電界印加型光導波路マッハツェンダ干渉計へ向けた GaN 方向性結合器の作製 Fabrication of GaN Directional Coupler for Electric-Field Driven Waveguide Mach-Zehnder Interferometer 阪大院エ⁰久田 雄太, 亀井 拓哉, 市川 修平, 藤原 康文, 上向井 正裕, 谷川 智之, 片山 竜二 Osaka Univ.⁰Y. Hisada, T. Kamei, S. Ichikawa, Y. Fujiwara, M. Uemukai, T. Tanikawa and R. Katayama E-mail: hisada.y@qoe.eei.eng.osaka-u.ac.jp

2 つの方向性結合器(DC)と位相シフタからなるマッハツェンダ干渉計(MZI)は任意の比率で入射光を分割 でき、光通信や光量子情報処理分野において広く用いられる。GaN は高い光学非線形性と電気光学効果を有 し、高効率非線形光学デバイスや高速変調可能な電界印加型 MZI を作製できるため、InGaN 半導体レーザを 励起光源とした近赤外光量子情報処理デバイスの実現が期待される。これまで GaN リブ導波路 DC について 報告[1]したが本研究では実際に電界印加型 MZI に適用可能な GaN DC の設計と作製を行ったので報告する。

電界印加型 GaN MZI (Fig. 1)の片側のアームに入射した波長 810 nm の光は、DC によって 1:1 に分波され 2 本のアームを伝搬する。位相シフタに電界を印加することで導波路の屈折率を変化させ、出力光のパワー比 を制御する。Fig. 2(a)に位相シフタの断面図を示す。電極間に逆バイアスを印加し、i-GaN 層を空乏化させるこ とで垂直方向に電界を印加する構造である。より大きな屈折率変化が得られるよう、TM 導波モードを選択した。

GaN 導波路型 DC の設計は、3 次元ビーム伝搬法を用いて 行った。Fig. 2(b)に示す結合導波路構造において p-GaN、i-GaN、n-GaN の屈折率は同じと仮定し、波長 810 nm の TM 基 本モードの光を1:1 で分波するのに必要な結合導波路長 $L_{1:1}$ を 求めた[2]。導波路間隔を作製可能な300 nmとし、導波路幅700 nm のとき $L_{1:1}$ は290 μ m と見積もられた。高次モードが励振され ないよう、S 字導波路の形状は曲率の不連続が生じないシグモ イド関数を適用した。

まず、サファイア基板上+c 面 GaN 薄膜にプラズマ CVD によ り SiO₂を堆積させた。ネガ型レジストを用いた EB 描画と CF₄/H₂ ガスを用いた CCP-RIE により SiO₂ マスクを形成し、Cl₂ガスを用 いた ICP-RIE により DC を作製した。蒸着・リフトオフで形成した Ni マスクを用いると導波路側壁に荒れが見られたが、今回 SiO₂ マスクを採用することで側壁荒れを大幅に低減することができた (Fig. 3)。ただ、結合導波路内側の側壁には荒れが見られたの で、レジストパターンの SiO₂ 膜への転写条件を最適化する。 SiO₂ クラッド層堆積と導波路端面形成を行って完成させた GaN DC の分波特性については当日報告する。

本研究はJSPS科研費JP17H01063,JP17H05335,JP19H02631 の助成を受けたものです。またデバイス作製に関して、大阪 大学ナノサイエンスデザイン教育研究センターの協力を得 ました。

三輪他,第65回応物春季学術講演会,17a-E202-3 (2018).
Y. Hisada *et al.*, EMS 39, P3-23 (2020).



Fig. 1: Schematic of electric-field driven GaN waveguide MZI.



(a) phase shifter (b) coupled waveguide Fig. 2: Cross-section of GaN waveguide.



Fig. 3: Perspective view of GaN DC.