

光導波路

- 自由空間

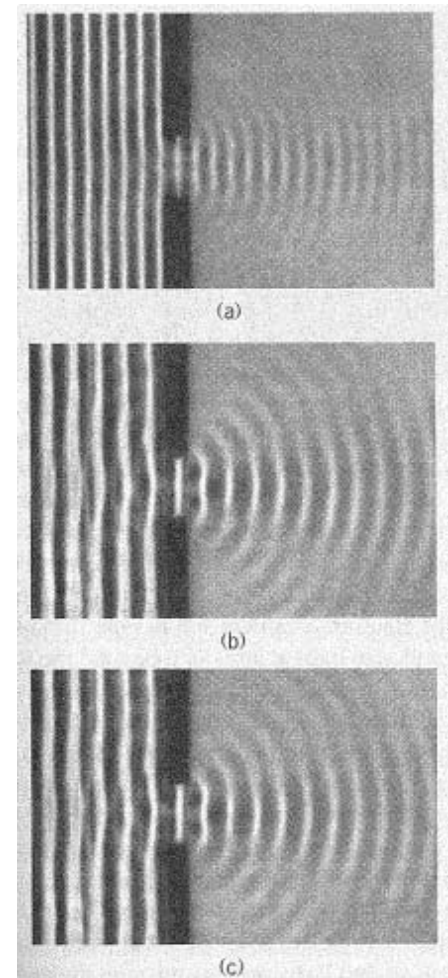
- 回折による

- ビーム広がり

$$\theta \text{ (rad)} = \lambda/d$$

- 光導波路

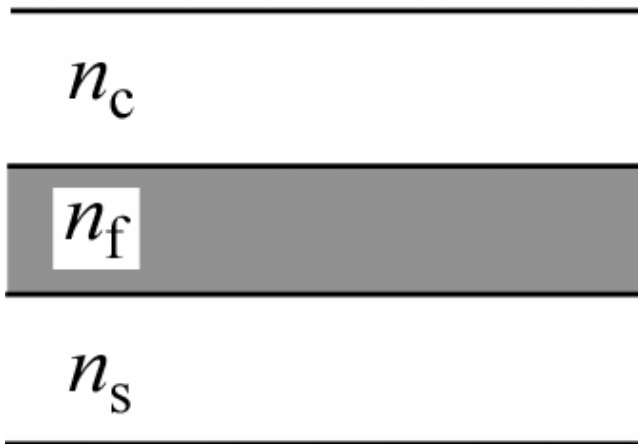
- ビームの閉じ込め



光導波路

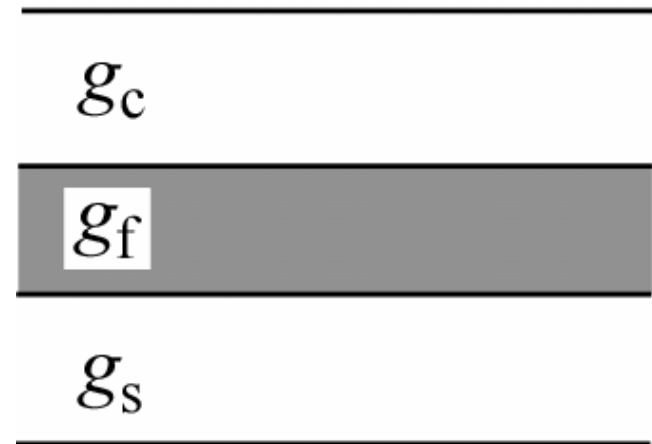
■ 導波の原理

$$n_f > n_c, n_s$$



屈折率導波

$$g_f > g_c, g_s$$



利得導波

光導波路

■ 屈折率と利得

複素屈折率

$$\tilde{n} = n_r - i\kappa$$

進行波

$$E = E_0 \exp[i(\omega t - k z)]$$

$$k = \frac{\tilde{n} \omega}{c} = \frac{n_r - i\kappa}{c} \omega$$

光導波路

■ 屈折率と利得

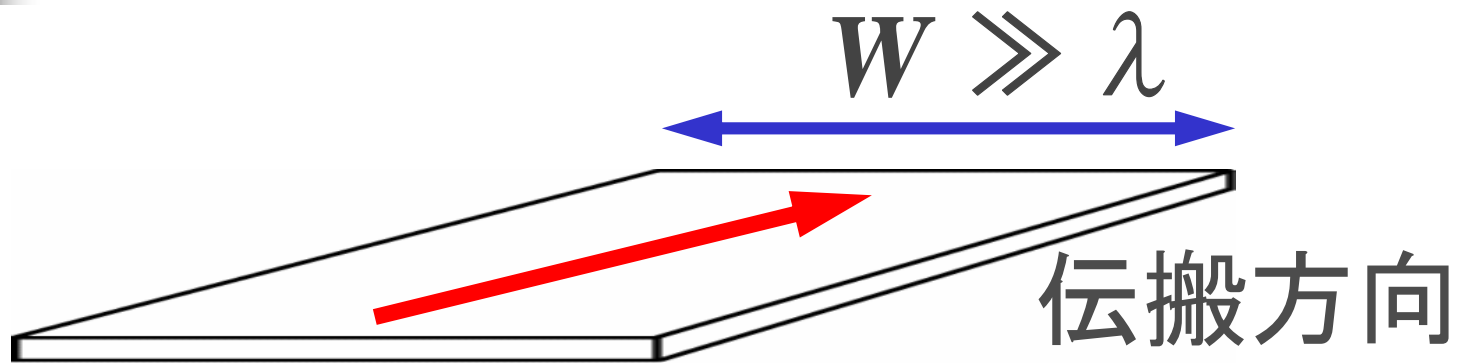
