

電子・情報 工学専攻	学籍番号	023334	指導 教員	若原 昭浩
申請者 氏名	畠中 奨			古川 雄三

論文要旨 (博士)

論文題目	有機金属気相成長法による III-V-N/Si ヘテロエピタキシーと 光・電子デバイスへの応用
------	--

(要旨 1,200 字程度)

光デバイスを Si-LSI にモノリシックに高集積化する光・電子融合システムは、Si-LSI の更なる高性能化だけではなく、高機能・多機能なデバイスを実現することができ、光の特長を利用することで生体システムにみられる超並列演算処理・多層システムの構築が可能である。光・電子融合デバイス実現において、GaPN 系 LED の高効率化は最重要課題である。そのアプローチとして、制御性がよく、他の成長手法より比較的容易にデバイス構造を作りこむことのできる OMVPE 法を用いた。しかし、OMVPE 法による Si 基板上 GaPN 系 LED の作製においては、研究がなされておらず、基礎技術の確立が必要である。そこで、本研究では、OMVPE 法によって高効率 GaPN 系 LED を作製するために、その基礎技術である高品質 GaPN 成長および導電性制御、直接遷移型 InGaPN 成長を確立するとともに、GaPN 系 LED の高効率化およびその知見をえることを目的とした。

はじめに、OMVPE 法を用いた GaPN 系 LED を作製するために重要な GaPN の N 組成制御を調査した。また、導電性制御の妨げおよび発光効率低下の原因となる残留不純物の低減を試みた。その結果、DMHy 気相比を制御することにより、N 組成を Si との格子整合条件である 2% 付近の制御が可能となった。さらに、TEGa を用い、且つ、基板温度を 620°C とすることで、H や C といった残留不純物を低減でき、発光効率を改善することに成功した。

次に、GaPN の導電性制御およびその電気的特性を調査し、クラッド層の p-および n-GaPN 成長技術の確立を試みた。p-GaPN において、オートドーピング C および Zn、n-GaPN においては、S および Si をドーパントとして用いた。その結果、p 型および n 型のドーパントとしては Zn および S が適していることがわかり、世界で初めて OMVPE 法を用いた GaPN の導電性制御に成功した。

GaP および Si 基板上に GaPN ホモ接合ダイオードを作製することにより、デバイスレベルでの GaPN クラッド層の最適化を行った。また、InGaPN/GaP(N)歪量子井戸構造 LED の設計および作製を試みた。n 値が理想的な値である 2 より大きく、逆方向リーク電流も大きくなった。逆方向リーク電流は GaPN 層における欠陥に起因した発生電流が原因と考えられた。Si 基板上の GaPN 系 LED は n 型基板上に作製することで、n 値の減少および発光強度が増加することがわかった。電子を効果的に閉じ込め、且つ、直接遷移型 InGaPN を活性層にもつ InGaPN/GaPN 歪量子井戸構造 LED バンドアライメントの理論計算を行った結果、In 組成の最適値は 45% と見積もった。これをもとに、GaP 基板上および Si 基板上に直接遷移型 InGaPN を用いた InGaPN/GaP(N)歪量子井戸構造 LED を作製し、InGaPN 井戸層の量子準位からの発光を確認した。これらの結果により、OMVPE 法による直接遷移型 InGaPN 活性層を用いた GaPN 系 LED が世界で初めて作製でき、その LED の高効率化実現への可能性を示した。