

審査の結果の要旨

論文提出者

伊 東 雅 之

半導体量子細線の輸送現象を明らかにするためには、高品質な量子細線の作製技術の確立が不可欠である。本論文は、「Fabrication of High-quality Quantum Wires by Focused-Ion-Beam Implantation and Their Mesoscopic Transport Characterization (集束イオンビーム注入法を用いた量子細線形成における高品質化とそのメソスコピック輸送特性評価)」と題し、集束イオンビーム注入法を用いて量子細線構造の高品質な形成法とその問題点を論じ、量子細線構造形成のための加工プロセスに伴う電子移動度の低下を極力抑制することにより、新しいメソスコピック構造形成の可能性を実験的に検証した研究成果についてまとめたものであって、英文で記されており全6章より構成されている。

第1章は、「Introduction (序論)」と題して、本研究の導入として、メソスコピック系のスケールと特徴的現象を示し、とりわけ化合物半導体、GaAs系の高機能デバイス作製のための鍵となる結晶成長、加工技術についての現状を概観し、新しいメソスコピック構造デバイス作製のための高品質低次元構造の形成法と電子輸送特性、メソスコピック物理現象を解析する本研究の意義と目的を明確化している。

第2章は、「High-quality Quantum Wires Fabricated by Reactive Ion-Beam Etching (RIBE) and the One-dimensional Carrier Concentration (反応性イオンビームエッチング(RIBE)による高品質量子細線と一次元キャリア濃度)」と題して、RIBEを用いた量子細線の形成法と電子輸送特性について議論している。二層レジストを用いたEB露光と“浅いRIBE”を組み合わせた作製法により、従来困難であった細くて長い量子細線を低損傷で形成することに成功した。また、新しく導入したパラメータである一次元キャリア濃度 N_1 の妥当性について実験的にC-V測定から検証した結果についても論じた。

第3章は、「Low-landing-energy Focused-Ion-Beam (FIB) System and its Improvement (低エネルギー注入集束イオンビーム(FIB)システムとその改良)」と題して、超微細構造、メソスコピック構造作製のために不可欠であった新型低エネルギー注入FIB装置の問題点の解決を図った経緯を論じている。その結果、この装置のGa-FIB注入時にみられた2種類の大きなバックグラウンドノイズ(Rough Surface, Scratchiness)の徹底的な原因究明とその低減化を行った。また、更にFIB注入時のビーム形状をリアルタイムに把握する簡単なビームモニタシステムを考案した。

第4章は、「Quantum Wires Fabricated by Ga-FIB Shallow Implantation [*Ga-FIB Shallow-Implanted Quantum Wires*] ("Ga-FIB の浅い注入法"で作製された量子細線)」と題して、注入エネルギーを従来(100keV)に比べ大幅に低下(69, 30keV)させドーズ量も臨界値まで低下させる、"浅い注入法"を考案して量子細線形成の高品質化に成功し、従来に比べ大きく増強されたバリスティック輸送現象を観測した結果を述べている。

第5章は、「New Mesoscopic Structures Fabricated by Combination of FIB and Molecular Beam Epitaxy [New FIB-MBE System] (FIB装置と分子線エピタキシ(MBE)装置接続システムによる新しいメソスコピック構造)」と題して、従来の問題点であった成長中断の効果を極力抑制したFIB装置とMBE装置の新しい接続システムを構築した。特に、"埋め込みイオン注入法"をチャンネル狭窄に用いることにより、不本意な注入イオンの無い高品質量子細線の形成に成功した。この量子細線では、従来のイオン注入による空乏化の欠点であった注入層と空乏層の分離がなされている。

第6章は「Concluding Remarks (結論)」であり、各章の主要な研究成果をまとめて総括し、本論文の結論を述べている。

以上これを要するに、本論文では、集束イオンビーム注入法を用いた高品質量子細線の形成技術について論じ、電子移動度の低下を抑制するために、イオンビーム注入に起因する諸問題を克服することにより、量子細線中の電子輸送特性について有用な知見を明らかにしたものであり、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。