

## 審査の結果の要旨

論文提出者 権 晋寛

単一光子発生素子は、量子通信や量子コンピュータにおける重要な素子の一つである。特に半導体量子ドットを用いた単一光子発生素子は、材料の選択により広い波長域の単一光子光が得られるため、通信波長帯量子暗号通信技術などへの応用が期待されている。量子ドットは、これまで III-V 族の半導体基板上に量子ドットの成長や素子作製が主に探究されてきたが、シリコンなど異種基板上への素子の直接形成の必要性が高まっている。しかし、シリコン上での良質な量子ドットの実現は容易ではないため、量子ドットを埋め込んだナノワイヤ（量子ドットナノワイヤ）など、いくつかの新構造の形成の試みが行われてきた。本論文は、「Growth of InAs/GaAs Quantum Dots-in-Nanowire on Si and Its Application to Single Photon Emitter (InAs/GaAs 量子ドットナノワイヤのシリコン基板上成長と単一光子発生素子への応用)」と題して、GaAs ナノワイヤのシリコン基板上形成、InAs 量子ドットを埋め込んだ GaAs 系ナノワイヤのシリコン基板上形成、構造評価、単一光子発生素子としての特性評価などについて論じたものであり、全7章から構成され、英文で書かれている。

第1章では、「Introduction」と題して、単一光子発生素子、量子ドット、ナノワイヤの研究分野の発展と現状の研究情勢について論じ、本論文の目的と構成を示している。

第2章では、「Quantum dots and nanowires」と題して、量子ドットとナノワイヤ結晶成長の手法や物理的性質の特徴を概説している。

第3章では、「Experimental and characterization techniques」と題して、本論文において量子ドットナノワイヤ構造の作製に用いた装置や光学的評価方法について概説している。

第4章では、「Growth of GaAs nanowires on Si」と題して、分子線エピタキシ法 (Molecular Beam Epitaxy:MBE) 法を用いたシリコン基板上への GaAs ナノワイヤの成長について論じている。シリコン基板上への GaAs ナノワイヤの成長を実現し、その成長条件と形状、分布、結晶構造の制御方法を明らかにしている。また、GaAs ナノワイヤの成長メカニズムを Vapor-Liquid-Solid(VLS) 成長モードと Vapor-Solid(VLS) 成長法に区分し、それぞれのナノワイヤが成長される成長条件領域やその領域を制御する方法を示している。これらの結果は、ナノワイヤ構造の完全制御のためには、初期成長条件の設定が重要であることを示している。

第5章では、「Growth of heterostructures on GaAs nanowire and its optical properties」と題して、GaAs ナノワイヤ上のヘテロ構造の成長とその光学特性の評価について論じている。InGaAs のヘテロ構造の GaAs ナノワイヤの表面上形成と、その InGaAs ヘテロ構造からの近赤外領域発光を示している。また、AlGaAs のヘテロ構造の導入による GaAs ナノワイヤの発光強度の増加を示している。これらの結果は InGaAs 系材料を活性層、AlGaAs をキャッピング材料として利用した、GaAs ナノワイヤの高効率発光素子の作製可能性を示している。

第6章では、「Growth of self-assembled InAs quantum dots embedded in GaAs nanowire structures on Si and its optical properties」と題して、InAs 量子ドットを埋め込んだ GaAs ナノワイヤの成長とその光学性質の評価について論じている。GaAs ナノワイヤ構造上への自己形成 InAs 量子ドットの形成メカニズムを実証している。また、量子ドットナノワイヤ構造の形成とその構造からの単一光子の発生を示している。また、量子ドットナノワイヤ構造のシリコン基板上集積化の可能性について言及している。

第7章では、「Conclusion and outlook」と題して、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、MEB 法において、VS 成長モードによるシリコン基板上 GaAs 系ナノワイヤの成長条件を明らかにするとともに、ナノワイヤ構造中に高品質 InAs 量子ドットを形成することにより単一光子発生素子の基本動作を実証したものであり、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。