

氏名(本籍地)	甲山 智規
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第 7244 号
学位授与年月日	平成 27 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	数理物質科学研究科
学位論文題目	

多探針 STM の開発と応用

主査	筑波大学教授	工学博士	重川秀実
副査	筑波大学教授	博士(工学)	佐々木 正洋
副査	筑波大学准教授	博士(理学)	牧村哲也
副査	豊田工業大学教授	工学博士	吉村雅満

論 文 の 要 旨

本研究では、4本の探針を独立に STM 動作でき、探針でバイアス印加、また電流・電位測定が可能であるなど、各探針を測定に合わせて自由に制御できる多探針 STM を開発し、新しい情報を得ることが可能な測定手法を確立することを目的としている。

まず、プリアンプ開発では、電流測定や電位測定に悪影響を及ぼしていた寄生容量をシールドドライブ回路と容量補償回路によって解決した。電流測定では実効的な寄生容量を1/20000にまで削減することに成功した。STS測定では1 pAを切る精度でIV測定が可能となった。また、電位測定では実効的な寄生容量は1/1000にまで低減でき、帯域が1 Hzだったものを1 kHzに改善することに成功した。以上、電気伝導測定に十分な精度を持つプリアンプの開発に成功した。

次に STM 及び STS、STP 測定を同時にできるグリッド測定を実現した。STM スキャン中にグリッド点で止め、IV測定を行った後、プリアンプを電流モードから電位モードに切替えて試料表面電位を測定し、電流モードに切替え後スキャンに戻る、というシーケンスを確立し、ナノスケールの形状像、IV、電位分布を関連させて比較することが可能になった。さらに、高精度電位測定のため試料バイアス回路を開発した。試料に大きな電流を流しつつ測定位置の試料電位をグランド電位近くに調整することで、試料電位をプリアンプにて高倍率で検出することが可能となった。この回路と AC 測定により 10 μ V 以下の高精度で、トンネル接合を介した非接触な局所電位計測が実現した。

開発した装置の応用として、まず、Au ナノ粒子インクで作製した有機薄膜 FET の電極部分で粒界による電位ドロップを測定した。結果は電流方向と垂直向きの大きな電位勾配が検出された。これは低抵抗の粒界の周りに高抵抗の粒界が存在したためにそのドメイン境界で大きな勾配が生じたため考えられる。マクロな計測では分からない、こうした解析が、同 FET の今後の特性改善に必要と思われる。

また、グラフェン FET を用いた多探針測定では、グラフェンの電気伝導度のゲート電圧依存性を μm スケールで1次的に調べ、ディラックポイントの様子などの空間分布を評価できることを示した。測定を2次元方向に行うことで酸化膜との相互作用で生じるとされるナノスケールの揺らぎを直接評価できると期待される。

審 査 の 要 旨

〔批評〕

多探針 STM は非常に高度な技術が必要で、全ての探針を STM として動作可能な装置は、まだ存在しないとんでも過言では無い。甲山氏は装置に対する深い理解、電気回路に対する十分な知識と高い才能をあわせ持つことで本研究の遂行を初めて可能にした。システムの1つの特徴は、測定の途中で他のパラメータを調整できる事で、実際、応用で行ったグラフェンの測定では、ゲート電圧を振ることでディラックポイントなどの評価が可能になっている。

プリアンプの開発、グリッド測定の実現、実用上重要である Au ナノ粒子インクで作製した有機薄膜 FET の電極特性評価、グラフェンの計測と、本研究で開発した多探針 STM がナノスケールでの電気伝導評価に十分な性能を有することが示されている。今後、本研究で開発した多探針 STM がナノスケールの強力な評価技術として重要な役割を担うことが期待される。

〔最終試験結果〕

平成 27 年 2 月 6 日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

〔結論〕

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。