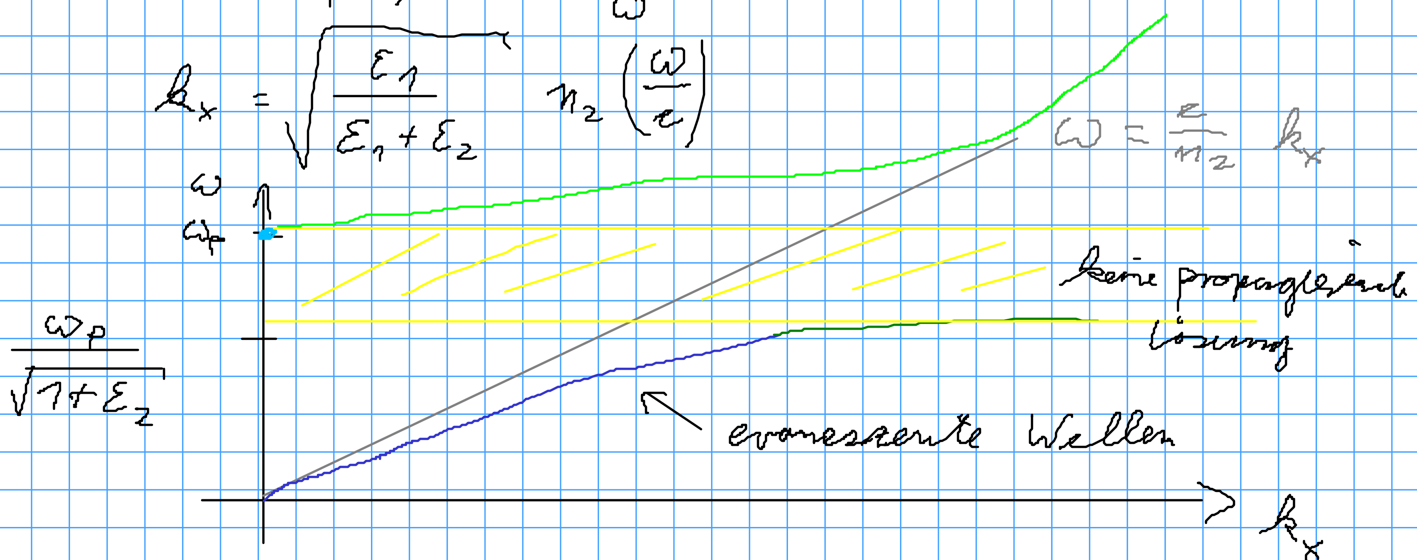
$$k_x^2 = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2} \left(\frac{\omega}{c}\right)^2$$

ergibt z.B. Brewster-Winkel, da nur einfallende + transmittierte Licht vorhanden ist

Fall: $n_2 = \sqrt{\varepsilon_2}$

$$\varepsilon_1(\omega) = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}$$ — ω_p Plasmafrequenz

$$k_x = \sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}} \, n_2 \left(\frac{\omega}{c}\right)$$



$\omega \ll \omega_p$ (Feld dringt nicht ins Plasma ein)

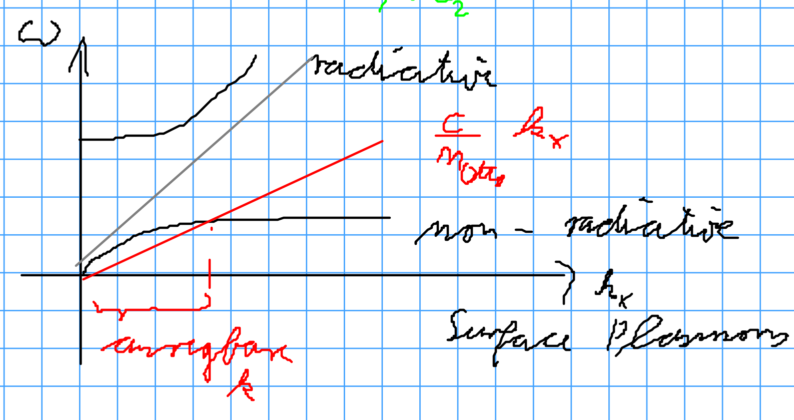
$$k_x \longrightarrow n_2 \left(\frac{\omega}{c}\right)$$

$\varepsilon_1 \longrightarrow \varepsilon_2$; $k_x \longrightarrow \infty$; $1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} = -\varepsilon_2$

$$\omega \longrightarrow \frac{\omega_p}{\sqrt{1+\varepsilon_2}}$$

$\omega = \omega_p$ $\quad k_x = 0$

$\omega \longrightarrow \infty \Rightarrow \varepsilon_1 = 1 \Rightarrow \sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}} \simeq 1$

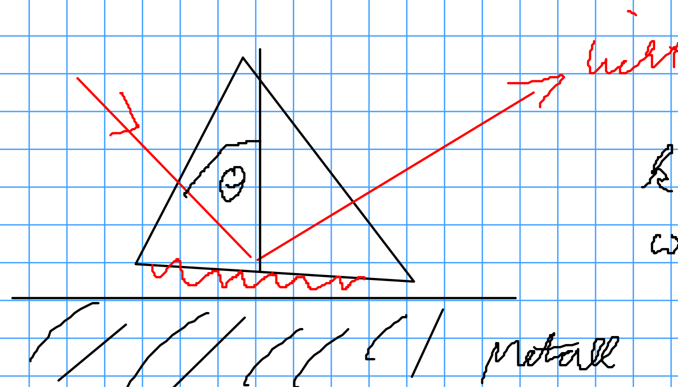


Surface Plasmons

Wie regt man non-radiative surface plasmons an? Nicht mit Licht! (sie strahlen ja nicht)

Wie nutzt man sie trotzdem?

