

## Si 台座構造上 GaN モノリシック微小二重共振器型 第二高調波発生デバイスの作製

### Fabrication of GaN Monolithic Doubly-Resonant Microcavity SHG Device on Si Pedestal Structure

阪大院工<sup>1</sup>, 東北大金研<sup>2</sup> ○南部 誠明<sup>1</sup>, 永田 拓実<sup>1</sup>, 塩見 圭史<sup>1</sup>, 藤原 康文<sup>1</sup>,  
大西 一生<sup>2</sup>, 谷川 智之<sup>2</sup>, 上向井 正裕<sup>1</sup>, 片山 竜二<sup>1</sup>  
Osaka Univ.<sup>1</sup>, IMR, Tohoku Univ.<sup>2</sup> ○T. Nambu<sup>1</sup>, T. Nagata<sup>1</sup>, K. Shiomi<sup>1</sup>, Y. Fujiwara<sup>1</sup>,  
K. Ohnishi<sup>2</sup>, T. Tanikawa<sup>2</sup>, M. Uemukai<sup>1</sup>, and R. Katayama<sup>1</sup>  
E-mail: nambu.t@qoe.eei.eng.osaka-u.ac.jp

窒化物半導体結晶は高い光損傷耐性と強い光学非線形性を有するが、常誘電性のため高効率波長変換に必要な周期分極反転疑似位相整合(QPM)構造の形成が困難である。また QPM 構造を用いて高効率な波長変換を達成するには cm オーダの長い相互作用長が必要となる。一方で、長さをコヒーレンス長とした共振器の両側に高反射 DBR を設け基本波を共振させることで実効的な相互作用長を長くし、適切な反射位相シフトを与えることで周期分極反転構造を用いずに疑似位相整合を達成できる。そこで我々はサファイア基板上厚膜 GaN 結晶を用いた微小共振器型の第二高調波発生(SHG)デバイスの設計、作製を行った[1]。しかしデバイス全長が約 10  $\mu\text{m}$  と微小であることから、励起光、SH 光の光路と基板が干渉しないよう共振器両側を深く掘り込む必要がある。そこで本発表ではサファイア基板と比較して加工が容易な Si 基板上に成長した GaN を用いた Si 台座構造上 GaN 共振器型 SHG デバイスを提案し、その作製プロセスについて報告する。

デバイス構造を Fig. 1 に示す。共振器両側に設けた GaN と空気からなる 3 次 DBR (基本波に対し反射率 1) により、デバイス左側から入射した基本波は共振器内で顕著に増強される。一方 SH 波に対しては、左右の反射鏡反射率をそれぞれ 1、0 とすることで、共振器内で発生した前進・後進 SH 波を共に右方向に出射する。共振器左側反射鏡間に設けた位相調整領域により、前進 SH 波と位相が揃うように後進 SH 波を反射させる。

ビーム径 1.2 mm のレーザー光 (波長 825 nm) を 50 倍対物レンズ (焦点距離 3.6 mm) を用いて集光すると、ビームウエストおよび焦点深度 (DOF) はそれぞれ 3.2  $\mu\text{m}$ 、18.9  $\mu\text{m}$  となる (Fig. 2(a))。デバイス全長が 10.6  $\mu\text{m}$  であることを考慮するとデバイス高さは 3.5  $\mu\text{m}$  以上必要である (Fig. 2(b))。また取り扱いの容易さから基板長さを 1 mm とすると、共振器両側の Si 基板を 83  $\mu\text{m}$  以上掘り込む必要がある (Fig. 2(a))。

EB 描画と EB 蒸着・リフトオフにより Si(111) 基板上成長 GaN 上に Cr/Ni マスクを形成し、塩素系 ICP-RIE により GaN を 3.6  $\mu\text{m}$  エッチングした。次に側壁垂直性、平坦性向上のため KOH ウェットエッチングを施し[2]、共振器構造を完成した (Fig. 3(a, b))。その後共振器上に SiO<sub>2</sub> を堆積し、さらにその上に Cr/Ni マスクを形成した。SiO<sub>2</sub>、下地 GaN、AlGaIn/AIN バッファ層を除去した後、SF<sub>6</sub> ガスを用いた ICP-RIE により Si 基板を深掘りし、台座構造 (Fig. 3 (c)) は試作した台座構造) を形成した。最後に Cr/Ni、SiO<sub>2</sub> マスクをウェットエッチングにより除去しデバイスを完成させた。光学特性については当日報告する。

謝辞：本研究は科研費 17H01063、17H05335、17K19078 の助成を受けたものです。ま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、並びにデバイス作製においてご支援頂いた大阪大学ナノテクノロジー設備供用拠点に感謝致します。

[1] 南部他, 応物春季学術講演会, 17a-E202-5 (2018).  
[2] M. Itoh *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **45**, 3988 (2006).

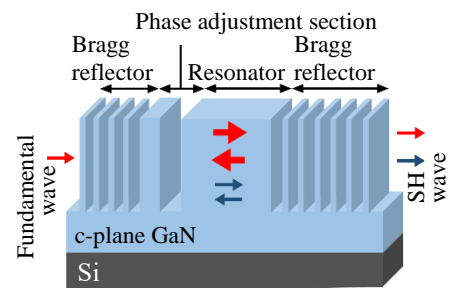


Fig. 1. Schematic of GaN monolithic doubly-resonant microcavity device.

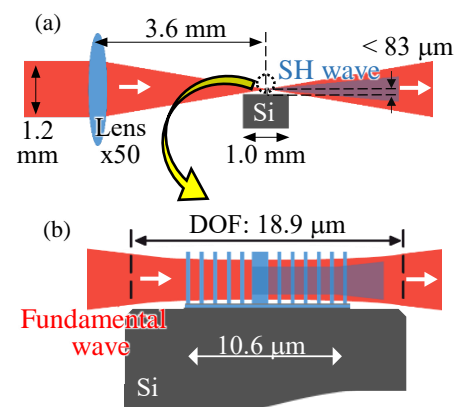


Fig. 2. GaN SHG device on Si pedestal structure and beam paths.

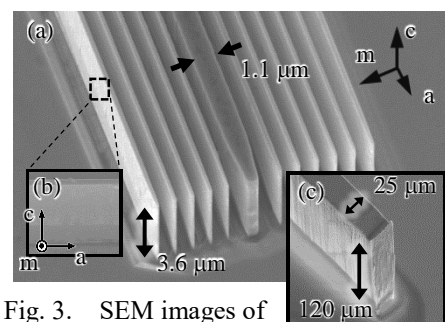


Fig. 3. SEM images of (a) GaN microcavity, (b) m-plane sidewall and (c) Si pedestal structure.