

a-Si磁気光学導波路における非相反移相量のバッファ層屈折率による影響

Influence of refractive index of buffer layer on nonreciprocal phase shift in a-Si magneto-optic waveguide

芝浦工大院理工¹ 東工大院理工² ○岡田幸大¹、田村大介¹、庄司雄哉²、水本哲弥²、横井秀樹¹
 Shibaura Inst. of Technol¹, Tokyo Inst. of Technol², ○Yukihiro Okada¹, Daisuke Tamura¹,
 Yuya Shoji², Tetsuya Mizumoto², Hideki Yokoi¹
 E-mail: ma14030@shibaura-it.ac.jp

1. まえがき

光通信システムにおいて、非相反特性を有する光アイソレータは、半導体レーザの発振安定のために必要不可欠な素子である。近赤外領域において光アイソレータを構成する場合、透明で大きな磁気光学効果を有する磁性ガーネット結晶が用いられる。近年、磁性ガーネットをクラッド層とし、導波層として半導体を用いる光アイソレータが提案され、動作実証も報告されている[1-4]。

導波路型光アイソレータの一つに、非相反導波モード-放射モード変換を利用した光アイソレータがある。この素子は、構造が簡単であり、磁化の制御も容易である。素子に利用する磁気光学導波路は、磁性ガーネット膜上にa-Siを成膜し、a-Siを導波層として用いる構造となっている。a-Siの成膜には多くの方法が提案されているが、PECVD法による成膜は比較的低温での成膜が可能であり、高密度光集積回路の実現に極めて有効である[5]。

a-Si膜を成膜する際に磁性ガーネット上にバッファ層を堆積する場合、バッファ層に用いる媒質により磁気光学導波路を伝搬する光波の非相反特性に影響が出る可能性がある。本研究では、a-Si成膜時にバッファ層を採用した場合の非相反特性への影響を調べたので報告する。

2. 素子構造及び解析

図1に、直線リブ導波路からなる非相反導波モード-放射モード変換型光アイソレータを示す。磁気光学導波路は、(Ca,Mg,Zr)-doped Gd₃Ga₅O₁₂ (GCGMZG) 基板上に成膜された(CeY)₃Fe₅O₁₂ (Ce:YIG) クラッド層を有する。Ce:YIGクラッド層の上に、バッファ層を介してa-Si導波層が成膜され、磁気光学導波路を構成する。膜面内に印加された外部磁界における光波の進行方向に垂直な成分により、導波路を伝搬するTMモードには非相反移相効果を生じる。リブ導波路の幅と高さを調節することにより、伝搬定数には、以下の関係式が成り立つ。

$$\beta_{11b}^y < \beta_c^x < \beta_{11f}^y \quad (1)$$

ここで、 β_{11f}^y と β_{11b}^y は順方向及び逆方向に伝搬するTM基本モードの伝搬定数、 β_c^x はTEモードのカットオフを表す。逆方向に伝搬するTMモードのみTE放射モードに結合するため、TMモード動作光アイソレータとして機能する。

素子が動作するためには、導波路パラメータを精密に制御する必要がある。磁気光学導波路を伝搬する光波に生じる非相反移相量が大きいことは、式(1)を満足する導波路パラメータの条件緩和に有効である。そこで、Ce:YIGクラッド層とa-Si導波層の間にバッファ層が存在する場合の非相反移相量を計算した。図2に、波長1.55 μ mにおいて、バッファ層としてSiO₂(n=1.45)、HfO₂(n=1.98)を用いた場合の磁気光学導波路の非相反移相量を示す。バッファ層に用いる媒質の屈折率が大きいほど、非相反移相量の減少が抑制できることが分かった。

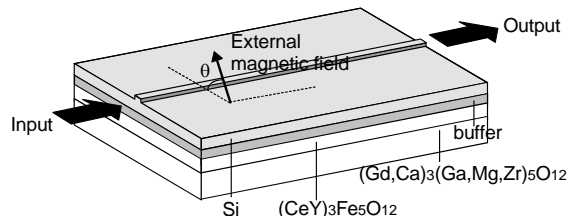


図1 a-Si導波層を有する非相反導波モード-放射モード変換型光アイソレータ

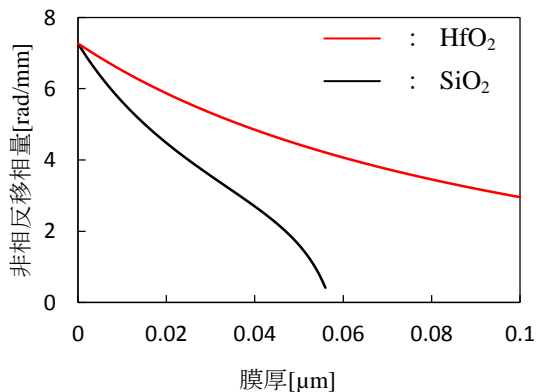


図2 バッファ層膜厚における非相反移相量

謝辞

本研究の一部は、文部科学省「ナノテクノロジープラットフォーム」事業「微細加工ナノプラットフォームコンソーシアム」の支援による成果であることを記し、感謝します。

参考文献

- [1] H. Yokoi and T. Mizumoto: Electron. Lett., Vol. 33, no. 21, pp. 1787-1788, 1997.
- [2] H. Yokoi, T. Mizumoto, N. Shinjo, N. Futakuchi and Y. Nakano: Appl. Opt., Vol. 39, no. 33, pp. 6158-6164, 2000.
- [3] Y. Shoji, T. Mizumoto, H. Yokoi, I. W. Hsieh and R. M. Osgood, Jr.: Appl. Phys. Lett., Vol. 92, no. 7, pp. 071117-1-071117-3, 2008.
- [4] M-C. Tien, T. Mizumoto, P. Pintus, H. Kromer and J. E. Bowers: Opt. Express, Vol. 10, no.12, pp. 11740-11745, 2011.
- [5] J. Kang, Y. Atsumi, M. Oda, T. Amemiya, N. Nishiyama and S. Arai: Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 50, no. 12, 120208-1-120208-3, 2011.