

TFLN 導波路用グレーティングカプラの構造最適化(Ⅲ) Structural Optimization of Thin-Film LNOI Waveguide Grating Couplers (III)

横国大院工 ○北原凌成, 吉田凌一, 羽中田祥司, 田原直樹, 馬場俊彦

Yokohama Nat'l Univ., °R. Kitahara, R. Yoshida, S. Hachuda, N. Tahara, and T. Baba

E-mail: kitahara-ryosei-gd@ynu.jp

薄膜ニオブ酸リチウム (TFLN) 導波路を用いた高速光変調器や高効率非線形デバイスが開発されており, 次世代の光集積プラットフォームの可能性が注目されている [1,2]. しかし, 単一モード光ファイバとの結合のためのスポットサイズ変換器は端面形成が難しい. 図 1(a)のようなグレーティングカプラについても, 上下対称放射やモード不整合があるため結合効率が 30%台と低く, 高効率化が課題であった [3]. 前回, 我々は 1 回エッチングと SiO₂ オーバークラッドの製作を想定して効率 69%の構造を設計した [4]. 今回は SiO₂ クラッドを形成しない実験を想定し, 下は SiO₂, 上は空気という状況を仮定した. このような非対称クラッドの場合, 一般に効率は低下する. さらに, 実際のエッチング側壁角度を精密に考慮に入れて, 最適化を行った.

TFLN は厚さ 0.4 μm とし, 下は SiO₂, 上は空気とした. 波長 1550 nm において導波路鉛直方向から 8°傾けた単一モード光ファイバとの結合を最大化するように, Lumerical FDTD 光伝搬シミュレーションと共分散行列適応進化戦略 CMA-ES の組み合わせ [5,6]によって構造を最適化した. 最初は Ar プラズマによる TFLN のエッチング加工を想定して, 水平面に対する側壁角を 65°に固定し, エッチングの位置と深さ, およびファイバの位置を自由パラメータとした. グレーティングカプラを横から見た 2 次元構造の最適化の一例を図 1(b)に示す. 上方への放射とファイバモードへの整合を高めるように, 不規則な回折格子が得られた. 図 2(a)の放射光のシミュレーション結果を見るとわかるように, 光が上方のファイバの方角に強く放射されている. 図 2(b)がファイバへの結合効率スペクトルであり, 波長 1550 nm における結合効率は 62%となった. 図 1(b)の拡大図の中で点線が示すのは, 実際のエッチングのパターンと側壁角度依存性を考慮したときの最適化結果であり, 図 2(b)の点線がそのときのスペクトルである. 効率は 53%まで低下したが, それでも単純なグレーティングカプラよりは高効率である.

参考文献 [1] D. Renaud, et al., Nat. Commun., **14**, 1496 (2023). [2] A. Boes, et al., Science, **379**, 6627 (2023). [3] D. Zhu, et al., Adv. Opt. Photon., **13**, 242 (2021). [4] 北原ほか, 応物秋季講演会, 20a-A37-4 (2024). [5] K. Takahashi, et al., IEEE Photon. J., **14**, 8624505 (2022). [6] N. Tahara, et al., Opt. Express, **32**, 34024 (2024).

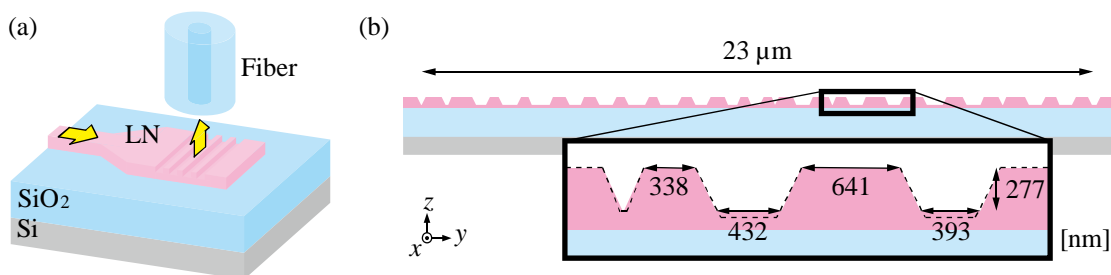


図 1 TFLN 導波路グレーティングカプラ構造. (a) 概念図. (b) 最適化した構造例.

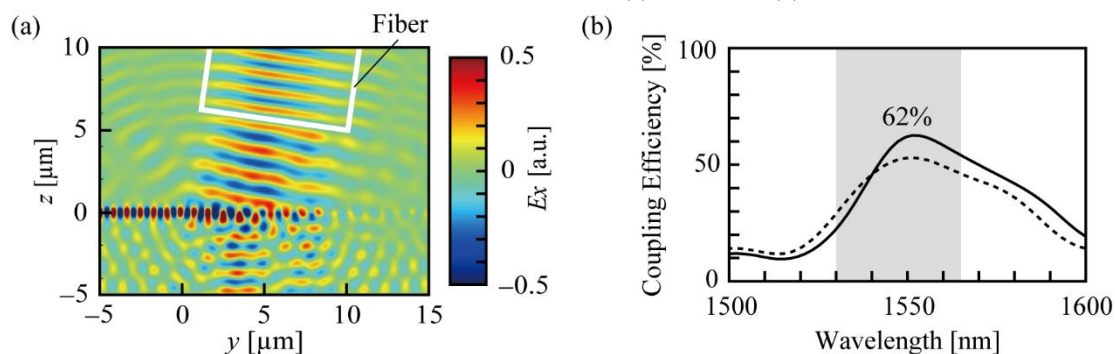


図 2 計算結果. (a) 波長 1550 nm の光伝搬シミュレーション. (b) ファイバへの結合効率スペクトル.