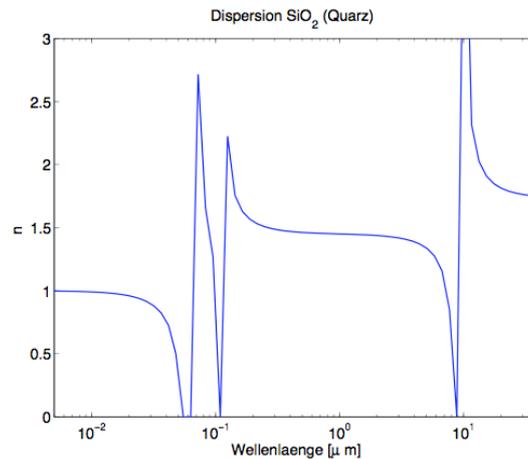


Lösungen: Übungsblatt 2 zur Quantenelektronik

Aufgabe 1 Dispersion im Infraroten

a) Für den Brechungsindex erhält man folgenden Verlauf:



Bitte beachten Sie, dass die Sellmeiergleichungen nur im Bereich zwischen ca 200 nm und 4 μm eine quantitative Bestimmung des Brechungsindex erlauben.

b) Phasengeschwindigkeit: $v_p = c/n \approx 2.06 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Für die andere Gruppengeschwindigkeit verwenden wir die Wellenzahl $k_n(\omega) = (\omega/c) \cdot n(\omega)$ und berechnen die Ableitungen davon näherungsweise:

$$\frac{dk_n}{d\omega} = \frac{k_n(\omega + \Delta\omega) - k_n(\omega - \Delta\omega)}{2\Delta\omega} = 4.89 \cdot 10^{-9} \text{ s/m},$$

wobei wir eine numerische Schrittweite von $\Delta\omega = 10^{12} \text{ s}^{-1}$ gewählt haben.

Daraus ergibt sich:

$$v_g = \left(\frac{dk_n}{d\omega} \right)^{-1} = 2.04 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

Eine "vernünftige" Schrittweite hat man dann gewählt, wenn das Resultat nur unwesentlich von der Schrittweite abhängt.

c) Die Verschiebung der Pulsmaxima nach einer Wegstrecke L ist

$$\Delta t = L \cdot \left| v_g^{-1}(\lambda_1) - v_g^{-1}(\lambda_2) \right|. \text{ Im vorliegenden Fall ist der "group velocity mismatch"}$$

$$\text{GVM} = \left| v_g^{-1}(\lambda_1) - v_g^{-1}(\lambda_2) \right| = 13.8 \text{ ps/m}. \text{ Wir erhalten } \Delta t = 1 \text{ ps für } L = 72.4 \text{ mm}.$$

Aufgabe 2 Dispersion im XUV und Roentgenbereich

- a) Da der Brechungsindex durch $n = 1 - \delta - i\beta$ gegeben ist, ist der Realteil des Brechungsindex von Quarz über den gesamten gegebenen Spektralbereich kleiner als 1. Somit ist dort die Phasengeschwindigkeit grösser als die Vakuumlichtgeschwindigkeit. Zudem fällt auf, dass sich Brechungsindex mit wachsender Photonenenergie dem Vakuumindex annähert. Es gilt also der generelle Trend, dass höhere Photonenenergien weniger mit der Materie wechselwirken.
- b) Im Bereich um 13 nm zeigt Aluminium normale Dispersion, erst für längere Wellenlängen kann Aluminium zur Kompensation von positivem Chirp verwendet werden. Quarz hingegen zeigt bei 13 nm anomale Dispersion, kann dort also positive Dispersion kompensieren.