増幅, 減衰

$$E = E_0 \exp \left[i \left(\omega t - \frac{n_r \omega}{c} z \right) \right] \exp \left(- \frac{\kappa \omega}{c} z \right)$$

振幅利得
係数

$$g_E = - \frac{\kappa \omega}{c}$$

2次元光導波路



$$n_f > n_s \geq n_c$$

$$n_f - n_s \approx 10^{-3} - 10^{-1}$$

Cladding layer n_c

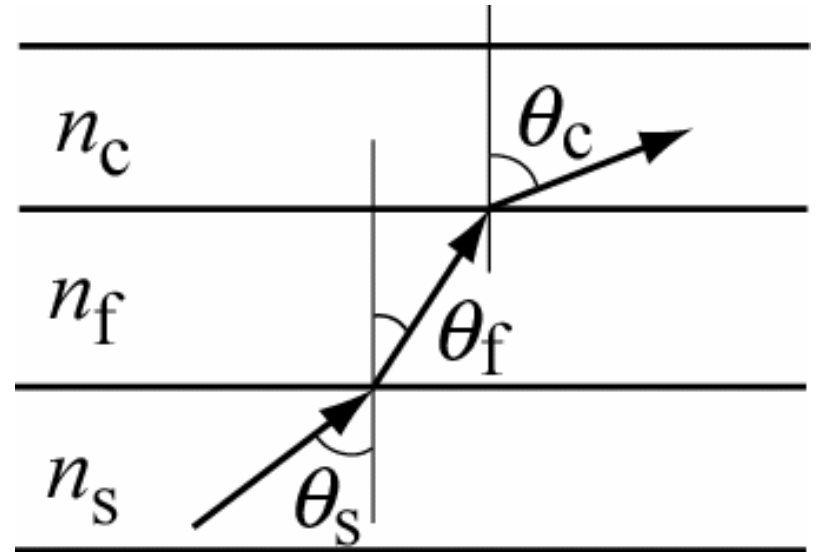
Guiding layer n_f

Substrate n_s

2次元光導波路

■ スネルの法則

$$\begin{aligned}n_f \sin \theta_f \\ &= n_s \sin \theta_s \\ &= n_c \sin \theta_c\end{aligned}$$

