrumpf gebunden ist.*

Konzentration n_A

Dotierung $n_D \gg n_A \rightarrow$ **n-dotiert** $n_D \ll n_A \rightarrow$ **p-dotiert**

Bindungsenergie Donator $E_d = E_C - E_D = \frac{e^4 m_e^*}{2(4\pi\epsilon\epsilon_0 \hbar)^2} = \frac{m_e^*}{m_e} \frac{1}{\epsilon^2} E_{\text{Ry}}$ $\epsilon =$ *statische Dielektrizitätskonstante*

$a_0 =$ *Bohr-Radius*

Bahnradius Donator

$$a_d = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 \hbar^2}{e^2 m_e^*} = \epsilon \frac{m_e}{m_e^*} a_0$$

$E_{\text{Ry}} = 13.6$ eV
Rydberg-Energie

Bindungsenergie
Akzeptor

$$E_a = E_A - E_V = \frac{e^4 m_h^*}{2(4\pi\epsilon\epsilon_0 \hbar)^2} = \frac{m_h^*}{m_e} \frac{1}{\epsilon^2} E_{Ry}$$

Bahnradius
Akzeptor

$$a_a = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 \hbar^2}{e^2 m_h^*} = \epsilon \frac{m_e}{m_h^*} a_0$$

Gleichgewichts-
bedingung

$$n p = N_{\text{eff}}^C N_{\text{eff}}^V e^{-\frac{E_g}{k_B T}} \quad \rightarrow \quad \text{wie im intrinsischen Fall, wobei } n \text{ und } p \text{ jedoch nun die Ladungsträger aus den Störstellen mit einschließen}$$

Neutralitäts-
bedingungen

$$n + n_A^- = p + n_D^+ \quad n_D = n_D^0 + n_D^+ \quad n_A = n_A^0 + n_A^-$$

$n_{D,A}^0 =$ Dichte neutraler Donatoren/Akzeptoren

$n_D^+, n_A^- =$ Dichte angeregter Donatoren/Akzeptoren

Donator-/Akzeptor-Besetzung

$$n_D^0(T) = n_D \frac{1}{e^{\frac{E_D - \mu}{k_B T}} + 1} \quad n_A^0(T) = n_A \frac{1}{e^{\frac{\mu - E_A}{k_B T}} + 1}$$

Spezialfall: reiner n-Halbleiter
($n_A = 0$)

$$n = p + n_D^+ \quad n = N_{\text{eff}}^C e^{\frac{\mu - E_C}{k_B T}} \quad n_D^+ \gg n_i = p_i$$

$$\rightarrow n \cong n_D^+ = n_D - n_D^0$$

Ladungsträgerdichte ($n_A = 0$)

$$\rightarrow n + n^2 \frac{1}{N_{\text{eff}}^C} e^{\frac{E_d}{k_B T}} = n_D$$