

# 《STMとUHV-TEMの同時観察》

—金ナノワイヤーの量子化コンダクタンス—

大西秀朗

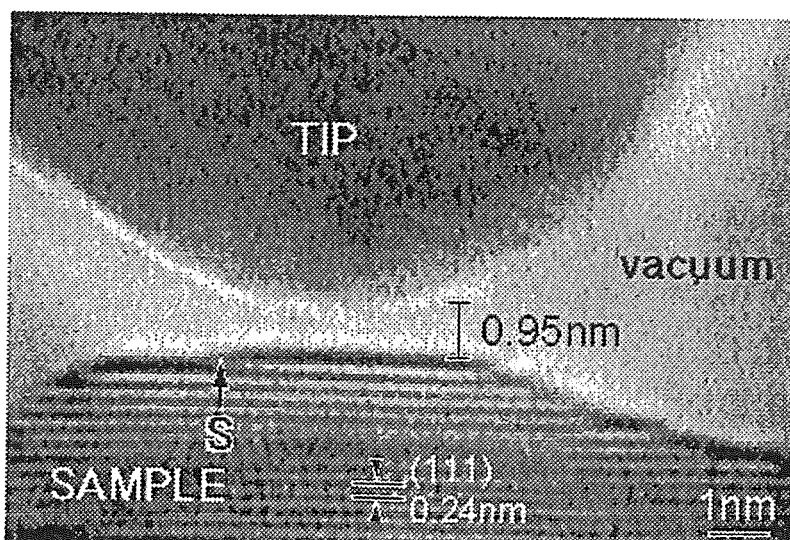
UHV-TEMの試料ステージにSTMを取り付け、STM動作中の探針をTEMで観察した。STM探針と試料のプロファイル像を同時に観察することによって、探針-試料間のGap距離とSTM条件との関係が明らかになった。

次に、この装置を量子化コンダクタンスの研究に応用した。STMの探針を試料に接触させ、引き上げると接触部分のコンダクタンスが量子化される事が知られている。この現象が起こるときの、接触部分の形成と構造をTEMで観察した。探針を接触させ、引き上げるにつれて、接触部分は細くなり、コンダクタンスは減少していった。コンダクタンスの変化は、TEM像にスーパーインポーズしてビデオテープに録画した。これにより、構造とコンダクタンスとを一対一に対応させることが出来た。以上の観察から、接点の形成と構造は両電極の結晶方位により異なり、したがってコンダクタンスの変化も異なることが判った。[110]方位での接触の場合は均一の太さのワイヤーが接点に形成され、ワイヤーが細くなるに従ってコンダクタンスも階段状に変化した。また、接点のワイヤーの太さが最小の時に、コンダクタンスは量子化コンダクタンス  $2e^2/h$  を示すことが判った。

## 参考文献

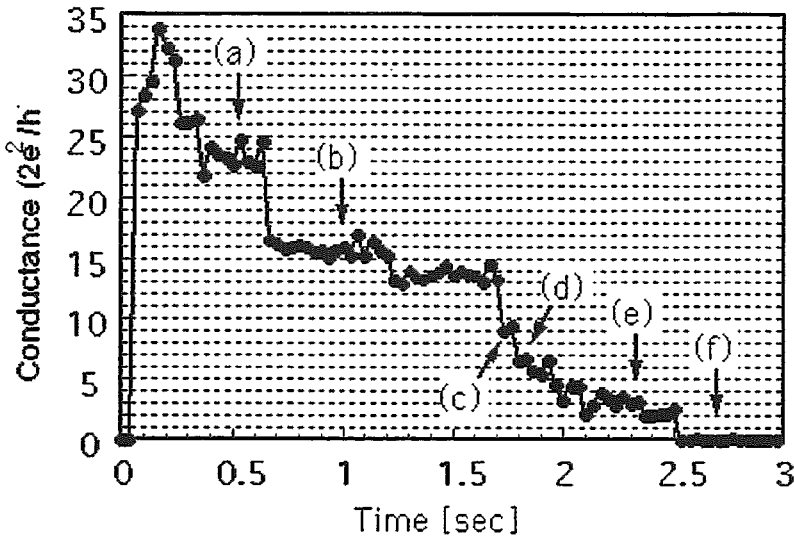
1. Ohnishi, H.; Kondo, Y.; Takayanagi, K.; "In-Situ Operation of a Scanning Tunneling Microscope in a UHV Transmission Electron Microscope", The Electron, Kirkland, A.; Brown, P. D., Cambridge, The University Press, 1998, 501-506.
2. Ohnishi, H.; Kondo, Y.; Takayanagi, K. Quantized conductance through individual rows of suspended gold atoms. Nature, **395**, 1998, 780-783.
3. Ohnishi, H.; Kondo, Y.; Takayanagi, K. UHV electron microscope and simultaneous STM observation of gold stepped surfaces. Surf. Sci., **415**, 1998, L1061-L1064.

