

課題番号	: F-16-IT-0044
利用形態	: 技術代行
利用課題名(日本語)	: スロット導波路を用いた集積型センサ・光アイソレータ
Program Title (English)	: Research on integrable optical sensors and isolators based on Si slot wave guides
利用者名(日本語)	: 友野 裕貴, 貝原 輝則, 清水 大雅
Username (English)	: Y. Tomono, T. Kaihara, and H. Shimizu
所属名(日本語)	: 東京農工大学 工学府 電気電子工学専攻
Affiliation (English)	: Tokyo University of Agriculture and Technology

1. 概要(Summary)

Si 細線導波路ではコア-クラッド間の高い屈折率差により強く光を閉じ込めることができるため、 μm オーダの曲げ半径を実現でき、光導波路の小型化・低コスト化が期待できる。並行した 2 本の導波路の間に光を閉じ込めるスロット導波路は通常の光導波路とは異なり、クラッド材料へ強く光を閉じ込めることができ、高感度なセンサへ応用可能である[1]。本研究ではスロット導波路をガスセンサへ応用すべく、finite-difference frequency-domain method(FDFD 法)によりスロット導波路の光強度分布を求めた。センサ感度を最適化するための構造を求め、作製し、伝搬特性を評価した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

プラズマ CVD 装置、リアクティブイオンエッチング装置

【実験方法】

FDFD 法により計算したスロット導波路の光強度分布を Fig. 1 に示す。スロット導波路において、Si コア層($n=3.48$)の厚さは 220 nm、上部クラッド層の厚さは 2 μm 、下部 SiO₂ 層($n=1.44$)の厚さは 2 μm と固定した。入力光は波長 1550 nm の TE-like モードとした。スロット層幅 W_S 、コア層幅 W_H をパラメータとし、式(2)よりセンサ感度を計算すると、スロット層が狭い方がセンサ感度が大きくなる。素子作製時に使用する電子線描画の現時点での描画精度を考慮して、スロット層を 200nm とした。次にコア層を変化させて計算を行った結果、コア幅が 250nm のときセンサ感度が最大となった。コア幅が 250nm より狭くなると、センサ感度が小さくなるため、幅に少し余裕を持たせ、コア幅を 300nm とし素子を作製した。

$$\Gamma_{\text{slot}} = \frac{\int_0^{W_S} |E_x|^2 dx}{\int_{-\infty}^{\infty} |E_x|^2 dx} \quad (1)$$

$$\Delta\lambda = \lambda_o \left(\frac{\Gamma_{\text{slot}}}{n_{\text{eff}}} \right) \Delta n_{\text{gas}} \quad (2)$$

SOI 基板上に EB 描画により導波路パターンを形成し、リアクティブイオンエッチング装置を用いて Si 層を 220nm 削った。スロット導波路の伝搬特性を測定するために 3, 6, 9 mm の 3 種類の導波路長をもつスロット導波路を作製した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

作製した素子に TE モード/TM モード光を入力した時の近視野像を Fig. 2 に示す。両者を比較すると TM モード光を入力した場合の方が水平・垂直方向ともモード径が大きい。一方で TE モード光を入力した場合は、モード径が小さく、スロット導波路の中央に光が閉じ込められている様子が観察され、Fig.1 との比較からスロットモードを励振できたと考えている。伝搬損失は TE, TM モードに対してそれぞれ 2.7, 1.0 dB/mm であり所期の目的の約半分を

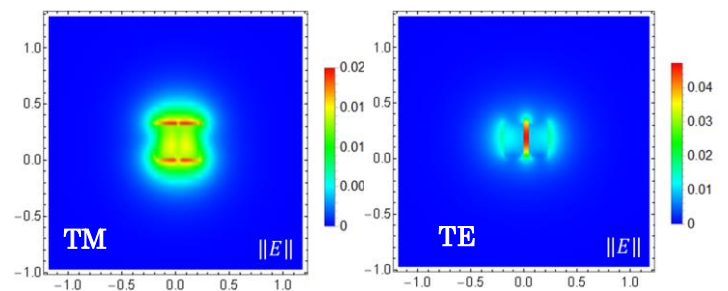


Fig.1 Calculated optical intensity distributions for TM and TE mode light in the Si slot waveguide by FDFD method.



Fig.2 Near field images for the fabricated Si slot waveguide for TE and TM polarized light.

達成した。TE モードの方が伝搬損失が大きくなったのはスロット部近くの Si 導波路の荒れにより光が散乱したため、と考えている。今後、スロットモード励起の有無についての確認の信頼性を上げるため、ファブリ・ペロー共振の共振波長間隔の偏光依存性を評価し、作製したスロット導波路の実効屈折率を求める。その後、センサ対象物質が屈折率変化を示す波長に合わせてスロット導波路を設計し、センサの実現を目指す。

4. その他・特記事項 (Others)

本研究に関わる競争的資金

科学研究費補助金 基盤研究(B) 課題番号 16H04346
「強磁性金属表面プラズモンを利用する革新的光アイソレータの開発」 研究代表者:清水大雅

参考文献

- [1] Vilson R. Almeida, Opt. Lett., **29**,1209,(2004).
- [2] Jacob T. Robinson, Opt. Express **16**, 4297, (2008).

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

学会発表

- (1) 友野 裕貴, 貝原 輝則, 清水 大雅 「Si スロット導波路におけるセンサ感度の最適化に関する研究」, 2017 年春季 第 64 回 応用物理学関係連合講演会 15p-P2-9, 平成 29 年 3 月 15 日.

6. 関連特許 (Patent)

なし