

非接触原子間力顕微鏡における Si 探針上の水素終端膜によるエネルギー散逸量への影響

Effect of H-terminated Si film on a Si tip for energy dissipation with nc-AFM

○稲村 竜¹、坂野 友樹¹、富取 正彦²、新井 豊子¹ (1. 金大、2. 北陸先端大)

○Ryo Inamura¹, Yuki Sakano¹, Masahiko Tomitori², and Toyoko Arai¹

(1.Kanazawa Univ., and 2.JAIST)

E-mail: ryo00@stu.kanazawa-u.ac.jp

【はじめに】

非接触原子間力顕微鏡(nc-AFM)では探針試料間に働く相互作用を検出するため、カンチレバーを共振周波数で加振しながら、探針を試料に近づける。ここで、保存力が作用すればカンチレバーの共振周波数が変化する。また、非保存の相互作用が存在すればエネルギーが散逸する。このエネルギー散逸はカンチレバーの振幅を一定に保つための加振エネルギーの変化として検出できる¹。nc-AFM 像と同時に取得されたエネルギー散逸像は原子レベルの分解能を示すこともあるが、何を画像化しているのか議論は尽きていない²。本研究では、清浄な Si 探針と水素終端させた Si 探針を用いて、エネルギー散逸に与える水素吸着膜の効果を考察する。

【実験】

本研究では B をドープした piezo 抵抗型 Si カンチレバーを力センサーとして利用する自作超高真空 nc-AFM を用いた。試料基板は p 型 Si(111)である。まず、Si カンチレバーを UHV 中で約 700°C まで加熱し清浄な Si 探針を準備する。次に、UHV 層内に導入した水素ガスを水素クラッカーで分解し、発生させた原子状水素を 300°C に加熱した Si 探針に照射し、水素終端 Si 探針 (以下 H-tip と呼ぶ)を準備する。その後、UHV 中で清浄な Si(111)7×7 再構成表面を調整した。また、水素終端 Si 探針は約 500°C で加熱することにより水素を脱離することができる(以下、水素を脱離させた清浄な Si 探針を Clean-tip と呼ぶ)。

【結果と考察】

H-tip と Clean-tip を用いて取得した探針試料間距離に対するエネルギー散逸量の依存性を Fig.1 に示す。接触電位差(V_{CPD})をキャンセルする試料バイアス(V_S)である $V_S=V_{CPD}$ 、及び、 $V_S=V_{CPD}-1[V]$ をそれぞれ印加した。どちらの探針でも $V_S=V_{CPD}$ ではエネルギー散逸量がほぼ検出されず、 $V_S=V_{CPD}-1[V]$ では探針試料間距離が小さいとエネルギー散逸量が大きくなることが検出された。また、Clean-tip を用いた場合よりも H-tip を用いた場合の方がエネルギー散逸量は大きくなった。

このエネルギー散逸の起源として探針の振動によって生じる変位電流によるジュール熱が支配的であると考えることができる。探針試料間距離が小さい時は静電容量が大きくなる。静電容量の増加は変位電流の増加につながり、エネルギー散逸量は増加する。しかし、探針試料間に電位差が無ければ変位電流はほぼ流れない。また、H-tip は Si 探針先端のダングリングボンドが水素原子で終端されたことにより、Si 探針先端は絶縁体的に振る舞う。このため、探針と試料の関係は誘電体を挟んだコンデンサーとみなすことができ、静電容量が増加する。その結果、H-tip では静電容量が増加して変位電流によるジュール熱に由来するエネルギー散逸量が増加すると考察した。

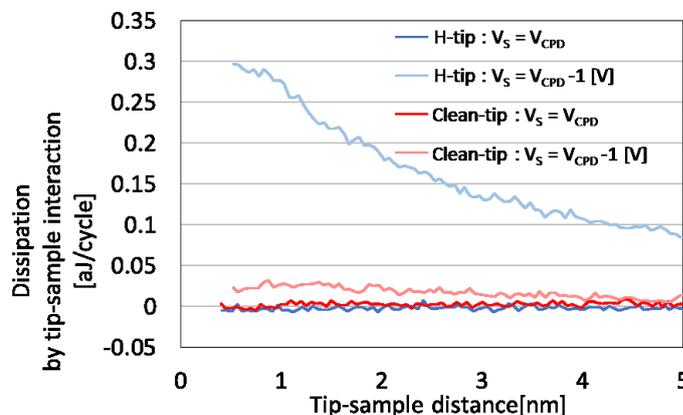


Fig.1 Dissipation by tip-sample interaction vs tip-sample distance with H-tip and Clean-tip. Blue and light blue line were applied $V_S = -0.38$ V and $V_S = -1.38$ V respectively with H-tip. ($V_{CPD} = -0.38$ V, Resonance frequency = 254.198 kHz, Amplitude = 37.1 nm). Red and light red line were applied $V_S = -0.56$ V and $V_S = -1.56$ V respectively with Clean-tip. ($V_{CPD} = -0.56$ V, Resonance frequency = 254.201 kHz, Amplitude = 37.1 nm)

【参考文献】

- [1] B. Gotsmann., et al., *Phys. Rev. B* **60**, 11 051(1999).
- [2] T. Arai, M. Tomitori., *Appl. Phys. A* **72**, S51-S54 (2001).