

アサーマル光アイソレータに向けた Ce:YIG の温度特性の解析

Analysis of Temperature Dependence of Ce:YIG for Athermal Optical Isolator

東工大 °庄司 雄哉, 根本 崇弥, 水本 哲弥

Tokyo Institute of Technology, °Yuya Shoji, Takaya Nemoto, Tetsuya Mizumoto

E-mail: shoji.y.ad@m.titech.ac.jp

はじめに：我々のグループは導波路型光アイソレータの研究開発を進めており、非相反な光学特性を得るために磁気光学結晶 $\text{CeY}_2\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ (Ce:YIG)薄膜を用いている[1]。図 1 はシリコンを導波路とする場合の光アイソレータの構成例であり、Ce:YIG はダイレクトボンディング法により直接接合され上クラッド層となる。光アイソレータはマッハツェンダー干渉計 (MZI) を構成しており、非相反移相器では両アームに反平行な磁界を印加することで非相反な位相差を生じ、相反移相器では片アームに設けた光路差により相反な位相差を生じる。これらの位相差が順方向では打ち消しあい同位相、逆方向では足し合わされ逆位相となるように製作することで光アイソレータ動作が実現される。材料の屈折率と磁気光学係数が温度により変化するためこれら二つの位相差も変化し、その結果光アイソレータの温度依存性を生じる。光通信波長帯におけるシリコンや SiO_2 の屈折率温度依存性 (dn/dT) は既知であるが[2]、Ce:YIG の屈折率や磁気光学係数の温度依存性 ($d\theta_F/dT$) は未知である。今回、製作した MZI 型光アイソレータの温度特性の測定を行い、Ce:YIG の dn/dT と $d\theta_F/dT$ の導出を行ったので報告する。また、得られた温度依存性からアサーマル光アイソレータの設計についても議論する。

実験結果：製作した光アイソレータの光透過率の波長特性は MZI 由来の干渉を示し、磁気光学効果により順方向と逆方向で反転した波長特性を示す。サンプルステージの温度を変化させると相反移相器の位相量が変化するため、透過光の消光ピークが波長シフトする様子が観測される。図 2 に、波長 1550nm 近辺に観測された二点の消光ピークについて温度を変化させた場合の測定結果を示す。温度上昇に伴い長波長側にピークがシフトしており、導波路全体の実効屈折率は増加していると考えられる。一方、順方向と逆方向で温度に対する変化率が異なるのは、非相反移相器の位相量の温度依存性、つまり Ce:YIG の磁気光学係数の温度依存性のためである。測定した波長シフトの温度依存性から、シリコンや SiO_2 の既知の dn/dT を用いて Ce:YIG の dn/dT と $d\theta_F/dT$ の導出を行った。その結果、 $dn/dT = 2.5 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ 、 $d\theta_F/dT = 13 \text{ deg/cm/K}$ ($\theta_F = -3536 \text{ deg/cm}$) と見積もられた。また、この結果を用いると逆方向の伝搬において温度依存性の小さいアサーマル光アイソレータの設計が可能である。これは、非相反移相器と相反移相器の温度依存性が異符号であるため、それらが相殺し合計の位相差が常に逆位相となるように設計することで達成される。一例として、シリコン導波路の断面形状 $550\text{nm} \times 220\text{nm}$ 、相反移相器長 $4.3\mu\text{m}$ において $0 \sim 70^\circ\text{C}$ の温度変化に対して波長シフト量が 0.081nm の設計が得られた。

参考文献： [1]Y. Shoji, et al., JJAP 53, 022202 (2014). [2]M. Harjanne, et al., PTL 16, 2039 (2004).

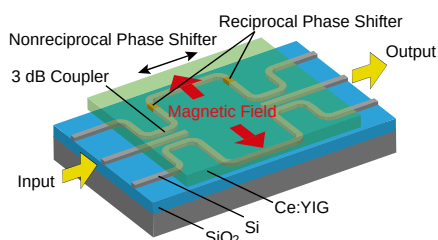


Fig. 1: Si-based MZI optical isolator

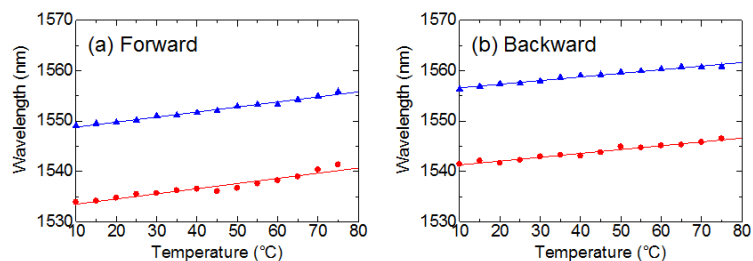


Fig. 2: Temperature dependence of dip wavelength of MZI isolator