

GaN-QPM 結晶を用いたリブ導波路型波長変換デバイスの作製と評価

Fabrication and evaluation of rib-waveguide wavelength conversion devices using GaN-QPM crystals

○嶋田 慶也¹, 石原 弘基², 梅田 颯志³, 横山 尚生³, 本田 啓人³

井上 翼², 上向井 正裕³, 谷川 智之³, 片山 竜二³, 中野 貴之^{2,4}

静大工¹, 静大院工², 阪大院工³, 静大電研⁴

○K. Shimada¹, H. Ishihara², S. Umeda³, N. Yokoyama³, H. Honda³

Y. Inoue², M. Uemukai³, T. Tanikawa³, R. Katayama³, T. Nakano^{2,4}

Fac. Eng. Shizuoka Univ.¹, Grad. Sci. & Technol. Shizuoka Univ.², Osaka Univ.³, R.I.E. Shizuoka Univ.⁴

E-mail: shimada.keiya.18@shizuoka.ac.jp

諸言 GaN 結晶は c 軸方向に対して 2 つの極性(+c, -c)構造を持つことから、周期的極性反転構造を形成することで擬位相整合(QPM)結晶が作製可能である。このような GaN-QPM 結晶は広い透過波長範囲を有するため、紫外領域の第二高調波発生(SHG)デバイスとして期待されている。我々は、これまでの研究において、カーボンマスクを用いた両極性同時成長により 6.2 μm ピッチ GaN-QPM 結晶の作製を達成し、メーカーフリンジ法により SHG 発現を確認した[1]。しかしながら、斜入射測定に起因した短い伝搬距離により、変換効率が低い結果となっていた。そこで、変換効率向上に向けて伝搬距離を確保するために導波路構造の作製を目指した。本研究では、GaN-QPM 結晶を用いたリブ導波路型波長変換デバイスの設計、作製および光学特性評価を行った。

実験方法 GaN 結晶成長には有機金属気相エピタキシー(MOVPE)法を用いた。カーボンマスクを用いた両極性同時成長法により GaN-QPM 結晶を作製した[2]。原料にはトリメチルガリウム(TMGa)、アンモニア(NH₃)を用いた。デバイス作製にあたり QPM 結晶のピッチ幅として、入射波長 840 nm に対して 3 次 QPM グレーティングのピッチを 6.2 μm と決定した。6.2 μm ピッチの GaN-QPM 結晶を用いてデバイス長 3 mm のリブ導波路構造 SHG デバイスを作製した。構造評価には原子間力顕微鏡(AFM)、圧電応答顕微鏡(PFM)、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いた。光学特性評価には、フェムト秒パルス Ti:Al₂O₃ レーザーを使用し、フェムト秒パルスレーザー光をデバイス端面から入射した。出射光の分光測定により SH 波のスペクトルを評価した。

結果と考察 図 1 に作製したリブ導波路構造の SEM 像を示す。図 1 よりリブ中心部の厚さ 5.2 μm 、コア幅 20 μm のリブ導波路を形成していることが確認された。デバイス作製前の QPM 結晶表面の AFM 測定およびエッチング後の SEM 観察(図 1b)より、平坦な表面の QPM 結晶が作製されていることを確認した。

作製したデバイスに波長 840 nm のフェムト秒パルスレーザーを端面から入射し、波長変換特性の評価を実施した。図 2 に基本波と SH 波の波長スペクトル測定結果を示す。基本波の入射波長 840 nm に対して 419.5 nm のピークを有する SH 波が確認された。入射光強度依存性では、基本波ピークパワーが 35 W 以下の領域において SHG 効率が線形的に変化することを確認した。また、この領域における規格化変換効率は $4.0 \times 10^{-4} \% \text{W}^{-1}$ であった。これらの結果から、両極性同時成長法にて作製した GaN-QPM 結晶を用いたリブ導波路型波長変換デバイスによる波長変換を実現した。

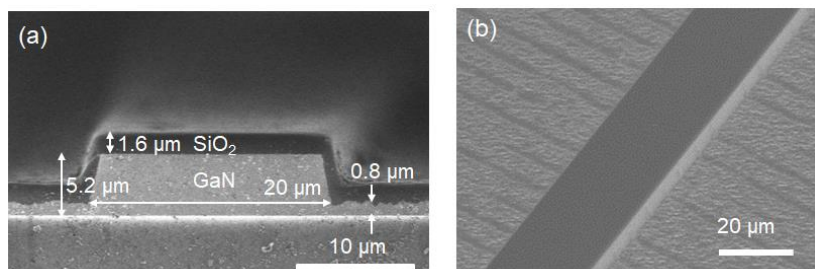


図1 (a)GaN-QPM結晶を用いて作製したリブ導波路型波長変換デバイスの断面SEM像 および、(b)RIEエッチング後のGaN-QPM結晶の鳥瞰SEM像

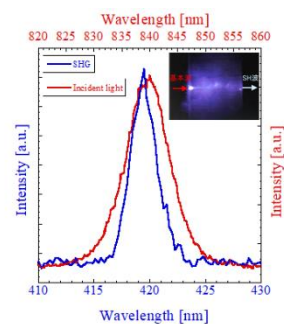


図2 基本波とSH波の波長スペクトル測定結果(挿入図: 測定時のCCD画像)

参考文献

[1]石原他, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会(2021) 19p-Z27-1 [2] H. Yagi, *et al.*, PSS B **255** (2018) 1700475