

Rechenübung zur Vorlesung

**Einführung in die optische Nachrichtentechnik**

Aufgaben zum Vorlesungskapitel

**Ebene Wellen an dielektrischen Grenzflächen**

**1. Aufgabe: Dielektrische Mehrschichten**

Auf ein Substrat mit der Brechzahl  $n_b$  werden abwechselnd  $\lambda/4$ -Schichten aufgebracht. Die Brechzahlen dieser  $\lambda/4$ -Schichten sind  $n_a = 1,3$  und  $n_b = 1,6$

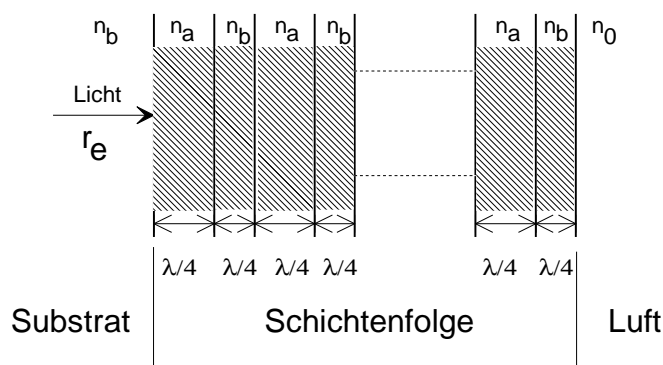


Abbildung 1:  $\lambda/4$  Schichtfolge

- a) Wieviele Schichten sind erforderlich, um einen Reflexionskoeffizienten  $R = |r_E|^2 \geq 99.9\%$  bei senkrechtem Lichteinfall zu erzielen? Leiten Sie zunächst den Ersatzwiderstand  $Z_{a2}$  der Schichtenfolge mit zwei  $\lambda/4$ -Schichten ( $n_a, n_b$ ) her. Erweitern Sie dann die Anzahl der  $\lambda/4$ -Schichten auf vier, benutzen Sie zur Berechnung des Ersatzwiderstandes  $Z_{a4}$  das Ergebnis  $Z_{a2}$  mit den zwei  $\lambda/4$ -Schichten, und schließen Sie dann auf die Gesetzmäßigkeit bei  $2k$   $\lambda/4$ -Schichten.
- b) Wie groß sind die Schichtdicken für  $\lambda = 0.6 \mu\text{m}$ ?

Lösung: a) 38  $\lambda/4$ -Schichten  
 b)  $d_{n_a} = 115,4 \text{ nm}$        $d_{n_b} = 93,8 \text{ nm}$

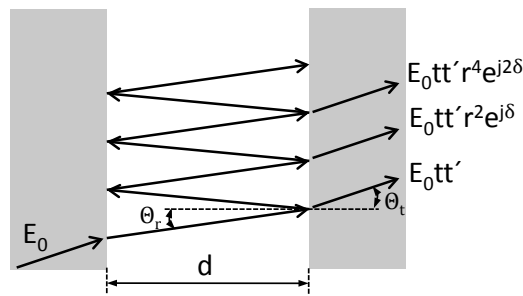


Abbildung 2: Fabry Perot Interferometer

## 2. Aufgabe: Fabry Perot Interferometer

Es soll die Übertragungsfunktion eines Fabry Perot Interferometer hergeleitet werden, der in Abbildung 2 dargestellt ist. Gehen Sie dabei wie folgt vor:

- Leiten Sie die den optischen Wegunterschied zweier benachbarten Strahlen her, die in einer dünnen Schicht miteinander interferieren.
- Nehmen Sie jetzt an, dass unendlich viele Strahlen miteinander interferieren und schreiben sie die Übertragungsfunktion auf.

Lösung: a)  $\Delta = n_0 2d \cdot \cos(\theta_t)$ ,  $\delta = \Delta \cdot k_0$

$$b) \frac{I_t}{I_i} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2r}{1-r^2}\right)^2 \cdot \sin^2(\delta/2)}$$

## 3. Aufgabe: Dimensionierung eines optischen Filters

Eine Bogenlampe emittiert Licht bei einer mittleren Wellenlänge von  $\lambda = 546,1 \text{ nm}$  mit einer Linienbreite von  $1 \text{ nm}$ , die Gaußförmig ist. Wir benötigen aber eine Quelle mit einer Frequenzbandbreite (Full width at half maximum) von  $5 \text{ GHz}$  bei der selben mittleren Wellenlänge.

- Dimensionieren Sie einen optischen Filter mit Hilfe eines Fabry Perot Interferometers. Wählen Sie dabei  $d$  und  $r$  so, dass der Filter bei  $\lambda = 546,1 \mu\text{m}$  eine Frequenzbandbreite von  $\Delta f = 5 \text{ GHz}$  hat. Die einfallende Welle hat einen Einfallswinkel von  $\theta_i = 0^\circ$  und das Medium zwischen den beiden reflektierenden Platten ist Luft mit  $n_0 = 1$ .
- Die maximal erreichbare Reflexion  $r$  ist nun nicht mehr beliebig hoch, sondern fest vorgegeben und beträgt  $R = r^2 = 0.81$ . Dimensionieren Sie nun eine Optischen Filter der die Bedingungen aus Aufgabenteil a genügt. Plotten Sie am ende die Übertragungsfunktion der Filter die Sie verwendet haben über die Frequenz.

Hinweis: Es kann durchaus sein, dass in Aufgabenteil b mehrere Filter dimensioniert werden müssen um das Ziel zu erreichen.

Lösung: a)  $r = 0.999943$ ,  $d = 1,09222 \mu\text{m}$  und  $m = 4$