

三次元光導波路ステップ型不連続部の電磁界解析

- 固有モード展開による横方向・伝搬方向等価回路に基づいて -

Field Analysis of 3-D Optical Waveguide Step Discontinuity

- Based on eigenmode-related equivalent networks in lateral and propagation direction of waveguide -

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

Department of Electrical, Electronics and Information 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^[1]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ステップ型不連続を計算する。今回は、導波路モード同士の結合の場合について電磁界解析を行う。

2. 伝搬方向等価回路 モード電圧・電流が電力波の和と差($v^p = a^p + b^p$, $i^p = a^p - b^p$ ($P=A,B$)) 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)のモード結合係数(理想変圧器)によって与えられる。

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

よって、横方向等価回路^[1]を基に計算された固有伝搬モードと、伝搬方向等価回路により電磁界解析を行う。

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(2.5[μm])を入力とし、領域B側(3.0[μm])を出力側とする。①図1(a)に示す断面での各導波路幅における実効屈折率を図3に示す。入出力両側に導波路モードが存在することを確認した。②透過・反射電力係数を図4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。透過電力において、領域Aと領域Bのドミナントモード(導波路モード)の結合はおよそ97.77[%]であり、基板モードの結合は2.221[%]、空気モードは0.005[%]であることを確認した。また反射電力は、すべて合わせて0.001[%]となることを確認した。③図5より、伝搬方向不連続部での接続成分の連続性確認した。④図5のHz成分の導波路中央(黒破線)の高さでの平面(x-y)分布を図6に示す。

4. 結び 三次元光導波路ステップ型不連続構造における伝搬方向等価回路を導出し、導波路モードを持つ導波路幅同士の結合の場合について電磁界解析を行った。不連続部での連続性は良好であり、透過電力は99.999[%]の結合を持ち、反射電力は0.001[%]の結合を持つことを確認した。

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"

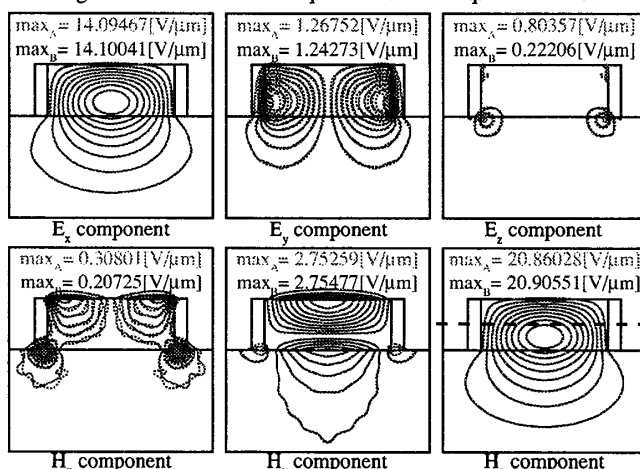


図5 伝搬方向不連続部の連続性(考慮固有モード数 190)
(赤実線: 領域A、青破線: 領域B)

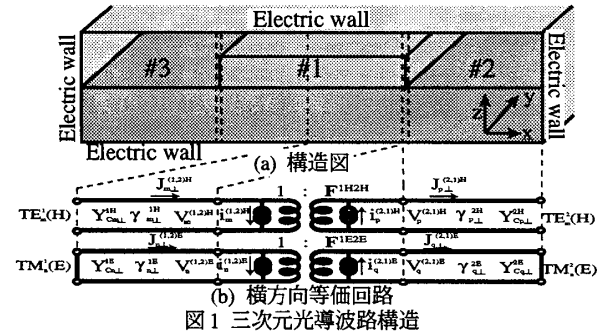


図1 三次元光導波路構造

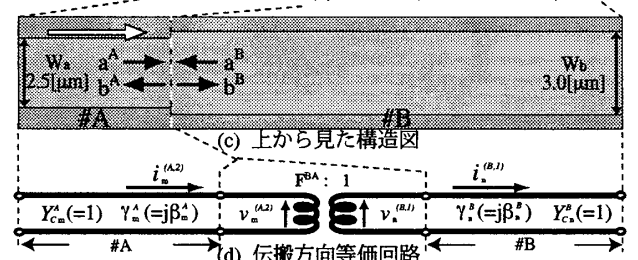
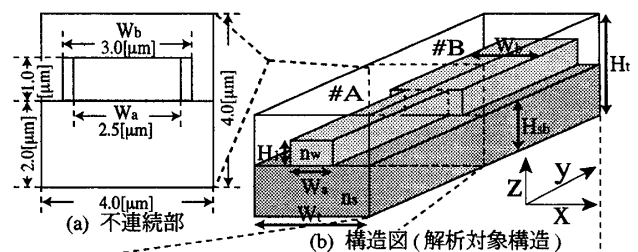


図2 三次元光導波路伝搬方向ステップ型不連続



図3 各導波路幅における実効屈折率

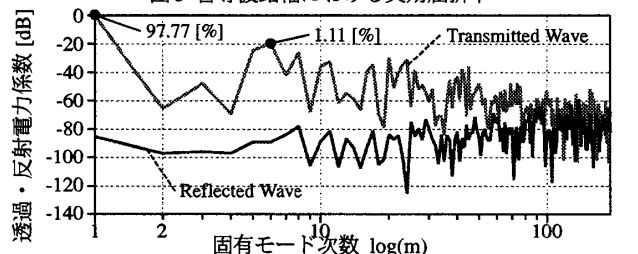


図4 透過・反射電力係数(赤: 透過、青: 反射)

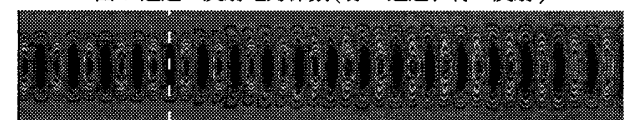


図6 任意の高さ(z)での平面(x-y)分布 (Hz成分)