

Zusammenfassung vom 10.02.2012

longitudinale Eigenschwingung (Plasmon) *sei* $\gamma \cong 0 \rightarrow \tilde{\epsilon} \cong \epsilon_1$ *für* $\omega = \omega_p^* \rightarrow \tilde{\epsilon}(\omega_p^*) \cong \epsilon_1(\omega_p^*) = 0$

$$\rightarrow \vec{D} = \epsilon(\omega)\epsilon_0\vec{E} \cong \epsilon_1(\omega)\epsilon_0\vec{E} = 0 \cong \epsilon_0\vec{E} + \vec{P}$$

$$\rightarrow \vec{P} = -\epsilon_0\vec{E} = -\epsilon_0\vec{E}_0 e^{i\omega t} \quad \vec{P} \text{ und } \vec{E} \text{ schwingen in Gegenphase}$$

$$\text{mit } \vec{P} = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^{N_e} \vec{p}_i = -Ne\vec{r} \rightarrow \vec{r}(t) = \vec{r}_0 e^{i\omega t} = \frac{\epsilon_0}{Ne} \vec{E}_0 e^{i\omega t} \quad N_e = \text{Anzahl Elektr. pro Vol.}$$

\rightarrow *periodische Auslenkung des Elektronengases* $N = \text{Ladungsträgerdichte}$

\rightarrow *Auslenkung erzeugt Oberflächenladung σ*

\rightarrow *Oberflächenladung erzeugt Gegenfeld:* $\vec{E}_{\text{ind}}(\omega, t) = \vec{E}(\omega, t)$

\rightarrow *E_{ind} wirkt als rücktreibende Kraft:* $\vec{F}_{\text{rück}} = -e\vec{E}_{\text{ind}} = -e\vec{E}$

Plasmon Bewegungsgleichung ($k_p = 0$)

$$\rightarrow \vec{F}_{\text{rück}} = m\ddot{\vec{r}} = -\frac{Ne^2}{\epsilon_0} \vec{r} = -m\omega_p^2 \vec{r}(t)$$

$$\omega_p = \sqrt{\frac{Ne^2}{\epsilon_0 m}}$$

$\rightarrow \ddot{\vec{r}}(t) + \omega_p^2 \vec{r}(t) = 0$ *harmonischer Oszillator!*

Plasmon-Dispersionsrelation ($k_p \geq 0$)

$$\omega \cong \omega_p \left(1 + \frac{3}{10} \frac{k_p^2 v_F^2}{\omega_p^2} + \dots \right)$$

Polariton *Kopplung eines Photons (= elektromagnetische Welle) mit einem transversal optischen Phonon (in Isolatoren und Halbleitern)*

Polariton-Bandlücke *in Resonanz:* $\omega_{\text{photon}} \cong \omega_{\text{phonon}} \rightarrow k \ll k_{1.\text{BZ}}$

\rightarrow *Bandlücke entsteht, die nichts mit der Periodizität des Gitters zu tun hat*

Wellengleichung in Materie $\epsilon_0 \Delta \vec{E} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{D}}{\partial t^2}$ $\vec{D} =$ *dielektrische Verschiebung*

$\rightarrow \epsilon_0 c^2 k^2 \vec{E} = \omega^2 \vec{D} = \omega^2 (\epsilon_0 \vec{E} + \vec{P})$ *(mit Ansatz ebene Welle)*

Bewegungsgleichung der TO Phononen $M \ddot{\vec{r}} + M \omega_{\text{TO}}^2 \vec{r} = q \vec{E}$ $\vec{r} =$ *Auslenkung der Ionen aus der Ruhelage*
mit Ansatz einer ebenen Welle für \vec{E} und $\vec{P} = N q \vec{r}$

$\rightarrow (-\omega^2 + \omega_{\text{TO}}^2) \vec{P} = \frac{N q^2}{M} \vec{E}$

mit $\epsilon_0 c^2 k^2 \vec{E} = \omega^2 (\epsilon_0 \vec{E} + \vec{P})$

Dispersionsrelation des Polaritons für $k \neq 0$ $\rightarrow \det \begin{pmatrix} \epsilon_0(\omega^2 - c^2 k^2) & \omega^2 \\ Nq^2/M & \omega^2 - \omega_{TO}^2 \end{pmatrix} = \epsilon_0(\omega^2 - c^2 k^2)(\omega^2 - \omega_{TO}^2) - \omega^2 \frac{Nq^2}{M} = 0$

Dispersionsrelation für $k = 0$ $\rightarrow \omega_1^2 = \omega_{TO}^2 + \frac{Nq^2}{\epsilon_0 M}$ *phononenartiger Ast*

$\rightarrow \omega_2 = 0$ *photonenartiger Ast*

aus $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} = \epsilon(\omega) \epsilon_0 \vec{E}$ *und* $(-\omega^2 + \omega_{TO}^2) \vec{P} = \frac{Nq^2}{M} \vec{E}$

dielektrische Funktion des Polaritons $\rightarrow \epsilon(\omega) = \epsilon_\infty + \frac{Nq^2}{\epsilon_0 M (\omega_{TO}^2 - \omega^2)}$ *ϵ_∞ berücksichtigt die energetisch höher liegenden Interbandübergänge*

aus $\epsilon(0) = \epsilon_\infty + \frac{Nq^2}{\epsilon_0 M \omega_{TO}^2} \rightarrow \frac{Nq^2}{\epsilon_0 M} = \omega_{TO}^2 [\epsilon(0) - \epsilon_\infty]$

aus $\epsilon(\omega = \omega_{LO}) = 0 = \epsilon_\infty + \frac{Nq^2}{\epsilon_0 M (\omega_{TO}^2 - \omega_{LO}^2)} = \frac{\omega_{TO}^2 \epsilon(0) - \omega_{LO}^2 \epsilon_\infty}{\omega_{TO}^2 - \omega_{LO}^2}$

Lyddane-Sachs-Teller-Relation

$$\rightarrow \frac{\epsilon(0)}{\epsilon(\infty)} = \frac{\omega_{\text{LO}}^2}{\omega_{\text{TO}}^2}$$

dielektrische Funktion des Polaritons

$$\rightarrow \epsilon(\omega) = \epsilon(\infty) \frac{\omega_{\text{LO}}^2 - \omega^2}{\omega_{\text{TO}}^2 - \omega^2}$$

$\omega \rightarrow \omega_{\text{LO}} \rightarrow \epsilon \rightarrow 0,$
 $\omega \rightarrow \omega_{\text{TO}} \rightarrow \epsilon \rightarrow \infty,$

Bandlücke des Polaritons

$$\omega_{\text{TO}} < \omega < \omega_{\text{LO}} \rightarrow \epsilon < 0$$

\rightarrow *keine propagierenden Wellen mehr, da k imaginär wird!*

\rightarrow \exists *Bandlücke !*

\rightarrow *Totalreflexion in der Bandlücke*