

TE モード半導体光アイソレータにおける性能指数の最適化

Optimization of figure of merit in TE-mode semiconductor waveguide optical isolators

東京農工大工 ○荒雄也 水島裕亮 山下翼 清水大雅

°Yuya Ara, Hiroaki Mizushima, Tsubasa Yamashita, and Hiromasa Shimizu (Tokyo Univ. of Agri. & Tech.)

E-mail: s172559v@st.go.tuat.ac.jp, h-shmz@cc.tuat.ac.jp

〔はじめに〕 光アイソレータは光の伝搬方向を一方向に限定し、半導体レーザ(LD)への反射戻り光をカットし、安定動作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横磁気カー効果による非相反損失を利用した半導体光アイソレータ[1]は LD との一体集積可能である他、リングレーザの共振器の一部に集積し、発振方向を一方向に限定し外部信号光による注入同期と発振状態に維持を利用した光メモリ動作が期待できる等、様々な応用が期待できる。多くの LD は TE モードで発振するため、TE モードで動作する半導体光アイソレータが望まれ、かつ、①LD と同等のサイズ(~300 μm)であること、②高い消光比と低伝搬損失を両立(高い性能指数)することが求められる。これまでリングレーザの一方向発振には分岐比 8:2 のとき、0.225~0.6dB の消光比が必要であることを報告しており[2]、これを実現すべく、高い性能指数と大きな消光比を実現する構造を設計したので報告する。

〔構造と計算方法〕 図 1 に本研究で計算を行った TE モード半導体導波路光アイソレータの断面図を示す。InP 系ハイメサ導波路の側面に Al_2O_3 バッファ層(膜厚 $d_{\text{Al}_2\text{O}_3}$)を介して、強磁性金属 Fe 層(d_{Fe})と、高導電率の Au 層(d_{Au})を製膜した構造である。Fe を図 1 矢印の方向に磁化させることで TE モード光に対して光アイソレータ動作を実現する。Fe 層の外側に Au 層を配置し、低伝搬損失を実現し、高い消光比と性能指数の両立[4]を目指した。1) ($d_{\text{Fe}}, d_{\text{Au}}$) = (100 nm, 0 nm), 2) ($d_{\text{Fe}}, d_{\text{Au}}$) = (15 nm, 50 nm)の 2 つの場合について $d_{\text{Al}_2\text{O}_3}$ を変化させて前進光と後退光の伝搬損失を求めることで消光比を算出した。消光比と前進光伝搬損失の比で性能指数を定義し、高い消光比と性能指数を両立する、すなわち短い素子長にてより大きな消光比を実現するための構造を探索した。計算には等価屈折率法を用いた。

〔計算結果〕 我々は過去に膜厚 $d_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 20\sim 30$ nm の Al_2O_3 バッファ層を介して膜厚 100 nm の強磁性金属(Fe, FeCo)を製膜した TE モード半導体光アイソレータを作製し^[2]消光比 3~10 dB/mm、伝搬損失 32~84 dB/mm、性能指数 10~12%を得た[3]。 Al_2O_3 バッファ層膜厚を $d_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 6$ nm と薄くした場合、消光比 19 dB/mm、伝搬損失 150 dB/mm、性能指数 13%となり短い素子長にて大きな消光比、性能指数を実現できることがわかった。 $d_{\text{Au}} = 0$ nm のとき Fe 層膜厚 d_{Fe} を増やすに従って高い性能指数と大きな消光比が得られた。2) ($d_{\text{Fe}}, d_{\text{Au}}$) = (15 nm, 50 nm)の場合の計算結果を図 2 に示す。 Al_2O_3 バッファ層 $d_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 10$ nm のとき、消光比 45 dB/mm、伝搬損失 319 dB/mm、性能指数 14%となった。以上より Al_2O_3 バッファ層を薄くすることが性能指数を微増させつつ、高い消光比を実現できること、および、強磁性金属層を薄くした上で、導電率の高い Au 層を導入することの性能指数への影響を明らかにした。全体として従来より短い素子長にて性能指数を維持しつつ高い消光比を実現することができ、素子の小型化が期待できる。

〔謝辞〕 本研究は科研費(16H04346)の助成を受けてなされました。

〔参考文献〕 [1] H. Shimizu et al., Jpn. J. Appl. Phys., **53** 072701 (2014) [2] 坂東敬広 他、電子情報通信学会 OPE2014 年 4 月期研究会 [3] 八木友飛 他、2014 年 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会 [4] 下平、清水 2017 年春季 第 64 回 応用物理学関係連合講演会 17a-F204-4.

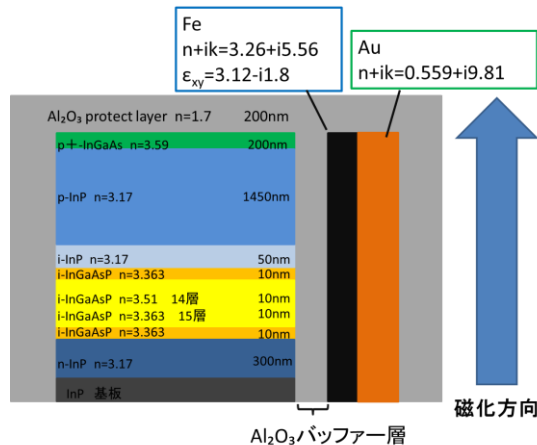
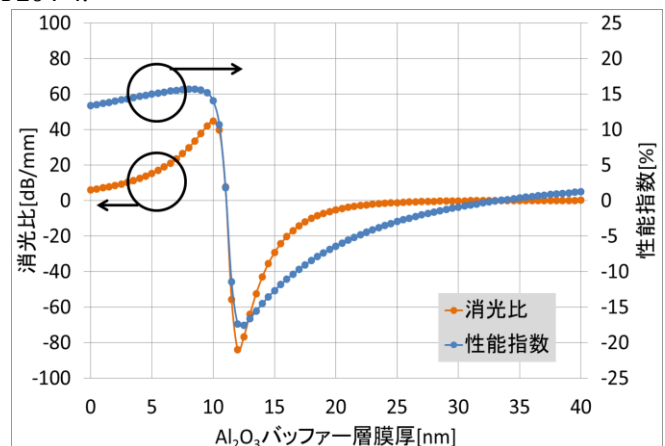


図 1 TE モード半導体アイソレータの断面構造

図 2 ($d_{\text{Fe}}, d_{\text{Au}}$) = (15 nm, 50 nm)の時の消光比と性能指数の計算結果