

課題番号 : F-20-NM-0018
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 窒化ガリウム半導体へのフォトニック結晶構造形成
Program Title (English) : Photonic Crystal Structure Formation on Gallium Nitride Semiconductors
利用者名(日本語) : 佐藤真一郎
Username (English) : S.-I. Sato
所属名(日本語) : 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
Affiliation (English) : National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology
キーワード/Keyword : フォトニクス、リソグラフィ・露光・描画装置、成膜・膜堆積、膜加工・エッチング

1. 概要(Summary)

窒化ガリウム(GaN)半導体にドーパされた希土類元素は、線幅の狭い安定した高輝度発光を示す[1]ため、室温動作する単一光子源への応用が期待できるが、発光レートの改善が課題となる。そこで本研究では、フォトニック結晶との光学カップリングにより希土類の発光レートを向上させ、室温での単一希土類からの発光観測の達成を目指している。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

プラズマ CVD 装置、125kV 電子ビーム描画装置、多目的ドライエッチング装置、ICP 原子層エッチング装置

【実験方法】

シリコン (Si)基板上 GaN (300 μm) に SiO₂ ハードマスクを約 100 nm 積層し、125kV 電子ビーム描画装置を用いて形成したフォトニック結晶構造パターンを多目的ドライエッチング装置(CHF₃, 3.0 Pa, 100 W, 5 分)によって SiO₂ 層に転写した。その後、ICP 原子層エッチング装置(BCl₃:Cl₂=1:4, 0.5 Pa, 50 W, 3 分)によって GaN にパターンを転写し、さらに多目的ドライエッチング

装置(SF₆, 5.0 Pa, 50 W, 15 分)によってフォトニック結晶構造下部の Si 基板をエッチングし、エアギャップ構造を形成した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

作製した GaN フォトニック結晶 L3 型共振器の電子顕微鏡(SEM)像を Fig. 1 に示す。三角格子状に配列したホールの直径および間隔は、光学シミュレーションにより所望の波長に共振するように設計した。その結果、ホールが設計値よりもやや小さくなったことや、ストレート状ではなくテーパー状となっていたことから、エッチング条件等の最適化が必要であることがわかった。今後、作製条件を見直すとともに、L3 共振器と希土類の光学カップリング評価を進める。

4. その他・特記事項(Others)

- ・参考文献:[1] K. P. O'Donnell and V. Dierolf, Rare-earth Doped III-nitrides for Optoelectronic and Spintronic Applications (Springer, 2010), Vol. 124.
- ・共同研究者:名大 出来真斗様、法政大 西村智朗様
- ・科研費 基盤(B) 18H01483 「量子センサーの電気的制御を室温で実現するランタノイド注入 GaN ダイオード」
- ・大里啓孝様 (NIMS)に感謝します。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。

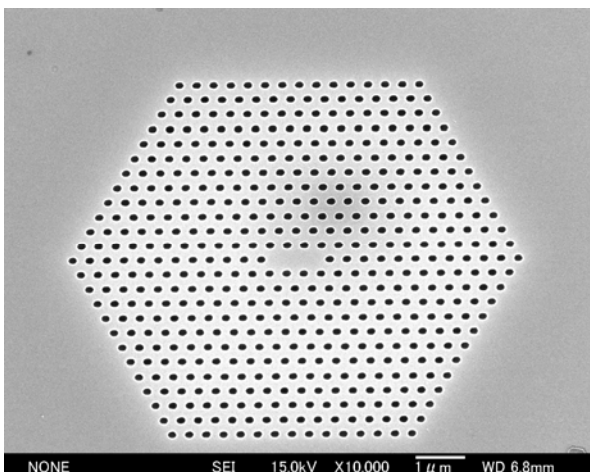


Fig. 1 A representative SEM image of photonic crystal L3 cavity in GaN.