

研究種目：特定領域研究

研究期間：2006～2010

課題番号：18069008

研究課題名（和文） 再現性に優れる GaInNAs 結晶技術の確立  
および長波長半導体レーザへの適用

研究課題名（英文） Reproducible growth technique for GaInNAs and its application to  
long-wavelength laser diodes

研究代表者

近藤 正彦（KONDOW MASAHIKO）

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：90403170

研究分野：半導体工学

科研費の分科・細目：（応用物理学・工学基礎）・（応用物性・結晶工学）

キーワード：GaInNAs、半導体レーザ、分子線エピタキシー、フォトルミネッセンス、  
高品質化、AlAs、活性窒素

### 1. 研究計画の概要

GaInNAs（ガリウム・インジウム・窒素・ヒ素＝ゲイナスと略称）は、現在、長波長半導体レーザのブレイクスルー材料と考えられている。しかし、その結晶成長は技術的に難しく、再現性に難がある。

半導体の発光特性は、一般に、フォトルミネッセンス(PL: photoluminescence)法で評価できる。GaInNAs レーザ用ウエハの場合、活性層上部にある GaAs コンタクト層および AlGaAs クラッド層のキャリア濃度が大きいため、そのままでは PL 測定ができない。AlGaAs クラッド層の一部までをエッチングで取り除けば測定可能になるが、エッチング量の正確な制御は困難である。PL 強度は、活性層より上方の半導体膜厚に大きく依存するので GaInNAs 活性層の発光特性を定量的に評価することはできない。他方、結晶成長途中のウエハを結晶成長装置から取り出せば、上方の半導体膜厚を正確に制御できるので、定量評価が可能である。しかし、As 系半導体、特に AlGaAs は表面が非常に活性化のため空气中で非発光センタを形成する。そのため、上部層を再成長するレーザの特性を劣化させる。因って、結晶成長の途中にウエハを取り出すことはできない。

本研究の目的は、GaInNAs の結晶成長中に発光特性を評価する手法を開発し、再現性に優れる GaInNAs の結晶技術を確立し、長波長半導体レーザに適用することである。

### 2. 研究の進捗状況

平成 18 および 19 年度は、当研究組織が所有する固体ソースのアネルバ社製 620 型分子線エピタキシー(MBE)へ装着・脱着が容易な小さな光学ベンチの PL 測定系を開発した。励起光源には高出力の半導体レーザを、分光・受光系には光ファイバ接続可能なマルチチャンネル・スペクトロメータを使用した。開発した測定装置により、結晶成長装置から取り出すことなく GaInNAs 活性層の発光特性を定量的に評価することが可能となった。

平成 19 年度および 20 年度は、開発した装置を用いて、GaInNAs レーザへ向けた再現性に優れる結晶技術の確立に取り組んだ。具体的には、Al セルを装備した MBE での意図しない Al の混入問題の解決に当たった。AlAs 層上での GaInNAs の MBE 成長時に N<sub>2</sub> ガス導入により発生する Al 混入の起因について詳細に調べた。混入する Al の濃度は N<sub>2</sub> ガス流量と Al セル温度に依存し、活性窒素を発生させるプラズマの条件には依存しないことが分かった。また、Al の混入した GaInAs 量子井戸では PL 発光特性が劣化した。因って、その抑制がレーザの特性改善に有効である。その施策としては、活性層となる GaIn(N)As の成長時に Al セル温度を待機温度の 750 まで降温保持すれば良いことが判った。これにより、市場から期待されている長波長面発光レーザにおいて重要な技術課題である超高 Al 組成の AlGaAs 層上への GaInNAs 成長技術を確立したと言える。

以上の結果は、プラズマ支援 MBE 法を用いて窒化物半導体を MBE 成長する際普遍的に発

生するものであり、同手法を用いた成長を行う際の有用な知見である。

### 3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している。

(理由)

上記のように研究は予定通り遂行されており、特段の問題は発生していない。

### 4. 今後の研究の推進方策

当初、本評価技術の有用性を、過去に開発した端面発光型レーザと同構造の素子を作製して実証する予定であったが、今後の発展性が期待できるフォトニック結晶レーザにおいて実証することに変更した。

フォトニック結晶レーザの電流注入による室温連続動作は、どの活性層材料においても未だ実現されていないので、本研究では先ず光励起によるレーザ動作を目指す。

平成21年度は、レーザ構造を作製するプロセス技術を開発する。また、要素プロセスの活性層材料の発光特性への悪影響も懸念されるので、素子評価を行いその結果をプロセス技術開発へフィードバックする。

平成22年度は、前年度に開発したるプロセス技術を用いて、フォトニック結晶レーザを作製する。そして、開発した技術の有用性を実証する。

### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 6 件)

近藤正彦、河野孝透、百瀬英毅、Selective Oxidation of AlGaAs for Photonic Crystal Laser、Japanese Journal of Applied Physics、印刷中、2009、査読有  
森藤正人、中矢陽介、三田村昴、近藤正彦、Novel Design of Current Driven Photonic Crystal Laser Diode、IEEE Photonics Technology Letters、Volume 21 Issue 8、p.513 - 515、2009、査読有  
碓哲雄、福嶋晋一、大田豊、福山敦彦、Wu ShuDong、石川史太郎、近藤正彦、Experimental study on hydrostatic and shear deformation potential in GaInNAs alloys using piezoelectric photothermal spectroscopy、Physical Review B、Vol. 77、p. 125311-1-125311-7、2008、査読有

[学会発表](計 3 1 件)

石川史太郎、Wu ShuDong、加藤正和、内山正之、東晃太郎、近藤正彦、Unintentional incorporation of Al

during the plasma-assisted molecular beam epitaxial growth of dilute nitride semiconductors on AIAs、The 15th International Conference on Molecular Beam Epitaxy、2008/8/5、バンクーバー・カナダ

内山正之、近藤正彦、Wu ShuDong、百瀬英毅、森藤正人、碓哲雄、福嶋晋一、福山敦彦、Experimental study on static dielectric constant of GaInNAs、The 2008 IEEE 20th Conference on Indium Phosphide and Related Materials、2008/5/28、ヴェルサイユ・フランス

[その他]

ホームページ

<http://www.e3.eei.eng.osaka-u.ac.jp/>