

Nanophotonics Prof. Dr. Wegener (Folien auf CFN-page)

1.1 Ausgangspunkt Maxwellgleichungen:

• MWG skalierbar (Ort und Zeit)

Analogie: \vec{E} -Wellen und Photonen (Materiewellen \Leftrightarrow Lichtwellen)

• Phasengeschwindigkeit $c(x)$ (Ortsabhängig)

$c \cdot c \hat{=} \text{komplex konjugiert}$

Brechzahl n .

Lichtgeschwindigkeit im Vakuum c_0

QM tunneln ($E < 0$) $\hat{=} \text{negative Brechzahl}$

• Analogie gilt nur in 1dim

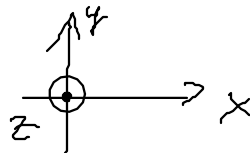
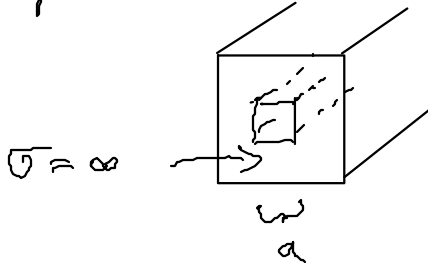
Eigenfrequenzen

• Wellenl. für Licht im allg. inhomogen

1.2 Beispiele (ähnlich Zeitwertgeranthistorie)

Wellenausbreitung in Metallklotz

Dispersionsrelation: $c_0 = \frac{\omega}{|k|}$ $|k| = \sqrt{k_x^2 + k_y^2 + k_z^2}$



$$a < \frac{\pi}{|k|}$$

Wellenausbreitung: $e^{ik_z \cdot z}$

② Beugung von Licht an Gitter

Gitterkonst. a

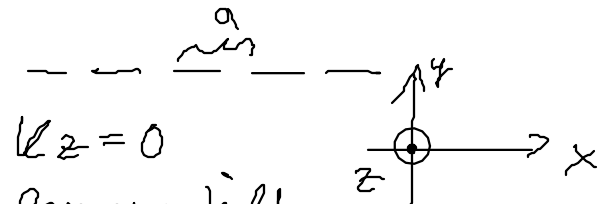
Periode $<$ Wellenlänge \Rightarrow kein Beugungsbild

rezipr. Gitterkonst. verwenden bei Dispersionsrelation

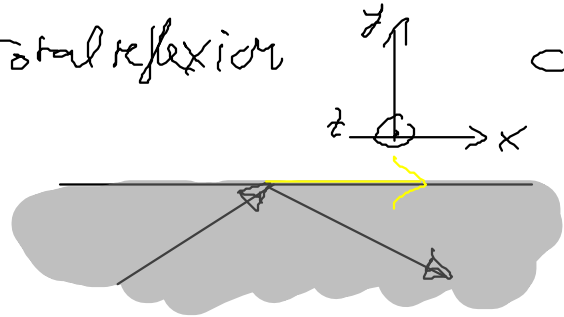
$\Rightarrow k_y$ imaginär

keine Beugungspordnungen mehr bei $a < \lambda$

für a sehr klein



③ Totalreflexion



$c < c_0$ $c = \frac{\omega}{|k|}$

$u_z = 0$

k negativ \Rightarrow exponentieller Abfall

\Rightarrow Oberflächenwelle (gelb)

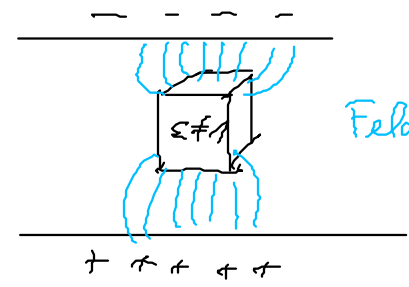
z.B. Notwendig für Sensoren (WW mit Oberflächenwellen)

für $a \ll \lambda \Rightarrow f \rightarrow 0 \Rightarrow$ Elektrostatik

Luft'sche Elektrostatik (Dielektrischer Würfel)

$n \gg a$ (Glaswürfel) \cong

Plattenkondensator



• Ragnman-Strömung (außenstrom)
 \Rightarrow Numerisch lösbar

Polarisierung des \vec{E} -Feldes
 ändert sich im Nahfeld
 \Rightarrow nicht erhalten
 \Rightarrow exakt lösbar

Nanopartikel Goldkegel in Plattenkondensator

polarisiert

$\epsilon > 1$ $\epsilon = 1 + \chi$

Polarisierung $\hat{=}$ Dipoldichte

$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$

Suszeptibilität $\hat{=} \chi$

$\vec{P} = \epsilon_0 \chi \vec{E} = \epsilon_0 \chi (\vec{E}_{ext} + \vec{E}_{dp})$

Einfluss von Ladung \vec{E}_{dp} (Depolarisationsfeld)

entgegen gerichtet dem \vec{E}_{ext} (außen Feld)

Depolarisationsmatrix \vec{D}_{dp} (kei kegel $\frac{1}{3}$)

gesucht: \vec{P} Polarisation (zeigt in Richtung \vec{E}_{ext} (fürs))

$\vec{P} = 3\epsilon_0 - \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \vec{E}_{ext}$

Discussion für verschiedene ϵ (Dielektr. Funktion eines Modell)

\vec{p} kann auch in andere Richtungen zeigen

Bohr-Modell: freies e^- im \vec{E}_{ext}

\Rightarrow äußerer Kraft wirkt auf e^-

\Rightarrow Amplitude des $e^- \sim \frac{1}{f} \cdot F_{ausßen}$

Plasmafrequenz ω_{pl} wie bei Metallen

Draht Metall: \Rightarrow H.O Resonanz bei $\omega < \omega_{pl}$

$$\Rightarrow \epsilon = -2$$

Nanopartikel (Gold) auf Glas

Extinction?

Nanopartikel in Glas (Gold und Silber)

- z.B. Becher aus solchem Glas

• von außen beleuchtet \Rightarrow gut durchsichtig

• von innen beleuchtet \Rightarrow andere Farben (rot, orange) (Extinction)

- Schwangerschaftstest ist Strifen mit Nanopartikeln

- Auch in manchen Küchenfenstern

Antipartikel $\hat{=}$ Loch in Oberfläche

nur geschlossen lösbar für unendl. Leitfähigkeit

$$\epsilon = \infty \quad \omega_{pl} = \infty$$

• Metallfilm mit Loch $\text{①} \leftarrow \max$

\rightarrow bei Betrachtung immer Näher am Loch

\rightarrow ganz in der Ebene des Lochs Intensitätsverteilung \Rightarrow () ^{max}

\Rightarrow wegen Teilchenschwingungen

Leistung die durchgelassen wird $\sim \frac{1}{r^6}$

SNOM (Scanning...)

2. periodisch strukturierte Dielektr. Materialien

Braggbedingung: $\frac{n}{2} \hat{=} \text{Gitterkonstante / Periode } a$

$\Rightarrow a \approx 100 \text{ nm}$

z.B. Silizium photonic Crystal

1 dim

Kronig Penney Modell?

Analogien zur Festkörperphysik:

Faltung durch rezipr. Gittervektoren

1. Brillouin Zone:

Vollständige Beschreibung des Systems

\Rightarrow Bandlücke / Stopband