## グレーティング結合器集積 GaN 横型擬似位相整合 第二高調波発生デバイス GaN Transverse Quasi-Phase-Matched Second Harmonic Generation Device with Input Grating Coupler 阪大院エ<sup>0</sup>横山 尚生, 森岡 佳紀, 森川 隆哉, 藤原 康文, 上向井 正裕, 谷川 智之, 片山 竜二 Osaka Univ.<sup>0</sup>N. Yokoyama, Y. Morioka, T. Morikawa, Y. Fujiwara, M. Uemukai, T. Tanikawa and R. Katayama E-mail: yokoyama.n@qoe.eei.eng.osaka-u.ac.jp

窒化物半導体は強い光学非線形性を示し強励起可能であるため、高効率な波長変換デバイスへの応用が期待されている。我々はこれまでに、AINの極性を反転して積層した横型擬似位相整合(T-QPM)導波路構造によって、青色第二高調波発生(SHG)の実証に成功した[1]。しかし、この導波路は断面積が 1.0×0.3 μm<sup>2</sup>程度と微小であり、端面結合によるレーザ光入射が困難である。開口の大きな入力グレーティング結合器(GC)を集積することで、レーザ光の位置合わせが格段に容易となる[2,3]。本研究では、GCを集積した GaN T-QPM SHG デバイスを設計・作製し、波長変換特性の評価を行った。

GaN T-QPM SHG デバイスは、入力 GC とスラブ導波路、T-QPM チャネル導波路で構成される(Fig. 1)。 GC に照射されたレーザ光は収束円筒波に波面変換され、チャネル導波路に結合して SH 波に波長変換 される。基本波 TM<sub>00</sub> モード(波長 825.0 nm)と SH 波 TM<sub>02</sub> モード(波長 412.5 nm)の間でモード分散位相 整合条件が満たされるよう、幅 1.0 μm のチャネル導波路の膜厚を 455 nm とした。SH 波 TM<sub>02</sub> モードの

電界分布の節の 1 つで GaN の極性を反転することによって、 非線形結合係数  $\kappa$  は 1.89 W<sup>-1/2</sup>cm<sup>-1</sup>に増加する。GC 開口 64 × 82  $\mu$ m<sup>2</sup>、入射角 40°とすると、GC 溝深さ 126 nm のとき入力 結合効率は 43%と見積もられた。GC の内部焦点距離は、収 束導波光のビームウエストがチャネル導波路における導波光 の 1/e<sup>2</sup> 全幅に一致するよう 106  $\mu$ m とした。入力結合効率が 40%に低下する位置ずれ許容幅は±10  $\mu$ m と見積もられた。

サファイア基板上の GaN 極性反転積層導波路を用いて、 GC 集積 SHG デバイスの作製を行った。EB リソグラフィとドラ イエッチングにより、周期 544 nm の GC と長さ 3.0 mm のチャ ネル導波路を形成した(Fig. 2)。クラッド層として SiO<sub>2</sub> を堆積 し、ダイシングと研磨によって導波路出射端面を形成した。

Ti:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>短パルスレーザ(FWHM 12 nm)を用いて波長変 換特性を評価した。レーザ光をGCに照射し、入射角を調整し ながらレーザ中心波長を変化させていったところ、波長 871.0 nm、入射角 35°のとき、目視で SH 波が観測された。チャネル 導波路端面からの出射光を分光器で測定したところ、基本波 中心波長は 871.0 nm (FWHM 7 nm)、SH 波中心波長は 435.5 nm (FWHM 3 nm)であった。また導波路損失からチャネル導 波路に入力された基本波パワーを見積もり、波長変換効率を 求めた。基本波パワーが 0.9 mW 以下の範囲では波長変換効 率は基本波パワーにおおよそ比例し、規格化変換効率  $\eta_{SH}$ は 31%W<sup>-1</sup>cm<sup>-2</sup> と見積もられた (Fig. 3)。基本波パワー1.0 mW (GC 照射パワー11 mW)以上のとき波長変換効率の飽和がみ られたが、講演でその原因について考察する。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP17H01063, JP17H05335, JP19H02631の助成を受けた。試料は東芝 彦坂年輝氏よりご 提供いただいた。

[1] 山内他, 応物秋季講演会 19p-E310-14 (2019). [2] T. Suhara and H. Nishihara, IEEE J. Quantum Electron., **22**, 845 (1986). [3] Y. Morioka, *et al.*, SemiconNano, P-22 (2019).

