

スラブ導波路型波長変換デバイスに向けた GaN-QPM 結晶の作製

Fabrication of GaN-QPM crystals for slab waveguide type wavelength conversion devices

○石原 弘基¹ 黒瀬 和大¹ 川田 善正^{1,2} 杉田 篤史¹ 井上 翼¹ 中野 貴之^{1,2}

1. 静大院工 2. 静大電研

○H. Ishihara¹ K. Kurose¹ Y. Kawata^{1,2} A. Sugita¹ Y. Inoue¹ T. Nakano^{1,2}

1. Shizuoka Univ. 2. R.I.E. Shizuoka Univ.

E-mail: ishihara.hiroki.16@shizuoka.ac.jp

緒言

ウルツ鉱型結晶構造を有する GaN 結晶は c 軸方向に対して Ga 極性面と N 極性面という 2 つの極性面が存在する。各極性面は 2 次の非線形感受率の符号が異なり、周期的に配列することで GaN 疑似位相整合(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。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 4 μm ピッチ GaN-QPM 結晶の作製を達成し、レーザー光の斜入射により SHG 発現を確認した。しかしながら、斜入射測定に起因した短い透過距離により、変換効率が低い値であった。そこで本研究では、変換効率の向上に向けて真横入射構造となるスラブ導波路型波長変換デバイス用 GaN-QPM 結晶の設計および作製を行った。

実験方法

GaN-QPM 結晶の作製には有機金属気相エピタキシー(MOVPE)法を用いた。c 面 Al_2O_3 上にリフトオフプロセスを用いて、カーボンマスクパターンを形成した。非マスク領域に Ga 極性 GaN 初期層を成長させた。カーボンマスクの除去およびマスク領域の Al_2O_3 表面を窒化させ、窒化領域において N 極性 GaN 初期層を成長させた。各極性領域において初期層を形成後、両極性同時成長を行い、GaN-QPM 結晶を作製した。原料にはトリメチルガリウム(TMGa)、アンモニア(NH_3)を用いた。試料の評価には原子間力顕微鏡(AFM)、ケルビンフォース顕微鏡(KFM)、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いた。光学特性評価ではメーカーフリッジ法による光学測定を実施した。

結果と考察

スラブ導波路型波長変換デバイスに向けて QPM 結晶構造の設計を実施した。波長 820 nm から 410 nm への波長変換に向けて最適なピッチ幅の算出を行った。SHG 発現に最適なピッチ幅は、グレーティング次数が 1 次($m=1$)の場合では 2 μm 、3 次($m=3$)の場合では 6.2 μm であった。本研究では $m=3$ となる 6.2 μm ピッチ GaN-QPM 結晶の作製を検討した。

4 μm ピッチ GaN-QPM 結晶での作製条件から V/III 比条件を最適化し、6.2 μm ピッチ GaN-QPM 結晶を作製した。図 1 に作製した GaN-QPM 結晶の表面 SEM 像を示す。SEM 像より表面モフォロジーが周期的に異なることが確認された。この結果は、異なる極性の GaN が周期的に成長し、分極反転構造が形成されたことを示唆している。

作製した 6.2 μm ピッチ GaN-QPM 結晶に波長 840 nm のレーザーを照射し、メーカーフリッジ法にて測定した。図 2 に SHG ピーク強度の入射波強度依存性を示す。各グレーティング次数において SHG ピーク強度が入射波強度の 2 乗に比例していることが確認された。これらの結果より、スラブ導波路型波長変換デバイスに向けた 6.2 μm ピッチ GaN-QPM 結晶作製を実現した。

参考文献

- [1] 松久他, 2019 年第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 10p-W541-7

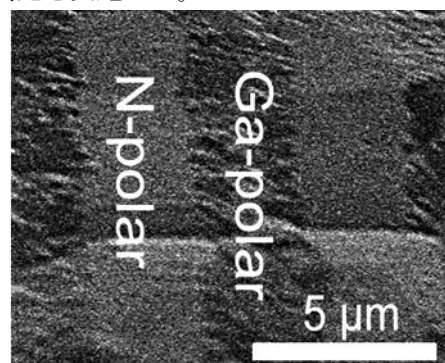


図1 6.2 μm ピッチ GaN-QPM 結晶の表面 SEM 像

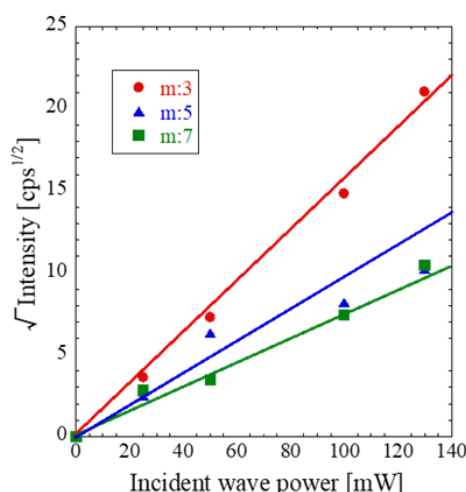


図2 ピーク強度の入射波強度依存性