

課題 13 N 層スラブ導波路中を伝搬する固有モードの実効屈折率と電磁界分布

N 層スラブ導波路の固有モードを求めるプログラムを作成し、図 13.1 に示す方向性結合器の偶対称モード、奇対称モードの実効屈折率と電磁界分布を求めよ。ただし、偏波を TE 偏波、 $d = 1.8 \mu\text{m}$ 、 $w = 0.6 \mu\text{m}$ 、 $n_f = 1.5$ 、 $n_s = 1.0$ とする。

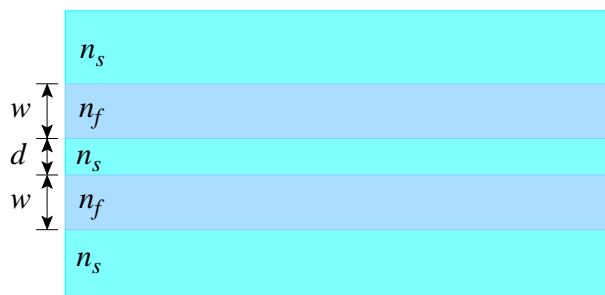


図 13.1 方向性結合器

(実効屈折率と電磁界分布)

```
# ./no13.out < test.data
neff = 1.31714894
neff = 1.31671515
```

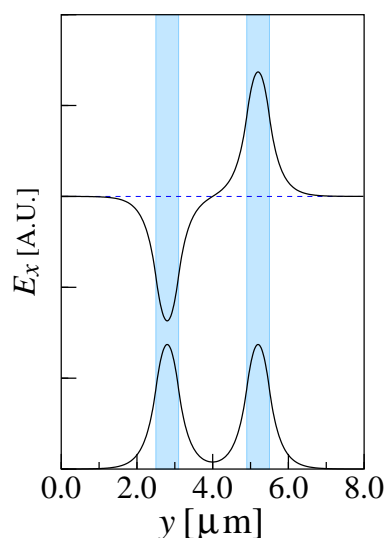


図 13.1 方向性結合器

(ヒント)

図 13.2 に示す N 層スラブ導波路を考える。基本方程式は ϕ, p, q が表 13.1 で与えられるものとして

$$p \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + (qk_0^2 - p\beta^2)\phi = 0 \quad (1)$$

と書ける。いま、 z 方向に伝搬定数 β の定常伝搬を考え、 $k_y = \sqrt{n^2 k_0^2 - \beta^2}$ とすると、各層での解は

$$\phi = \{V_1 \exp(-jk_y y) + V_2 \exp(jk_y y)\} \exp(-j\beta z) \quad (2)$$

で与えられる。また、TE モードに対しては、 $H_z = -j \frac{p}{k_0 Z_0} \frac{dE_x}{dy}$ より、

$$\psi = H_z = -\frac{1}{Z} \{V_1 \exp(-jk_y y) - V_2 \exp(jk_y y)\} \exp(-j\beta z), \quad Z = \frac{k_0 Z_0}{pk_y} \quad (3)$$

として ψ を定義し、TM モードに対しては、 $E_z = j \frac{pZ_0}{k_0} \frac{dH_x}{dy}$ より、

$$\psi = E_z = \frac{1}{Z} \{V_1 \exp(-jk_y y) - V_2 \exp(jk_y y)\} \exp(-j\beta z), \quad Z = \frac{k_0}{Z_0 pk_y} \quad (4)$$

で ψ を定義する．ここで

$$V(y) = V_1 \exp(-jk_y y) + V_2 \exp(jk_y y) \quad (5)$$

$$I(y) = \frac{1}{Z} \{V_1 \exp(-jk_y y) + V_2 \exp(jk_y y)\} \quad (6)$$

$$(7)$$

とすると，TE モードに対して

$$E_x = V(y) \exp(-j\beta z), \quad H_z = -I(y) \exp(-j\beta z) \quad (8)$$

TM モードに対して

$$H_x = V(y) \exp(-j\beta z), \quad E_z = I(y) \exp(-j\beta z) \quad (9)$$

となり， $V(y)$ ， $I(y)$ は以下の伝送方程式を満たす．

$$\frac{dV(y)}{dy} = -ZI(y)$$

$$\frac{dI(y)}{dy} = -YV(y)$$

したがて， N 層スラブ導波路は図 13.3 のような等価回路で表現することができる．

このとき，第 i 層の $[F]$ 行列 $[F_i]$ は

$$[F_i] = \begin{bmatrix} \cos(k_{y,i} d_i) & jZ_i \sin(k_{y,i} d_i) \\ jZ_i^{-1} \sin(k_{y,i} d_i) & \cos(k_{y,i} d_i) \end{bmatrix} \quad (10)$$

で与えられ， V_{N-2} と I_{N-2} は V_0 ， I_0 を用いて以下のように書ける．

$$\begin{bmatrix} V_{N-2} \\ I_{N-2} \end{bmatrix} = [F_{N-2}]^{-1} \cdots [F_1]^{-1} \begin{bmatrix} V_0 \\ I_0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

したがって，固有モードとなる条件は横共振条件より

$$Z_L + Z_R = \frac{V_{N-2}}{I_{N-2}} + Z_{N-1} = 0 \quad (12)$$

で与えられることになる．

表 13.1 ϕ, p, q の値

モード	ϕ	p	q
TE モード	E_x	1	n^2
TM モード	H_x	$1/n^2$	1

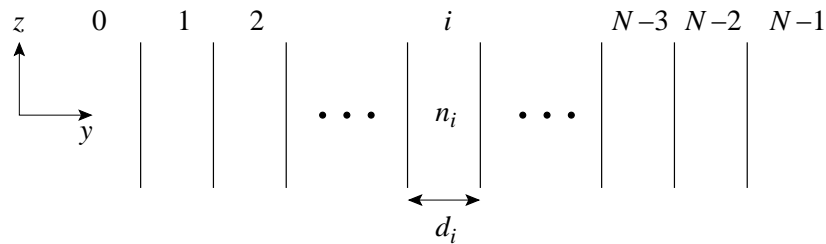


図 13.1 N 層スラブ導波路

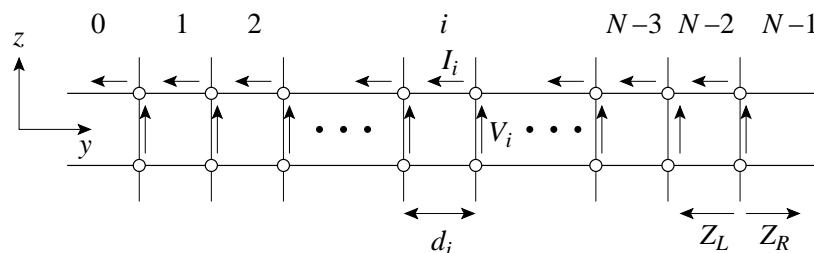


図 13.2 N 層スラブ導波路の等価回路