

三次元光導波路の横方向等価回路による固有モード解析
 -到達/局所モード分離のPMMA/MgF₂系構造への応用-
**Calculation of Eigenmode for 3 Dimension Optical Waveguide
 based on Lateral Equivalent Network**

-Applying Accessible/Local Mode separation method for PMMA/MgF₂ structure-

井上 学 平岡 隆晴 許 瑞邦
 Manabu INOUE 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

1.はじめに 図1に示される光導波路の固有モード解析において、横(x)方向不連続で高さ関数モード(以下スラブモード)の高次成分は減衰の為伝搬せず局所的に振る舞う。これを利用し、計算で考慮するスラブモードの数量に対する計算時間及び計算機領域を縮小させた。これにより、より高い精度の固有モード解を導出する際の負担を軽減した。今回は光の閉じ込めが強い、導波路部PMMA(n₁=1.49), 基盤MgF₂(n₂=1.38)の構造にて解析・検討を行う。

2.解析方法 モードの離散化を図る為に構造全体の上下左右に電気壁を設置する。Maxwellの電磁界方程式に、高さ方向(z)と、それに垂交する横方向(x)と進行方向(y)からなる平面とで変数分離法を適用する。そして各x方向一様領域において境界条件を適用したz方向関数からTE/TMスラブモードを導出する。続いてxy平面にて平面回路方程式の概念を適用すると、スラブモードは多線条線路の等価回路で表され、境界条件より平面回路定数が決定する。以上よりその断面構造における固有モードが導出される。

3.到達モード(Accessible Mode)と局所モード(Local Mode)

x方向不連続部においてスラブモードの結合を取り、境界条件を満たす固有モードの解を導出する。ここで高次スラブモードの成分はほとんど伝搬されず、不連続部境界上にて局所的に振る舞う。この、成分が局所的にのみ存在する高次モードを局所モード、対して伝搬領域の逆端まで到達するモードを到達モードとして解析を行う。従来は全モードを到達モードとして取り扱っていたが、高次モードの成分は伝搬しないという性質を解析に取り入れる。

4.解析対象構造 解析対象構造を図1に示す。構造全体の上下左右は電気壁(導体)で囲まれている。また中心面から左右対称構造である事を利用し、中心面に電気壁もしくは磁気壁を設置して、x方向3領域として取り扱うところを2領域で解析を行う。前回回と寸法はそのままに基盤を屈折率の低い物質として解析を行った。

5.解析結果 磁界x方向成分H_xを図2に示す。(a),(b)より考慮スラブモード数を50個とし、高次20個を局所モードとして解析を行った場合においても従来法と同じ結果が導出される事を確認した。また(c)より、考慮スラブモード数を合計200個に増やす事によって、解析がよりきめ細かく行われている事が確認できる。

6.結び 光の閉じ込めが強い構造にて固有モード解析を行った。続いて基盤の屈折率を変更したときに到達モードと局所モードの各数量を変化させた場合、解析に及ぼす影響について検討する。

参考文献 [1]T.E.ROZZI, W.F.G.MECKLENBRÄUKER'Wide-Band Network Modeling of Interacting Inductive Irises and Steps'IEEE.VOL.MTT-23, No.2 pp-235-245 [2]井上学 C-1-21 (電子情報通信学会 2005 総合大会)

