

課題番号	: F-20-OS-0026
利用形態	: 機器利用
利用課題名(日本語)	: 希土類添加半導体を有するナノ構造の作製プロセス技術の確立
Program Title (English)	: Fabrication processes of nanostructures with rare-earth-doped semiconductors
利用者名(日本語)	: 舘林潤、長谷川竣也、大田原崇也、藤原康文
Username (English)	: <u>J. Tatebayashi</u> , S. Hasegawa, T. Otabara and Y. Fujiwara
所属名(日本語)	: 大阪大学大学院工学研究科 マテリアル生産科学専攻
Affiliation (English)	: Graduate School of Engineering, Osaka University
キーワード/Keyword	: 希土類添加半導体、フォトニック結晶、膜加工・エッチング

1. 概要(Summary)

我々は母体材料を GaN として希土類元素である Eu を添加した GaN (GaN:Eu)を活性層にした赤色発光ダイオードの作製に成功している。現在、光出力は 1mW を超え、実用化に遜色ない値が得られており、現在更なる光出力増大や GaN を基盤にした三原色発光実現を目指している。一方、マイクロディスプレイやウェアラブル端末などの次世代デバイス実現に向け、素子サイズを飛躍的に小さくする構造としてナノワイヤが注目されている。本研究では、有機金属気層エピタキシャル(MOVPE: Metalorganic vapor phase epitaxy)法による GaN:Eu/GaN コアシェルナノワイヤ構造の結晶成長技術の確立を図るとともに、ナノワイヤ構造の持つ多様な結晶面を活かした発光特性の変化を調べた。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

リアクティブイオンエッチング装置 (RIE-10NOU)

【実験方法】

試料作製は OMVPE 法により行った。サファイア基板上に無添加 GaN(ud-GaN)層を成長後、円孔を三角格子状にならべた SiO₂ マスクパターンを電子線描画およびリアクティブイオンエッチング装置により形成した。その後、選択 OMVPE 法により ud-GaN コアナノワイヤ、GaN:Eu シェル層の順に再成長を行った。コア・シェル層の成長条件を最適化することによりナノワイヤ構造を作製した (Fig. 1(a))。成長したナノワイヤ構造について、走査型電子顕微鏡 (Scanning electron microscopy: SEM)により構造観察を行い、フォトルミネッセンス(Photoluminescence: PL)測定により発光特性を評価した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1(b)に成長した GaN:Eu/GaN コアシェルナノワイヤ構造の SEM 像を示す。コア・シェル層の各々の成長条件を精緻に最適化することにより GaN:Eu/GaN コアシェルナノワイヤアレイ構造の作製に成功した。Fig. 2 に GaN:Eu ナノワイヤ構造と同一成長条件で ud-GaN 層上に再成長した GaN:Eu 膜の 10K における PL スペクトルを示す。ud-GaN 層上 GaN:Eu 膜に比して

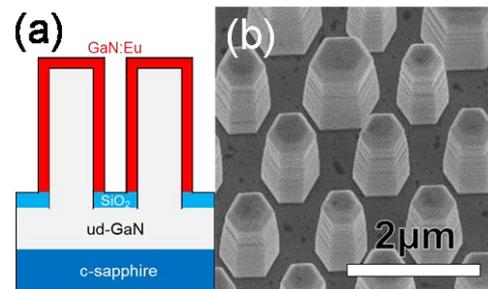


Fig. 1 (a) Schematic and (b) SEM images of GaN:Eu/GaN core-shell nanowires.

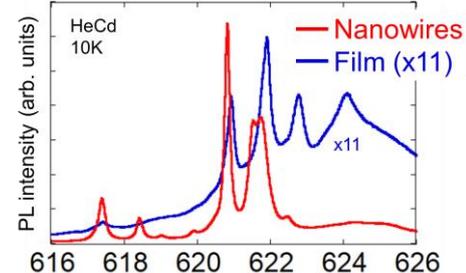


Fig. 2 PL spectra at 10K of GaN:Eu/GaN core-shell nanowires and GaN:Eu films.

GaN:Eu/GaN コアシェルナノワイヤ構造から強い Eu 発光が観測された。スペクトル形状や発光ピーク波長の違いから、ナノワイヤ構造中の Eu イオンは異なる発光中心を有することが示唆される。ナノワイヤのスペクトル形状は発光中心 OMVPE7 の形と酷似しており、従来の層構造より OMVPE7 の発光が優位的であると考えられる。この発光中心は電流注入において有利とされておりデバイス応用時の発光効率の改善も期待される。この光学特性の結果から、発光特性が向上した理由として Eu が取り込まれる結晶面が変わり、Eu の周辺局所構造や歪が変化したためと考えられる。

4. その他・特記事項(Others)

なし

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

[1]大田原崇也、長谷川竣也、市川修平、舘林潤、藤原康文: 日本鋼鉄協会・日本金属学会関西支部 材料物性工学談話会 2020 年度第 2 回講演会、Web 配信、(2021).

6. 関連特許(Patent)

なし