

光非相反位相効果の評価のためのシリコン細線非対称 MZI 導波路

Silicon wire asymmetric Mach-Zehnder interferometer waveguide for evaluation of optical non-reciprocal phase effect

神奈川工科大学 (M1)勝俣直也 (D)端山喜紀 中津原克己 武田正行

Dept. Electrical and Electronic Engineering of Engineering, Kanagawa Institute of Technology

Naoya Katsumata Yoshiki Hayama Katsumi Nakatsuhara Masayuki Takeda

E-mail: katsumata20@ele.kanagawa-it.ac.jp, knakatsu@ele.kanagawa-it.ac.jp

1. はじめに

近年、5G などネットワークの急速な発達に伴い、さらなる高速化、大容量伝送が求められている。そのためには、半導体レーザなどの光能動素子の安定動作に不可欠な光アイソレータの集積化が望まれる。直接結合[1]や堆積[2]などのアプローチにより磁気光学ガーネットを有するシリコン導波路を用いた光アイソレータが報告されている。これまで我々はシリコン上に成膜したアモルファスの Ce:YIG クラッドに SGGG (Substituted Gadolinium Gallium Garnet) 種結晶をコンタクトさせて熱処理することで結晶化するアプローチを用いて光アイソレータの実現を目指してきた。今回、磁気光学材料を用いた光非相反位相効果評価のためのシリコン細線非対称マッハツェンダー干渉計(MZI)導波路の製作について報告する。

2. シリコン細線非対称 MZI 導波路の設計

非相反位相効果による位相シフトを評価するために、波長特性を持つシリコン細線非対称 MZI 導波路を製作する。出力される波長特性の FSR(Free Spectral Range)は MZI 内の 2 本の導波路の光路差により決定される。上部クラッドと下部クラッドを SiO₂、コアを Si で設計を行った。本研究で実現を目指す光アイソレータは TM-mode で動作する。導波路長差は 75 μ m に設定した。また、非相反位相領域を 1mm とした。

今回設計したシリコン細線を用いた非対称 MZI 導波路と従来までのリブ形導波路を用いた非対称 MZI 導波路の構造を Fig.1 に、断面図を Fig.2 に示す。設計には Si コア層 220nm、BOX 層 3 μ m の SOI ウェーハを使用した。非対称 MZI 形導波路に用いるシリコン細線の導波路幅は 500nm とした。有限要素法を用いて解析を行い、導波路の等価屈折率は $n=1.9778$ であった。Fig.2a) の細線構造にすることにより、横方向の光の閉じ込めを強くし、曲げ角度を 90° にした。2 本の干渉アームの曲がり部分の曲率半径を 25 μ m で設計している。全長は約 1.5mm となった。

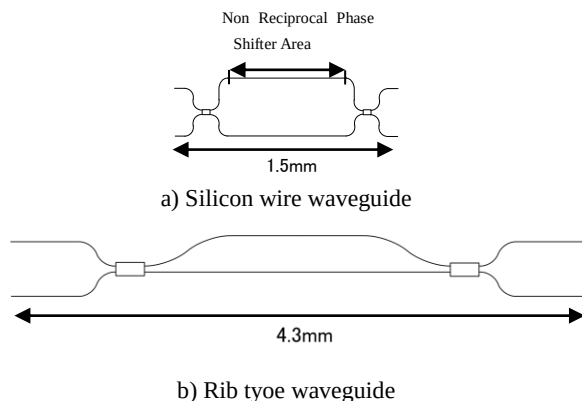
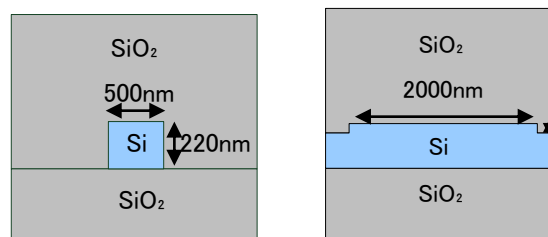


Fig.1 Structure of asymmetric Mach-Zehnder interferometer

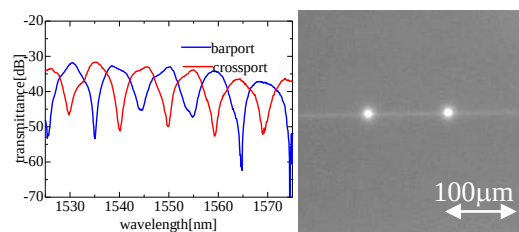


a) Silicon wire waveguide b) Ribbed waveguide
Fig.2 Cross-sectional structure

3. 素子の製作および実験結果

コア層 220nm、BOX 層 3 μ m の SOI ウェーハに EB 描画装置(CRESTEC CABL-9200TFTN)を用いて導波路パターンを描画した。その後、メタルマスクに転写し、反応性イオンエッチングを行い、導波路を形成した。エッチングガスには CF₄を使用した。その後、メタルマスクを除去し、上部クラッドに SiO₂を 1 μ m 成膜した。形成した Si 細線非対称 MZI 導波路の前には 175 μ m の長さのテーパー導波路を配置し、2 μ m 幅の直線導波路と接続している。

製作したシリコン細線非対称 MZI 形導波路の TM-mode の波長特性と近視野像を Fig.3 に示す。測定は端面結合法を用いて測定を行った。結果は 9nm の FSR が得られ、bar ポートと cross ポートで同等の出力光強度が得られた。



a) Transmittance b) Transmitted light
Fig.3 measurement result

4. まとめ

製作したシリコン細線非対称 MZI 導波路により 9nm の FSR を有する波長特性が得られた。今後は上部クラッドに結晶化した磁気光学材料を形成し、非相反移相効果の評価を行う。

参考文献

- [1] Y.Shoji et al., PIERS Proceedings, Stockholm, Sweden, Aug. 12-15, (2013)
- [2] T. Goto et al., J. Appl. Phys. 113, 17A939, 2013.