

Si 干渉導波路型光アイソレータの逆方向温度無依存動作

Athermal Backward Operation of Waveguide Optical Isolator on Silicon Platform

○古屋 琴子¹、加藤 慶太¹、庄司 雄哉^{1,2}、水本 哲弥¹ (1. 東工大院理工、2. 東工大量子ナノ)

○Kotoko Furuya¹, Keita Kato¹, Yuya Shoji^{1,2}, Tetsuya Mizumoto¹ (1. Dept. of EEE, Tokyo Tech,

2. QNERC, Tokyo Tech) E-mail: furuya.k.ab@m.titech.ac.jp

1. はじめに

光を一方方向のみに透過させ逆方向の伝搬を阻止する機能をもつ光アイソレータは、光通信システムにおいて非常に重要なデバイスである。シリコン干渉導波路型光アイソレータは、小型化や他デバイスとの集積化が可能であるなど多くの利点があるが、これまで周囲の温度変化によって動作特性が変化するという問題は未解決であった。今回、磁気光学材料 Ce:YIG の屈折率及び磁気光学係数の温度依存性の明確化を行い、温度 20~60°C の範囲で逆方向伝搬の温度無依存動作に成功したのでご報告する。

2. 干渉導波路型光アイソレータの動作原理

図 1 に干渉導波路型光アイソレータの構造を示す。順方向(Port1→Port2)に入射された光は、両アーム間の光の位相差が、磁気光学効果を利用した非相反移相器で $-\pi/2$ 、アームの光路長の違いを利用した相反移相器で $+\pi/2$ が与えられ合計位相差 0 となり 3 dB 方向性結合器で同相干渉して Port2 から出射される。一方 Port2 から入射された逆方向の光は相反移相器で $+\pi/2$ 、非相反移相器では伝搬方向が逆になったので $+\pi/2$ が与えられ合計位相差 π となり逆相干渉して Port1 ではなく Port3 から出射される。このようにして光アイソレータの機能を実現している。[1]

3. 温度無依存な光アイソレータの製作

各移相器の温度に対する光の移相量変化を考えたとき、相反移相器では材料の屈折率が温度変化に対して増加するため温度が高くなると移相量も増加する。一方、非相反移相器では温度が上昇すると磁気光学効果の減少により移相量は減少する。よって逆方向の伝搬を考えたときに、温度による移相量変化を互いに打ち消し合うような相反移相器長の設計ができれば温度無依存化が可能となる。このとき、順方向の移相量変化は各移相器における変化量の差となるため互いに同符号となり打ち消し合いは起こらないが、同位相付近の光強度の変化は少ない(波長特性が平坦な部分)ためその影響は僅かである。

相反移相器長 22.78 μm にて光アイソレータの製作を行い、温度による逆相干渉波長のシフト量を測定しシミュレーションとの比較を行ったと

ころ Ce:YIG の屈折率及びファラデー回転係数の温度係数はそれぞれ $9.1 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ と $44 \text{ deg} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ であると求めた。この値をもとに温度無依存となる設計を行ったところ相反移相器長 25.53 μm を得た。そこで設計値と実際に製作される導波路構造との差や、シミュレーション上のパラメータ誤差などを考え設計値周辺の値で製作を行ったところ 20.51 μm にて温度無依存動作の実現に成功した。このときの波長特性を図 2 に示す。波長 1530.6–1531.5 nm、1570.3–1571.7 nm にて、温度が 20~60°C で変化しても 20dB 以上のアイソレーションの維持が確認できる。

4. まとめ

磁気光学材料 Ce:YIG の屈折率及び磁気光学係数の温度依存性を明確化し、温度 20~60°C の範囲で逆方向伝搬の温度無依存動作を実現した。

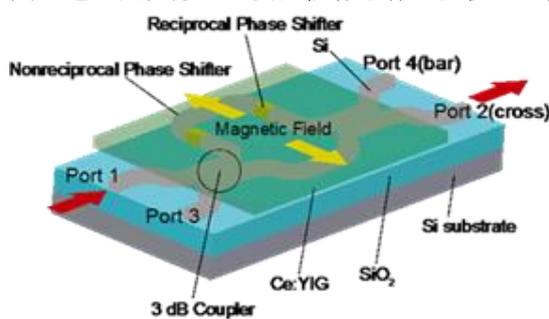


Fig. 1. Schematic of MZI-based optical isolator.

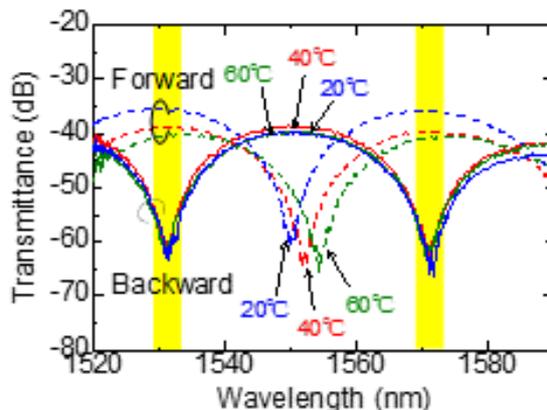


Fig. 2. Measured temperature dependence on transmittance of an isolator with $L_{RPS}=20.51 \mu\text{m}$.

[1] R. Takei and T. Mizumoto, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **49**, pp. 052203-1–052203-6 (2010).