

量子光学応用のための光導波路型マッハツェンダ干渉計の開発： GaN ストリップ導波路型方向性結合器の作製

Development of Waveguide Mach-Zehnder Interferometer for Quantum Optical Application: Fabrication of GaN Strip Waveguide Directional Coupler

阪大院工¹, (株)東芝 研究開発センター²

°三輪 純也¹, 紀平 将史¹, 上向井 正裕¹, 彦坂 年輝², 布上 真也², 片山 竜二¹

Grad. School of Eng., Osaka Univ.¹, Corporate R&D Center, Toshiba Corporation²

°J. Miwa¹, M. Kihira¹, M. Uemukai¹, T. Hikosaka², S. Nunoue² and R. Katayama¹

E-mail: miwa.j@qoe.eei.eng.osaka-u.ac.jp

2つの方向性結合器(DC)と位相シフタで構成される光導波路型マッハツェンダ干渉計(MZI)は光通信や量子情報処理の分野で高い応用性を持ち、光スイッチや量子ゲートの基本素子として用いられる[1, 2]。GaNなどの窒化物半導体は同種の材料で青紫色半導体レーザを実現できるうえ、高い光学非線形性を有することから、本研究室では波長800nm帯量子光源などのGaN非線形光学デバイスの開発を進めている。量子光源やMZIを含む将来の量子情報処理デバイスの構築を目指し、今回は光導波路型MZIのためのGaN DCの設計について報告したが[3]、本発表では作製について報告する。

GaN ストリップ導波路型 DC の概略図を Fig. 1 に示す。デバイス短尺化と放射損失抑制を目指し、3次元ビーム伝搬法(BPM)により1:1分波DCの設計を行った。他のデバイスとの集積化を考慮し、入出力導波路の幅および高さをそれぞれ1.00 μm 、0.50 μm とした。入出力導波路中心間隔を20 μm とし、折れ曲がり部分での放射損失を低減するためS字導波路(長さ150 μm)を導入した。この導波路構造は光閉じ込めが強いので1:1分波結合導波路長を短くするため、結合導波路部においてのみ Fig. 1 下部に示すような導波路断面構造(導波路間隔0.30 μm 、導波路間膜厚 $T = 0.16 \mu\text{m}$)を採用した。結合導波路長 L_c を147 μm としたとき、入力光パワーの99.5%が2本の出力導波路からほぼ均等に出力されることがわかった。

サファイア基板上にMOCVDで成膜した膜厚0.50 μm の+c-GaNを用い、GaN ストリップ導波路型 DC を作製した。まずEB描画とEB蒸着・リフトオフによりGaN上に膜厚50 nm程度のDCパターンNiマスクを形成した。光学実験によりDCの分波特性を詳細に調べるため、 $L_c = 20 \sim 700 \mu\text{m}$ とした。CH₄/H₂ガスを用いたCCP-RIEにより、GaNを0.34 μm エッチングした。ネガ型EBレジストを用いて結合導波路間にレジストマスクを形成し、再びCH₄/H₂ガスを用いたRIEにより導波路以外のGaNを完全に除去した。その後レジストマスクとNiマスクをウェットエッチングにより除去することで、上述した導波路間膜を残した構造を完成した(Fig. 2(a))。表面保護膜をかねたAl₂O₃クラッド層をEB蒸着し、ダイシングによりチップ化した後、研磨により入出力端面を形成した(Fig. 2(b))。

当日、GaN DCの分波特性について報告する。

【謝辞】本研究はJSPS科研費JP17H01063, JP17H05335の助成を受けたものです。

[1] A. Politi *et al.*, IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron. **15**, 1673 (2009).

[2] Y. Zhang *et al.*, Appl. Phys. Lett. **99**, 161119 (2011).

[3] 紀平他, 応物春季学術講演会, 7p-A301-1(2017).

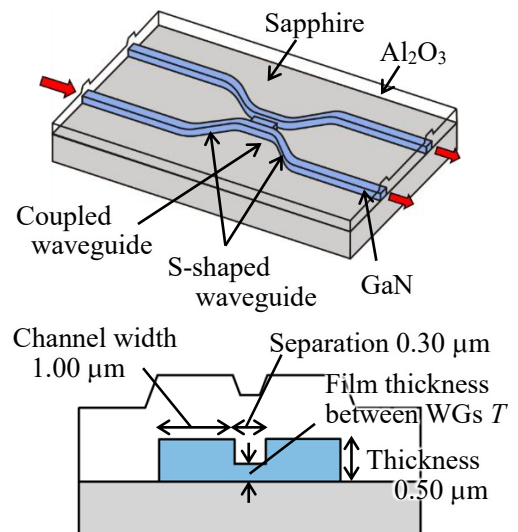


Fig. 1 Schematic of GaN strip waveguide DC.

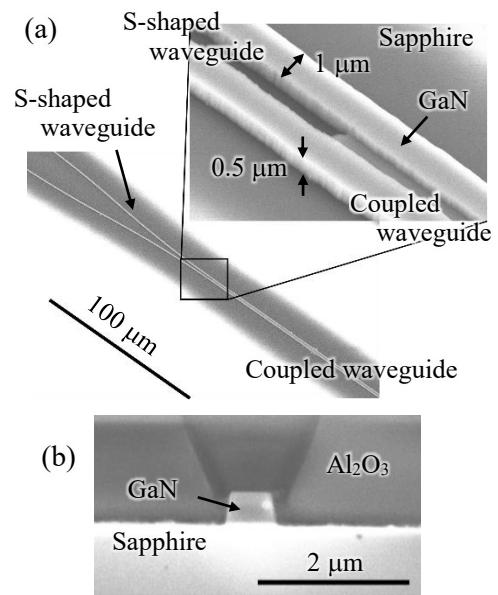


Fig. 2 SEM images of fabricated GaN DC.
(a) Perspective view of GaN DC
(b) Diced and polished waveguide facet.