

Si 導波路と集積した非相反プラズモンアイソレータの設計と作製

Design and Fabrication of Plasmonic Isolators Integrated with Si Waveguides

東京農工大学, [○]森田 滯, 貝原 輝則, 清水 大雅

Tokyo University of Agriculture and Technology, [○]Mio Morita, Terunori Kaihara, and Hiromasa Shimizu

E-mail : s160078u@st.go.tuat.ac.jp, h-shmz@cc.tuat.ac.jp

【はじめに】 光通信で用いられる半導体レーザは反射戻り光によって動作が不安定になることがあり光の進行方向を一方に限定する光アイソレータが必要である。実用化された自由空間型光アイソレータは、アクティブアライメントが必要であること、構成材料の一つが磁性ガーネットであり半導体基板上への製膜法に限られることなどから半導体レーザとの一体集積化が困難である。より小型かつ高性能な光アイソレータとして、強磁性金属-誘電体界面に生じる表面プラズモンポラリトンを応用し、Si 細線導波路と一体集積可能なプラズモン導波路光アイソレータの実現を目指している。これまで我々はプラズモン導波路に強磁性金属を用いたプラズモン導波路光アイソレータ、中でも非相反 LR-DLSPPWs(Long Range-Dielectric Loaded Surface Plasmon Polariton Waveguides)を提案・設計してきた[1]。本研究では、提案した素子と Si 細線導波路の集積化を目指し、Si 細線導波路をテーパ導波路に加工し、LR-DLSPPW と結合すべく PMMA 導波路を作製したので報告する。

【導波路の設計】 非相反 LR-DLSPPW は強磁性金属薄膜の上下に誘電率の異なる誘電体を配置し、長距離伝搬型表面プラズモンモードの伝搬定数の非相反性を利用し光アイソレータとして動作させる。図 1 に模式図を示す。強磁性金属 Fe 層 ($n = 3.60 + i5.88$, 膜厚 50 nm)の下部に Al_2O_3 ($n = 1.75$, 膜厚 t)、上部に PMMA ($n = 1.49$)を配置した。非相反性を持たせるには、上下非対称なモード、かつ Fe 層の上下界面に長距離伝搬表面プラズモンモードを励起する必要がある、 Al_2O_3 層の膜厚 t を変数とし、伝搬損失と消光比を両立する構造を探索した。Finite-difference frequency-domain method(FDFD 法)を用いて伝搬損失を求めた[1]。入射光は波長 1550 nm の TM モードとした。幅 400 nm, 厚さ 220 nm の Si 細線導波路をプラズモン導波路に結合するために、Si 導波路の先端をテーパ状にし、幅 2 μm , 厚さ 2 μm の PMMA をコア層とする導波路と実効屈折率を一致させた。強磁性金属 Fe 層を基板面内かつ、伝搬方向に垂直に磁化させ、前進光と後退光の伝搬損失を計算した。1 dB のアイソレーションを得るときに生じる損失 L が最小となる t を求めたところ、 $t = 0.13 \mu\text{m}$ と求められ、 $L = 11.9 \text{ dB}$ であった。このときのアイソレーションは $9.84 \times 10^{-3} \text{ dB}/\mu\text{m}$ と求められ、導波路長約 100 μm で 1 dB のアイソレーションが得られる $t = 0.13 \mu\text{m}$ と決定した。Si 細線導波路のうち、テーパ部先端の幅は 200 nm とした。図 2 に Si 細線導波路と PMMA 導波路をテーパ導波路を介して集積した光導波路の光学顕微鏡写真を示す。模式図 1 のうち強磁性金属 Fe と Al_2O_3 層を除いた光導波路の作製に成功した。

【謝辞】 本研究は科研費(16H04346)の助成を受けてなされました。本研究では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。

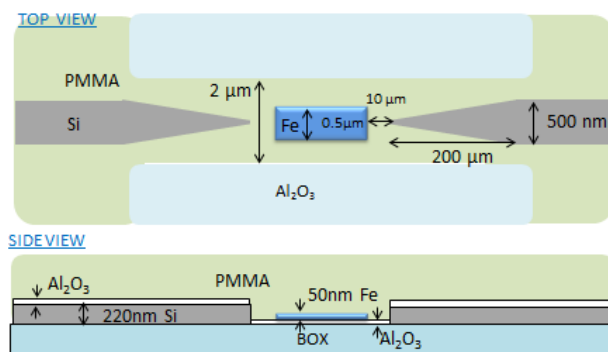


図 1 Siテーパ導波路を介した非相反プラズモン光アイソレータの模式図

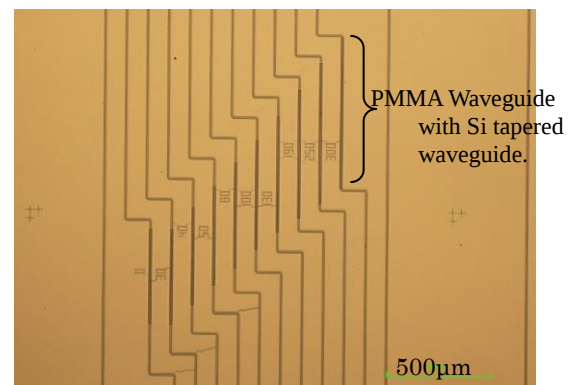


図 2 作製したテーパ導波路の光学顕微鏡写真

参考文献[1] T. Kaihara et al., Opt. Express 25 730 (2017).