

Title	非接触原子間力顕微鏡用高感度水晶振動子力センサを用いた表面計測
Author(s)	住吉, 雄一郎
Citation	
Issue Date	2009-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	none
URL	http://hdl.handle.net/10119/8019
Rights	
Description	Supervisor: 富取正彦, マテリアルサイエンス研究科, 修士

非接触原子間力顕微鏡用高感度水晶振動子力センサを用いた表面計測

住吉雄一郎（富取研究室）

【背景と目的】

現在、電子製品の小型化・高性能化・低コスト化をめざして主要部品である半導体素子の超微細化が進められている。近い将来、素子サイズは原子・分子にまで達するとの予想もある。このような素子を実現する材料として、多様な機能と構造をもつ有機分子が注目されている。ナノサイズの分子素子を実現するためには、ナノスケールで素子の構造や物性を評価する技術が要求される。そのひとつに非接触原子間力顕微鏡法（Non-contact Atomic Force Microscopy (NC-AFM)）がある。NC-AFMでは鋭利な探針と試料間に働く相互作用力を超高感度検出し、原子・分子スケールの分解能で試料表面の凹凸像を描き出す。相互作用力は試料の導電性の有無を問わず働くので、NC-AFMは絶縁材料でも高分解能観察ができる。さらにNC-AFMは探針と試料間に流れる電流も同時計測できるので、分子に局在する電子状態も評価できる。NC-AFMで再現良く原子像を取得するためには、探針先端を試料表面にサブ nm 程度に接近させ、さらに力センサであるカンチレバーの振動振幅を微小化する必要がある。ただし、力センサであるカンチレバーが柔らかいと、カンチレバー端の探針が試料に凝着してしまうことがある。この凝着を防ぎ安定な観察を実現するために、高いばね定数（約 1800 N/m）をもつ水晶振動子が NC-AFM 用力センサとして注目されている。本研究では、半導体表面上に担持された分子のナノスケール評価を目標として、有機分子蒸着チャンバーを備えた STM/AFM 装置に NC-AFM 用水晶振動子力センサを組み込む。これを NC-AFM として動作させ、電流の同時検出も試みる。

【実験】

圧電振動子である音叉型水晶振動子の片側の足に Pt-Ir ワイヤ（外径 0.1mm、80% - 20%）を銀ペーストで固定した。ワイヤの先端は電解研磨で先鋭化し探針とした。この水晶振動子をマコール製の板に固定し、さらに水晶振動子の 2 電極に配線をして、圧電効果で誘起される電流で水晶振動子の変位を検出する自己検出型力センサとして動作させた。その評価として、PLL 回路を用いた周波数復調器を用い、テストした。次に、この力センサを超高真空チャンバーに導入して、Si (111) 清浄表面の STM 像および NC-AFM 像取得を試みた。

【結果】

水晶振動子力センサの感度を高めるためには、水晶振動子で生じるエネルギー損失を抑える必要がある。そこで、振動子の損失に影響を与える振動子の支持方法について検討した。振動中の動きの小さい部分および振動の節となる部分の小面積部で振動子を支持した (Fig. 1(a))。すると、振動子の支持面積が大きい場合 (Fig. 1(b)) と比較して、センサの Q 値は約 50 % 高い値を示した。この実験結果を有限要素振動解析ソフトで評価した。次に、水晶振動子力センサを STM/AFM 装置に実装し、水晶振動子力センサの特性を調べた。その結果、圧電感度（振動振幅に対する圧電電流の比）として 0.2 nA/nm を得た。実装した測定系で振動子の振動振幅が 0.3 nm の微小振幅でセンサ動作できることがわかった (Fig. 2)。Fig. 3 は水晶振動子力センサを用いて取得した Si 表面の NC-AFM 像である。像には Si が溶融してできたと考えられる凹凸構造が現れている。

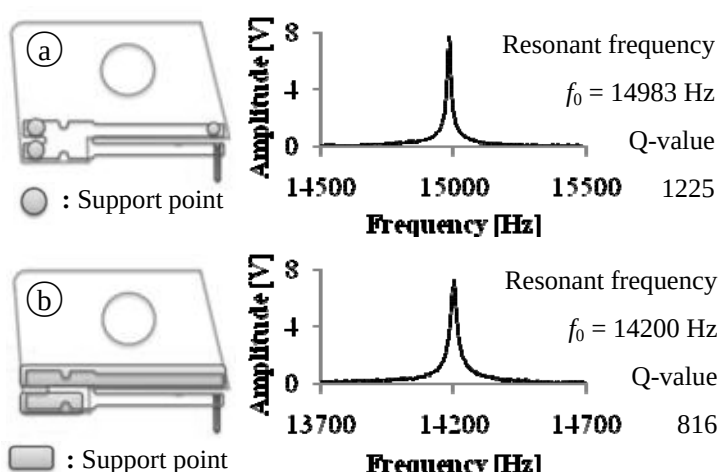


Fig.1 共振曲線測定結果（大気雰囲気下で測定）

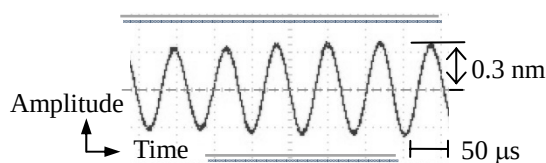


Fig.2 振幅測定結果

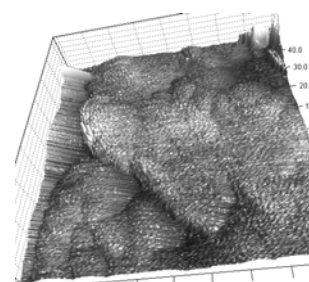


Fig.3 Si 表面の NC-AFM 像

走査範囲 : 82.7 nm $\times$ 86.3 nm

【Key words】小振幅 NC-AFM, 水晶振動子力センサ, 支持点損失