

Lösungshinweise zur Prüfung Physik 2 für IT, SS 2008

Aufgabe 1:

a) Störstellenreserve $n \sim e^{-\frac{E_D}{2kT}}$;

$$R = a \cdot e^{-\frac{E_D}{2kT}}; R_1 = a \cdot e^{-\frac{E_D}{2kT_1}}; R_2 = a \cdot e^{-\frac{E_D}{2kT_2}}$$

$$\frac{R_1}{R_2} e^{\frac{E_D}{2k} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)} = 2,14 \cdot 10^{-3}; R_2 = 2,34 \text{ G}\Omega.$$

b) $\frac{dR}{dT} = a \cdot \underbrace{e^{-\frac{E_D}{2kT}}}_{R} \cdot (-) \frac{E_D}{2kT^2} = -\frac{R \cdot E_D}{2kT^2}$;

$$\left. \frac{dR}{dT} \right|_{20,4 \text{ K}} = -97,6 \frac{\Omega}{\text{K}};$$

$$\left. \frac{dR}{dT} \right|_{4,2 \text{ K}} = -1,08 \cdot 10^{10} \frac{\Omega}{\text{K}};$$

$$\frac{dR}{dT} \cdot \frac{1}{R} = -\frac{E_D}{2kT^2};$$

$$\left. \frac{dR}{dT} \cdot \frac{1}{R} \right|_{20,4 \text{ K}} = -0,195 \text{ K}^{-1} = -19,5 \frac{\%}{\text{K}};$$

$$\left. \frac{dR}{dT} \cdot \frac{1}{R} \right|_{4,2 \text{ K}} = -4,6 \text{ K}^{-1} = -460 \frac{\%}{\text{K}}.$$

c) Raumtemperatur: $\rho = \frac{1}{e(n\mu_n + p\mu_p)}$;

$$n = \frac{n_D}{2} + \sqrt{\left(\frac{n_D}{2}\right)^2 + n_i^2} = 5,01 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3};$$

$$p = \frac{n_i^2}{n} = 1,083 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-3} \rightarrow \rho = 3,19 \text{ }\Omega\text{cm}.$$

d) Weil die Ladungsträgerkonzentration im Zustand der Störstellenerschöpfung praktisch konstant ist. Lediglich die schwache Temperaturabhängigkeit der Beweglichkeit wirkt sich auf den Widerstand aus:

$$\kappa \approx en_D\mu_n.$$

e) $n = \frac{N}{V} = \frac{m_{As}}{M_{As}} \cdot \frac{N_A}{V}; \frac{m_{As}}{V} = \frac{n \cdot M_{As}}{N_A} = 62,2 \frac{\text{ng}}{\text{cm}^3}.$

Aufgabe 2:

a) Mittelwert: $\bar{d} = 99,8333 \mu\text{m}.$

b) Standardabweichung des Messverfahrens für den Durchmesser: $s_d = \sqrt{\frac{FS_{\min}}{N-1}};$

Minimale Fehlersumme: $FS_{\min} = \sum_{i=1}^N (d_i - \bar{d})^2 = 10,8333 \mu\text{m}; s_d = 1,4720 \mu\text{m};$

$$s_{\bar{d}} = \Delta \bar{d} = \frac{s_d}{\sqrt{N}} = 0,6009 \mu\text{m}; d = (99,8 \pm 0,6) \mu\text{m}.$$

c) $F = e \cdot v \cdot B$; Stromdichte $j = \frac{I}{A} = ev \cdot n \rightarrow ev = \frac{I}{An} = 5,44 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}};$

$$\bar{F} = \frac{\bar{I} \cdot \bar{B}}{b \cdot \bar{d} \cdot \bar{n}} = 4,349 \cdot 10^{-22} \text{N}.$$

d) $\frac{\Delta \bar{F}}{\bar{F}} = \frac{\Delta \bar{I}}{\bar{I}} + \frac{\Delta \bar{B}}{\bar{B}} + \frac{\Delta \bar{n}}{\bar{n}} + \frac{\Delta \bar{b}}{\bar{b}} + \frac{\Delta \bar{d}}{\bar{d}} = 7,64\%.$

Aufgabe 3:

a) Reflexionsgrad:

$$\frac{\text{Glas}}{\text{Luft}}: \rho_G = \left(\frac{n_1 - n_L}{n_1 + n_L} \right)^2 \approx \left(\frac{n_1 - 1}{n_1 + 1} \right)^2 = 0,04; \quad \frac{\text{Glas}}{\text{Wasser}}: \rho_W = \left(\frac{n_1 - n_W}{n_1 + n_W} \right)^2 = \frac{1}{10} \rho_G = 0,004;$$

$$\frac{n_1 - n_W}{n_1 + n_W} = \sqrt{0,004} = 0,0632 \Leftrightarrow n_1 - n_W = 0,0632n_1 + 0,0632n_W$$

$$n_W \cdot 1,0632 = n_1(1 - 0,0632) \Leftrightarrow n_W = n_1 \frac{1 - 0,0632}{1 + 0,0632} = 1,32.$$

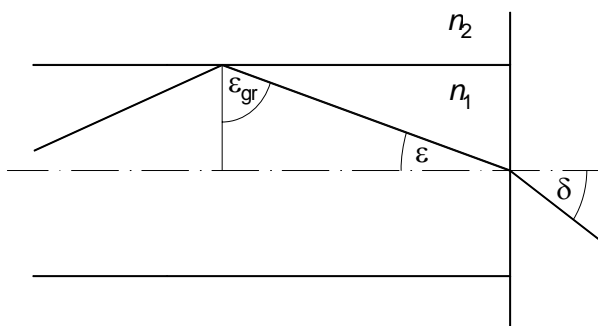
b) Numerische Apertur: $A_N = n \cdot \sin \delta$;

Wasser: $A_{N,W} = n_W \cdot \sin \delta_W = 0,3420$.

Nun gilt nach SNELLIUS: $n_1 \cdot \sin \varepsilon = n \cdot \sin \delta = A_N$.

Die numerische Apertur bleibt bei der Brechung konstant: $A_{N,W} = A_{N,L}$;

$A_{N,L} = n_L \cdot \sin \delta_L = 1 \cdot \sin \delta_L$; $\rightarrow \delta_L = 20^\circ$.



c) $\varepsilon_{\text{gr}} = 90^\circ - \varepsilon$;
 $n_1 \cdot \sin \varepsilon = A_N \Rightarrow \sin \varepsilon = 0,228$,
 $\varepsilon = 13,18^\circ$; $\varepsilon_{\text{gr}} = 76,82^\circ$.

d) $\sin \varepsilon_{\text{gr}} = \frac{n_2}{n_1}$,
 $n_2 = n_1 \cdot \sin \varepsilon_{\text{gr}} = 1,461$.

e) $n \cdot \sin \delta = A_N = n_1 \cdot \sin \varepsilon$;
 $\sin \varepsilon_{\text{gr}} = \frac{n_2}{n_1} = \sin(90^\circ - \varepsilon) = \cos \varepsilon$;

$$\cos \varepsilon = \frac{n_2}{n_1};$$

$$\sin \varepsilon = \sqrt{1 - \cos^2 \varepsilon} = \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2};$$

$$A_N = n_1 \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}.$$