

3次元有限要素法による光導波路解析の高速化と最適設計に関する検討

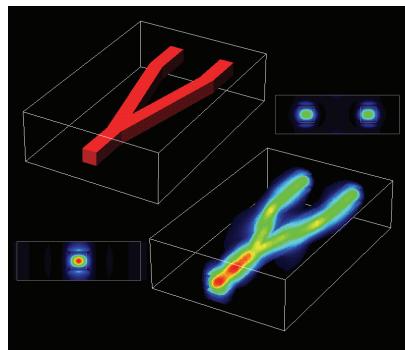
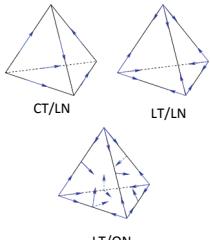
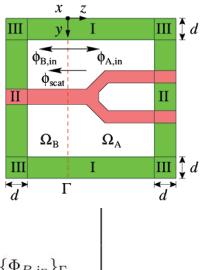
3次元有限要素法による光導波路解析

完全整合層(PML)を用いた入出力導波路の取り扱い

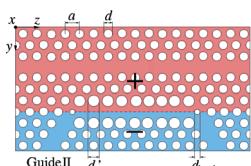
開放系の問題においては入出力導波路の取り扱いに注意が必要であるが、完全整合層を用いた吸収境界条件により、入出力導波路でのモード展開を不要にしている。

$$\begin{bmatrix} [P_A]_{00} & [0] \\ [0] & [P_B]_{00} \\ [P_A]_{\Gamma 0} & [P_B]_{\Gamma 0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [P_A]_{00} \\ [P_B]_{00} \\ [P_A]_{\Gamma\Gamma} + [P_B]_{\Gamma\Gamma} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \{\Phi_A\}_0 \\ \{\Phi_B\}_0 \\ \{\Phi_{\text{scat}}\}_{\Gamma} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -[P_A]_0 \Gamma \{\Phi_{A,\text{in}}\}_{\Gamma} \\ -[P_B]_0 \Gamma \{\Phi_{B,\text{in}}\}_{\Gamma} \\ \{\Psi_{A,\text{in}}\}_{\Gamma} - \{\Psi_{B,\text{in}}\}_{\Gamma} \\ -[P_A]_{\Gamma\Gamma} \{\Phi_{A,\text{in}}\}_{\Gamma} - [P_B]_{\Gamma\Gamma} \{\Phi_{B,\text{in}}\}_{\Gamma} \end{bmatrix}$$



3次元Y分岐光導波路の有限要素法解析



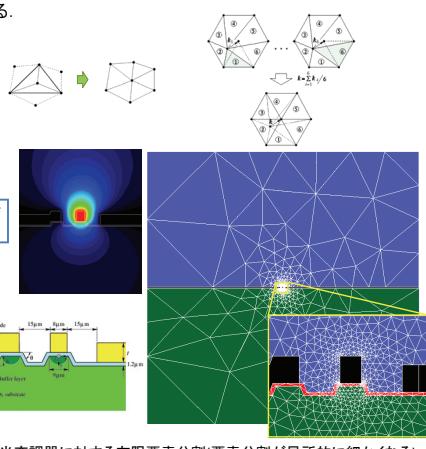
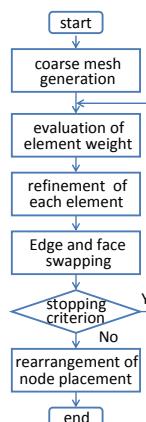
非相反フォトニック結晶導波路に対するPML

任意方向へ導波路が接続された場合のPML

有限要素法の高速化

アダプティブメッシュの生成

光の界分布に対応した有限要素メッシュを自動生成することでより少ない要素数でより高精度な解を得る。



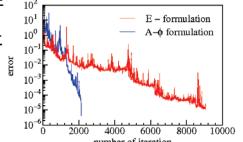
光変調器に対する有限要素分割(要素分割が局所的に細くなる)

反復法による行列計算

高周波電磁界の有限要素法解析においては行列の性質が悪く連立一次方程式の解法に反復法を用いた場合の収束性が悪いが、ボテンシャルを用いた定式化により収束性を改善できる。

$$E_{t\{mn\}} = A_{t\{mn\}} + (\phi_n - \phi_m)/l_{mn} \quad \{E\} = [[I] \ [G]] \begin{bmatrix} \{A\} \\ \{\phi\} \end{bmatrix}$$

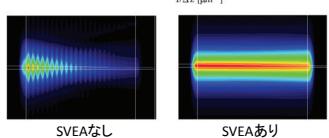
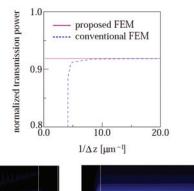
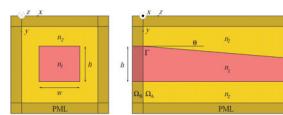
$$\begin{bmatrix} [I] \\ [G]^T \end{bmatrix} [P] [[I] \ [G]] \begin{bmatrix} \{A\} \\ \{\phi\} \end{bmatrix} = 2 \begin{bmatrix} [I] \\ [G]^T \end{bmatrix} \{\Psi\}_r$$



緩慢変化包絡線近似(SVEA)の適用

SVEAを用いて伝搬方向の界の変化を緩やかにすることで伝搬方向の離散化を大幅に緩和できる。

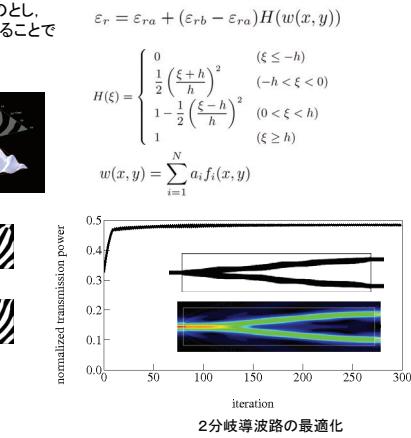
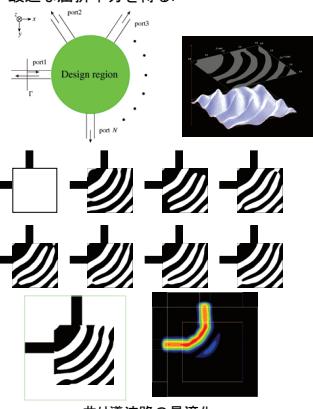
$$\Phi(x, y, z) = \phi(x, y, z) e^{-jk_0 n_0 z}$$



光デバイスの最適設計

トポロジー最適化

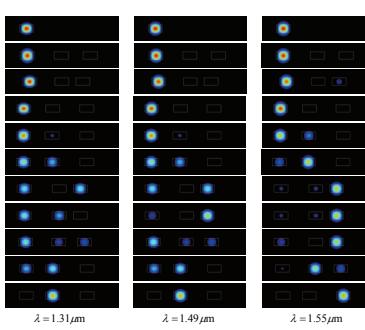
最適化領域内の屈折率分布を、領域内に設定した閾数の正負により決めるものとし、感度解析に基づきこの閾数を更新することで最適な屈折率分布を得る。



曲り導波路の最適化

有限要素ビーム伝搬解析による最適化

モード結合理論と遺伝的アルゴリズムを用いてデバイス構造の大域設計を行った後、有限要素法による感度解析に基づき最適勾配法により詳細設計を行う。



2分岐導波路の最適化

学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 第1回シンポジウム