

三次元光導波路の横方向等価回路による固有モード計算 - アクセスモード・ローカルモード分離による - Calculation of eigenmode for 3 dimation optical waveguide based on lateral equivalent network

- Accessible mode and local mode separation method -

井上 学 二瓶 善英 平岡 隆晴 許 瑞邦
Manabu Inoue Yoshihide Nihei 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 光導波路の固有モード解析において解の精度を確保するには、解析の際に考慮するスラブモード数を多くとる必要がある。しかし大きな計算機領域の確保が必要となる上、計算時間も増大してしまう。そこで、考慮するモードの数を増やしつつ、上述の二つの不具合を抑える解析方法を作成する。

2.解析方法 三次元光導波路の固有モード解析にてMaxwellの方程式に変数分離法を適用し、高さ方向(z)と横方向平面(x,y)に分けて計算を行う。高さ方向においては fgh 関数を導出。横方向では横方向のモード電圧・電流のモード整合方程式を導出する。このモード整合方程式から進行方向(y)の伝搬定数が求まり、以上から解析に必要なパラメータが導出される。

3.アクセスモードとローカルモード 横方向不連続部のモード整合は表1に示す式(1)で記述でき、これから式(2)が導かれる。ここで伝搬モード高次の横方向伝搬成分はとも小さく、局所的に振る舞う。そこで上述の高次モードをローカルモード、それよりも低次のモードをアクセスモードとして分離し、行列を表すと式(3)になる。すると式(4)が導出される。ここで{}内はA×A行列で、これを解くと元の(A+L)×(A+L)行列を解いた場合と同じ解が導出される。結果、計算機領域を節約できる。また減衰が著しく局所的に扱えるローカルモードでは、伝搬が打ち切られるとみなせ、式(2)中の \tilde{Y}_m の双曲線関数部が1に収束する。これを利用すれば余分な計算を省略し、計算時間を短縮できる。今回はアクセスモード数を30個と固定し、ローカルモード数を20,70,170個と変化させて解析を行った。

4.解析構造 解析対象を図1に示す。導波路部PMMA、基盤部SiO₂で、構造全体の上下左右は金属で囲まれている。中心から左右対称構造となっている事を利用して、中心面に電気壁及び磁気壁を置き、横方向3領域で扱うところを2領域で解析する。

5.解析結果 図2に磁界x方向成分(Hx)の分布図を示す。ここで、(a)従来法:考慮モード数50個の場合と、(b)アクセスモード数30個、ローカルモード数20個、計50個の場合でほぼ同じ結果が得られた。またローカルモード数を増やすにつれて電磁界分布に現れていた不連続部の歪みが小さくなる事が確認された。これは、より精度の高い解が得られた為であると考えられる。

6.結び プログラム中にアクセスモードとローカルモードで分離して解析を行う工夫を施した。解析結果より、従来法と誤差がほとんど生じない事が確認された。また、従来法ではメモリ不足のために解析できなかった考慮モード数200(30-170)個のケースについて、同じ計算機を用いて解析する事に成功した。

参考文献 T.E.ROZZI, W.F.G.MECKLENBRAUKER 'Wide-Band Network Modeling of Interacting Inductive Irises and Steps' IEEE.VOL.MTT-23, No.2 pp-235-245

