

C-1-17

三次元光導波路不連続構造の等価回路による電磁界解析

Equivalent Network Approach for Electromagnetic Field Analysis of 3-D Optical Waveguide Step Discontinuity

長谷川 安洋 平岡 隆晴 許 瑞邦

Yasuhiro Hasegawa Takaharu Hiraoka Hsu, Jui-Pang

神奈川大学 工学部 電気電子情報工学科

Faculty of Engineering, Kanagawa University Yokohama, Japan

1.はじめに 図1(a)に示す三次元光導波路の伝搬固有モード(実効屈折率、電磁界分布)は、図1(b)に示す横方向等価回路Ⅲを基に計算される。さらに、図2(d)の伝搬方向等価回路を加えることで図2(b)のような伝搬方向に不連続部を持つ三次元光導波路不連続構造の電磁界解析を行う。

2. 伝搬方向等価回路 モード電圧・電流が電力波の和と差($v=a+b, i=a-b$)で与えられるとき、伝搬方向等価回路は図2(d)のような多線条伝送線路で与えられ、不連続部での導波路AとBの伝搬モードの結合は式(1)の理想変圧器によって与えられる。

$$F_{nm}^{BA} = \frac{1}{S} \iint_S (\mathbf{e}_n^B(x, z) \times \mathbf{h}_m^A(x, z)) \cdot \mathbf{j} dS \quad (1)$$

また、散乱行列は以下の行列演算により導かれる。

$$\begin{pmatrix} b^A \\ b^B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S^{AA} = (\bar{z} + I)^{-1}(\bar{z} - I), S^{AB} = 2(\bar{z} + I)^{-1}(F^{AB}) \\ S^{BA} = 2(\bar{y} + I)^{-1}F^{AB}, S^{BB} = -(\bar{y} + I)^{-1}(\bar{y} - I) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a^A \\ a^B \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここで、 $\bar{z} = (F^{AB})^T F^{AB}$ 、 $\bar{y} = F^{AB} (F^{AB})^T$ である。式(2)から電力波 a^A, a^B に依存する散乱電力波 b^A, b^B を計算することができる。これまで求められた伝搬方向等価回路、電圧・電流成分と、横方向等価回路Ⅲを基に計算された固有伝搬モードをかけあわせ、次のようなモードを足しあわせることによって任意の位置座標における電磁界分布を計算することができる。

$$\begin{cases} \mathbf{E}_i^p(x, y, z) = \sum_m v_m^p(y) \cdot \mathbf{e}_m^p(x, z), & \mathbf{E}_s(x, y, z) = \sum_m v_m^p(y) \cdot \mathbf{e}_{ym}(x, z) \\ \mathbf{H}_i^p(x, y, z) = \sum_m i_m^p(y) \cdot \mathbf{h}_m^p(x, z), & \mathbf{H}_s(x, y, z) = \sum_m i_m^p(y) \cdot \mathbf{h}_{ym}(x, z) \end{cases} \quad (3)$$

3. 解析結果および考察 解析対象構造と各寸法を図2(a), (b)に示す。各部の屈折率は、導波路部PMMA:1.49、基板部SiO₂:1.47、その他Air:1.00である。また、領域A側(1.5[μm])を入力とし、領域B側(2.5[μm])を出力側とする。①透過・反射電力を図3に示す。これより、電力の保存率は一定であることを確認した。また、領域AとBのドミナントモードの結合はおよそ80[%]である。②図4より、伝搬方向不連続部での接続成分の高さ[I], [II], [III]での平面の(x-y)分布を図5に示す。

4. 結び・今後 三次元光導波路不連続構造における伝搬方向等価回路を導出し、電磁界解析を行った。今後は、入出力側の導波路幅をそれぞれ変えた場合の動作特性を検証する。

参考文献 [1] M. Inoue, T. Hiraoka, Hsu, J.P. "Analysis of Eigenmode for 3-D optical Waveguide based on Planar Circuit Equations and Lateral Equivalent Network"