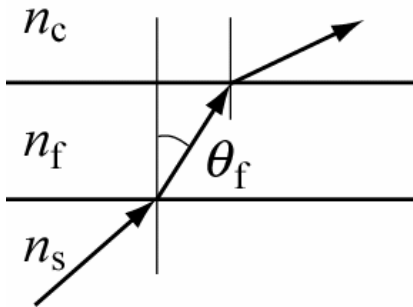


2次元光導波路

■ 伝搬モード

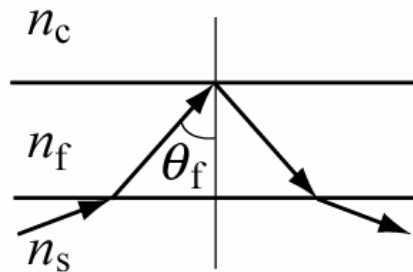
$$\theta_{fm} = \sin^{-1}(n_m/n_f)$$

$$\theta_f < \theta_{fc} \leq \theta_{fs}$$



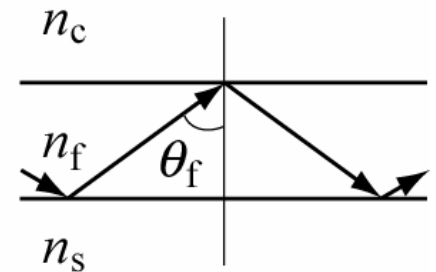
放射モード

$$\theta_{fc} < \theta_f < \theta_{fs}$$



基板放射
モード

