

極性反転積層 AIN 光導波路を用いた波長変換デバイスの設計

Design of Wavelength Conversion Device with Polarity Inverted AIN Waveguide

阪大院工¹, 名城大理工², 三重大地域イノベ³

○山口 修平¹, 上向井 正裕¹, 高橋 一矢², 岩谷 素顕², 赤崎 勇²,

林 佑介³, 三宅 秀人³, 山田 智也¹, 藤原 康文¹, 片山 竜二¹

Grad. School of Eng., Osaka Univ.¹, Fac. Sci. & Tech., Meijo Univ.² and RIS, Mie Univ.³

○S. Yamaguchi¹, M. Uemukai¹, K. Takahashi², M. Iwaya², I. Akasaki²

Y. Hayashi³, H. Miyake³, T. Yamada¹, Y. Fujiwara¹ and R. Katayama¹

E-mail: yamaguchi.s@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。これまで我々は光伝搬方向に対し GaN の極性を周期的に反転させた擬位相整合第二高調波発生 (SHG) デバイスを報告している[1]が、短波長領域ではサブミクロン周期の極性反転が必要となり、作製が困難であるという欠点があった。そこで本研究では面内一斉に極性を反転させた窒化物半導体を積層することで、より簡便に作製可能で周期分極反転構造と同等の波長変換効率[2]をもつ SHG デバイスの実現を目指し、特に波長 210 nm に吸収端をもつ AIN を用いた深紫外光発生用 SHG デバイスの設計を行った。

極性反転積層 AIN 光導波路の構造を Fig. 1 に示す。基本波長は 532 nm とし、最大の非線形光学テンソル成分 d_{33} を利用するため、基本波・SH 波ともに TM 偏光とした。まず分光エリプソメトリを用いて、AIN 薄膜の屈折率波長分散を Cauchy の式によるフィッティングから求めた。これを用いてチャネル導波路 (幅 1.0 μm) の設計を行った。まずマーカッチリの方法により基本波 TM_{00} モードと SH 波 TM_{02} モードの実効屈折率の AIN 膜厚依存性を求め、その交点からモード分散位相整合条件を満たす AIN 膜厚を 218 nm と見積もった。単層 AIN 導波路では大きな非線形結合係数 κ が得られないが、SH 波 TM_{02} モードの節で AIN の極性を反転させた積層導波路を用いることで SH 波電界振幅の正負に応じて d_{33} の符号が反転し、 κ を大幅に増大できる。極性反転積層導波路において $\kappa = 7.8 \text{ W}^{-1/2}\text{cm}^{-1}$ と計算され、単層導波路のそれに対して約 11 倍となることが分かった。入射光パワーを 0.1 W としたときの、波長変換による基本波の減衰を考慮した波長変換効率 η_{SH} と波長許容幅 $\Delta\lambda$ のチャネル長 L 依存性を Fig. 2 に示す。 $L = 3 \text{ mm}$ のとき、 $\eta_{\text{SH}} = 39\%$ 、 $\Delta\lambda = 0.01 \text{ nm}$ と求められた。

予備実験として、モード分散位相整合条件を満たす単層 AIN チャネル導波路 SHG デバイスの作製を行った。スパッタリング法を用いて AIN 薄膜を成膜し、EB 描画と ICP-RIE によりチャネル導波路を作製した。プラズマ CVD を用いてチャネル上に SiO_2 クラッド層を 1.5 μm 堆積後、導波路をダイシングし端面研磨を行った。導波路端面の SEM 観察 (Fig. 3) より、ダイシングで発生したチッピングが端面研磨により大幅に減少することを確認した。当日は光学特性評価結果についても併せて報告する。

[1] R. Katayama *et al.*, Proc. SPIE **8268**, 826814 (2012).

[2] H. Ito *et al.*, Opt. Lett. **2** (6), 139 (1978).

[謝辞] 本研究は JSPS 科研費 JP17H01063, JP17H05335 の助成を受けたものです。併せて AIN 試料をご提供頂いた神港精機(株)の小松永治様に感謝致します。

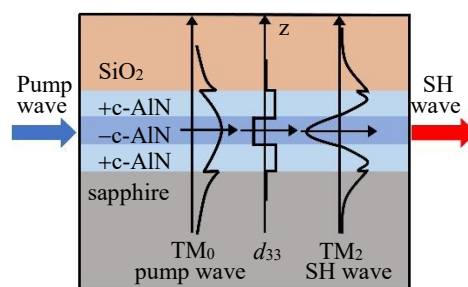


Fig. 1. Schematic illustration of polarity inverted AIN waveguide, and electric field and d_{33} distributions.

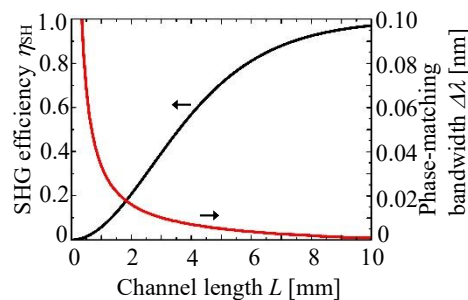


Fig. 2. Dependences of SHG efficiency and phase-matching bandwidth on channel length.

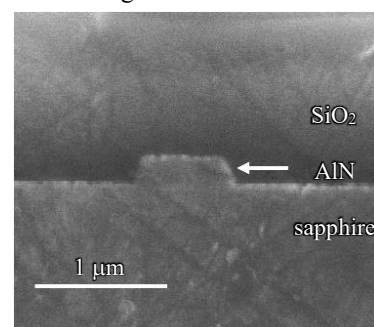


Fig. 3. SEM image of polished cross section of AIN channel waveguide.