

審査の結果の要旨

論文提出者 有田 宗貴

III 族窒化物半導体は、青色 LED・レーザを中心とした応用面と大きな励起子束縛エネルギーなどの特徴的な物性が関心を集めており、近年、光微小共振器構造を導入した高性能発光素子作製技術の確立が求められている。本論文は、“Fabrication and Characterization of III-Nitride Semiconductor Nanocavity Light Emitters”（日本語訳：III 族窒化物半導体微小共振器型光源の作製と評価に関する研究）と題し、III 族窒化物半導体微小共振器型光源、具体的には微小共振器 LED およびフォトニック結晶ナノ共振器の作製と評価について論じており、8 章より構成されている。英文で書かれている。

第 1 章の「Introduction」（序論）では、窒化物半導体の一般的な物理特性と光微小共振器構造の原理・特性、それらを応用したデバイスの特徴を概説している。

第 2 章は「Crystal Growth of III-Nitride Semiconductors by Metalorganic Chemical Vapor Deposition」（有機金属気相成長法による III 族窒化物半導体の結晶成長）と題し、MOCVD 法による窒化物半導体分布ブラッグ反射鏡および GaN 量子ドットの成長条件について概説している。また GaN 量子ドットの下地層である AlN の結晶品質を向上させる条件について実験的考察を行っている。

第 3 章は「MOCVD Growth of Electrically Conductive AlGaIn/GaN Distributed Bragg Reflectors with High Reflectivity」（高反射率導電性 AlGaIn/GaN DBR の MOCVD 成長）と題し導電性窒化物半導体 DBR の結晶成長条件について論じている。成長条件を最適化し、AlGaIn/GaN 超格子構造の導入が有用であること、また 99%の反射率を有する n 型窒化物半導体 DBR が作製可能であることをそれぞれ実験的に示している。

第 4 章は「Development of Fabrication Processes for III-Nitride Vertical-Cavity Surface-Emitting Devices」（III 族窒化物半導体垂直共振器面発光デバイス作製プロセスの開発）と題し、窒化物半導体面発光デバイスのプロセス開発について論じている。共振器内透明電極 ITO の電氣的・光学的特性の改善手法、面発光デバイス高密度化に対応する二層レジストフォトリソグラフィ技術、高反射率 DBR の歩留り向上に寄与する基板処理法について、その有用性を実験的に示している。

第 5 章は「Fabrication and Characterization of InGaIn Vertical Microcavity LEDs」（InGaIn 垂直微

小共振器 LED の作製と評価) と題し第 3 章・第 4 章での知見を用いて InGaN 垂直微小共振器型 LED を試作し、その特性を評価・検討している。EL 測定を行って明瞭な単色性の向上・指向性の向上を確認し、それらが微小共振器の効果によることを議論している。また、AlGaIn/GaN DBR のポテンシャルと電気伝導特性について考察を行い、実験結果をよく説明できることを明らかにした。

第 6 章は「Development of Fabrication Processes for AlN Photonic Crystal Nanocavities」(AlN フォトニック結晶ナノ共振器作製プロセスの開発) と題し、AlN フォトニック結晶ナノ共振器の作製プロセスについて論じている。理論的考察から SiC 基板除去の必要性について論じ、実際に光電気化学エッチングを用いた AlN 凸型エアブリッジ構造のユニークな作製方法を提案・実証している。

第 7 章の「Characterization of AlN Photonic Crystal Nanocavities with GaN Quantum Dots」(GaN 量子ドットを有する AlN フォトニック結晶ナノ共振器の評価) では、第 6 章の手法によって作製した AlN フォトニック結晶ナノ共振器の顕微分光を行い、その光学特性について議論している。共振器モードを観測し、2,400 以上という窒化物半導体フォトニック結晶として最高の Q 値を確認している。

第 8 章の「Concluding Remarks」(結論) では、本論文の主要な結果をまとめると同時に、この研究の将来の方向性について議論している。

以上これを要するに、本論文は、III 族窒化物半導体微小共振器型光源の実現に向けて、結晶成長及びプロセスに関わる諸要素技術の基盤研究を行い、高性能な垂直微小共振器 LED を作製するとともに、優れた光学特性を有する高性能なフォトニック結晶ナノ共振器を実現したものであり、電子工学に貢献するところが少なくない。

よって、本論文は、博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。