Date 2008・05・27 No.

4.3 誘電関数と複素屈折率のスペクトル(続)

定義：小さい減衰 small damping $\Leftrightarrow$ $\gamma < \frac{\Delta_{LT}}{\hbar} = \omega_L - \omega_T$

ω_0 よりずっと高いか低い周波数 ω $\Leftrightarrow$ $\hbar|\omega-\omega_0| \gg \Delta_{LT}$

ω_0：共鳴周波数

これから複素屈折率に注目 $\tilde{n}(\omega) = n(\omega) + i\kappa(\omega)$

(2.35) より，$\tilde{n}(\omega) = \sqrt{\varepsilon(\omega)}$ なので，$\tilde{n}^2(\omega) = \varepsilon(\omega) = \varepsilon_1(\omega) + i\varepsilon_2(\omega)$ となる。

従って，

$$\varepsilon_1(\omega) = n^2(\omega) - \kappa^2(\omega)$$
$$\varepsilon_2(\omega) = 2n(\omega)\kappa(\omega) \qquad (4.31)$$

となり，両方を両乗して，足し合わせると，

$$\varepsilon_1^2(\omega) + \varepsilon_2^2(\omega) = n^4(\omega) + \kappa^4(\omega) - 2n^2(\omega)\kappa^2(\omega) + 4n^2(\omega)\kappa^2(\omega)$$
$$= [n^2(\omega) + \kappa^2(\omega)]^2$$

である。

$$\Leftrightarrow \quad n^2(\omega) + \kappa^2(\omega) = [\varepsilon_1^2(\omega) + \varepsilon_2^2(\omega)]^{1/2}$$

上式と(4.31)の第1式より，

$$n(\omega) = \left(\frac{1}{2}\left\{\varepsilon_1(\omega) + [\varepsilon_1^2(\omega) + \varepsilon_2^2(\omega)]^{1/2}\right\}\right)^{1/2}$$
$$\kappa(\omega) = \left(\frac{1}{2}\left\{-\varepsilon_1(\omega) + [\varepsilon_1^2(\omega) + \varepsilon_2^2(\omega)]^{1/2}\right\}\right)^{1/2} \qquad (4.32)$$

が得られる。以下，図4.5参照。

図4.5(a) $\tilde{n}(\omega)$ の実部について

$0 \le \omega \le \omega_0$，$n(\omega)$ は $\sqrt{\varepsilon_s}$ からはじまり 左から ω_0 へ近づくと，急激に増加する。(γ 任意)

$\omega_0 \le \omega \le \omega_L$，$n = 0$，$\gamma = 0$ $\Longrightarrow$ 波は伝わらない ($R=0$)

$n \ll 1$，$\gamma \ne 0$ $\Longrightarrow$ 一部は透過するが，短距離 (強吸収)

$\kappa > n$

図4.5(b) $\tilde{n}(\omega)$ の虚部について

$0 \le \omega < \omega_0$，$\kappa(\omega) = 0$，$\gamma = 0$

ゼロからはじまり，ω_0 で急に増大する。$\gamma \ne 0$

$\omega_0 \le \omega \le \omega_L$，$\omega = \omega_0$ で特異点，$\omega \to \omega_L$ で微小量 $\gamma = 0$

有限な値，$\gamma \ne 0$

均等に広がっている

全ての振動子は同じ固有周波数を持つ + 有限な γ $\Rightarrow$ Homogeneously broadened

$\varepsilon_2(\omega)$ は Lorentzian

Convolution of a Gaussian and Lorentzian $\Rightarrow$ Voigt lineshape

Date

4.4 反射と透過のスペクトル

前節の $\tilde{n}(\omega)$ についての知識を用い、反射と透過のスペクトルを議論する。

4.4.1 反射率 $R(\omega)$

～単一境界面
～垂直入射
の場合を考える。

この時、反射率 $R(\omega) = \dfrac{I_r}{I_i} = \dfrac{[n(\omega)-1]^2 + \kappa^2(\omega)}{[n(\omega)+1]^2 + \kappa^2(\omega)}$ となる。 (4.35a)

まず、減衰のない ($\gamma=0$) 場合

$\omega < \omega_0$ の時、$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_s$ なので、$R = \dfrac{(\varepsilon_s^{1/2}-1)^2}{(\varepsilon_s^{1/2}+1)^2}$, $\omega_0 - \omega \gg \frac{1}{\hbar}\Delta_{LT}$ (4.35b)

$\omega > \omega_L$ の時、$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_b$ なので、$R = \dfrac{(\varepsilon_b^{1/2}-1)^2}{(\varepsilon_b^{1/2}+1)^2}$, $\omega - \omega_0 \gg \frac{1}{\hbar}\Delta_{LT}$ (4.35c)

$\omega_0 < \omega < \omega_L$: stop-Band

もう一つの理解方法 — 全反射

減衰のある場合

i) スペクトルは滑らかになる。($n(\omega)$は有限)
ii) 反射の最小値 : ω_L よりわずか上
iii) 反射の最大値 : ω_0 にはもう依らない

減衰なし、空間分散がある時も同じ。

4.4.2 2つの境界面の場合の反射率

I) $d >$ 光源のコヒーレンス長　図4.8a
II) 2つの表面が平行でない　図4.8b, 4.8c

4.5 近接する振動子間の相互作用

具体例：ZnO(酸化亜鉛)における $A\Gamma_5$ と $B\Gamma_5$ 励起子

～カップリング定数 f は同じ
～固有振動数は異なる ($\omega_A < \omega_B$)
～減衰と空間分散は無視する。(section 5.4から導入)

Δ_{LT} の値

	$A\Gamma_5$	$B\Gamma_5$
Single	3meV	5meV
Coupling	2meV	8meV

結論：相互作用のある場合の Δ_{LT} は簡単に予測できない。