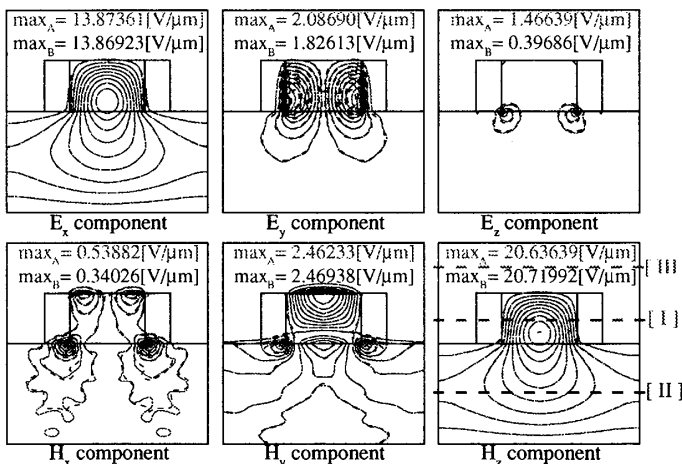


図4 伝搬方向不連続部の連続性 (考慮固有モード数 190)
(赤実線: 領域A、青波線: 領域B)

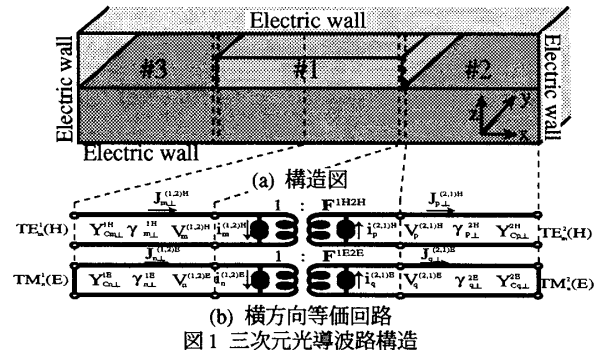


図1 三次元光導波路構造

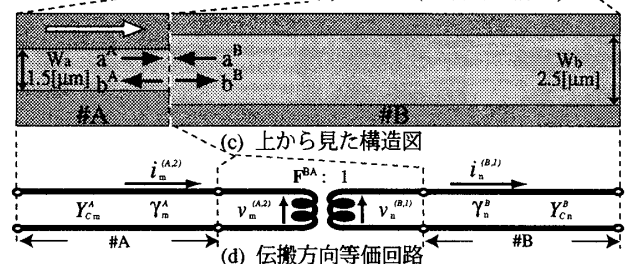
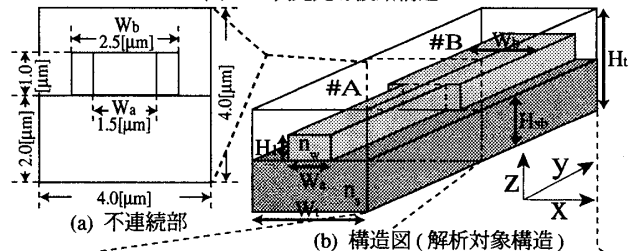


図2 三次元光導波路伝搬方向不連続構造

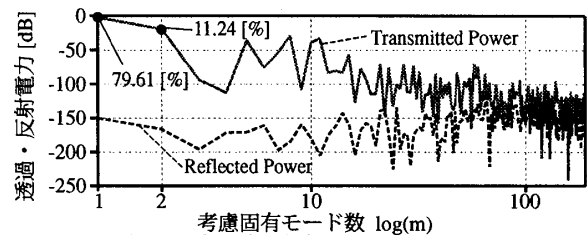


図3 透過・反射電力 (赤実線: 透過、青波線: 反射)

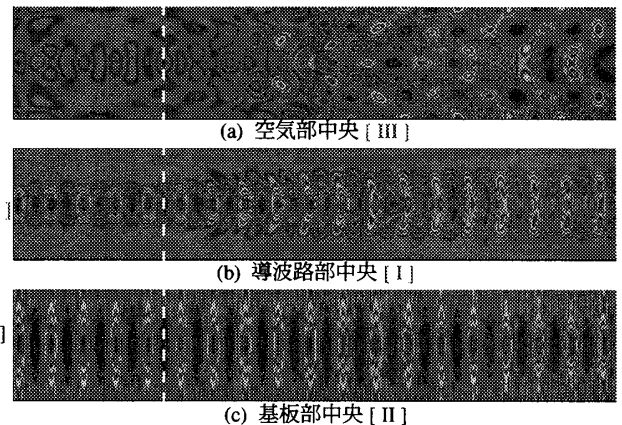


図5 任意の高さ(z)での平面(x-y)分布 (Hz成分)