Energie (ω) und Impuls (k) müssen auf die Oberflächen-Plasmonen passen.



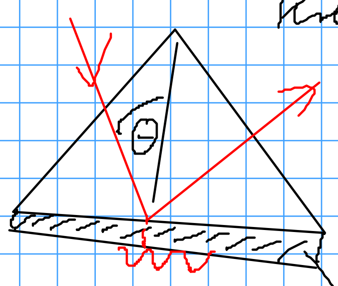
Otto-Konfiguration

k durch Θ bestimmen

ω durch Farbe des Lichtes

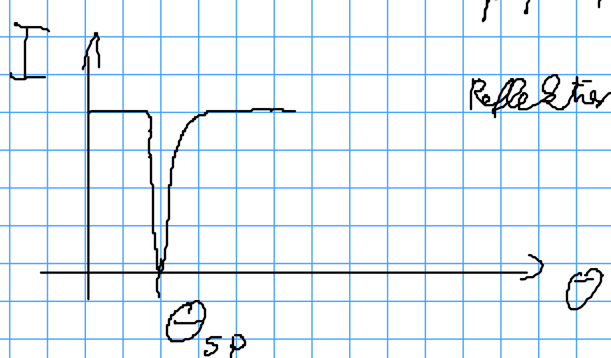
Die evaneszenten Wellen können Oberflächenplasmonen anregen.

Kretschmann-Konfiguration



über die Intensität des reflektierten Lichtes kann die Anregung beobachtet werden

bedampft, Metall, sehr dünn



Reflektierte Intensität

Winkel kann auch mit Fresnel-Gleichungen bestimmt werden.

Winkel zur Anregung von Oberflächenplasmonen ist stark abhängig von ε im umgebenden Material. (=> Konzentrationsbestimmung von Lösungen)

$$k^2 = k_x^2 + k_z^2 \quad \Rightarrow \quad k_{zi} = \sqrt{k^2 - k_x^2}$$

└ im Material 1 oder 2

k^2 bekannt, k_x^2 erhalten $\Rightarrow$ k_{zi}

$$k_{zi} = \sqrt{\varepsilon_i - \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}} \; \frac{\omega}{c} \qquad (i = 1, 2)$$

Für $\omega < \frac{\omega_p}{\sqrt{1+\varepsilon_2}}$ ist k_{zi} imaginär

$$|k_{zi}| = \sqrt{\left|\frac{\varepsilon_i^2}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}\right|} \; \frac{\omega}{c}$$

Eindringtiefe $\quad \hat{z}_i = \frac{1}{|k_{zi}|} = \frac{\lambda}{2\pi} \sqrt{\left|\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{\varepsilon_1^2}\right|}$

Bsp. Silber – Luft

$\lambda = 600\,nm$

$\hat{z}_1 = 24\,nm \qquad \hat{z}_2 = 390\,nm$

im Metall   in Luft

Feldverstärkung ("Güte" der Resonanz)

$$\frac{|E(2/1)|^2}{|E(1/0)|^2} = T_{max}^2 = \frac{1}{\varepsilon_2} \frac{|\varepsilon_1'|^2}{\varepsilon_1''} \frac{a}{1+|\varepsilon_1'|}$$

mit $\varepsilon_1 = \varepsilon_1' + i\varepsilon_1''$

$$a^2 = |\varepsilon_1'| (\varepsilon_0 - 1) - \varepsilon_0$$

Bsp.:

Ag : 200

Au : 30

Al 40

Leitung von Oberflächenplasmonen durch Strukturen

Problem: hohe Dämpfung von Metallen

Lokalisierte Plasmonen

lokale Anregung $\Longrightarrow$ viele verschiedenen Frequenzen

(Mie - Streuung)

Farbeffekte durch Metallpartikel

Störstellen / Metallpartikel

$$\varepsilon_1(\omega) = -\varepsilon_2 \frac{l+1}{l}$$

$l = 1, 2, 3$

Multipolordnung

$$l = 1 \Rightarrow \varepsilon_1(\omega) = -2\varepsilon_2$$

Strahlung induziert Dipol $\vec{p}$

$$\vec{P}_{ind} = \alpha\, \varepsilon_0\, \vec{E}_{ind}$$

$$\alpha = R^3\, \varepsilon_2 \left| \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_1 + 2\varepsilon_2} \right|$$

$$T_l^{max} = \left| \frac{3\varepsilon_1'}{\varepsilon''} \right|^2$$ in der Resonanz

Ag: 480