

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 14540 号
------	---------------

氏 名 趙 珉吉

論 文 題 目

A Study on Characterization of One-dimensional Semiconductor Nanomaterials by Microwave Atomic Force Microscopy
(マイクロ波原子間力顕微鏡による一次元半導体ナノ材料の評価に関する研究)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	工学研究科	教授	巨 陽
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	福澤 健二
委員	弘前大学	理工学研究科	教授	笹川 和彦
委員	名古屋大学	工学研究科	准教授	徳 悠葵

論文審査の結果の要旨

趙 珉吉君提出の論文「A Study on Characterization of One-dimensional Semiconductor Nanomaterials by Microwave Atomic Force Microscopy」は、原子間力顕微鏡 (AFM) とマイクロ波計測技術を融合したマイクロ波原子間力顕微鏡(M-AFM)を用いて、一次元半導体ナノ材料の局所的誘電率と一次元半導体ナノ材料デバイスの局所的電気伝導率のその場評価を実現したものである。マイクロ波によって誘起されるナノ材料中のクーロン力をM-AFMで測定し、一次元半導体ナノ材料の局所的誘電率を非接触モードで定量的に評価する手法を構築した。また、半導体ナノ材料を用いたボトムゲート型電界効果トランジスタ(FET)を作製し、M-AFMによりナノ材料FETの局所的電気伝導率の非接触かつ定量評価を実現した。

第1章は緒論であり、ナノ材料、ナノデバイスの局所的電気特性評価の重要性を述べている。また、AFM技術に基づく代表的なナノ材料電気特性評価の現状と課題を記述している。さらに、本研究の目的を示している。

第2章では、非接触モードAFMの測定原理とM-AFMのマイクロ波測定システムについて述べている。また、フォトリソグラフィ、電子ビーム蒸着、および集束イオンビームエッチング技術を駆使して、M-AFMプローブの作製方法を記述している。さらに、作製したM-AFMプローブの空間分解能や測定感度についての評価結果を示している。

第3章では、M-AFMを用いて、非接触モードで一次元半導体ナノ材料の局所的誘電率を定量的に評価する方法を構築した。マイクロ波によって誘起されるナノ材料中のクーロン力に基づいて、一次元半導体ナノ材料の局所的誘電率の評価モデルを提案した。誘電率の異なる半導体ナノワイヤに対しM-AFMによる走査を行い、ナノ分解能を有する表面形状とマイクロ波画像の同時計測を実現した。さらに、M-AFMで測定したフォースカーブと提案した評価式を用いて、半導体ナノワイヤの局所的誘電率の定量評価を実現した。ナノワイヤのサイズ効果や異方性誘電分極が局所的誘電率評価に及ぼす影響を検討した。

第4章では、M-AFMを用いて、非接触モードでの動作中におけるナノ材料デバイスの局所的電気伝導率定量評価方法を構築した。MEMS技術により、半導体ナノベルトを利用したボトムゲート・トップコンタクト型FETの作製に成功した。二端子法による測定結果では、ナノベルトのキャリア密度がゲート電圧によって正確に変調できることを示した。また、ナノベルトFETのM-AFMによる走査を行い、ナノ分解能を有する表面形状とマイクロ波画像の同時計測を実現した。さらに、ナノベルトの局所的電気伝導度を非接触かつ定量的に評価する理論モデルを構築した。測定したマイクロ波画像を利用して、提案した評価式による各ゲート電圧下でのナノベルトの電気伝導率の定量評価に成功した。ゲート電圧の変化によって引き起こされるナノベルトにおけるキャリア密度の変化を検討した。

第5章では、本研究によって得られた主な結論を要約した。

以上のように、本論文では、M-AFMを利用して、非接触モードで一次元半導体ナノ材料の局所的誘電率を評価する方法を構築した。また、M-AFMにより半導体ナノ材料FETの局所的電気伝導率を評価する方法を構築し、ゲート電圧によるキャリア密度の変化を定量的に評価することに成功した。本研究は先駆的技術の基礎となる非常に価値の高い成果を挙げており、学術的および産業的に寄与するところが多い。よって、本論文の提出者である趙 珉吉君は博士の学位を受けるに十分な資格があると判定した。