

4.4.2 Was man wissen muss

- Die Defekt-"Zoologie": null- bis dreidimensionale Defekte mit mindestens je einem Beispiel.
- Die **je 2** intrinsischen und extrinsischen atomaren Fehlstellen mit Beispiel.
 - Formel für Gleichgewichtskonzentration der Leerstellen / Eigen-ZGA als Anwendung der Boltzmann Verteilung.
 - Atomares Bild zur Diffusion; Größenordnung von Bildungs- und Wanderungsenergie der Leerstelle.
 - Technische Bedeutung der Diffusion; Beispiel Transistor.
- 1. und 2. **Ficksches Gesetz**.
 - Definition und Bedeutung Diffusionsstromdichte j_{Diff}
 - 1. **Ficksches Gesetz**: j_{Diff} proportional zum **Gradienten** der Dichte; Proportionalitätskonstante $D = \text{Diffusionskonstante}$ der diffundierenden Teilchen
 - D bestimmt sich aus atomaren Eigenschaften.
 - 2. **Ficksches Gesetz** (= Kontinuität): zeitl. Änderung Dichte $n = \text{Differenz "rein" minus "raus"}$; $\partial n / \partial t = D \cdot \Delta n$.
- "Random Walk"-Prinzip und Grundformel Diffusionslänge.
 - Diffusionslänge L proportional zu Wurzel der Schrittzahl oder Wurzel der Laufzeit: $L = (D\tau)^{1/2} = a \cdot N^{1/2}$.
- Die plastische Verformung aller Kristalle (= aller Metalle) erfolgt ausschließlich durch die Erzeugung und Bewegung von **Versetzungen**.
 - Versetzungen (und andere "große" Defekte) können für mikroelektronische Bauelemente tödlich sein.

Zahlen und Formeln

Auf jeden Fall muss man wissen:

- Anmerkung**: In der Regel reichen "Zehner"-Zahlen. Genauere Werte sind in Klammern gegeben.

Zahlen neu			
Größe		Zehnerwert	Besserer Wert
Bildungs- und Wanderungsenergie Leerstelle	≈	1 eV	ca. (0,5 . . . 5) eV
$(k_B T)_{RT}$	≈	1/40 eV = 0,025 eV	

Zahlen alt			
Größe		Zehnerwert	Besserer Wert
Typische Gitterkonstante a	≈	1 Å = 0,1 nm	2 Å . . . 5 Å
Größe eines Atoms (Durchmesser)	≈	1 Å = 0,1 nm	1 Å . . . 3 Å
Photonenenergie (sichtbares) Licht	≈	1 eV	(1,6 . . . 3,3) eV

Schwingungsfrequenz Atome
im Kristall

≈

10^{13} Hz

Formeln neu

Boltzmannfaktor
(Wahrscheinlichkeit für E)

$$\exp[-E/(k_B T)]$$

Boltzmannverteilung
(E_0 : Grundzustandsenergie)

$$\frac{N(E)}{N(E_0)} = \exp\left(-\frac{E - E_0}{k_B T}\right)$$

Leerstellenkonzentration
(V: "vacancy"; E_V^F : Bildungsenergie)

$$c_V = \exp[-E_V^F / (k_B T)]$$

Sprungrate r atomarer Defekte
(E^M : Wanderungsenergie)

$$r = v_0 \cdot \exp[-E^M / (k_B T)]$$

Diffusionsstromdichte j_{Diff} (Vektor!)

$$j_{\text{Diff}} = -D \nabla n$$

Diffusionslänge L

$$L = (D \tau)^{1/2}$$

Formeln alt

Coulombpotential

$$U_{\text{Cou}} = \frac{e^2}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot r}$$

Beziehung Kraft $\underline{F}(r)$ — Potential $U(r)$

$$\underline{F}(r) = -\nabla U(r)$$

Mech. Spannung σ , Dehnung ϵ , E-Modul E

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\epsilon = \frac{l(\sigma) - l_0}{l_0}$$

$$E = \frac{d\sigma}{d\epsilon}$$

Mittlere thermische Energie eines klassischen Teilchens (innere Energie; Def. der Temperatur)	$U_{\text{Teilchen}} = \frac{1}{2} f k_B T$ (f : Anzahl der Freiheitsgrade)
Thermische Energie (Größenordnung von U_{Teilchen})	$E_{\text{therm}} = k_B T$ ($U_{\text{Teilchen}} \approx k_B T$)