

審査の結果の要旨

論文提出者 Mohan Rajesh

モハン ラジェシュ

将来のコンピューターにおいては、省電力化、高速化、ダウンサイズ化の限界が存在する。この限界を打破するためには、光とシリコンLSI回路が融合したデバイスやシステムの実現が不可欠である。しかし、そのためには、シリコン上の光源の開発など物性・材料科学に立脚した革新的技術の確立が必要である。本論文は「Study on Growth of InAs Quantum Dots on Si-based Substrates by Metal Organic Chemical Vapor Deposition for Silicon Photonics Application (シリコンフォトニクス応用に向けた有機金属気相成長法によるシリコン系基板上的インジウム砒素量子ドットの結晶成長に関する研究)」と題し、シリコン系基板上的インジウム砒素量子ドットの結晶成長技術について論じており、全8章から構成され英文で書かれている。

第1章は「Introduction」と題し、本博士論文の背景および構成について述べるとともに、シリコン系基板上的高性能量子ドットレーザの実現に向けたシリコン系基板上的インジウム砒素量子ドットの結晶成長の研究の重要性を論じている。

第2章は「MOCVD growth of GaAs buffer layer on Si substrate」と題し、シリコン基板上ガリウム砒素のモノリシック結晶成長技術を確立するための目標・指針を示すとともに、シリコン基板上ガリウムヒ素層及びインジウム砒素量子ドットの結晶成長技術に関する概略も論じている。シリコン基板上に表面モフォロジーの良好なガリウムヒ素層を結晶成長するための方法として2ステップ法が有効であることを示し、転位密度を低減させる方法としての熱処理の効果についても論じている。一方で位相分域の発生を抑制するため微傾斜ガリウム砒素基板を導入・検討を行っている。

第3章は「Growth of InAs QDs on GaAs/Si substrate」と題し、量子ドットの結晶成長及び量子ドットレーザの歴史的背景及び変遷について述べた後、アンチモンを導入したガリウムヒ素/シリコン基板上インジウム砒素量子ドットの結晶成長及び光学・構造評価について簡潔に論じた上で、ガリウム砒素/シリコン基板上量子ドットの光学特性の成長温度依存性を詳細に検討している。また、量子ドットの発光波長を長波長化し光通信用波長帯 1.3 μm での発光を実現するための歪緩和層導入の効果についても検討を行っている。ガリウム砒素/シリコン基板上のインジウム砒素量子ドットの室温における発光特性はガリウム砒素バッファ層における欠陥密度と関連が深いことから、本章ではゲルマニウムを中間層に用いた結晶成長法による欠陥密度低減の可能性についても触れている。

第4章は「Growth of GaAs buffer layer and InAs QDs on GaAs/Ge/Si substrate」と題し、シリコン基板の代わりにゲルマニウム/シリコン基板を用いた結晶成長法について論じている。バッファ層であるガリウム砒素の成長温度が構造特性や表面モフォロジーに与える影響を調べるためのアニール実験の結果を述べており、3ステップ成長法を用いることで表面モフォロジーが大幅に改善することが示されている。更にゲルマニウム/シリコン基板上で1.3 μm で室温発光するアンチモン導入したインジウム砒素量子ドットの結晶成長について論じている。ゲルマニウム/シリコン基板を用いてもガリウム

バッファの結晶性が量子ドットの結晶性を決定づけているため、この章ではゲルマニウム/シリコン基板に加えゲルマニウム/酸化物基板の重要性についても触れている。

第5章は「Growth of GaAs buffer layer on GeOI substrate」と題し、ゲルマニウム/酸化物基板の特性に関して簡単に触れた後、詳細な成長条件依存性について議論し、3ステップ成長法の有用性を示唆している。

第6章は「Sb-mediated growth of InAs QDs on GaAs/GeOI substrate」と題し、ゲルマニウム/酸化物基板上にアンチモン照射したガリウムヒ素上インジウム砒素量子ドットを結晶成長において、アンチモン照射時間がインジウム砒素量子ドットの光学特性に与える影響を詳細に調べることにより、最適なアンチモン照射量を実験的に導出している。

第7章は「Optimization of growth parameters for high density InAs/Sb:GaAs QDs on GaAs/GeOI」と題し、前章で最適化したアンチモン照射時間を用いてインジウム砒素アンチモン量子ドットをゲルマニウム/酸化物基板上に成長し、様々な成長パラメータによる光学特性の変化を詳細に調べるとともに、成長条件の最適化を行い室温で非常に強い発光を確認することに成功している。

第8章は「Conclusion and suggestions for future prospect」と題し、各章の主要な成果をまとめて総括し、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、有機金属気相成長法において、インジウム砒素量子ドットのシリコン基板上への形成について、基板貼り合わせを用いたゲルマニウム層の導入により高品質・高密度量子ドットを実現するとともに、光学的評価により通信波長帯における量子ドットの発光を確認し、シリコンフォトニクスへの応用の可能性を示したものであり、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。