

審査の結果の要旨

氏名 石田 悟己

光通信ネットワークは、長距離通信から短距離通信までその進展はめざましく、情報通信社会の発展に大きく貢献してきている。特に、短距離の光情報伝送である光インターコネクション技術においては、データセンター内通信から集積回路チップ間通信に至るまで広く展開されており、シリコンフォトニクスを中心にして、光源、受光素子、導波路など光集積回路を構成するデバイスの研究開発が近年活発に行われている。これらのデバイスの実現において最近有力視されているのが、量子ドット、フォトニック結晶、MEMS 構造などの半導体ナノ構造である。半導体ナノ構造は、単にデバイスの小型化を可能にするのみならず、量子効果や量子電気力学効果、歪み効果などにより、光電子物性や光電子相互用の制御を可能にするが、その形成においては、ナノメートルオーダーの構造制御が必要である。このため、半導体ナノ構造の形成において、これまで半導体集積回路の発展に貢献した電子線描画技術が、しばしば重要な役割を果たしている。

本論文は、「電子線描画技術を用いた半導体ナノ構造の形成とその評価に関する研究」と題し、電子線描画技術と半導体加工プロセスを駆使することにより、有機金属気相選択成長による半導体量子ドット構造の形成とその光学特性について論じるとともに、間接遷移型半導体であるゲルマニウムにおいて2軸性伸長歪を増強する中空マイクロ構造を提案・作製し、その発光特性の増大の可能性について論じており、全8章で構成されている。

第1章は「序論」と題し、本博士論文の背景および構成について論じている。

第2章では、「電子線描画技術を中心としたナノ加工要素技術」と題して、本論文で重要な役割を担う電子線描画の概論として、電子線描画装置と技術について述べている。

第3章では、「半導体ナノ構造形成のための電子線描画基板技術の開発」と題して、電子線描画プロセスを施す対象となる半導体材料についての露光量補正技術、電子線描画されるパターンデザインに起因する近接効果に対する補正技術、ナノスケールのパターンを精度良く対象構造に描画する位置合わせ技術、ドライエッチングプロセスにおける電子線感光レジスト変質を解決する2層レジスト描画技術について述べ、その具体的作製例を示している。

第4章は「有機金属気相成長法を用いた2次元V溝構造中のGaAs量子ドット構造の作製とその光学特性」と題し、有機金属気相成長法による新しい量子ドット構造作製方法を提案・作製し、形成した量子ドット構造のフォトルミネッセンス測定とカソードルミネッセ

センス測定を行いうことにより、その光学特性を論じている。

第5章は「電子線描画技術を利用した自己形成量子ドットの成長領域の制御」と題し、電子線描画によりさまざまな開口径と周期を有する酸化シリコン薄膜パターンを用い、自己形成量子ドットの成長及びその成長領域の制御について論じている。

第6章は「ゲルマニウム薄膜への2軸性伸長歪増強中空マイクロ構造の導入とその光学特性」と題し、間接遷移型半導体であるゲルマニウムに2軸性伸長歪を印加することで、直接遷移型発光を増強させること目的とし、シリコン上に化学気相成長されたゲルマニウム薄膜の初期歪を利用した2軸性伸長歪増強中空マイクロ構造を提案するとともに作製している。さらに顕微光学測定により、2軸性伸長歪量と発光波長特性を測定評価し、ゲルマニウムの伸長歪による直接遷移発光のシフト量と Γ 点のバンドギャップ、及びその発光強度について論じている。さらに、より多くのキャリアを Γ 点に供給する方法として、 n ドープされたゲルマニウム薄膜に本構造を適用し、発光強度のドープ量依存性について論じている。

第7章は「2軸性伸長歪増強中空マイクロ構造ゲルマニウム薄膜の低温特性」と題し、低温度環境を用いたより大きな2軸性伸長歪量を印加し、直接遷移発光のシフト量と Γ 点のバンドギャップ、及び発光強度の伸長歪依存性と温度依存性について論じている。

第8章は「結論」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、電子線描画技術と半導体加工プロセスを駆使することにより、有機金属気相選択成長法を用いた新たな量子ドットの形成手法を提案・実証するとともに、間接遷移半導体であるゲルマニウムにおいて2軸性伸長歪を増強する中空マイクロ構造を導入し発光強度の増大を確認するなど、半導体ナノ構造形成技術の発展において有益な知見を与えるものであり、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。