

230 nm 遠紫外第二高調波発生に向けた 横型擬似位相整合 HfO₂/AlN 導波路の設計

Design of Transverse Quasi-Phase-Matched HfO₂/AlN Waveguide for 230-nm Far-UV Second Harmonic Generation

阪大院工¹、三重大院工²、三重大院地域イノベ³ 本田 啓人¹、梅田 颯志¹、

正直 花奈子^{1,2}、三宅 秀人^{2,3}、上向井 正裕¹、谷川 智之¹、片山 竜二¹

Osaka Univ.¹, Mie Univ.², Regional Innovation Studies, Mie Univ.³

°H. Honda¹, S. Umeda¹, K. Shojiki^{1,2}, H. Miyake^{2,3}, M. Uemukai¹, T. Tanikawa¹ and R. Katayama¹

E-mail: honda.h@qoe.eei.eng.osaka-u.ac.jp

波長 230 nm 近傍の遠紫外光は皮膚表層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、SH 波横モードに合わせた極性反転と膜厚調整によるモード分散位相整合を用いた横型擬似位相整合 (QPM) 導波路型デバイスを提案してきた。これまでに、深紫外 SHG に向けた設計と表面活性化接合や結晶成長の極性制御を用いた 2 層極性反転構造の作製[2, 3]、および青色 SHG の実証をした[4]。しかし、極性反転構造の作製は複雑かつ薄膜化が難しい。そこで本発表では、極性反転構造に比べて波長変換効率は低くなるものの、非線形光学定数の空間変調と薄膜化が可能でより成膜が容易なアモルファス膜と AlN 薄膜からなる非極性/極性 横型 QPM 導波路を提案し、設計を行った。

非極性/極性 横型 QPM 導波路のコアは HfO₂ と AlN であり、基本波 TM₀₀^ωモードと SH 波 TM₀₂^{2ω}モードがモード分散位相整合する厚さになっている (Fig. 1)。下部コア層の AlN は 2 次の非線形光学定数 d_{33} をもち、上部コア層の HfO₂ はもたない。よって、TM₀₂^{2ω}モードの正負の腹による打ち消し合いが弱まり、単層の AlN 導波路に比べて非線形結合係数 κ が大きくなる。Fig. 2 にチャンネル幅 1.2 μm 、SH 波長 230 nm における、AlN と HfO₂ の厚さごとの TM₀₀^ω、TM₀₂^{2ω}モード間の κ をカラーマップで、位相整合箇所を青線で示す。位相整合条件のうち図中赤点の AlN 膜厚 110 nm、HfO₂ 膜厚 80 nm 近傍で κ が最大の 1.5 $\text{W}^{-1/2}\text{cm}^{-1}$ となることが分かった。Fig. 3 に基本波強度 P_0 が 100 mW のときの、HfO₂/AlN、AlN 単層、2 層極性反転 AlN 導波路における変換効率のデバイス長依存性をプロットした。これより、長さ 2.78 cm の HfO₂/AlN 導波路と青色レーザダイオードを組み合わせることで 30 % の電力光変換効率が得られることがわかった。当日は、他の高次 SH 波モードを含めた設計について議論する。

[1] T. Fukui *et al.*, PLoS ONE 15, e0235948 (2020)., [2] A. Yamauchi *et al.*, EMS 38, Fri1-16 (2019).

[3] 本田他, 応物春季講演会, 16p-Z27-11 (2021)., [4] A. Yamauchi *et al.*, LEDIA 2019, 8-3 (2019).

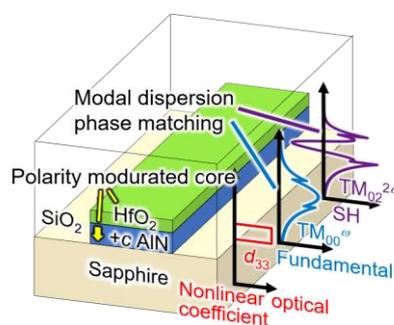


Fig. 1 Schematic of T-QPM HfO₂/AlN waveguide and mode profile.

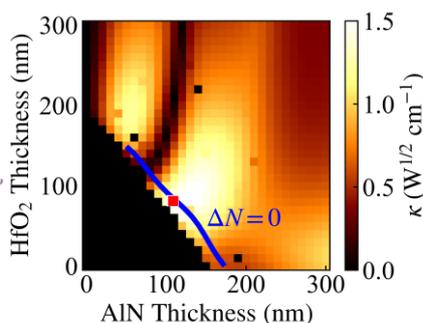


Fig. 2 Colormap of κ between TM₀₀^ω and TM₀₂^{2ω}. Line of $\Delta N = 0$ meant phase matching.

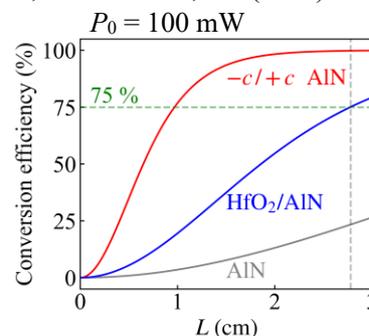


Fig. 3 Conversion efficiency from TM₀₀^ω to TM₀₂^{2ω} in each device structures.

謝辞: 本研究は科研費JP16H06415, JP17H01063, JP17H05335, JP19H02631の助成を受けたものです。