

Co を用いた半導体光アイソレータの伝搬損失と消光比の評価 Evaluation of Propagation Loss and Extinction Ratio of Semiconductor Optical Isolators with Co

東京農工大工, 押切嶺於, 小林優香, 西山知志, 清水大雅

Tokyo Univ. of Agri. & Tech., [○]R. Oshikiri, Y. Kobayashi, S. Nishiyama, H. Shimizu

E-mail: h-shmz@cc.tuat.ac.jp

[はじめに]

光アイソレータは光波の伝搬方向を一方方向に制限し、半導体レーザ(LD)への反射戻り光を遮断して動作を安定化させるのに必要不可欠な素子である。半導体光導波路の一部に強磁性金属を製膜した半導体光アイソレータ[1]は LD との一体集積化が可能な他、リングレーザの共振器の一部に集積し、発振方向を一方方向化でき、周回光により発振状態を自己保持することで光メモリへの応用が期待できる。一方向発振の実現にはリング共振器中の長さ 20~100 μm の導波路で消光比 0.6 dB を実現する必要がある、導波路長 1 mm 当たり 6~30 dB の消光比が必要となる。これまでに強磁性金属として Fe を用いた TE モード半導体光アイソレータを作製し、消光比 2.2 dB/mm と前進光の伝搬損失 58 dB/mm を得た。消光比・伝搬損失ともに計算結果より小さく、Fe の屈折率の値が実部・虚部とも文献値より小さい値 $n = 3.1 + 4.1i$ をとることがわかったため、酸化の影響により設計した消光比を得ることができなかったと考えた[2]。そこで、Fe より酸化されにくい Co を用いて半導体光アイソレータを作製した。半導体光アイソレータの長さを変えて消光比を評価したので報告する。

[作製及び測定結果]

はじめに、Si 基板上に製膜した厚さ 100 nm の Co 薄膜と 10 nm の SiO₂ 層の積層構造の波長 1550 nm の p 偏光に対する反射率の角度依存性を測定し、フレネル反射の式にフィッティングすることで屈折率 $n = 3.6 + 4.7i$, 非対角項 $\kappa_{xy} = 3.5 + 1.0i$ を得た。実部・虚部ともに Fe よりも大きく金属的な特性を示すと判断した。設計した TE モード半導体光アイソレータの概要を図 1 に示す。InP 基板上的 InGaAsP 量子井戸層をコア層としたハイメサ導波路の側壁に、SiO₂ バッファ層を介して Co を製膜した構造である。測定した Co の屈折率と非対角項を用いたシミュレーションにより必要な消光比を得る構造の膜厚を設計した。SiO₂ バッファ層の厚さを 13.5 nm、Co の厚さを 100 nm とすると前進光の伝搬損失が 176 dB/mm、消光比が 17.7 dB/mm と求められ、一方向発振に必要な条件を満たすと判断した。半導体レーザ構造の基板を反応性イオンエッチングによりハイメサ構造に加工した。基板を傾けた EB 蒸着により、導波路の片側側壁に SiO₂ / Co と Al₂O₃ 保護層を形成した。伝搬損失を評価するために、開口部の幅が場所によって変化するメタルマスクを用いて導波路の一部分にのみ SiO₂ / Co を製膜し、光アイソレータ長を 50, 100, 150 μm とした。素子を銅板の上にマウントし、表面の磁束密度が 4 kG の永久磁石の上に設置、鉛直方向に磁場を印加した。波長 1600 nm、光強度 0 dBm の TE モード光をレンズファイバを用いて入力し、光路切り替えスイッチによって光の進行方向を変え出射光強度を測定した。各光アイソレータ長に対して伝搬方向を変えた時の出力光強度の測定結果を図 2 に示す。単位を dBm で表した前進光・後退光の出射光強度が光アイソレータ長に比例して小さくなる様子を確認した。伝搬損失は前進光で 48.4 dB/mm、後退光で 85.0 dB/mm、消光比は 36.6 dB/mm となった。伝搬損失の測定値は計算値よりも小さく、消光比の測定値は計算値よりも大きくなった。また Fe を用いた場合と比較して大きな消光比、および、消光比を前進光の伝搬損失で割った性能指数が改善したことがわかった。

[謝辞] 本研究では 4 大学ナノ・マイクロファブ리케이션コンソーシアム、東京工業大学微細加工プラットフォームを利用させていただきました。関係者の皆様に御礼申し上げます。

[参考文献] [1] H. Shimizu et al., Jpn. J. Appl. Phys., **53** 072701 (2014). [2] 小林他 2020 年第 68 回応用物理学会 秋季学術講演会 8a-Z16-2.

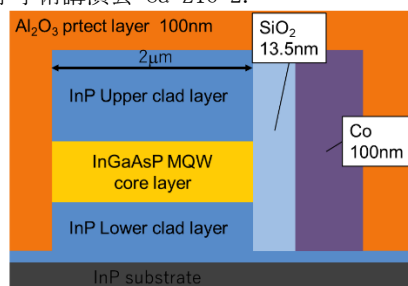


図 1. TE モード半導体光アイソレータの構造の概要

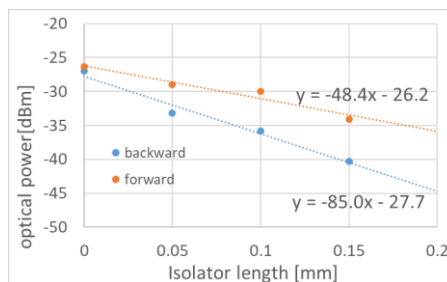


図 2. 前進光・後退光に対する出力光強度の測定結果