

## 230 nm 遠紫外第二高調波発生に向けた HfO<sub>2</sub>/AlN 横型擬似位相整合チャネル導波路の作製

### Fabrication of HfO<sub>2</sub>/AlN Transverse Quasi-Phase-Matched Channel Waveguide for 230-nm Far-UV Second Harmonic Generation

阪大院工<sup>1</sup>、三重大院工<sup>2</sup>、三重大院地域イノベ<sup>3</sup> 本田 啓人<sup>1</sup>、俵 悠弥<sup>1</sup>、

藤原 康文<sup>1</sup>、正直 花奈子<sup>1,2</sup>、三宅 秀人<sup>2,3</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>, Regional Innovation Studies, Mie Univ.<sup>3</sup> ○H. Honda<sup>1</sup>, Y. Tawara<sup>1</sup>,

Y. Fujiwara<sup>1</sup>, K. Shojiki<sup>1,2</sup>, H. Miyake<sup>2,3</sup>, M. Uemukai<sup>1</sup>, T. Tanikawa<sup>1</sup> and R. Katayama<sup>1</sup>

E-mail: [honda.h@goe.eei.eng.osaka-u.ac.jp](mailto:honda.h@goe.eei.eng.osaka-u.ac.jp)

波長 230 nm 近傍の遠紫外光は皮膚表面の核酸のない角質層で吸収されるため、人体に対し無害な消毒・殺菌が可能である[1]。我々は強い光学非線形性を有する窒化物半導体による高効率な第二高調波発生 (SHG) をめざし、極性反転積層構造からなる横型擬似位相整合 (QPM) 導波路型波長変換デバイスを提案した。また、表面活性化接合や結晶成長を用いた 2 層極性反転チャネル導波路の作製と青色 SHG 実証を報告した[2, 3]。しかし、遠紫外 SHG デバイスに向けた極性反転構造の作製は複雑で、薄膜化が困難である。そこで、極性反転構造に比べて波長変換効率は低い、AlN 薄膜上に成膜が容易なアモルファス薄膜を積層した線形/非線形 横型 QPM 導波路を提案し、設計を行った[4]。本発表では、230 nm 遠紫外 SHG に向けた線形/非線形 横型 QPM チャネル導波路の作製について報告する。

アモルファス層に HfO<sub>2</sub> を採用した線形/非線形 横型 QPM チャネル導波路の模式図を Fig. 1 に示す。波長 460 nm の基本波 TM<sub>00</sub> モードと波長 230 nm の SH 波 TM<sub>02</sub> モードが位相整合条件を満たすよう、チャネル導波路の幅と高さはそれぞれ 1.2 μm と 195 nm と設計した。AlN は大きな 2 次の非線形光学定数  $d_{33}$  をもち、HfO<sub>2</sub> はもたないため、境界を SH 波 TM<sub>02</sub> モードの節の位置にすると、基本波と SH 波の導波モードの重なりにおける正負の腹による打ち消し合いが弱まる。これにより非線形結合係数  $\kappa$  は  $1.6 \text{ W}^{-1/2}\text{cm}^{-1}$  となり、単層 AlN 導波路と比較して 7.3 倍の SHG 効率が期待される。

作製プロセスを Fig. 2 に示す。(a) サファイア基板上 AlN を Cl<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub> を用いた ICP-RIE で、厚さ 131 nm までエッチングした。(b) RF スパッタにより 72 nm の HfO<sub>2</sub> を堆積し、プラズマ CVD を用いて SiO<sub>2</sub> を成膜した。(c) EB 描画と CCP-RIE で SiO<sub>2</sub> ストライプマスクを形成し、(d) Cl<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub> を用いた ICP-RIE によって HfO<sub>2</sub>/AlN チャネル導波路を形成した。Fig. 3 に示す鳥瞰 SEM 像から、側壁が平滑なチャネル導波路が形成されていることを確認した。当日は本 SHG デバイスの波長変換特性についても報告する。謝辞：本研究は科研費 JP16H06415, JP17H01063, JP17H05335, JP19H02631 の助成を受けたものです。[1] T. Fukui *et al.*, PLoS ONE 15, e0235948 (2020). [2] A. Yamauchi *et al.*, LEDIA 2019, 8-3 (2019). [3] 本田他, 応物春季講演会, 16p-Z27-11 (2021). [4] 本田他, 応物秋季講演会, 12p-N101-7 (2021).

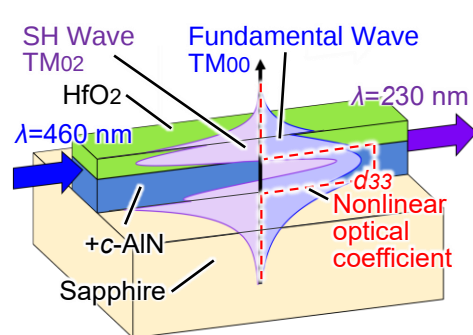


Fig. 1 Schematic of HfO<sub>2</sub>/AlN channel waveguide.

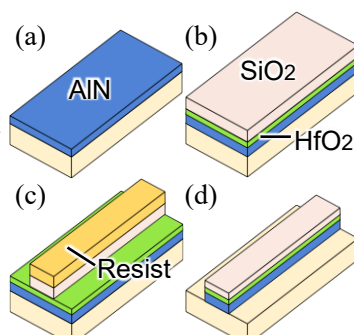


Fig. 2 Fabrication process.

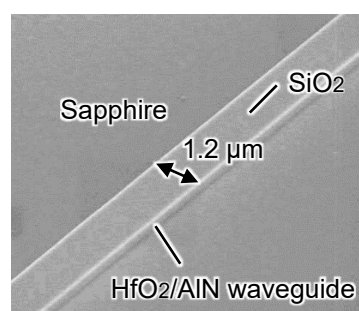


Fig. 3 SEM image of fabricated channel waveguide.