

## TE モード半導体光アイソレータを集積した InP 系リング共振器の作製と評価 Fabrication and Characterization of InP Ring Resonators Integrated with TE mode Semiconductor Optical Isolators

東京農工大<sup>1</sup>, GenISys<sup>2</sup> ○小林優香<sup>1</sup>, 西山知志<sup>1</sup>, 清水諭<sup>2</sup>, 清水大雅<sup>1</sup>

Tokyo Univ. of Agri. & Tech.<sup>1</sup>, GenISys<sup>2</sup>, ○Y. Kobayashi<sup>1</sup>, S. Nishiyama<sup>1</sup>, S. Shimizu<sup>2</sup>, H. Shimizu<sup>1</sup>

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

### 〔はじめに〕

リング共振器は、波長分割多重通信における波長選択やへき開不要のリングレーザに応用できる重要なデバイスの一つである。半導体リングレーザの一部に光アイソレータを集積することで一方発振が可能となる。これまで TM モード半導体光アイソレータを集積したリングレーザが報告された。リング共振器の半径を 300, 500  $\mu\text{m}$ , 光アイソレータの長さを 500  $\mu\text{m}$ , 消光比 1.7 dB/mm とすることで一方発振が実現されている[1]。本研究では小型化を目指し、光閉じ込め効果が強く、小さな曲げ半径を実現できるハイメサ導波路と整合性の良い TE モード半導体光アイソレータを集積したリング共振器を作製し、磁場の印加や偏光の違いによる共振特性の変化を評価したので報告する。

### 〔作製及び測定結果〕

InP 基板上の InGaAsP 量子井戸層をコア層とした光導波路構造に、方向性結合器のギャップ幅を 0.1  $\mu\text{m}$ 、導波路幅を 2  $\mu\text{m}$ 、方向性結合器の長さ  $l$  を 20~100  $\mu\text{m}$  とした半径 50  $\mu\text{m}$  のリング共振器を ICP-RIE を用いて作製した。導波路パターン形成時には電子描画ソフトウェア BEAMER<sup>®</sup> (GenISys 社) を用いて近接効果を補正しパターンの密度の違いを考慮し描画した。エッチング速度が被エッチング面積によって異なるマイクロローディング効果を利用してギャップの内外のエッチング深さを変化させ、1 回のエッチングプロセスで曲げ半径 50  $\mu\text{m}$  と完全結合器長 62  $\mu\text{m}$  を実現したリング共振器[2]の直線導波路の一部に TE モード半導体光アイソレータを形成した。一方発振に向けてアイソレータ単体の消光比 0.6 dB を長さ  $l$  の導波路で実現するために、導波路側壁には Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> バッファ層 (20 nm), Fe (30 nm), Au (50 nm), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を電子線蒸着により製膜した。フォトリソグラフィとリフトオフを活用してリング共振器の一部に TE モード半導体光アイソレータを集積した素子の光学顕微鏡写真を図 1 に示す。図 2 に光アイソレータ部側壁の断面電子顕微鏡写真を示す。図 1, 2 よりリング共振器の一部に光アイソレータのための強磁性金属を集積できたことを確認した。波長 1623.5 nm~1626.5 nm の TE モード光を入力したところ、方向性結合器の長さ  $l = 20, 40, 50 \mu\text{m}$  のとき、山谷比 4 dB 以上のリング共振を確認した。 $l = 50 \mu\text{m}$  の素子に、永久磁石を用いて  $\pm 0.8 \text{ kG}$  の磁場を印加して測定した結果を図 3 に示す。山谷比はゼロ磁場で 20 dB、磁場を印加したときに 7 dB となった。TM モード光を入力した時には山谷比に変化が見られなかった。TE モードのみ共振特性が変化したことは、強磁性金属による横磁気カー効果の影響と見られる。今後、磁場の反転に伴って透過特性が非相反に変化する構造を見出す。

〔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 4 大学ナノ・マイクロファブリケーションコンソーシアム、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] G. Takahashi et al., 22nd Int. Conf. Indium Phosphide and Related Materials, 2010, FrA1-5. [2] 小林他 2020 年第 67 回応用物理学会 春季学術講演会 12a-B406-2.

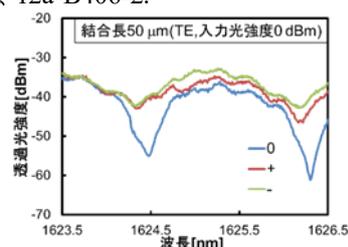
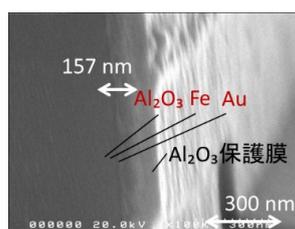
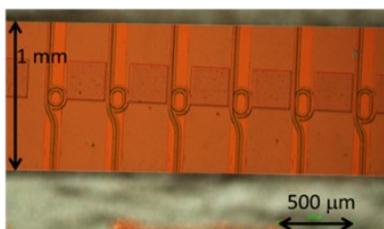


図 1 リング共振器の光学顕微鏡写真 図 2 断面電子顕微鏡写真 図 3 リング共振の測定結果