

進化計算を用いた高効率グレーティングカプラの設計自動化

Computational design of high efficiency grating coupler using evolutionary computation

○宮武 悠人¹, 関根 尚希², トーブラサートポン カシディット^{1,2}, 高木 信一^{1,2}, 竹中 充^{1,2}

東大・工¹, 東大院・工²

The University of Tokyo, Faculty of Engineering¹, School of Engineering²

○Yuto Miyatake¹, Naoki Sekine², Kasidit Toprasertpong^{1,2}, Shinichi Takagi^{1,2}, Mitsuru Takenaka^{1,2}

E-mail: miyatake@mosfet.t.u-tokyo.ac.jp

[はじめに] シリコンフォトニクスは次世代の情報処理および通信技術の基盤技術として大きな期待を集めている[1]。LSI で培われた CMOS 技術を用いて Si-on-Insulator (SOI) 基板上に微細光導波路を容易に形成可能であり、大規模光集積回路が実現可能になるにつれ、その応用範囲も広がりつつある[2]。一方、光回路はアナログ素子であり、回路を構成する要素デバイスの最適化設計は、設計者自身の経験や直感に依るところが大きく、高性能化の妨げとなっている。

この問題を解決する手法として、進化計算を用いた光素子の自動設計を試みた。進化計算 (evolutionary computation) とは、対象とする問題の解を擬似的に生物個体とみなし、その集団を用いて解探索を行う多点探索法である。目的関数の勾配情報や、景観が単峰性か多峰性か、変数分離が可能か不可能かなどといった情報が、事前に明示的に与えられない問題に対して用いることができる[3]。進化計算の適用可能性を検討するため、今回 SOI 基板上に作製可能なグレーティングカプラの最適設計の検討を進めた。グレーティングカプラ[4]はチップ上の任意の場所に配置できるが、結合効率がエッジカプラと比べて劣ることが問題となる。結合効率を改善するため、アポダイズドグレーティングなどの種々の構造が提唱、実証されている。本研究では、進化計算の一つである CMA-ES を用いてグレーティングカプラの構造最適化を行ったので報告する。

[設計手法] Fig. 1 に示すように、グレーティングカプラの構造はシリコンフォトニクスで標準的な SOI 基板上に作製することを想定した。導波路上の SiO₂ 保護膜厚は 720 nm とし、垂直方向に対して 10° だけ傾けた単一モード光ファイバから光を入射した。また、今回は溝の深さを 110 nm で一定とした。

グレーティングカプラの回折格子を構成する 24 個の各々の歯と溝の幅を指定する計 48 個の実数を変数として、CMA-ES により、波長 1550 nm における結合効率の最大化を行った。1 世代の個体数は 15、世代数は 500 とした。最適化における初期構造は 1550 nm において 58 % の結合効率を持つ周期構造 — 回折格子の全ての歯と溝の幅がそれぞれ同じである構造 — とした。作製精度を考慮して最小寸法は 60 nm とした。結合効率の計算には 2 次元 FDTD 法を用いた。

[設計結果] 構造最適化の結果として得られた最適構造の結合効率スペクトルを Fig. 2 に示す。ピーク(波長 1550 nm)における結合効率は 74 %、1 dB バンド幅は 40 nm である。74 % の結合効率は、

標準 SOI 基板上の Si 層のみを用いたグレーティングカプラとしては最も高い結合効率であり、進化計算を用いた導波路光素子設計は有用であると言える。

[謝辞] 本研究の一部は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの委託により実施した。

参考文献

- [1] 和田一実, 光学, 37 巻 1 号, 2008.
- [2] 竹中充他, 電子情報通信学会論文誌, C Vol. J97-C No.3, 2014.
- [3] 田邊遼司他, 計測と制御, 54 巻 8 号, 2015.
- [4] X. Chen et al., IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL. 22, NO. 15, 2010, pp. 1156-1158.

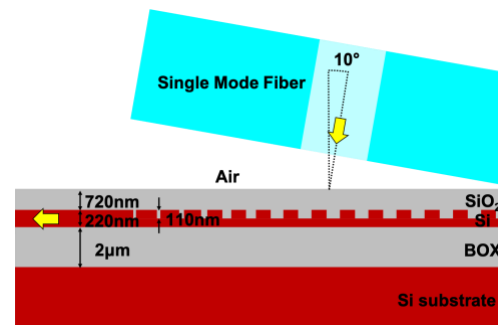


Fig. 1 Cross-sectional schematic of grating coupler on standard SOI.

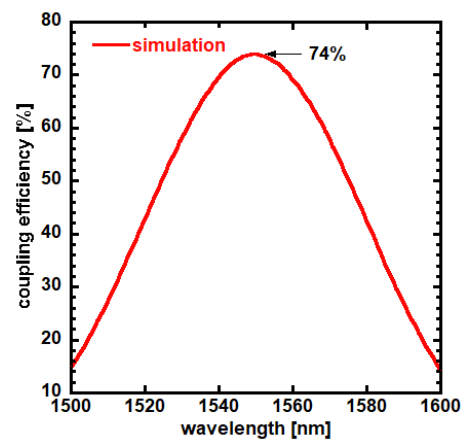


Fig. 2 Simulated coupling efficiency of the optimized grating coupler.