



「量子コンタクト」

(平成 12~15 年度特別推進研究「量子コンタクト」)

所属・氏名：東京工業大学大学院理工学研究科・教授・高柳 邦夫

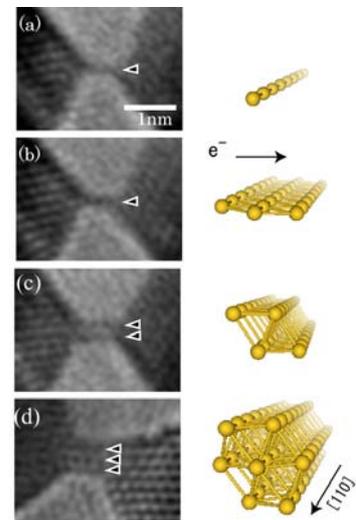
1. 研究期間中の研究成果

・背景（事象の初歩的な説明）

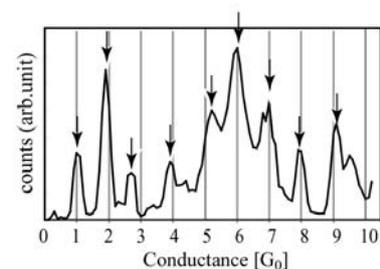
ナノスケール物質とコンタクト（接点）が関与する伝導、摩擦、接着、触媒反応においては、電子の閉じ込め、偶奇性、表面効果によって現れる顕著な量子性が期待されている。とりわけ、電極とナノワイヤやナノ分子の量子コンタクトは、電気伝導がコンダクタンス量子 ($2e^2/h$) の整数倍に量子化されるというコンダクタンス量子化や、それに伴う力学的性質の量子性が課題となっている。

・研究内容及び成果の概要

プローブ顕微鏡 (STM) を組み込んだ電子顕微鏡のなかでナノワイヤを作成して電気伝導と構造変化を同期観察する“TEM-STM” その場” 観察手法を確立した。金ナノワイヤの多層らせん構造 (Helical Multi-Shell Structure) や単層チューブ構造、単結晶構造、ならびに原子鎖シートのコンダクタンス量子化を明らかにした。また TEM-AFM (原子間力顕微鏡) 手法による、ナノワイヤ表面張力を研究した。新デザインの収差補正レンズにより 0.1nm 電子プローブでの個々原子観察法を導入した。



金ナノワイヤのTEM像と構造モデル。単原子鎖、3原子鎖シート、4原子鎖ワイヤ、7原子鎖ワイヤ。



金ナノワイヤのコンダクタンスヒストグラム、コンダクタンス量子化の証明。

2. 研究期間終了後の効果・効用

・研究期間終了後の取組及び現状

研究成果は、電極間にカーボンフラーレンを 1 個だけ挟みこんで、分子のコンダクタンス量子化の研究に進展した。また、細く絞った電子線を原子鎖だけに照射して状態分析ができる 50pm サイズの電子線プローブの開発研究に進展した。

・波及効果

現在、顕微鏡とプローブ顕微鏡を組み合わせるナノ物質の機能評価を行う“その場”観察研究法がナノテク・材料研究分野で幅広く導入されている (市販装置)。量子コンタクトは、熱やスピン量子化伝導の研究、磁性や半導体コンタクトでの研究等、広い研究展開がある。「量子コンタクト」はナノ・材料、物理分野に波及効果があった。炭素・酸素・水素物質「量子コンタクト」の研究推進が必要。

【科学研究費補助金審査部会における所見】

本特別推進研究では、研究代表者らは超高真空電子顕微鏡にプローブ顕微鏡を組み込んだ特徴ある装置の開発を行い、ナノ接点の構造と電気伝導や張力を同時観測する研究を推進し、世界的にも他の追随を許さない優れた実験結果を発表してきた。特別推進研究終了後も研究が順調に進展していることは、多数の国際会議への招待講演や特許取得件数に明瞭に表れている。非常に高度な技術開発を必要とする電子顕微鏡に関する特別推進研究を、大学を中心として推進した意義は高く、若手研究者も順調に育っている。本特別推進研究で得られた知見や開発された技術は将来広い応用につながることを期待できるものであり、既にカーボンナノチューブの特性評価などナノテクノロジーの研究手法として貢献していることは高く評価できる。