図 1



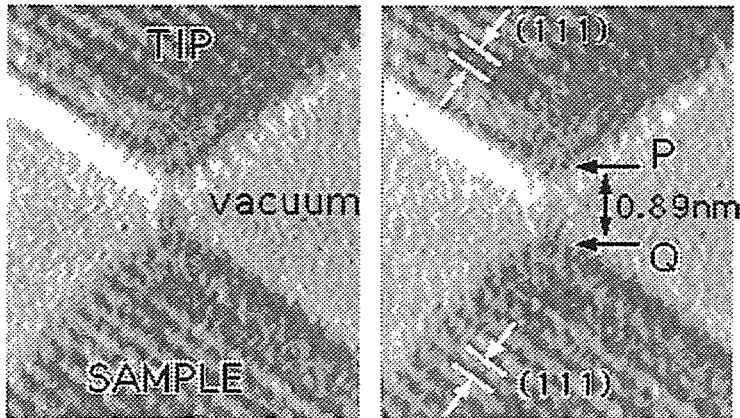
フィードバック制御されているSTM探針のTEM像。トンネル電流設定値 1nA、試料印加電圧-50mV。試料には金のアイランドを、探針には機会研磨した金線を用いた。探針と試料との間に電圧を印加し、その間に流れるトンネル電流が一定になるようにフィードバック制御されている。探針は、試料と一定の間隔を保って静止している。その時の探針と試料間の距離を測定すると0.95ナノメートルだった。

図 2



[110]方位での接触の場合のコンダクタンスの変化。探針を引き上げるに従って、コンダクタンスが階段状に減少した。グラフ中の矢印で示している箇所でのワイヤーの太さをTEMで観察すると、(a) 5本、(b) 4本、(c) 3本、(d) 2本、(e) 1本、(f) 0本であった。

図 3

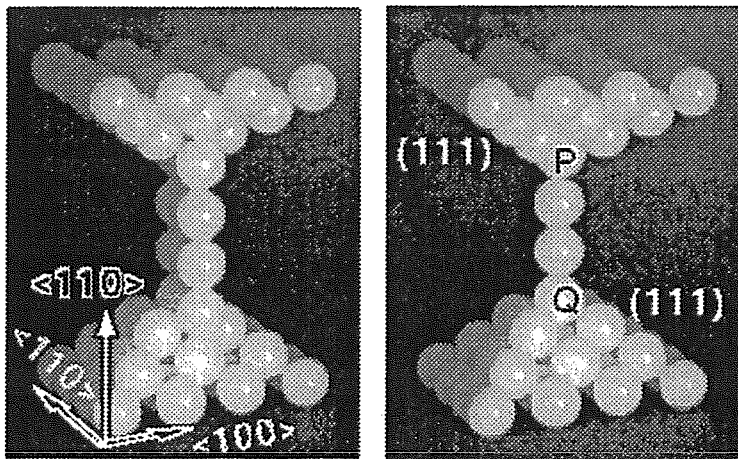


(a)  $G = 2G_0$

(b)  $G = G_0$

コンダクタンスが量子化コンダクタンス  $G_0$  およびその2倍の値  $2G_0$  をとるときのTEM像。いずれも太さ一原子列のワイヤーとして観察された。ワイヤー部分の強度に付いて解析すると、コンダクタンス  $2G_0$  の場合は、 $G_0$  の場合と比較してTEM像の強度が約2倍であることが判った。この強度はビーム方向に積み重なっている原子の数に比例する。したがって、コンダクタンス  $2G_0$  の場合は  $G_0$  の場合よりも2倍の原子列がビーム方向に重なっていることが判った。

図 4



(a)  $G = 2G_0$

(b)  $G = G_0$

図3の測定結果から、それぞれのワイヤーの構造モデルを提唱した。量子化コンダクタンスを示すときは1原子列で電極間に原子が2個入っているワイヤー、その2倍のコンダクタンスを示すときはその原子列が奥方向にもう一本存在し、2本列になっていると考えることが出来る。