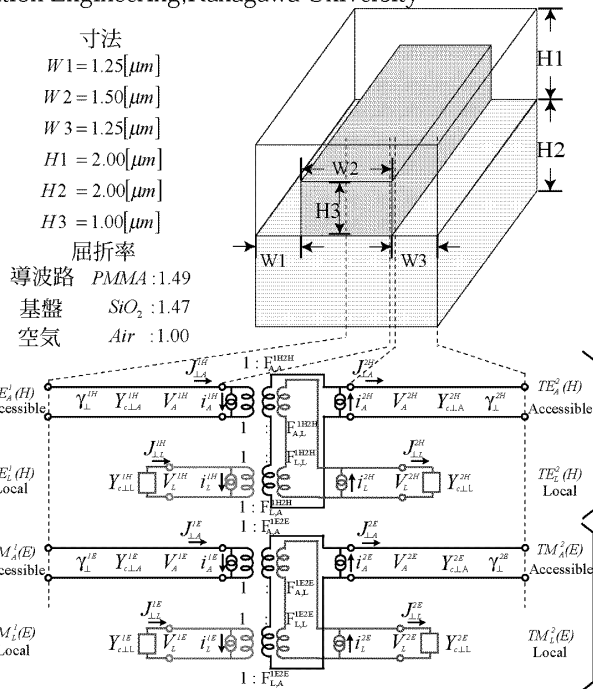


図1. 解析対象構造図と横方向等価回路

表1. 横方向等価回路に関する方程式

$$\begin{cases} \mathbf{J}_{Lm}^{1H} - \mathbf{i}_m^{1H} = \sum_p \mathbf{F}_{m,p}^{1H2H} (\mathbf{J}_{Lp}^{2H} - \mathbf{i}_p^{2H}) \\ \mathbf{J}_{Lm}^{1E} - \mathbf{i}_m^{1E} = \sum_p \mathbf{F}_{m,p}^{1E2E} (\mathbf{J}_{Lp}^{2E} - \mathbf{i}_p^{2E}) \end{cases} \quad (1)$$

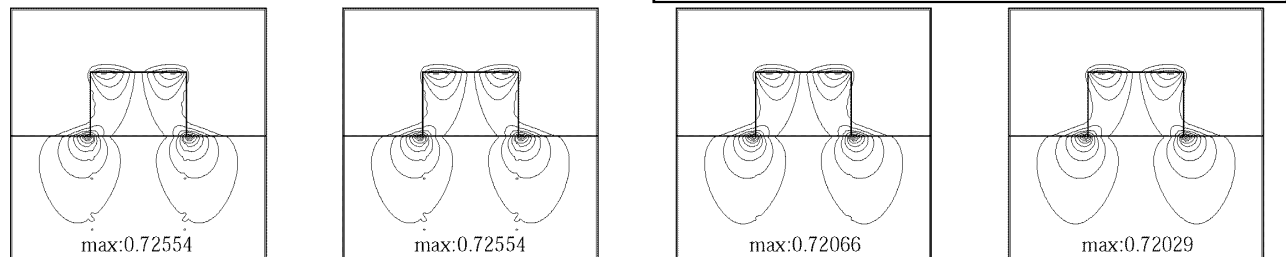
$$\begin{cases} \mathbf{i}_m^{1H} = \sum_n \mathbf{Y}_{m,n}^{1H1E} \cdot \mathbf{V}_n^{1E}, \mathbf{i}_m^{2H} = \sum_n \mathbf{Y}_{m,n}^{2H2E} \cdot \mathbf{V}_n^{2E} \\ \mathbf{i}_m^{1E} = \sum_n \mathbf{Y}_{m,n}^{1E1H} \cdot \mathbf{V}_n^{1H}, \mathbf{i}_m^{2E} = \sum_n \mathbf{Y}_{m,n}^{2E2H} \cdot \mathbf{V}_n^{2H} \end{cases}$$

不連続部のモード結合方程式

$$\begin{pmatrix} \tilde{\mathbf{Y}}_{eff}^{1H1H} + \tilde{\mathbf{Y}}_m^{1H} & \tilde{\mathbf{Y}}_{eff}^{1H1E} \\ \tilde{\mathbf{Y}}_{eff}^{1E1H} & \tilde{\mathbf{Y}}_{eff}^{1E1E} + \tilde{\mathbf{Y}}_m^{1E} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{V}^{1H} \\ \mathbf{V}^{1E} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} \mathbf{J}_A \\ \mathbf{J}_L \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{Y}_{AA} & \mathbf{Y}_{AL} \\ \mathbf{Y}_{LA} & \mathbf{Y}_{LL} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{V}_A \\ \mathbf{V}_L \end{pmatrix} \quad (3) \quad \therefore \{ \mathbf{Y}_{AA} - \mathbf{Y}_{AL}(\mathbf{Y}_{LL})^{-1}\mathbf{Y}_{LA} \} = 0 \quad (4)$$

モード整合方程式



(a) アクセス:50- ローカル:0 (b) アクセス:30- ローカル:20 (c) アクセス:30- ローカル:70 (d) アクセス:30- ローカル:170
図2. 固有モードの電磁界分布(Hx:伝搬モード一番目)