

1. Physikalische Konstanten :

Protonen -, Neutronenmasse : $m_p \approx m_N = 1,7 \cdot 10^{-24} \text{ g}$

Elektronenmasse : $m_e = 0,91 \cdot 10^{-27} \text{ g}$

Elementarladung : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$

Plancksches Wirkungsquantum : $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

Bohrsches Magneton : $\mu_B = 0,93 \cdot 10^{-23} \text{ Am}^2$

Boltzmann - Konstante : $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} = 86,2 \cdot 10^{-6} \frac{\text{eV}}{\text{K}}$

Lichtgeschwindigkeit : $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Avogadro'sche Zahl : $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ Mol}^{-1}$

Atomare Masseinheit : $1 \text{ AME} = 1,66043 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$

Bohrscher Atomradius : $a_0 = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

Vakuumdielektrizitätskonstante : $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ As / Vm}$

Magnetische Feldkonstante : $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Vs / Am}$

2.0 Formeln

2.1 Physikalische Grundlagen

Kraft auf eine Ladung q :

a) Im elektrischen Feld : $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$

b) Im magnetischen Feld : $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ v ist die Geschwindigkeit der Ladung q

Zentrifugalkraft : $F = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot r \cdot \omega^2$

Kinetische Energie : $E_K = 1/2 \cdot m \cdot v^2$

Potenitielle Energie : $E_p = e \cdot U = e \cdot E \cdot ds$

Photonenenergie : $E = h\nu$;

Therm. Energie eines Teilchen : $E = k_B T$

Bohrsche Atommodell : $E_n = -13,6 \text{ eV} \cdot \frac{Z^2}{n^2}$, $r_n = a_0 \cdot \frac{n^2}{Z}$

Elektrisches Feld einer Punktladung : $E = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot r^2}$

Quantenzahlen: Hauptquantenzahl : $n = 1, 2, 3, \dots$

Nebenquantenzahl : $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$

magnetische Quantenzahl: $-l \leq m_l \leq l$

Spin: $m_s = \pm 1/2$

2.2 Kristalle

Packungsdichte : $P_D = \frac{N \cdot \text{Volumen (Atom)}}{\text{Volumen (Elementarzelle)}}$

$$V_{\text{Kugel}} = \frac{4 \cdot \pi}{3} \cdot R^3$$

2.3 Elektronen im Metall

Driftgeschwindigkeit : $V_D = -\mu \cdot E$

Beweglichkeit : $\mu = \frac{e \cdot \tau}{m_e}$

Stromdichte : $j = e \cdot n \cdot V_D = \sigma \cdot E$

Widerstand : $R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{l}{A}$

Temperaturkoeffizient : $\alpha = \sigma \cdot \frac{d(1/\sigma)}{dT}$

Mathiessensche Regel : $1/\sigma = 1/\sigma_{\text{Gitter}}(T) + 1/\sigma_{\text{Fehlst}}(N_{\text{Fehlst}})$

2.4 Mechanische Eigenschaften der Festkörper

Dehnung : $\epsilon = \frac{l}{l_0}$

Spannung : $\sigma = \frac{F}{A_0}$

Scherung : $\beta = x/h$

Hookssches Gesetz : $\sigma = E \cdot \epsilon$

2.5 Legierungen

Hebelgesetz : $m_A \cdot (C_A - C_0) = m_B \cdot (C_B - C_0)$

2.6 Halbleiter

Temperaturabhängigkeiten:

Intrinsicdichte : $n_i = N_0 \cdot \exp - \frac{E_g}{2 \cdot K_B \cdot T}$; $N_0 = 2 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ für Si

Eigenleitfähigkeit: intris. Material $\sigma(T) = \sigma_0 \exp \left(\frac{-E_g}{2 \cdot K_B \cdot T} \right)$

Leitfähigkeit: n- HL $\sigma(T) = \sigma_{0n} \cdot \exp \left(\frac{-(E_g - E_d)}{K_B \cdot T} \right)$

Leitfähigkeit: p- HL $\sigma(T) = \sigma_{0p} \cdot \exp \left(\frac{-E_a}{K_B \cdot T} \right)$

Energiebandlücke: $E_g(T) = 1,152 \text{ eV} - \frac{A \cdot T^2}{T + B}$, $A = 4,73 \times 10^{-4} \text{ eV/K}$,

B=636 K bei Si

Massenwirkungsgesetz : $n \cdot p = n_i^2$

Parameter wichtiger Halbleiter (bei 300 K)

	Si	Ge	GaAs	InSb
μ_n [cm²/Vs]	1450	3800	8500	80000
μ_p [cm²/Vs]	500	1800	435	450
E_g [eV]	1,12	0,67	1,4	0,17
E_a [eV]	0,045 (B- Dotierung)	0,01 (B- Dotierung)	0,024 (Cd- Dotierung)	
E_d [eV]	0,044 (P- Dotierung)	0,012 (P- Dotierung)	0,005 (Se- Dotierung)	
n_i [1/cm³]	$1,5 \cdot 10^{10}$	10^{13}	10^7	$1,35 \cdot 10^{16}$
$1/\sigma_i$ [Ωcm]	$2,1 \cdot 10^5$	112	$7,1 \cdot 10^4$	
σ_i [Ωcm]⁻¹	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-8}$	200

Driftstromdichte : $j = e \cdot (p \cdot \mu_p + n \cdot \mu_n) \cdot E$

Neutralitätsbedingung : $N_D^+ + p = N_A^- + n$

Einsteinbeziehung : $D_n = \frac{k_B T}{e} \cdot \mu_n$; $D_p = \frac{k_B T}{e} \cdot \mu_p$

Diffusionsstromdichte : $j_{DIFF} = e \cdot D_n \frac{dn}{dx} - e \cdot D_p \frac{dp}{dx}$

Halleffekt : $U_H = R_H \cdot j \cdot b \cdot B$; $R_H = \pm \frac{1}{n \cdot e}$

Fermi-Verteilung : $f(E) = \frac{1}{1 + \exp \frac{E - E_f}{K_B \cdot T}}$

Boltzmann-Verteilung : $f(E) = \exp - \frac{E}{k_B T}$

$n = N_L \cdot \exp - \frac{E_L - E_F}{k_B \cdot T}$; $p = N_V \cdot \exp - \frac{E_F - E_V}{k_B \cdot T}$

2.7 Dielektrische Werkstoffe

elektrische Flußdichte : $D = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot E$

Kapazität : $C = \frac{q}{U} = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$

Polarisation : $D = \epsilon_0 \cdot E + P$

Suszeptibilität : $\chi = \epsilon_r - 1$

Polarisierbarkeit : $\alpha = \frac{P}{E}$

Dipolmoment : $P = q \cdot \chi = \alpha \cdot E$

Clausius-Mossotti : $\chi = \frac{N \cdot \alpha / \epsilon_0}{1 - N \cdot \alpha / \epsilon_0}$

N = Gesamtzahl der Dipole pro Volumeneinheit

2.8 Magnetische Werkstoffe

magnetische Flußdichte : $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$

magnetische Polarisation : $B = \mu_0 \cdot H + J = \mu_0 \cdot (H + M)$

Magnetisierung : $J = \mu_0 \cdot M$

magnetisches Moment : $m = V \cdot M$

magnetische Suszeptibilität : $\kappa = \mu_r - 1$; $M = \kappa \cdot H$

Curie-Gesetz : $\kappa = \frac{C}{T - T_C}$