

## GaAs系半導体発光素子の高機能化に関する研究

大郷, 毅

<https://doi.org/10.15017/1398409>

---

出版情報：九州大学, 2013, 博士（工学）, 課程博士  
バージョン：  
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名： 大郷 毅

論文題名： GaAs 系半導体発光素子の高機能化に関する研究

区 分： 甲

## 論 文 内 容 の 要 旨

本研究は半導体発光素子の更なる応用分野の拡大を目指して、新たな機能を付加した GaAs 系半導体発光素子を提案するとともに、その素子が実用化に耐えうる寿命性能をもつことを実証することを目的に行ったものである。具体的には  $0.66\mu\text{m}$  赤色半導体レーザにて光通信仕様に耐えうる高速変調特性と 10 万時間レベルの寿命性能を実現すること、そして  $1.0\mu\text{m}$  帯広帯域半導体発光素子を高出力化させ、かつ 3000 時間以上の信頼性を実現すること、の 2 つに取り組んだ。

本論文は全 6 章より構成されており、要旨は以下の通りである。

第 1 章では、半導体発光素子の「発光波長」、「寿命性能」、「その他機能」という 3 つの性能軸が産業に与えた影響を概観し、その上で本論文の目的を、新たな「その他機能」を付加した半導体発光素子を提案し、かつその素子が実用化に耐えうる「寿命性能」を持つことを実証する、とした。

第 2 章では半導体発光素子の動作原理と寿命性能について説明を行った。

第 3 章では、赤色半導体レーザの長寿命化と高速変調特性の改善について述べる。赤色半導体レーザは材料の問題から長寿命化が困難とされていたが、最終的に目標値を超える  $60^\circ\text{C}$ 、5mW 駆動時における平均推定寿命 80 万時間、故障率 1%においても推定寿命 20 万時間という寿命性能を達成した。また 10 万時間レベルの寿命では緩慢劣化が主な劣化モードであり、端面破壊による突然劣化が素子故障の要因ではないこと、そして GaInP/AlGaInP 結晶品質の改善により駆動電流密度を大きく低減できることを明らかにした。また半導体レーザ内部の寄生容量を電氣的に分離した構造を採用することで 1.25Gbps の変調特性を得ることに成功した。この結果は通信用光源に必要な性能を赤色半導体レーザで実現できることを示している。

第 4 章では  $1.0\mu\text{m}$  帯半導体発光素子の広帯域化と高出力化の両立について検討を行った。半導体発光素子の原理上、発光スペクトル幅の広帯域化と高出力化はトレードオフの関係にあるが、2 つの異なる量子井戸層を備えた素子構造を採用することで、従来素子構造と比較して波長帯域で 1.4 倍、光出力で 1.65 倍の値を得ることができた。この結果は 2 つの量子井戸層のバンドギャップ差、および素子構造における光閉じ込め率が、各量子井戸層に注入されるキャリア量に影響を与えていることを明確化したことによる成果である。

第 5 章では  $1.0\mu\text{m}$  帯広帯域半導体発光素子の劣化モード解析、および寿命特性の改善について述べる。この素子の寿命特性は量子井戸層における光パワー密度に大きく影響を受けることを明

らかにし、それを低減することによって寿命性能を大幅に改善した。そして最終的に 25°C、30mW 駆動において駆動電流値が 400mA 程度と非常に大きいにもかかわらず 4500 時間以上の安定動作を実現でき、目的としていた 3000 時間以上の寿命性能を達成することができた。

第 6 章では本論文で得られた成果を結論としてまとめ、更に今後の展望について述べた。