

垂直入出力用光結合器のための台形穴回折格子に適用した形状最適化 Adjoint shape optimization applied to trapezoidal-hole array grating for efficient vertical coupling

阪府大工, °水谷 彰夫, 菊田 久雄

Osaka Prefecture Univ. °Akio Mizutani, Hisao Kikuta

E-mail: mizutani@me.osakafu-u.ac.jp

1.はじめに

光集積回路実現のためには、微小なシリコン光導波路と光ファイバ間の高効率な光結合器が必要である。中でも回折格子を利用した結合器は作製が容易であり、基板上の任意の位置に設置できるため注目されている。一般的な矩形の回折格子結合器は、光ファイバをわずかに傾けているが、我々は垂直に設置可能な光結合器として、2次元配列した一様な大きさの台形穴回折格子(一様台形穴光結合器)を開発してきた[1]。さらに、放射モードを光ファイバの基本モードに近づけるため、台形穴の寸法を場所ごとに変えたアボダイズド台形穴回折格子による光結合器を設計・作製し、さらなる高効率化を達成できた[2]。しかし、より自由度の高い高効率な形状が存在する可能性がある。今回、一様台形穴光結合器の寸法と形状をもとに随伴形状最適化を適用することで、より高効率な形状が計算で得られたので報告する。

2.台形穴回折格子への随伴形状最適化の適用

図1に結合器の模式図と初期台形形状と最適途中の形状を示す。もともになる一様台形穴回折格子の寸法は、 $10\ \mu\text{m}$ 径の TE 偏光ガウスビームを垂直入射し、 y 方向に $500\ \text{nm}$ 周期の周期境界条件を適用した FDTD 法と PSO(Particle Swarm Optimization)法を用いて決定した。250 nm 厚さ

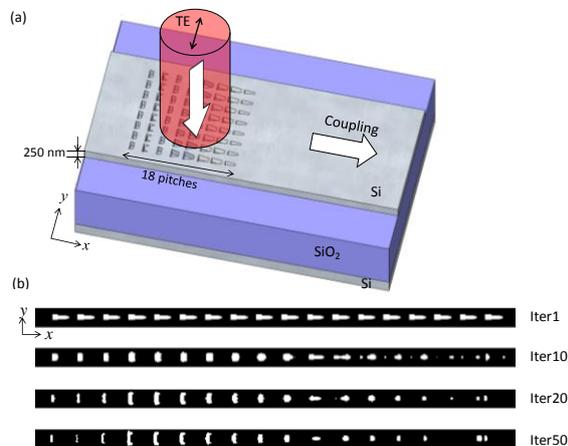


Fig.1 (a) Schematic of asymmetric-hole array grating coupler.
(b) Geometry evolution during the optimization process.

のシリコンコア層に x 方向に 18 個の台形貫通穴を $650\ \text{nm}$ 周期で並べ、 SiO_2 層の厚さの影響がないように計算した。この形状に、Lalau-Keraly らが開発した市販の FDTD ソルバーと最急降下法を組み合わせた随伴形状最適化[3] (MIT ライセンスで配布)を適用した。随伴変数法では感度解析により、設計対象となる空間のすべての点の設計感度を計算するが、わずか 2 回の FDTD の計算で求めることができる。ここではレベルセット法によって幾何形状の境界を表現し、設計感度の正負により、境界を押し出すか引っ込めるか決めるため、トポロジー最適化の密度法のように中間値は存在せず、明瞭な形状が得られる。入射光と導波路方向へ透過してきた光の強度比を結合効率とし、これを目的関数とし最大化するように形状を更新していった。メッシュサイズは $20\ \text{nm}$ とした。図2に波長 $1550\ \text{nm}$ に対する結合効率の設計履歴を示す。初期効率 43%から 16 回の繰り返しで 50%を超え、50 回で 52%に到達し、 nm 単位の設計が必要なアボダイズド台形穴回折格子の効率よりも高くなった。図1(b)より徐々に先頭の台形穴が小さくなり、途中で分離した微小な穴形状ができていたが、50 回では消滅していることが分かる。

3.おわりに

随伴形状最適化の手法により、従来よりも高効率な垂直入出力光結合器が計算で得られた。

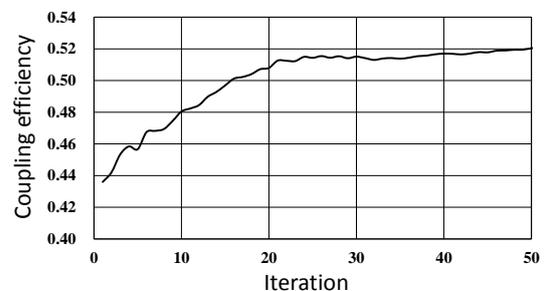


Fig.2 Coupling efficiency evolution during the optimization.

参考文献

- [1] A. Mizutani, et al., Appl. Phys. Exp. **10** 122501 (2017).
- [2] 武井大輝 他: 第 78 回秋季応用物理講演会(2017) 7p-PA2-7
- [3] C. M. Lalau-Keraly, et al., Opt. Exp. **21**, 21693 (2013).