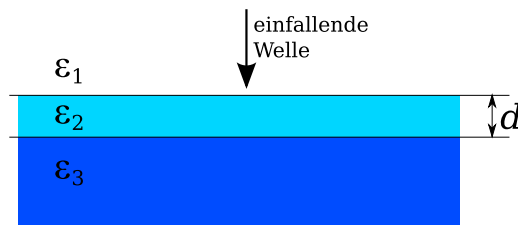


12. Tutorium

für 26.06.2020

12.1 Antireflexbeschichtung

Auf ein dielektrisches Medium mit Dielektrizitätskonstante ε_3 wird eine dünne Schicht der Dicke d eines Mediums mit Dielektrizitätskonstante ε_2 aufgedampft. Eine monochromatische ebene elektromagnetische Welle falle senkrecht auf dieses Medium aus einem Bereich mit Dielektrizitätskonstante ε_1 ein (siehe Skizze).



a) Zeige, dass das Verhältnis der Amplituden von auslaufender (E_1^-) und einlaufender (E_1^+) Welle im Bereich 1 gegeben ist durch

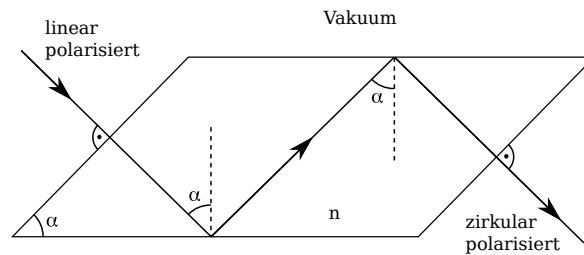
$$\frac{E_1^-}{E_1^+} = \frac{\alpha_{12} + \alpha_{23}e^{2ik_2d}}{1 + \alpha_{12}\alpha_{23}e^{2ik_2d}}, \quad \text{mit } \alpha_{jk} := \frac{n_j - n_k}{n_j + n_k}.$$

Hinweis: Die einfallende Welle kann als linear polarisiert angenommen werden. Setze im Bereich 1 und 2 ein- und auslaufende ebene Wellen an (E_1^+ , E_1^- , E_2^+ , E_2^- ; $\pm k_1$, $\pm k_2$), und im Bereich 3 eine weiterlaufende ebene Welle (E_3^+ ; $+k_3$). Zeige, dass die Anschlussbedingungen bei $z = 0$ und $z = d$ zu der angegebenen Formel führen.

b) Wie lautet der Reflexionskoeffizient dieser Anordnung? Wie muss man die Dicke d und die Materialkonstante ε_2 der aufgedampften Schicht wählen, damit überhaupt kein Licht reflektiert wird?

12.2 Fresnelsches Parallelepiped

Mit Hilfe eines im Vakuum befindlichen Dielektrikums von parallelogrammförmigem Querschnitt (Fresnelsches Parallelepiped) soll - wie in der Abbildung dargestellt - durch zwei aufeinanderfolgende Totalreflexionen aus ursprünglich linear polarisiertem monochromatischem Licht zirkular polarisiertes monochromatisches Licht hergestellt werden. Bei der Behandlung des Problems sollen Mehrfachreflexionen vernachlässigt werden.



- a) Welchen Wert muss der Brechungsindex $n = \sqrt{\varepsilon}$ des Dielektrikums mindestens besitzen, damit der gewünschte Effekt möglich ist, und wie muss der Winkel α gewählt werden?
- b) Mit welcher Schwingungsrichtung bezüglich der Zeichenebene der Abbildung muss die linear polarisierte ebene Welle auf das Parallelepiped einfallen?
- c) Falls der Effekt für Glas ($n = 1,51$) möglich ist, spezialisierere die Ergebnisse auf diesen Fall und gib eine Abschätzung der Größe des durch Vernachlässigung von Mehrfachreflexionen bedingten Fehlers an.

Hinweise:

$$\tan(\varphi \pm \psi) = \frac{\tan \varphi \pm \tan \psi}{1 \mp \tan \varphi \cdot \tan \psi}, \quad \tan \frac{\pi}{8} = \sqrt{2} - 1.$$

12.3 Strahlungsdruck einer inhomogenen ebenen Welle¹

Eine elektromagnetische Welle treffe senkrecht auf ein Medium mit konstanter Permittivität ε , konstanter Permeabilität μ und konstanter Leitfähigkeit σ .

- a) Zeige, dass der Reflexionskoeffizient geschrieben werden kann als

$$R = \frac{(n - \mu)^2 + \kappa^2}{(n + \mu)^2 + \kappa^2}.$$

Hinweis: Die einfallende Welle kann als monochromatisch und linear polarisiert angenommen werden, ohne die Allgemeinheit der Ergebnisse einzuschränken. Beachte, dass die Fresnelschen Formeln in der Vorlesung nur für $\mu = 1$ und $\sigma = 0$ hergeleitet wurden.

- b) Wie schaut die Welle im leitenden, dielektrischen Medium im niederfrequenten Fall aus ($\mu = 1$, $\omega \ll 4\pi\sigma/\varepsilon$)? Berechne den Strahlungsdruck P (Zeitmittel über eine Periode) dieser Welle auf das Medium, dessen Dicke $d \gg c/\sqrt{2\pi\sigma\omega}$ beträgt.

Ankreuzbar: 1a, 1b, 2a, 2bc, 3ab

¹Siehe Wikipedia: https://de.wikipedia.org/wiki/Ebene_Welle#Inhomogene_ebene_Welle