導波路型光スイッチに向けた Nb_2O_5-MZI における消光比向上の検討

A study on improvement of extinction ratio in Nb_2O_5-MZI for waveguide type optical switch

神奈川工科大学　内堀 槙太，武田 正行，西澤 武志，中津原 克己

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

Shinta Uchibori,　Masayuki Takeda,　Takeshi Nishizawa,　Katsumi Nakatsuhara

E-mail: uchibori2017@ele.kanagawa-it.ac.jp, knakatsu@ele.kanagawa-it.ac.jp

1. はじめに

これまで我々は高密度集積が可能なシリコンフォトニクス技術と低消費電力動作が可能な強誘電性液晶(FLC:Ferro-electric Liquid Crystal) を組み合わせた光スイッチの研究を行ってきた[1]。FLC 材料は大きな屈折率変化、比較的速い応答特性、自己保持特性を持つ[2]。従来の研究では対称 MZI (Mach-Zehnder Interferometer) 構造と Si 導波路を用いたデバイスの動作実証を行ってきた[1]。FLC との屈折率差がより小さい Nb_2O_5 をコア材料に用いることで、FLC の屈折率変化による位相シフト効果が増大し、FLC 装荷領域の縮小化が期待される。誘電体多層膜の材料に用いられる Nb_2O_5 をコア材料に転用し、低損失な導波路形成に成功している[3,4]。

今回、提案する Nb_2O_5 導波路と FLC を組み合わせた導波路型光スイッチの基礎要素である、Nb_2O_5-MZI の消光比向上に関する検討を行ったので報告する。

2. デバイスの構造と動作原理

提案デバイスの概略図を図 1 に示す。ベースとなる Nb_2O_5 コア層リブ型導波路は 2×2ch 対称 MZI 構造としており、2 つの 3dB MMI (Multi Mode Interferometer) カプラと、対称アーム導波路から構成されている。片方のアーム導波路には位相可変領域となる部分に上部クラッドとして FLC が装荷されている。それ以外の領域は SiO_2-8mol%Ta_2O_5 で覆われている。スイッチング動作の実現には、FLC に－電圧印加時の屈折率の値と SiO_2-8mol%Ta_2O_5 の屈折率の値が等しくなるように FLC を配向する必要がある。

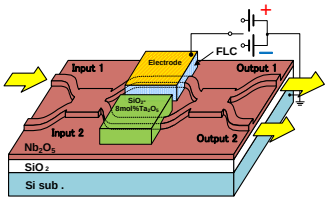

図 1　提案デバイスの模式図

Input1 から入射した TE 偏光は 1 つ目の 3dB MMI カプラで等分岐し、上下のアーム導波路を伝搬する。FLC に－電圧を印加した場合、FLC と SiO_2-8mol%Ta_2O_5 の屈折率の値が等しくなるため、アーム導波路間に位相差が生じず、Cross port である Output2 から出射する。逆に＋電圧を印加した場合、FLC と SiO_2-8mol%Ta_2O_5 の屈折率の値が異なり、位相差 π rad が生じるため Input1 から入射した TE 偏光が Bar port である Output1 から出射する。また、コア材料を Si (コア層厚 H_{core}= 220nm) から Nb_2O_5 (H_{core}=300nm) に置き換えることで、FLC 装荷領域長を約 30%まで短縮することができる[4]。

3. 対称 MZI の設計

動作波長 λ=1.55μm、導波路幅 W=2μm とし、BPM を用いたシミュレーションより 2×2ch 対称 MZI 形状を設計した。本設計で用いる材料屈折率はそれぞれ Nb_2O_5 コアを 2.230、SiO_2-8mol%Ta_2O_5 上部クラッドを 1.556、SiO_2 下部クラッドを 1.444 と仮定した。

次に設計した対称 MZI における消光比-コア層厚依存性を、同シミュレーションより求めた。コア材料に使用する Nb_2O_5 は反応性 DC スパッタリング装置を用いて成膜される。そのため、コア層厚設計値 H_{core} に対する製作トレランスが求められる。コア層厚 H_{core}=300nm、400nm、500nm 設計時に最適化した MZI 形状での Cross port との消光比-コア層依存性を図 2 に示す。ここで、各コア層との比較基準としてリブ高の設計値 H_{rib} を比等価屈折率差 $\Delta n \fallingdotseq 8\%$ となるよう与えている。

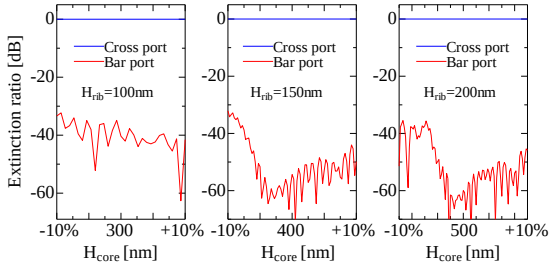

図 2　解析結果：消光比-コア層依存性

4. まとめ

BPM によるシミュレーションを用いて Nb_2O_5 コア層 H_{core}=400nm の対称 MZI 導波路を検討し、7.3%までのコア層成膜誤差で 40dB 以上の消光比が得られる比較的良好な消光比-コア層依存性が得られた。今後は設計したデバイスの製作、特性評価による検討を行い、FLC 装荷によるスイッチング動作実証を目指す。

謝辞

反応性 DC スパッタリング装置を貸与、及び分光光度計による屈折率評価をしていただいた株式会社昭和真空に謝意を示す。本研究は、一部、JSPS 科研費基盤研究(B)(15H04018)の助成を受けていることを記して謝意を示す。

参考文献

[1] 澤他, 信学技報, vol.109, no.175, pp.21-25, 2009.
[2] N.A.Clark, et al. Appl. Phys. Lett., vol.36, pp.899-901, 1980.
[3] 榊原他, 第 64 回応用物理学会, 16a-316-6, Apr., 2017.
[4] 内堀他, 信学技報, vol.117, no.339, pp.63-68, 2017.