## 2 層極性反転積層 AIN 導波路を用いた深紫外第二高調波発生デバイスの設計 Design of Deep Ultraviolet Second Harmonic Generation Device with Double Layer Polarity Inverted AIN Waveguide

阪大院工<sup>1</sup>, 三重大地域創生戦略企画室<sup>2</sup>, 三重大院工<sup>3</sup>, 三重大院地域イノベ<sup>4</sup>,(株)東芝<sup>5</sup> <sup>0</sup>山内 あさひ<sup>1</sup>, 小松 天太<sup>1</sup>, 池田 和久<sup>1</sup>, 上杉 謙次郎<sup>2</sup>, 正直 花奈子<sup>3</sup>, 三宅 秀人<sup>3,4</sup>, 彦坂 年輝<sup>5</sup>, 布上 真也<sup>5</sup>, 森川 隆哉<sup>1</sup>, 藤原 康文<sup>1</sup>, 上向井 正裕<sup>1</sup>, 谷川 智之<sup>1</sup>, 片山 竜二<sup>1</sup>

Osaka Univ.<sup>1</sup>, Mie Univ.<sup>2</sup>, Toshiba Corp.<sup>3</sup> <sup>O</sup>A. Yamauchi<sup>1</sup>, T. Komatsu<sup>1</sup>, K. Ikeda<sup>1</sup>, K. Uesugi<sup>2</sup>, K. Shojiki<sup>2</sup>, H. Miyake<sup>2</sup>, T. Hikosaka<sup>3</sup>, S. Nonoue<sup>3</sup>, T. Morikawa<sup>1</sup>, Y. Fujiwara<sup>1</sup>, M. Uemukai<sup>1</sup>, T. Tanikawa<sup>1</sup> and R. Katayama<sup>1</sup> E-mail: yamauchi.a@qoe.eei.eng.osaka-u.ac.jp

GaN や AIN などの窒化物半導体は強誘電体に匹敵する光学非線形性を有しており、波長変換デバイスへの応用が期待されている。我々は新規構造デバイスとして、AIN の極性を反転して 3 層積層した横型擬似位相整合(QPM)構造を有する導波路第二高調波発生(SHG)デバイスを提案してきた[1]。また作製が容易な2層極性反転積層 AIN 導波路 SHG デバイスを作製し、青色 SHG の実証に成功した[2]。本研究では、波長変換効率において3層極性反転積層構造には劣るものの、現時点で作製可能な深紫外光発生2層極性反転積層 AIN 導波路 SHG デバイスの設計を行ったので報告する。

2 層極性反転積層 AIN 導波路 SHG デバイスの概略 図を Fig. 1 に示す。基本波波長を 550 nm とし、最大の 非線形光学テンソル成分 d<sub>33</sub> を利用するため、基本波・ SH 波ともに TM 偏光とした。チャネル導波路幅 1.0 μm における基本波 TM<sub>00</sub> 導波モード、SH 波 TM<sub>01</sub> 導波モ ードおよび SH 波 TM<sub>02</sub> 導波モードの実効屈折率の導波 路膜厚依存性を求めたところ、SH 波 TM<sub>02</sub> モードのみが 基本波 TM<sub>00</sub> 導波モードとモード分散位相整合条件を 満たし、その AIN 膜厚は 284 nm と見積もられた。

これまで提案してきた 3 層極性反転積層 AIN 導波路 では、SH 波 TM<sub>02</sub>モードの 2 つの節の両方で AIN の極 性を反転させることで SH 波電界振幅の正負と  $d_{33}$  の符 号が一致し、最大の非線形結合係数 $\kappa$ が得られる。単層 波路では $\kappa$  = 8.11 W<sup>-1/2</sup>cm<sup>-1</sup> と大幅に増大した。一方、2 層極性反転積層構造では、SH 波 TM<sub>02</sub> 導波モードの 2 つの節のどちらで反転しても $\kappa$  = 4.02 W<sup>-1/2</sup>cm<sup>-1</sup> と計算さ れた(Fig. 2)。この値は既に実証した青色 SHG デバイス [2]の設計値 $\kappa$  = 3.41 W<sup>-1/2</sup>cm<sup>-1</sup> を上回っており、2 層極 性反転積層構造でも深紫外 SHG が期待できる。入射光 パワーを 100 mW としたときの、SH 変換効率 $\eta_{SH}$ のチャ ネル長依存性をFig. 3 に示す。チャネル長 3 mm のとき、 3 層、2 層および単層導波路構造において $\eta_{SH}$ はそれぞ れ 41.8%、13.2%、0.4%と見積もられた。

今後、青色 SHG デバイスと同様のプロセス[3]で上記 構造の導波路 SHG デバイスを作製し、深紫外光発生を 試みる。

本研究は JSPS 科研費 JP17H01063, JP17H05335, JP19H02631, JP19H04543 の助成を受けたものです。

- [1] 山口修平他、応物秋季講演会, 7p-A301-4 (2017).
- [2] A. Yamauchi *et al.*, LEDIA, A01-19-1 (2019).
- [3] 山口修平他, 電子材料シンポジウム, Th3-10 (2018).



Fig. 1 Schematic of transverse QPM AlN waveguide SHG device.



Fig. 2 Schematic of double-layer polarity inverted AlN waveguide, and electric field and  $d_{33}$  distributions.



Fig. 3 Dependences of SHG efficiencies on channel length L for different transverse QPM structure.