エッジ強調電子線描画法による InP 系曲げ導波路の作製と評価 Fabrication and Characterization of InP Bend Optical Waveguides by Edge-Enhancement Electron-Beam Writing

東京農工大学 ○新田毅, 右田温, 水島裕亮, 荒雄也, 山下翼, 清水大雅

Tokyo University of Agriculture and Technology,

^OTakeshi Nitta, Haru Migita, Hiroaki Mizushima, Yuya Ara, Tsubasa Yamashita, and Hiromasa Shimizu

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

[はじめに]

曲げ導波路はアレイ導波路回折格子やリングレーザに用いられ、劈開端面を必要としない小型の半導体リン グレーザにおいて基本となる光導波路である。我々は、半導体光アイソレータを集積したリングレーザの研究 に取り組んでいる[1]。リングレーザの動作電流は共振器長を小型化することで抑えることができる。リング共 振器を小型化すべく、曲げ半径をできるだけ小さくしつつ、放射損失や伝搬損失を低減する必要がある。 [導波路の曲げ損失]

これまで、一方向発振リングレーザの作製にあたり、曲げ半径・形状の異なる曲げ導波路を作製、評価して きた[2]。リング共振器の曲げ半径を小さくするには、横方向の光閉じ込めを強くする必要があり、活性層とな るコア層をエッチングするハイメサ型の光導波路を採用する必要がある。ハイメサ型の導波路は光を強く閉じ 込めることができる反面、導波路の側壁に凹凸があると散乱損失を受けやすいという欠点がある。散乱損失を 決める要因には、導波路パターン描画時の条件やドライエッチング時の条件等が挙げられる。本研究では、電 子線描画時の描画条件の違いによる導波路側壁の凹凸の違いに着目した。

[電子線描画]

エッチング後の導波路側壁の荒れの改善には、電子線描画時のビーム電流とドーズ量を変化させる方法がある。ビーム電流を抑えてビーム径を小さくすることで、描画精度が向上し、導波路側壁の凹凸の低減が見込まれる。また、導波路近傍を高いドーズ量で描画することでパターンの凹凸の低減が報告されている[3]。本研究では描画時の電流量、ドーズ量を変化させ、曲げを含む導波路を描画し、ドライエッチングにより作製した。 導波路側壁の断面電子顕微鏡観察、伝搬損失の測定により描画手法の最適化について評価を行った。図2に Edge-enhancement 法により描画した際のドーズプロファイルを示す。Edge-enhancement 法では、導波路脇 30 nm を通常の2倍の240 μ C/cm²のドーズ量で描画し、その外側を30 nmの間を開け通常の120 μ C/cm²のドーズ量で 描画した。

[曲げ導波路の作製]

InGaAsP($\lambda_g = 1530 \sim 1540 \text{ nm}$)多重量子井戸構造をコア層とする InP 基板上のエピウエハに導波路幅 2 μm の直線 導波路と曲げ導波路を作製した。図 1 に導波路の層構造を示す。曲げ半径 R は 10, 30, 50 μm とした。曲げ導波 路を、電子線描画によりパターニング後、CH₄/H₂ ガスによる ICP ドライエッチングによりハイメサ型導波路を 形成し、保護層として Al₂O₃を電子線蒸着により製膜した。ICP ドライエッチングには、厚さ 210 nm の SiO₂ マ スクを用い、ICP パワー: 100 W、RF パワー: 160 W、CH₄: 8 SCCM、H₂: 32 SCCM、圧力: 7 mTorr、エッチング レート:58 nm/min の条件のもと、580 nm エッチング毎に O₂ アッシングを 3 分加え、計 50 分間エッチングを行 った。ドライエッチング後の導波路側壁の SEM 像を図 3 に示す。図 3(a)~(c)では描画方法の違いによる導波路 側壁の荒れに明確な違いは見られなかった。原因として、Edge-enhancement 法により描画したドーズプロファ イルが適切ではなかったことやドライエッチング時の RF バイアス等の条件が最適ではないことなどが考えら れる。



[1] 坂東敬広 他, 2014 年 第75回応用物理学会秋季学術講演会 18a-C6-2. [2] 右田温 他, 2015 年電子情報通信 学会ソサイエティ大会 C-3-24. [3] Kenji Yamazaki et. al., Jpn. J. Appl. Phys. **42** 3833, (2003).