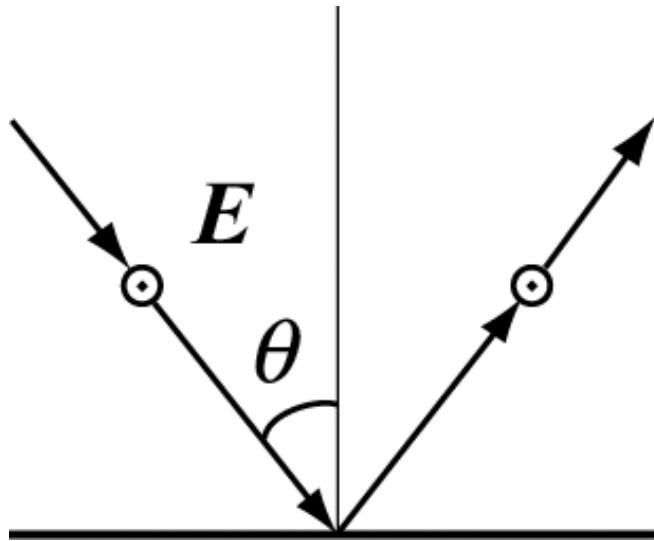
$$\theta_{fs} < \theta_f < \pi/2$$



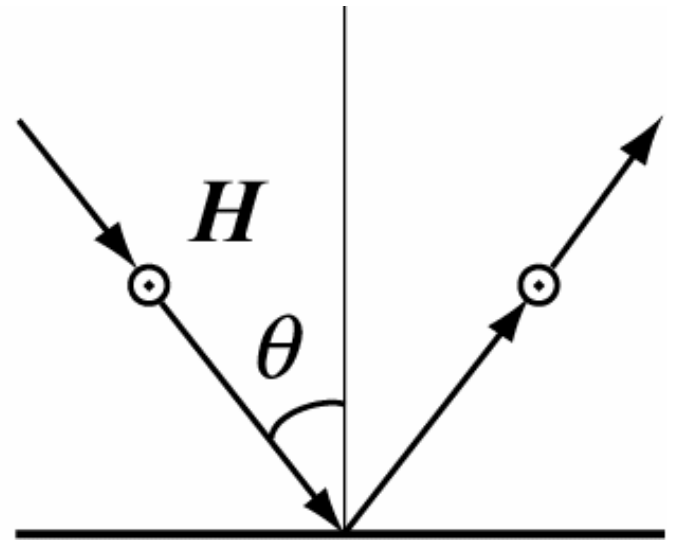
導波モード

2次元光導波路

■ 偏光



TEモード



TMモード

2次元光導波路

- 導波モード 全反射

振幅反射率 r

$$r = \exp(i2\phi)$$

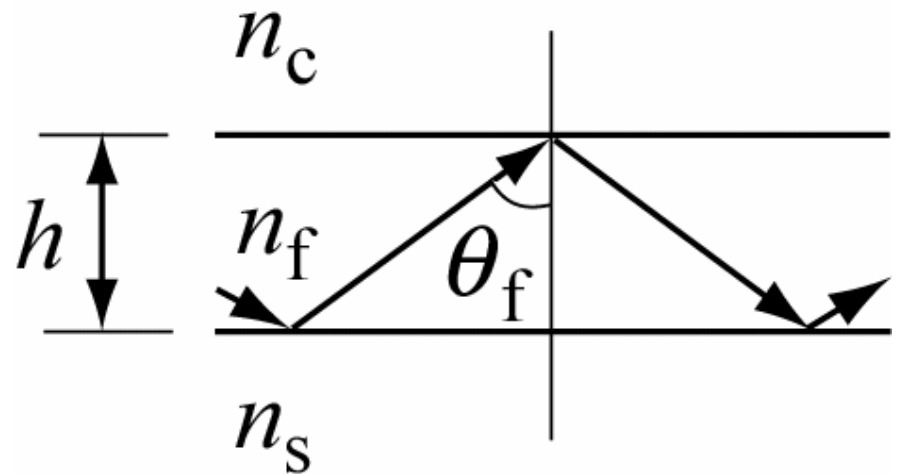
2ϕ : 界面での位相変化

2次元光導波路

■ 導波モード

位相変化

往路 復路
