

Title	機能性ナノプローブの作製とナノ計測応用に関する研究
Author(s)	小西, 博文
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48535
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。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名 小 西 博 文

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 2 1 2 1 3 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 19 年 3 月 23 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 1 項該当

工学研究科電子工学専攻

学 位 論 文 名 機能性ナノプローブの作製とナノ計測応用に関する研究

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 片 山 光 浩

(副査)

教 授 森 田 清 三 教 授 八 木 哲 也 教 授 栖 原 敏 明

教 授 尾 崎 雅 則 教 授 近 藤 正 彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、機能性ナノプローブの作製とナノ計測応用に関する研究をまとめたものであり、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. 超伝導体被膜探針の作製と性能評価

CNT をテンプレートとして、パルスレーザー蒸着 (PLD) 法により超伝導体被膜ナノワイヤを作製した。本手法により、nm オーダーの精度で膜厚を制御しつつ、化学量論的組成の化合物超伝導体膜を CNT に均一に被膜できることを示した。さらに、超伝導体被膜探針を用いた低温の走査型トンネル顕微鏡 (STM) において超伝導ギャップを確認し、本研究で作製した超伝導体被膜探針の高分解能 STM/STS の実現可能性を提示した。

2. 導電性カーボンナノチューブ探針の高収率作製と電気伝導特性評価

(1)誘電泳動法による CNT 探針の作製、(2)アモルファスカーボン堆積と真空加熱による CNT-金属探針間の補強、(3)PLD 法による金属被膜の一連の処理により、導電性 CNT 探針を作製する手法を開発した。この手法により作製された探針は、実用レベルの耐久性、機械的強靱性、安定した導電性を兼ね備えていることを明らかにした。また、多探針 STM に導電性 CNT 探針を 4 本同時に導入し、探針自身の電気伝導特性を nm スケールで 4 端子測定することにより、この接合力強化技術が CNT-金属探針間の接触抵抗の低減にも有効であることを示した。このように、本研究で提案・作製した探針は、多探針 STM による nm スケールでの電気伝導測定に対して有望であることを提示した。

3. 耐環境型ナノプローブの作製と評価

PLD 法により SiO₂/PtIr 多層膜を被膜した探針に、透過型電子顕微鏡 (TEM) 中で電子ビームを照射することにより、SiO₂ 膜が除去されることを見出した。この手法により、直径 50 nm 以下で探針先端の SiO₂ 膜を除去可能であることを示し、nm スケールの導電性領域をもつプローブ構造を作製することに成功した。さらに、作製した探針を用いた STM 観察により、絶縁膜除去領域が導電性をもつことを示した。また、細胞培養液を用いた耐環境試験に

より、探針が化学的安定性も兼ね備えていることを明らかにした。

本研究によって、無機化合物の均一被膜技術、CNT と金属探針間の接合強化技術、および探針先端におけるナノレベル微細加工技術に関して、有意義な知見を得ることができた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、機能性ナノプローブの作製とナノ計測応用を目的として、超伝導体被膜探針の作製と性能評価、導電性カーボンナノチューブ (CNT) 探針の高収率作製と電気伝導特性評価、耐環境型ナノプローブの作製と評価についてまとめたものであり、7章より構成されている。

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

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と実験手法について述べている。

第4章では、CNT をテンプレートとして、パルスレーザー蒸着 (PLD) 法により超伝導体被膜ナノワイヤを作製した結果について述べている。この手法により、nm オーダーの精度で膜厚を制御しつつ、化学量論的組成の化合物超伝導体を CNT に均一に被膜できることを示した。

第5章では、多探針 STM 用導電性 CNT 探針の高収率作製と探針の電気伝導特性を評価した結果について述べている。本研究では、探針作製スループットを向上させる手法として、(1)誘電泳動法による CNT 探針の作製、(2)アモルファスカーボン堆積と真空加熱による CNT-金属探針間の補強、(3)PLD による金属被膜の処理を施す一連の探針作製プロセスを提案した。この手法により作製した探針は、実用レベルの耐久性、機械的強靱性、安定した導電性を兼ね備えていることを明らかにした。さらに、多探針 STM に導電性 CNT 探針を4本同時に導入し、探針自身の電気伝導特性を nm スケールで4端子測定することにより、本手法が CNT-金属探針間の接触抵抗の低減にも有効であることを示した。このように、本研究で作製した導電性 CNT 探針は、多探針 STM によるナノスケールでの電気伝導測定に対して有望であることを示している。

第6章では、絶縁膜先端除去探針の作製とその耐環境試験に関する研究について述べている。PLD により SiO_2/PtIr 多層膜を被膜した探針に、透過型電子顕微鏡中で電子ビームを照射することにより、 SiO_2 膜が除去されることを見出した。この現象を用いて、 SiO_2 被膜探針先端の SiO_2 膜を選択的に除去することで、直径 50 nm 以下の導電性領域をもつ探針を作製することに成功している。また、細胞培養液を用いた耐環境試験により、探針が化学的安定性も兼ね備えていることを明らかにした。

第7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、本論文では種々の被膜型ナノプローブ構造を提案・作製し、ナノ計測応用へ向けた有用な結論を得ることができた。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・質問に対しては的確な回答がなされた。よって本論文が博士の学位を授与するにふさわしいものと認定する。