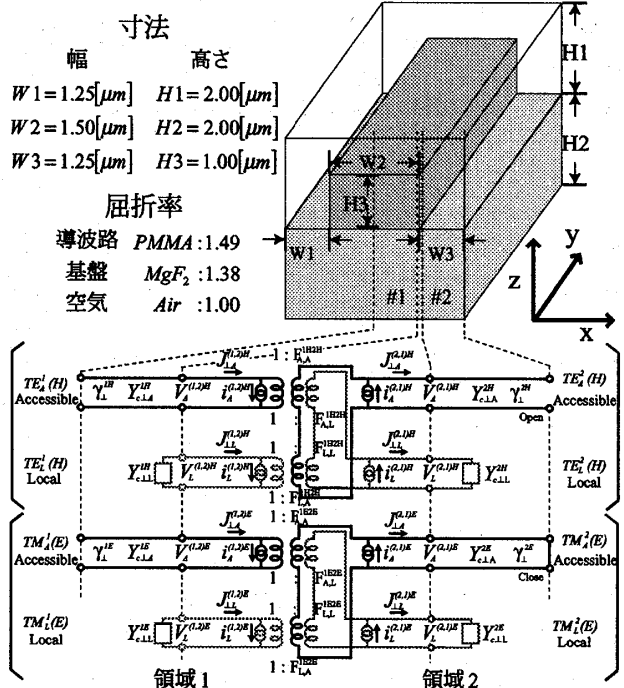


図1. 解析対象構造図と横(x)方向等価回路

$$\begin{cases} J_{1m}^{(1,2)H} - i_m^{(1,2)H} = \sum_q F_{m,q}^{1H2H} (J_{1q}^{(2,1)H} - i_q^{(2,1)H}) & \begin{cases} i_m^{(r,p)H} = \sum_n Y_n^{rHE} \cdot V_n^{(r,p)E} \\ i_m^{(r,p)E} = \sum_n Y_n^{rEH} \cdot V_n^{(r,p)H} \end{cases} \\ J_{1m}^{(1,2)E} - i_m^{(1,2)E} = \sum_q F_{m,q}^{1E2E} (J_{1q}^{(2,1)E} - i_q^{(2,1)E}) \end{cases}$$

$r, \text{領域} (=1,2), p, \text{ポート} (=1,2)$
x方向不連続部のスラブモード結合方程式

$$\begin{pmatrix} \bar{J}^{(1,2)H} + \bar{J}^{(1,2)H} \\ \bar{J}^{(1,2)E} + \bar{J}^{(1,2)E} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \bar{Y}_{eff}^{1H1H} + \bar{Y}_{in}^{1H} & \bar{Y}_{eff}^{1H1E} \\ \bar{Y}_{eff}^{1E1H} & \bar{Y}_{eff}^{1E1E} + \bar{Y}_{in}^{1E} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{V}^{(1,2)H} \\ \mathbf{V}^{(1,2)E} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \mathbf{J}_A \\ \mathbf{J}_L \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{Y}_{AA} & \mathbf{Y}_{AL} \\ \mathbf{Y}_{LA} & \mathbf{Y}_{LL} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{V}_A \\ \mathbf{V}_L \end{pmatrix} \quad \therefore \det[\mathbf{Y}_{AA} - \mathbf{Y}_{AL}(\mathbf{Y}_{LL})^{-1}\mathbf{Y}_{LA}] = 0$$

等価回路のアドミタンス行列 (A: Accessible Mode, L: Local Mode)

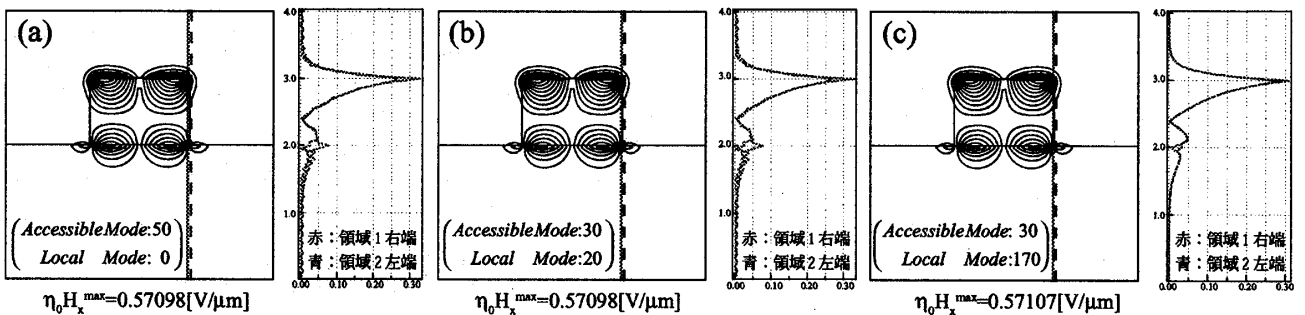


図2. 固有モード電磁界分布 (磁界x方向成分H_x: 固有モード1番目)