界面



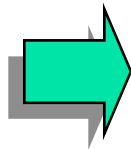
横共振条件

$$2k_0 n_f h \cos \theta_f - 2\phi_c - 2\phi_s = 2m\pi$$

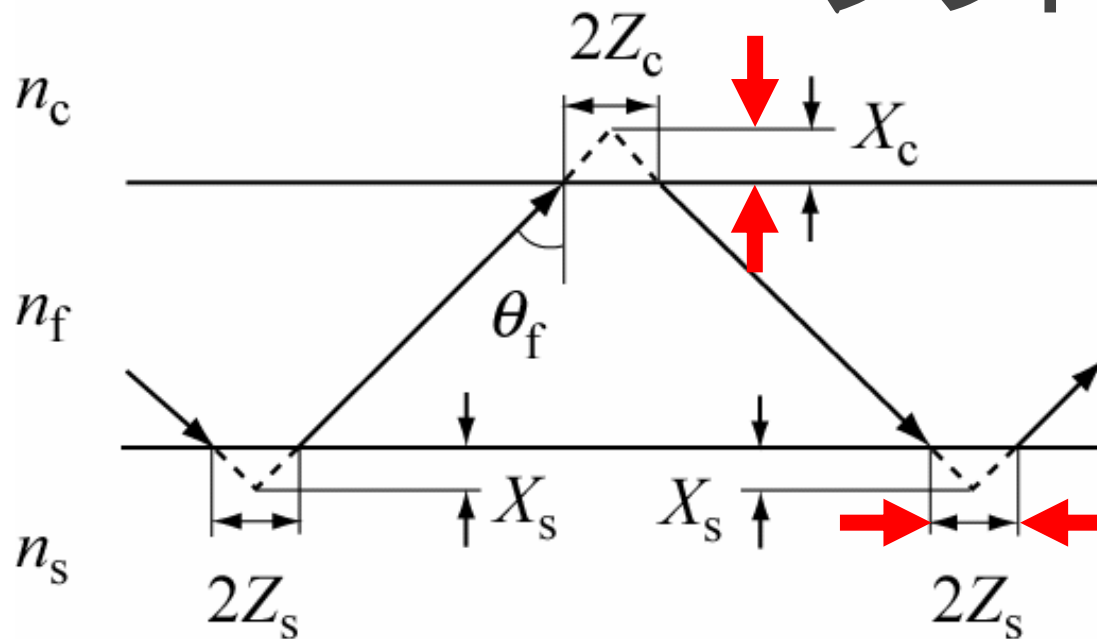
2次元光導波路

■ 導波モード

2ϕ

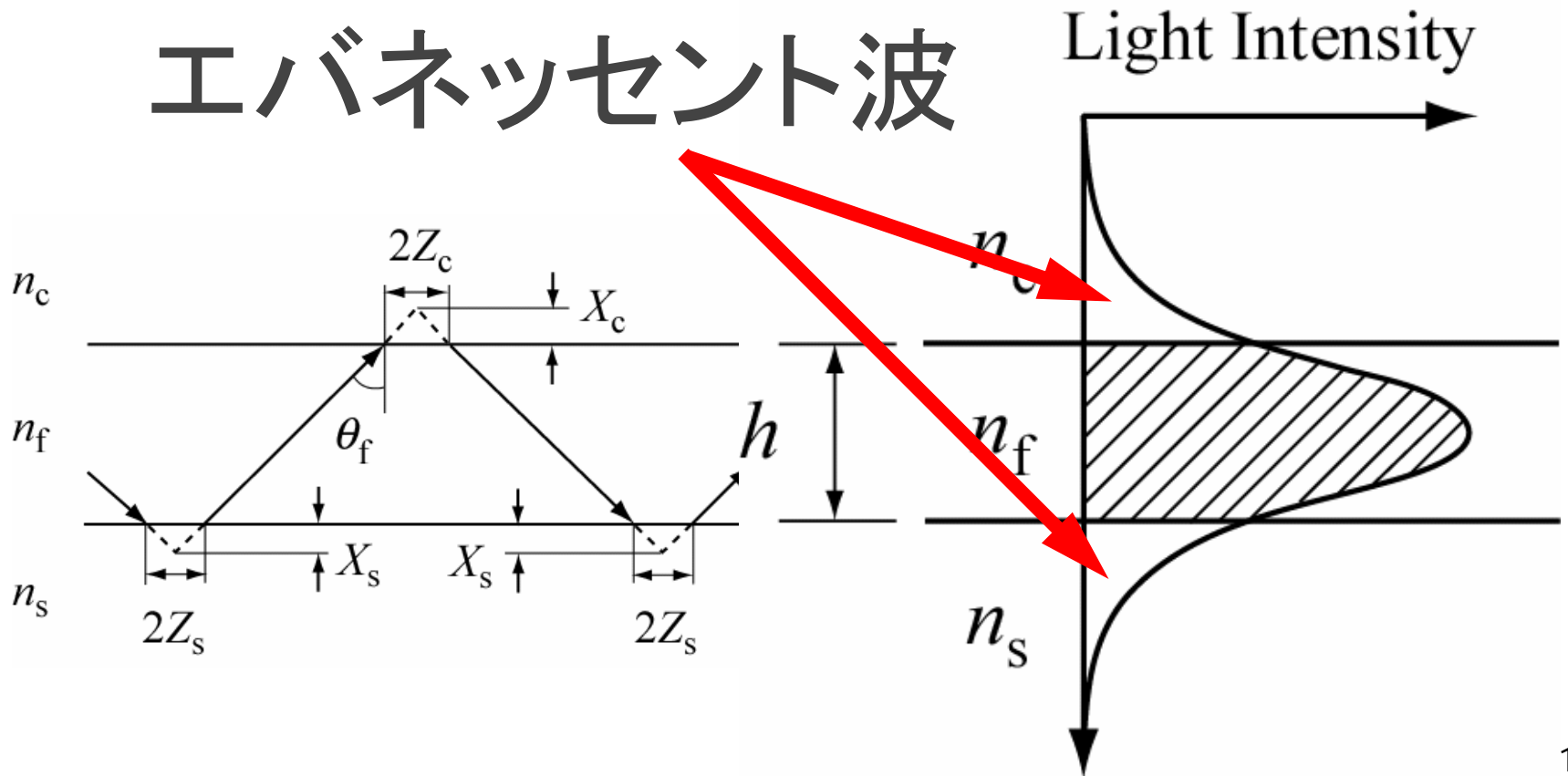


グース・ヘンヒェン
シフト



2次元光導波路

- 導波モード
エバネッセント波



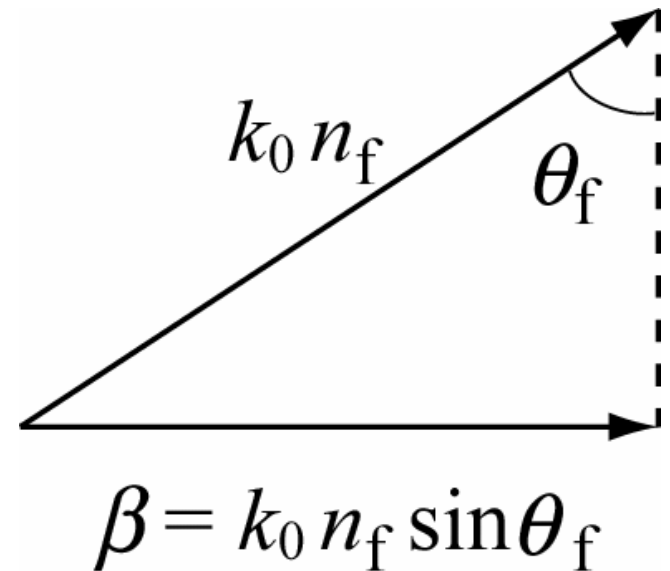
