

FDTD 法を用いたフォトニック結晶導波路のスローライト効果による磁気光学効果アイソレータの小型化の数値解析的検討

FDTD analysis of slow light effect in a photonic crystal waveguide

for compact on-chip magneto-optical isolator

○上岡直隆, 鐵本智大, 田邊孝純 (慶大理工)

°Naotaka Kamioka, Tomohiro Tetsumoto and Takasumi Tanabe

E-mail: takasumi@phot.elec.keio.ac.jp

光アイソレータは光を一方向のみに伝搬させるための重要な光素子の一つであり集積化のための研究が近年多く行われているが, その中で磁気光学効果を利用したデバイスは高い消光比を示し工業的応用に適していると期待されている[1,2]. しかし, 性能が磁気光学材料との相互作用長に依存するため, 小型化が難しい. そこで, 本研究ではフォトニック結晶導波路のスローライト効果によって光と物質の相互作用を強めることによる磁気光学アイソレータの小型化可能性を FDTD 法を用いて数値解析的に検討した. 想定するデバイスの動作原理は次のようなものである. TE 偏光の光がフォトニック結晶導波路を伝搬する際には, 導波路側面部に円偏光電界が励起されることが知られている[3]. この円偏光電界を, 磁気光学材料による円二色性を用いて吸収する事で, 伝搬する光に損失を与える事ができる(Fig. 1). この際に, 誘起される円偏光の回転方向が電界の伝搬方向に依存するので, 磁気光学材料を導波路の片側にだけ配置することで, 光アイソレータ動作を実現することができる.

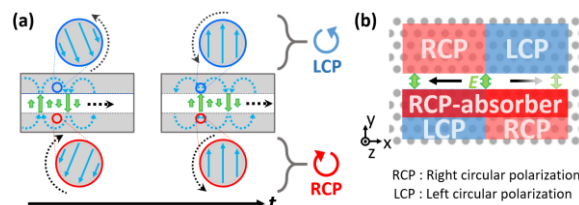


Fig. 1. Principle of the device operation. (a) Schematic of the circular polarization at each sides of the waveguide during propagation. (b) Mapping of circular polarized light excited by center source light and isolator operation with RCP-absorber.

磁気光学効果による円二色性は 非対角成分 ϵ_{off} を持つ比誘電率テンソルを用いることで導入した. この際に, 一般的な FDTD 法は Yee セルの空間配置が誘電率テンソルに対応していないため, 計算には Yee セルの空間配置を改良した FDTD プログラムを用いた. 計算モデルを Fig. 2 (a)に示す. 黄緑色の領域にのみ誘電率テンソルの非対角成分を導入し, 赤, 緑, 青で示した点で励振, 観測(R, L)を行った. Figure 2 (b), (c)はそれぞれ非対角成分有り/無しでの導波モードの様子を示しており, 非対角成分を入れた際に, 明らか

な非相対的光伝搬を確認できた. Figure 3 は, 透過スペクトルより計算した左右に伝搬した導波モードのエネルギー比の波長依存性を示しており, アイソレート比がおおよそ群速度の増加に比例して大きくなっている事が確認できた. 最大のエネルギー比は群屈折率 80 の波長において 10.5 μm の相互作用長に対して 60 (1.7 dB/ μm)が得られ, 群屈折率が 5 程度の波長に比べ 8.3 倍ほど大きくなっていた. この結果はフォトニック結晶導波路のスローライト効果により磁気光学光アイソレータの小型化が可能であることを示している.

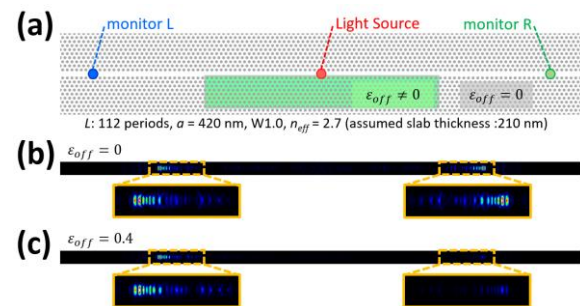


Fig. 2. (a) Schematic of the structure. Red, green and blue dots indicate a light source, monitor L and monitor R respectively. Circular dichroism only exists in light green shaded area. (b),(c) Intensity of propagating light 144 fs after source oscillation. Off-diagonal permittivity values ϵ_{off} are 0 for (b) and 0.4 for (c).

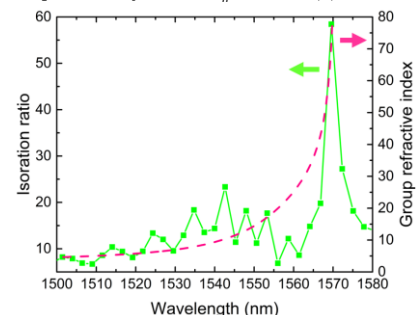


Fig. 3. The isolation ratio versus wavelength of propagating light (Green solid line). Group refractive index is calculated from band-diagram and drawn by red dashed line.

- [1] Bi, L., *et al.*, Nat. Photonics, **5**, 758-762 (2011).
- [2] Shoji, Yuya, Yuya Shirato, and Tetsuya Mizumoto, Jpn. J. Appl. Phys., **53**, 022202 (2014).
- [3] Sollner, I., *et al.*, Nat. Nanotechnol., **10**, 775-778 (2015).