

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11906 号
------	---------------

氏 名 竹内 大智

論 文 題 目

Si系量子ドット多重集積構造の弾道電子放出特性に関する研究
(Study on Ballistic Electron Emission Characteristics of Si-based
Quantum Dots for Their Application to Field Emission Devices)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	宮崎 誠一
委員	名古屋大学	教授	齋藤 弥八
委員	名古屋工業大学	教授	種村 眞幸
委員	名古屋大学	准教授	牧原 克典

論文審査の結果の要旨

竹内大智君提出の博士論文「Si系量子ドット多重集積構造の弾道電子放出特性に関する研究」は、既存の半導体プロセスと親和性の高いSi系材料に着目し、Siナノ構造からの電子放出メカニズムの解明および電子放出の高効率化を目的として、導電性AFM探針による非接触二次元電流像計測による放出電子の高空間分解能検出技術を確立するとともに、放出電子のエネルギー分布計測と組み合わせて高効率電子放出デバイス開発への指針を与える研究成果をまとめたものである。尚、本論文は、以下の7章で形成されており、各章の詳細は下記の通りである。

第1章は序論であり、研究背景、目的および概要について述べられている。研究背景では、電子放出が認められる様々な材料系の特徴とSiナノ構造からの電子放出特性や課題がまとめられており、電子放出デバイスの応用例についても解説されている。

第2章では、Siナノ構造の作製方法および電子放出特性を検出するための手法であるAFMの基本原則が詳細に述べられている。また、Siナノ構造からの電子放出に関する課題を整理し、その解決法として、導電性AFMを用いた非接触二次元電流像計測を提案している。

第3章では、先端への電界集中により電子放出が期待できる柱状Siナノ構造に着目し、Si酸化膜に内包されたSiナノ結晶を柱状Siナノ構造上に高密度形成した系からの電子放出を議論している。具体的には、Siナノ結晶／柱状Siナノ構造上に極薄Au電極を形成し、Au電極一試料間の電圧印加で生じる電子放出を、先端の曲率半径が $\sim 10\text{nm}$ の導電性AFM探針を用いて非接触測定することで、ナノ結晶を介した個々の柱状Siナノ構造を反映した電子放出であることを明らかにするとともに、本提案測定手法が高空間分解能測定に有用であることを実証している。さらには、低電圧駆動実現への知見を得るため、矩形波パルス電圧を印加し、ナノドットへの電子注入・放出を繰り返し行うことで低電圧・高効率放出が実現できることを見出している。

第4章では、電子放出におけるSi量子ドットの役割の知見を得るため、一次元に縦積み連結したSi系量子ドットを形成し、前章で確立した導電性探針を用いた非接触二次元電流像観察により電子放出メカニズムを議論するとともに、放出電子のエネルギー分布測定から、一次元連結ドットからの電子放出は弾道電子が寄与していることを明らかにしている。

第5章では、Si量子ドット6層積層構造からの電子放出特性を評価し、得られた成果から電子放出メカニズムをエネルギーバンド構造を用いて議論し、SPring-8での硬X線光電子分光測定により、提案した電子放出モデルの妥当性を示している。

第6章では、Si量子ドットからの電子放出の高効率・低電圧化を目的として、価電子制御Si量子ドット集積構造を作製し、Si量子ドットへのP添加が電子放出に及ぼす影響を評価しており、Si量子ドットからの電子放出の高効率化には価電子制御が有効であることを明らかにしている。

第7章では、本論文で明らかにした研究成果を総括するとともに、残された今後の課題や展望が述べられている。

以上のように本論文の著者は、ナノ構造からの電子放出の高空間分解能検出技術を確立し、Si量子ドットからの電子放出特性を定量評価しており、得られた成果の工学的な意義は極めて大きい、また、得られた成果を基に、Siナノ構造からの電界電子放出メカニズムをモデル化し、自らモデルの妥当性を実験的にも示しており、学術的意義も十分高い。よって、本論文の著者・竹内大智君は、博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと判断した。