

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 吉川 弘文

赤外線検出器の応用先は、身近な人感センサから、セキュリティ、環境計測、医療、宇宙、軍事技術と幅広く、さらなる市場拡大として、赤外線検出器の性能向上（高感度化・高温動作化）および低コスト化が強く望まれている。三次元量子閉じ込め効果を利用する量子ドット赤外線検出（**QDIPs: Quantum Dot Infrared Photodetectors**）は、高感度・高温動作を実現する次世代赤外線検出器として期待されている。本論文は「高感度化に向けた量子ドット赤外線検出器の作製と特性評価に関する研究」と題して、**GaAs** よりも大きなバンドギャップ材料である **AlGaAs** を導入した **QDIP** 構造に着目し、赤外光吸収特性および比検出能特性の実験的評価を論じるとともに、低コスト化を目的とした無傾斜シリコン基板上 **QDIP** の動作実証について論じており、7章から構成されている。

第1章では、「序論」と題して、**QDIP** の高感度化、低コスト化に関する先行研究を紹介した後、本研究の目的と論文の構成を示している。

第2章では、「量子ドット赤外線検出器の基礎」と題して、量子ドットの結晶成長、シリコン基板上のヘテロエピタキシャル成長に関してその基礎を概説するとともに、**QDIP** の原理、理論、先行研究が述べられている。

第3章では、「量子ドット赤外線検出器の作製および特性評価方法」と題して、**QDIP** の結晶成長方法、デバイス作製方法に関して概説するとともに、赤外光吸収特性およびデバイス特性の評価方法に関して概説されている。

第4章では、「**AlGaAs** を母体材料に用いた多積層 **InAs/GaAs** 量子ドット構造における赤外光吸収特性の評価」と題して、**GaAs** または **AlGaAs** を母体材料に用いた多積層 **InAs/GaAs** 量子ドット構造の赤外光吸収特性評価について述べられている。結晶成長では、量子ドット形成後に **GaAs** 部分キャップ層の低温成長および **In** フラッシュを行い、量子ドット層周期を約 50 nm に設計して成膜することで、高い周期性を有する **GaAs** 母体および **AlGaAs** 母体の積層量子ドット構造試料が得られている赤外光吸収の特性評価では、フーリエ変換赤外分光光度計を用いて、多重反射光導波路とした積層量子ドット構造試料の透過光を

検出することで評価し、母体連続準位への遷移における量子ドットあたりの赤外光吸収率は、AlGaAs 母体に比べて GaAs 母体の方が大きいことを示している。また、この要因として、母体試料を GaAs から AlGaAs とすることによる伝導帯基底準位と母体連続準位間の行列要素低下を、数値計算により明らかにしている。

第5章では、「高 Al 組成の片側 AlGaAs 障壁層を導入した InAs/GaAs 量子ドット赤外線検出器の実現とその評価」と題して、片側 AlGaAs 障壁層を導入した GaAs 母体の QDIP 構造に関して、片側障壁層の導入による効果および片側 AlGaAs 障壁層の Al 組成依存性を、デバイスシミュレーションおよびデバイス特性評価の両面で論じている。デバイスシミュレーションでは、片側障壁層導入による暗電流低下が示され、片側 AlGaAs 障壁層の Al 組成を高めることで、さらに低暗電流化できることを示している。さらに、異なる Al 組成の片側 AlGaAs 障壁層を有する QDIP 構造を作製し、片側 AlGaAs 障壁層導入による比検出能の向上と、Al 組成を高めることによる比検出能のさらなる増大を明らかにしている。さらに、温度特性の測定により、高 Al 組成の片側 AlGaAs 障壁層を有する QDIP が高温耐性の向上に有効であることを示している。

第6章では、「無傾斜シリコン基板上の量子ドット赤外線検出器の試作」と題して、QDIP の低コスト化を目的とした、無傾斜シリコン基板上 QDIP の作製とデバイス特性評価について述べている。その結果、無傾斜シリコン基板上に直接成長した QDIP を実現するとともに、32K にて $6.2\mu\text{m}$ で光電流ピークを検出し、ピーク比検出能は $5.8 \times 10^7 \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2}/\text{W}$ の性能を得ている。

第7章では、「結論と展望」と題して、主要な研究成果を総括し、本論文の結論及び将来展望について述べている。

以上、これを要するに、本論文は、GaAs 母体に片側 AlGaAs 障壁層を導入した QDIP において、高 Al 組成を有する障壁層が高感度化および高温耐性の向上に有効であることを示すとともに、無傾斜シリコン基板上への直接成長により QDIP 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。