

広帯域光子対発生に向けた GaN 導波路型微小共振器デバイスの作製

Fabrication of GaN Waveguide Microcavity Device for Broadband Photon Pair Generation

阪大院工¹, 名大院工², 名大 VBL³, 名大 IMaSS⁴, 名大 ARC⁵, 名城大院工⁶

○永田 拓実¹, 梅田 颯志¹, 隈部 岳瑠², 安藤 悠人², 出来 真斗^{2,3}, 本田 善央⁴, 天野 浩^{3,4,5},
P. M. Thomas⁶, 山田 和輝⁶, 岩谷 素顕⁶, 上向井 正裕¹, 谷川 智之¹, 片山 竜二¹

Osaka Univ.¹, Nagoya Univ.², VBL Nagoya Univ.³, IMaSS Nagoya Univ.⁴, ARC Nagoya Univ.⁵,
Meijo Univ.⁶ ○T. Nagata¹, S. Umeda¹, T. Kumabe², Y. Ando², M. Deki^{2,3}, Y. Honda⁴, H. Amano^{3,4,5},

P. M. Thomas⁶, K. Yamada⁶, M. Iwaya⁶, M. Uemukai¹, T. Tanikawa¹ and R. Katayama¹

E-mail: nagata.t@qoe.eei.eng.osaka-u.ac.jp

近年、自発的パラメトリック下方変換 (SPDC) などの過程を利用した広帯域な光子対発生デバイスの量子光干渉断層撮影技術への応用が期待されている。我々が提案する微小共振器型波長変換デバイスは、相互作用長が短く位相不整合の影響が小さいことから、広帯域な光子対を発生させることができる。これまでに、導波路内に形成した DBR の高屈折率部と低屈折率部の境界で生じる光の回折を抑制するため、DBR の深溝に低屈折率材料を埋め込む構造のデバイス設計を行い、デバイス長数 μm で強誘電体バルク擬位相整合デバイス[1]に匹敵する広帯域で高効率な光子対発生が見積もられた[2]。本研究では被覆性の高い原子層堆積法 (ALD 法) を用いて垂直性の高い DBR 深溝への Al_2O_3 の埋め込みを行い、デバイスを作製したので報告する。

GaN 導波路型微小共振器光子対発生デバイスの構造を Fig. 1 に示す。SPDC 領域の両側に波長 405 nm の基本波 (TE モード) に対する 3 次 DBR を設けて微小共振器を構成し、SPDC 領域内で基本波を顕著に増強させる。SPDC 領域で波長 670 nm ~ 1010 nm の広帯域直交偏光光子対が発生し、両側の DBR を透過して出射される。

デバイス作製プロセスを Fig. 2 に示す。サファイア基板上 c 面 GaN 薄膜を用い、EB 描画と EB 蒸着・リフトオフにより幅 5 μm 、周期 290 nm の周期構造 Ni マスクを形成し、 Cl_2 ガスを用いた ICP-RIE により周期溝構造を形成する。次に、TMAH 水溶液を用いた異方性ウェットエッチングにより m 面 GaN 側壁の垂直性を向上させる。ALD により溝構造に Al_2O_3 膜を埋め込んだのち、GaN 表面が露出するまで Al_2O_3 膜を面研磨する。その後、EB 蒸着とリフトオフにより幅 1 μm の Ni ストライプマスクを形成し、ICP-RIE により導波路を形成する。ウェットエッチング後と ALD 成膜後の GaN 微小共振器の鳥瞰 SEM 像を Figs. 3(a), 3(b) に示す。ウェットエッチングにより垂直性の高い周期溝を形成できた。また、ALD 成膜によりポイドをもたない Al_2O_3 の埋め込みを確認できた。デバイス完成までのプロセス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。本研究の一部は名大未来研における共同利用・共同研究として実施された。試料をご提供頂いた株式会社東芝 研究開発センター 彦坂年輝氏、布上真也氏に感謝致します。

[1] M. Okano *et al.*, Scientific Reports **5**, 18042 (2016).

[2] 永田他, 応物秋季学術講演会, 11a-Z02-4 (2020).

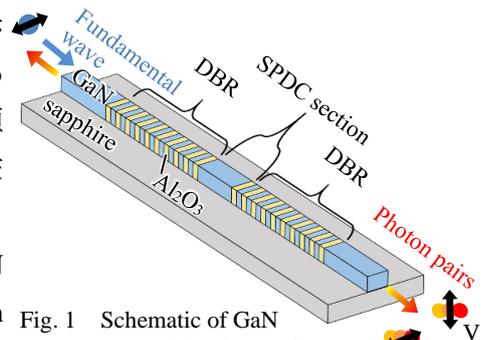


Fig. 1 Schematic of GaN waveguide microcavity photon pair generation device.

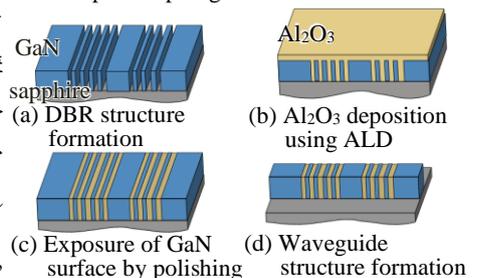
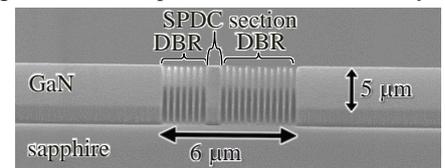
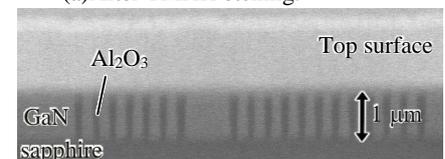


Fig. 2 Fabrication process of GaN microcavity.



(a) After TMAH etching.



(b) After Al_2O_3 deposition using ALD.

Fig. 3 SEM images of GaN microcavity.