2次元光導波路

■ 導波モード

等価屈折率

$$N = \frac{\beta}{k_0} = n_f \sin \theta_f$$

$$n_s < N < n_f$$



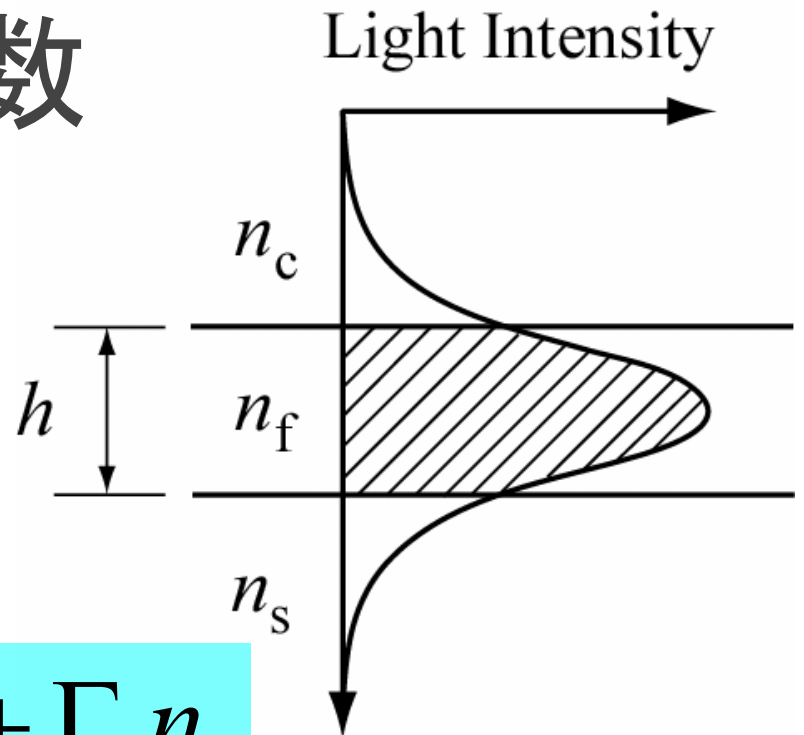
2次元光導波路

■ 導波モード

光閉じ込め係数

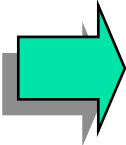
$$\Gamma_f = \frac{\int_0^h |E(x)|^2 dx}{\int_{-\infty}^{\infty} |E(x)|^2 dx}$$

