

CMA-ES による Si フォトニクス 2×2 MMI カプラの最適化と実験的評価 CMA-ES Optimization and Experimental Evaluation of Si Photonics 2×2 MMI Coupler

横国大工 ○佐藤翼, 北原凌成, 名和翔太, 鎌田幹也, 寺尾悠生, 山本大輔, 馬場俊彦

Yokohama Nat'l Univ., T. Sato, R. Kitahara, S. Nawa, M. Kamata, Y. Terao, D. Yamamoto, T. Baba

E-mail: sato-tsubasa-zn@ynu.jp

Si フォトニクスで製作される光変調器, 光スイッチ, 光干渉計などでは 2×2 MMI カプラが多用されている. 過剰損が 0.5 dB 以下に収まるような設計は 10 年近く前に既に得られており [1], その後も各機関で低損失のための構造最適化が進められていると思われるが, 波長依存性や製作揺らぎの影響が残っている. また, 2×2 MMI カプラは多数が従属接続されることが多く, たとえ過剰損が 0.5 dB でも 10 個の従属接続で 5 dB となるので, とても容認できない [2]. 最近, MMI の側面形状を CMA-ES アルゴリズムにより最適化することで, C バンド全域で損失が 0.05 dB を下回るような広帯域・低損失な 2×2 MMI カプラが報告されている [3]. そこで, 我々も同様の方法を使って独自に設計・製作を行い, 光学特性を検証した.

図 1(a)は[1]よりも長尺化して過剰損を 0.1 dB 以下に抑制した構造 (最適化前), および 3 次元 FDTD 計算と CMA-ES を用いて MMI の側面形状を変形させた構造 (最適化後) を表している. [3]に報告されている構造とはやや異なるが, 同様に MMI 側壁に 100 nm 以下の細かいうねりのある構造が得られた. 図 1(b)はそれぞれの構造の波長に対する過剰損の計算結果を示している. 最適化後は過剰損の最低値が 0.042 dB と最適化前の半分以下になり, また最適化前に比べて C バンドで波長依存性が小さくなった. 図 2(a)は製作した素子の光学顕微鏡写真である. 計算した構造がおよそ再現されている. 図 2(b)には参照導波路の出力強度で正規化した Bar ポートと Cross ポートの透過スペクトルであり, 細かい振動を省くため, 移動平均をとっている. C バンドから L バンドにかけて波長依存性が小さく, このグラフだけでは評価が難しいものの, 低損失が期待できる特性が得られた. 図 2(c)は Cross 出力/(Bar 出力 + Cross 出力)から求めた分岐比である. シミュレーションと比べると実験結果では短波長側のずれがやや大きくなっている. 現在, 素子構造のパラメータ違いによる特性の変化を評価し, またさらに安定した構造を探索している.

なお, 本研究は科研費基盤研究(A)と立石財団研究助成 S の支援を得て行われたものである.

参考文献 [1] H. Ito, et al., Opt. Express **23**, 21629 (2015). [2] M. Kamata and T. Baba, Opt. Express **31**, 25245 (2023). [3] Y. Miyatake, et al., Jpn. J. Appl. Phys. **63**, 12SP16 (2024).

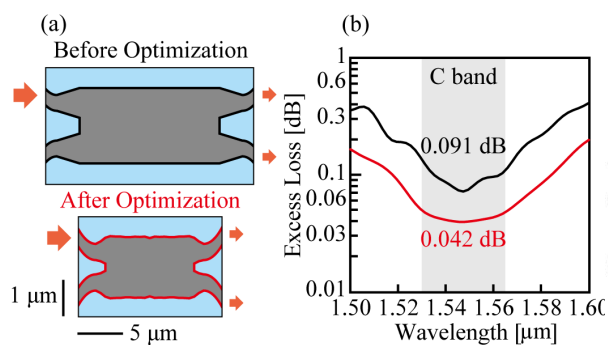


図 1 構造最適化. (a) 最適化前後の構造の違い. (b) 過剰損失スペクトルの計算結果.

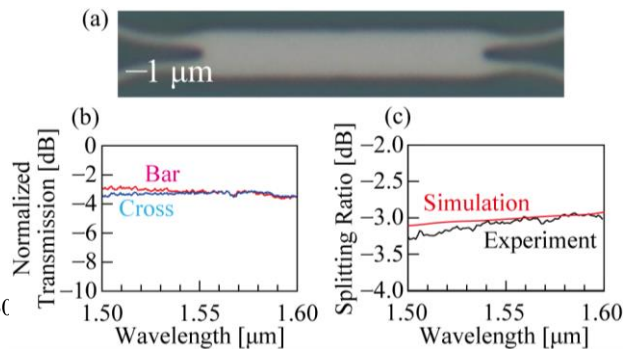


図 2 最適化構造の実験での評価. (a) 製作した構造. (b) 透過スペクトル. (c) 分岐比スペクトル.