



Title	導電性カーボンナノチューブ走査トンネル顕微鏡探針によるナノ計測技術の開発に関する研究
Author(s)	村田, 祐也
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48735">https://hdl.handle.net/11094/48735</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	村 田 祐 也
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 2 0 6 3 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 20 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻
学 位 論 文 名	導電性カーボンナノチューブ走査トンネル顕微鏡探針によるナノ計測技術の開発に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 片 山 光 浩  (副査) 教 授 森 田 清 三    教 授 谷 口 研 二    教 授 杉 野 隆 教 授 栖 原 敏 明    教 授 伊 藤 利 道    教 授 八 木 哲 也 教 授 尾 崎 雅 則    教 授 近 藤 正 彦    教 授 森 勇 介 准教授 本 多 信 一

## 論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、導電性カーボンナノチューブ走査トンネル顕微鏡探針によるナノ計測技術の開発に関する研究をまとめたもので、3部より構成されている。

以下に、それぞれの研究対象で得られた結論を総括する。

### 1. ナノスケール電気伝導計測手法の検討

導電性カーボンナノチューブ (CNT) 探針を 4 端子電気伝導計測の測定プローブに応用して、 $\text{CoSi}_2$  ナノワイヤの電気伝導特性を測定した。その結果、探針間距離を最小 30 nm まで近づけて、4 端子抵抗測定をおこなうことに成功した。探針間距離を 1  $\mu\text{m}$  から 30 nm まで変えつつ 4 端子抵抗を測定した結果、拡散伝導を反映した直線的な抵抗－探針間距離依存性を得ることができた。また、導電性 CNT 探針による測定は、試料の電気伝導特性に影響を及ぼすようなダメージを与えず、探針自体の形状も変わらないことがわかった。本研究で実証した導電性 CNT 探針の諸特性は、単一の試料の電気伝導特性をナノスケールの電極間距離で繰り返し測定するうえで必要不可欠という結論を得た。

### 2. 急峻な凹凸構造の精密プロファイリング手法の検討

導電性カーボンナノチューブ (CNT) 探針を用いて急峻な凹凸構造を STM 観察し、従来の金属探針を用いるよりも精密なプロファイルが得られることを実証した。凹凸構造の SEM 像と STM によるラインプロファイルの比較から、導電性 CNT 探針の実効的な直径を見積もり、TEM 像から得られた探針の直径とほぼ一致することを示した。導電性 CNT 探針は、凹凸構造の STM 観察中も安定なトンネルコンタクト状態を維持することがわかった。このことは、電気泳動法によって CNT と金属探針の軸が揃った状態で両者が接着されること、および金属被膜によって探針全体の均一な導電性が確保されることに起因すると結論づけた。

### 3. ナノ構造の原子スケール立体イメージング法の検討

導電性カーボンナノチューブ (CNT) 探針を用いて、 $\text{ErSi}_2$  ナノ結晶の原子レベル立体イメージングをおこなった。その結果、 $\text{ErSi}_2$  ナノ結晶の形状、結晶構造、側壁の表面構造、状態密度を詳細に解析できることを示した。 $\text{ErSi}_2$  ナノ結晶は、tetragonal  $\text{ThSi}_2$  型結晶構造をもち、四方を囲む側壁は (105) ファセット面、表面周期構造は  $1 \times 1$  周期であることがわかった。STM 像のバイアス電圧依存性に基づいて、表面構造モデルを提案した。また、側壁と頂上との境界部分、および表面ステップの構造について詳細な知見を得た。走査トンネル分光 (STS) 測定の結果、ナノ結晶の頂上と側壁はいずれも金属的な表面状態密度を示したが、フェルミレベル直下に差をもつことがわかった。

以上の研究を通して、導電性カーボンナノチューブ探針によるナノスケール物性計測手法の有用性を実証し、走査トンネル顕微鏡やナノ電気伝導計測の新しい適用範囲を示した。また、ナノ構造の表面原子構造や電気的特性に関して、新しい知見を得ることができた。

## 論文審査の結果の要旨

本研究は、導電性カーボンナノチューブ走査トンネル顕微鏡 (STM) 探針によるナノ計測技術の開発に関する研究をまとめたもので、8章より構成されている。

第1章では、本研究の背景と目的、本研究で得られた結果の概要、新しい知見、および各章間の関連を述べている。

第2章では、本研究に関連する基礎事項を述べている。

第3章では、本研究で用いた実験装置について述べている。

第4章では、導電性カーボンナノチューブ探針の作製法を述べている。探針作製工程を説明した後、探針の輸送耐久性、機械的強度、および電気的特性の評価について述べている。

第5章では、導電性カーボンナノチューブ探針を4端子電気伝導計測の測定プローブに応用し、 $\text{CoSi}_2$  ナノワイヤの電気伝導特性を測定した結果について述べている。探針間距離を最小 30 nm まで近づけて、4端子抵抗測定をおこなうことに成功している。また、同探針による測定は、試料の電気伝導特性に影響を及ぼすようなダメージを与えないことを示している。

第6章では、導電性カーボンナノチューブ探針を用いて、急峻な凹凸構造を STM 観察した結果について述べている。同探針を用いることにより、従来の金属探針よりも精密なプロファイルが得られることを示している。さらに、同探針が凹凸構造の STM 観察中も安定なトンネルコンタクト状態を維持することを見い出している。

第7章では、導電性カーボンナノチューブ探針を用いて、 $\text{ErSi}_2$  ナノ結晶の原子レベル立体イメージングを行った結果について述べている。 $\text{ErSi}_2$  ナノ結晶の形状、結晶構造、側壁の表面構造、状態密度を詳細に解析できることを示している。

第8章では、本研究において得られた知見を総括している。

以上のように、本論文では導電性カーボンナノチューブ探針によるナノスケール物性計測手法の有用性を実証し、走査トンネル顕微鏡やナノ電気伝導計測の新しい適用範囲を示している。さらに、本論文はさらなる発展の可能性を秘めており今後の研究が期待される。また、論文公聴会においては適切な説明がなされ、討議・質問に対しては適確な回答がなされた。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。