$$N \approx \Gamma_s n_s + \Gamma_f n_f + \Gamma_c n_c$$



2次元光導波路

■ 導波モード

横共振条件  規格化した固有値方程式

$$2k_0 n_f h \cos \theta_f - 2\phi_c - 2\phi_s = 2m\pi$$

2次元光導波路

■導波モード

規格化周波数
(導波層厚)

$$V = k_0 h \sqrt{n_f^2 - n_s^2}$$

規格化導波路屈折率

$$b_{\text{TE}} = \frac{N^2 - n_s^2}{n_f^2 - n_s^2}$$

非対称性の尺度

$$a_{\text{TE}} = \frac{n_s^2 - n_c^2}{n_f^2 - n_s^2}$$

2次元光導波路

■ 導波モード

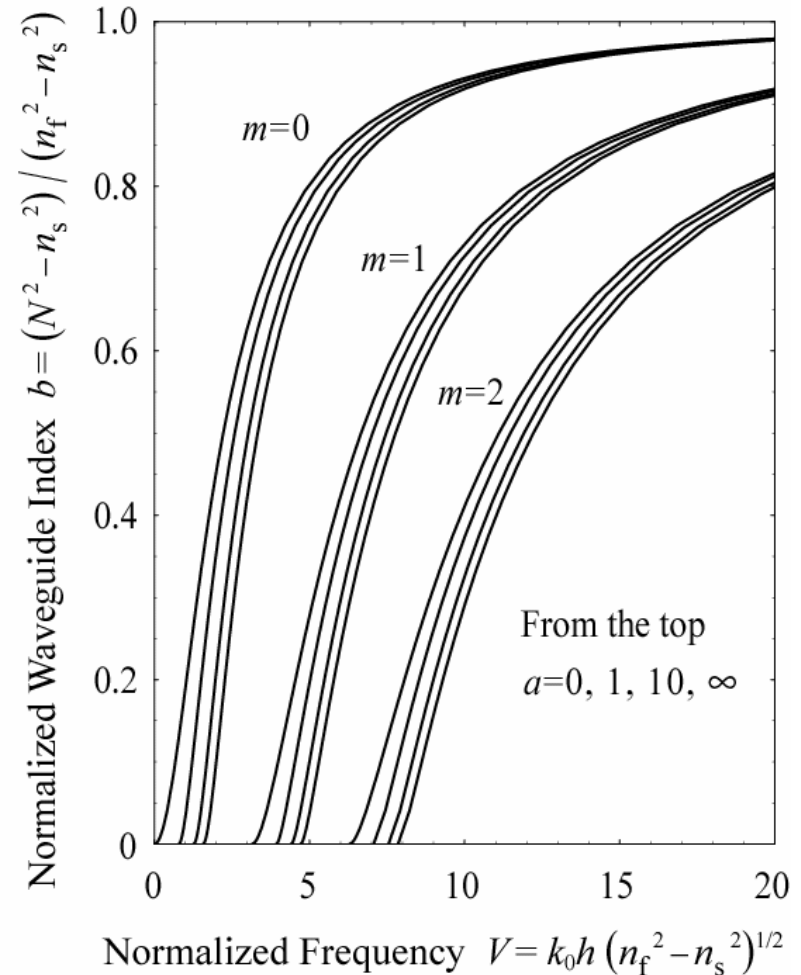
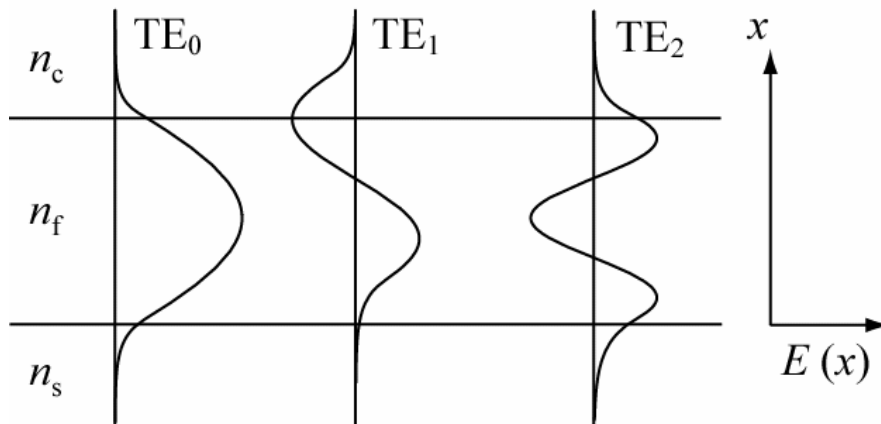
規格化した固有値方程式

