

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 / n-AlGaN 方向性結合器の設計

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

阪大院工 °紀平 将史, 三輪 純也, 小松 天太, 上向井 正裕, 片山 竜二

Osaka Univ. °M. Kihira, J. Miwa, T. Komatsu, M. Uemukai and R. Katayama

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

本研究室では現在、方向性結合器(DC)と位相シフタで構成されるマッハツェンダ干渉計(MZI)を基本素子として用いる量子ゲート型[1-3]の量子情報処理システムの実現を目指し、光導波路型 MZI の開発を行っている。特に GaN を用いることで、同種材料で作製される青紫色半導体レーザや波長変換デバイスからなる量子光源を集積した光集積デバイスシステムの実現が期待される。これまで GaN リブ導波路型 DC[4,5]や GaN ストリップ導波路型 DC[6]について報告したが、本研究では電界印加型位相シフタを含む MZI の作製にむけて、GaN 導波層の下に n-AlGaN 導電性クラッド層を設けた導波路構造において GaN DC の設計を行った。

GaN / n-AlGaN DC の概略図を Fig. 1 に示す。デバイス短尺化と S 字導波路における放射損失抑制を目指し、3次元ビーム伝搬法(BPM)により波長 810 nm (TM 基本モード)における 1:1 分波 DC の設計を行った。導波路に対して垂直方向に電界を印加する位相シフタを実装できるように、サファイア基板と GaN チャネル導波路の間に n-AlGaN 導電性下部クラッド層を有する構造とした。折れ曲がり部分における放射損失低減のため、入出力導波路と結合導波路間は S 字導波路で連結した構成とする。GaN 導波路高さ、n-AlGaN 層厚はモノリシック集積する波長変換導波路と同一とする必要があり、ここでは一例として n-AlGaN 層厚 0.20 μm 、導波路高さ 0.60 μm とし、導波路幅は波長変換が生じない 0.80 μm (波長変換導波路幅+0.10 μm) とした。S 字導波路長 100 μm 、結合導波路長 370 μm 、結合導波路間隔 0.30 μm (作製可能な最小間隔) のときの BPM シミュレーション結果を Fig. 2 に示す。入射光パワーの 99.4%が 2 本の出力導波路からほぼ均等に出力された。次に結合導波路間隔 0.30 μm のときの 1:1 分波結合長 $L_{1:1}$ の導波路幅依存性を調べた (Fig. 3)。これからチャネル導波路幅を狭くしたとき、 $L_{1:1}$ が大幅に短くなることがわかった。

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] S. Takeda and A. Furusawa, Phys. Rev. Lett. **119**, 120504 (2017).

[4] 三輪他, 応物秋季講演会, 7p-A301-1 (2017). [5] 三輪他, 応物春季講演会, 17a-E202-4 (2018).

[6] 紀平他, 応物春季講演会, 17a-E202-5 (2018).

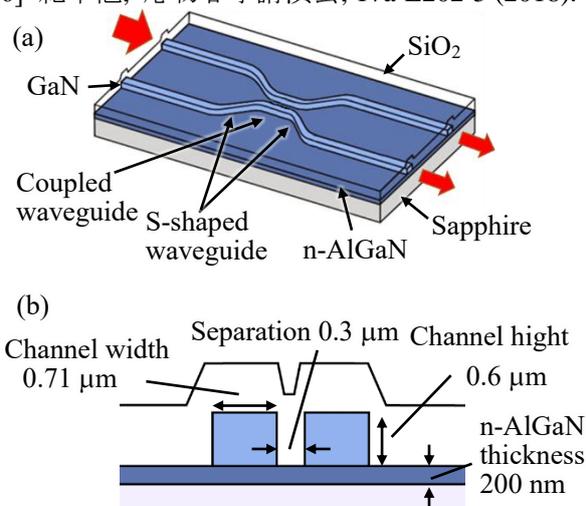


Fig. 1: Schematic of (a) GaN / n-AlGaN waveguide DC and (b) cross-section in coupled waveguide.

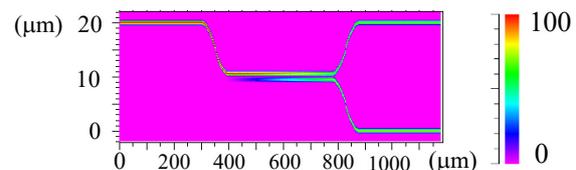


Fig. 2: Result of 3D BPM simulation.

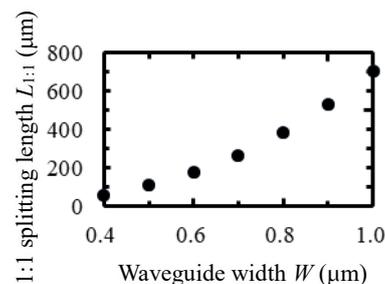


Fig.3 Dependence of 1:1 splitting length on Waveguide width