

CMP - sheet 1010.1 Absorption of light

- (a) complex refractive index $\tilde{n} = n + i\kappa$
 \uparrow
 extinction coefficient

Lambert-Beer law:

$$I(z) = I_0 e^{-\alpha z}$$

$$\alpha = \frac{2\omega}{c} \kappa, \quad E = \hbar\omega$$

$$= \frac{\omega}{c} \operatorname{Im}(\tilde{n}(\omega))$$

$$\text{pen. depth } d_p = \frac{1}{\alpha} \Rightarrow d_p = \frac{c}{2\omega\kappa} = \frac{\hbar c}{2E\kappa}$$

$$- E = 1 \text{ eV}, \quad \tilde{n} = 3.5 + i \cdot 1.5 \times 10^{-6}$$

$$\Rightarrow d_p = 0.066 \text{ m} = 6.6 \text{ cm}$$

$$- E = 3.5 \text{ eV}, \quad \tilde{n} = 5.6 + i \cdot 3$$

$$\Rightarrow d_p = 9.4 \times 10^{-9} \text{ m} = 9.4 \text{ nm}$$

$$- E = 16.5 \text{ eV}, \quad \tilde{n} = 0.37 + i \cdot 0.34$$

$$\Rightarrow d_p = 1.76 \times 10^{-8} \text{ m} = 17.6 \text{ nm}$$

- (b) At which energy can one observe the fundamental absorption edge ("Fundamentalabsorptionskante")?

$\hat{=}$ Absorption, die auf dem Übergang der e^- vom Valenz- ins Leitungsband beruht

\rightarrow Fundamentalabsorption bei 3.2 - 3.3 eV \rightarrow hier direkter Bandübergang

- auch eines bei 4.2 eV

$\neq E_g = 1.12 \text{ eV}$, da Si indirekter Halbleiter ist
 \Rightarrow dieser Übergang hat eine sehr viel geringere Wsk.

Warum spielen Phononen hier keine Rolle?

10.2 Charge Carriers at the Plasma Edge

Indium doped tin oxide (ITO) \rightarrow displays because VIS-transparent but conductive

- (a) Up to which λ_0 (in μm) do you expect high transmission at a density of free charge carriers of $1.0 \times 10^{22} \text{ m}^{-3}$?
($m^* = m_e$, $\epsilon = 3.84$)

Plasma-Osz.: Osz. des Ladungsträgers im Medium (Plasma oder Metall) \rightarrow Quasiteilchen = Plasmon

Plasmafreq.: freie e^- im e^- -Gas lokal verdichtet \Rightarrow Coulomb versucht wieder hom. Verteilung zu erreichen

Wg. Trägheit schwieriger e^- an x_0 vorbei \Rightarrow Oszillation mit

$$\omega_p = \sqrt{\frac{n_e e^2}{\epsilon_0 m_e}} \xrightarrow{\text{mit Dielektrikum}} \omega_p = \sqrt{\frac{n_e e^2}{\epsilon_r \epsilon_0 m_e}}$$

Plasmaresonanz ist dim. lose, d.h. von der Ausdehnung unabh., Ausregung. Einfallende em. Welle kann die Schwingung anregen \rightarrow Absorption und Brechung

\vec{e} mit bestimmter Plasmadng. können fast instantan Bewegungen ausführen, die „langsam“ als ω_p ablaufen.
 \Rightarrow em. Strahlung unterhalb von ω_p wird fast vollständig reflektiert, oberhalb von ω_p transparent

$$\text{Plasma-Frequenz bei } \omega_p = \sqrt{\frac{n e^2}{\epsilon_0 \epsilon_{\infty} m^*}} \\ = 9.1 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow \lambda_0 = \frac{2\pi c}{\omega_p} \\ = \underline{\underline{2.07 \mu\text{m}}}$$

(b) Calc. infrared reflectivity for $10 \mu\text{m}$ while neglecting scattering of charge carriers.