$$V\sqrt{1-b_{\text{TE}}} = m\pi + \tan^{-1} \sqrt{\frac{b_{\text{TE}}}{1-b_{\text{TE}}}} + \tan^{-1} \sqrt{\frac{a_{\text{TE}} + b_{\text{TE}}}{1-b_{\text{TE}}}}$$

2次元光導波路

■ 導波モード

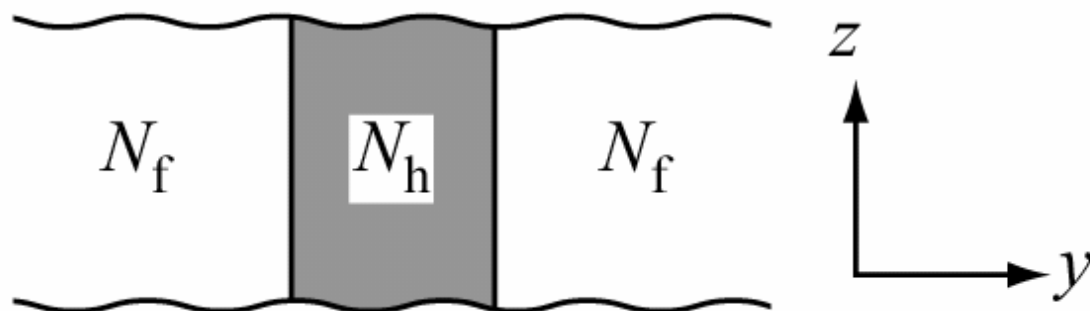
規格化した
固有値方程式



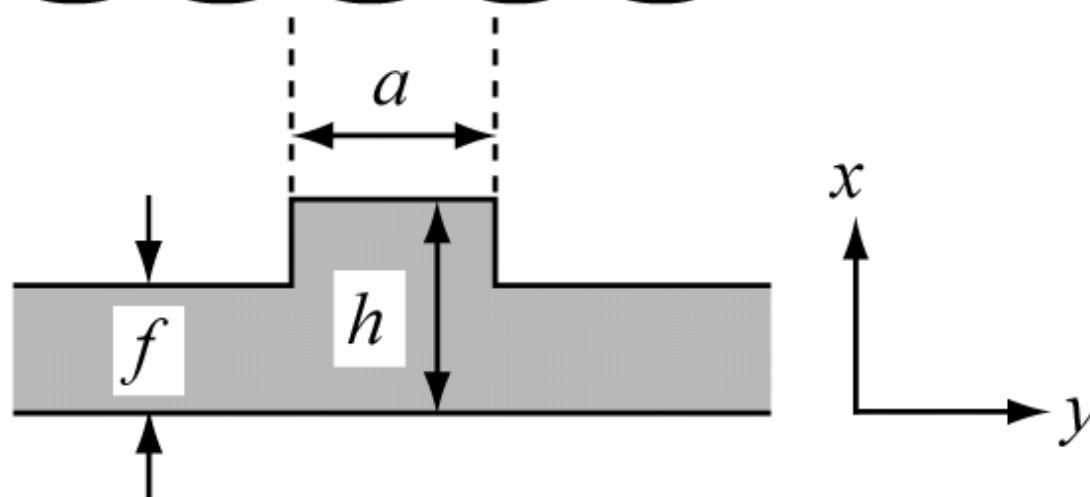
3次元光導波路

■ 等価屈折率法

上面図



断面図



3次元光導波路

■ マーカティリの方法

