

## 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と評価

### Fabrication and Evaluation of GaN Directional Coupler for Electric-Field Driven Waveguide Mach-Zehnder Interferometer

阪大院工 ○亀井 拓哉, 久田 雄太, 市川 修平, 藤原 康文, 上向井 正裕, 谷川 智之, 片山 竜二

Osaka Univ. ○T. Kamei, Y. Hisada, S. Ichikawa, Y. Fujiwara,

M. Uemukai, T. Tanikawa and R. Katayama

E-mail: kamei.t@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、光量子情報処理や光通信に使用される。我々はGaNなどの窒化物半導体が持つ高い光学非線形性を利用し、量子光源などの非線形光学デバイスの開発を進めてきた[1]。また、窒化物半導体は電気光学効果をもつことから、高速変調可能な電界印加型 MZI を実現できる[2]。励起光源として InGaN レーザを用いると GaN 非線形光学デバイスから波長 800 nm 帯のスクイーズド光が得られ、また高感度な Si 検出器が使用可能なことから、MZI を含む GaN 光量子情報処理デバイスの実現が期待される。本発表では電荷印加型 MZI の実現に向け、GaN DC の作製と分波特性について報告する。

Fig. 1 に GaN DC の概略図を示す。片側の入力ポートに入射した波長 810 nm のレーザー光が、1:1 の分波比で出力ポートから出射される GaN DC を設計する。表面が平坦な厚さ 800 nm の GaN 薄膜を用いることとし、結合導波路間隔は再現性高く作製可能な 300 nm とした。3次元ビーム伝搬法を用いて、分波比が 1:1 となる結合導波路長  $L_{1:1}$  の導波路幅依存性を求め、導波路幅を 700 nm、 $L_{1:1}$  を 245  $\mu\text{m}$  と決定した。また S 字導波路部分での高次モードの励振を抑えるため、S 字導波路の形はシグモイド曲線を使用した。

+c-GaN/Sapphire 基板上にプラズマ CVD で  $\text{SiO}_2$  を堆積させ、EB 描画と  $\text{CF}_4/\text{H}_2$  ガスを用いた CCP-RIE で  $\text{SiO}_2$  マスクを形成後、 $\text{Cl}_2$  ガスを用いた ICP-RIE で GaN DC を作製した。その後、 $\text{SiO}_2$  クラッド層堆積と端面研磨を行った。ALD とプラズマ CVD を使用して  $\text{SiO}_2$  クラッド層を堆積することで、Fig. 2 の断面 SEM 像に示すように、結合導波路部分にボイドを発生させずに、クラッド層を堆積させることができた。

結合導波路長 300  $\mu\text{m}$  の DC の入力導波路に波長 810 nm のレーザー光を入射させたときの出射光近視野像を Fig. 3 に示す。2つのポートからの出射光をパワーメータで測定し、クロスポート分波比は約 0.6 と見積もられた。これは結合導波路長が  $L_{1:1}$  より長いためである。当日は、作製した DC から得られた分波比の結合導波路長依存性について報告する。

本研究は JSPS 科研費 JP17H01063, JP17H05335, JP19H02631 の助成を受けました。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とサムコ株式会社の協力を得ました。

[1] 小松他, 応物春季学術講演会, 13a-A302-6 (2020).

[2] 久田他, 応物秋季学術講演会, 12a-N101-4 (2021).

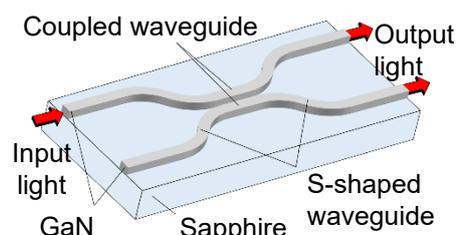


Fig. 1: Schematic of GaN DC.

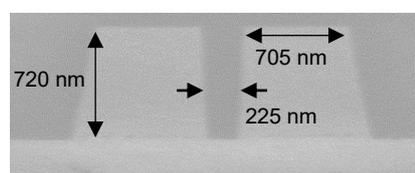


Fig. 2: Cross-sectional SEM image of coupled waveguide.

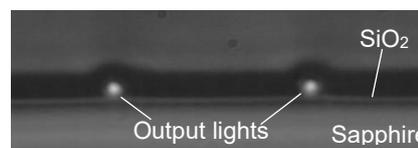


Fig. 3: Near-field pattern of output lights from GaN waveguide.