

振幅変調距離制御下における周波数変調静電気力検出による KPFM 測定

Frequency-modulation Kelvin probe force microscopy under tapping mode operation

阪大理¹, ○(M2) 三坂 朝基¹, 梶本 健太郎¹, 荒木 健人¹, 松本 卓也¹

Osaka Univ.¹ Tomoki Misaka¹, Kentaro Kajimoto¹, Kento Araki¹, Takuya Matsumoto¹

E-mail: misakat18@chem.sci.osaka-u.ac.jp

【はじめに】 ケルビンプローブフォース顕微鏡法(KPFM)は高い空間分解能と高いポテンシャル検出感度を有することから、試料表面のポテンシャル計測法として広く用いられている。KPFM の測定モードとして、最も一般的で普及しているのは、探針-試料間距離制御とポテンシャル計測をともに振幅変調 (AM) 検出で行う AM-AM KPFM であるが、近年、周波数変調モード (FM) が用いられるようになってから、原子・分子分解能の KPFM 画像の取得が可能となり、表面物理的な議論にも多用されるようになった。

真空中での非接触原子間力顕微鏡 (NC-AFM) を基本とする測定では、探針-試料間距離を FM で制御し、静電気力をカンチレバーの第二共振周波数付近で検出する FM-AM KPFM [1]や FM 検出帯内に電場変調周波数を設定して静電気力応答を共振周波数の FM 変調成分として検出する FM-FM KPFM [2]など、様々な方式が提案されている。しかしいずれの場合も探針-試料間距離は FM 制御であるので、清浄表面や比較的平坦な表面の走査には適しているが、凹凸の激しい表面には適用困難である。微粒子やタンパク質のような大きな凹凸を持つサンプルのポテンシャル計測を実現するため、探針-試料間距離制御は真空中、自励発振条件下の AM 検出で行い、静電気力検出には FM を用いる AM-FM KPFM 測定を試みた。

【実験】 振幅を 40 nm 程度の大振幅に設定してピエゾフィードバックの信号とし、周波数シフトを KPFM のフィードバック信号にした。AM-AM KPFM と AM-FM KPFM の比較するため、ナノインプリントで作成した polydimethylsiloxane (PDMS) パターン上に金を蒸着し、さらに SAM 膜として 6-aminohexanethiol (6-AHT) を吸着したサンプル(6-AHT/Au/PDMS)を測定した。また TiO₂ 基板上に直径 45 nm の無修飾金微粒子(AuNP)を担持したサンプル(AuNP/TiO₂)も測定した。

【結果】 すべての測定で、振幅フィードバックのセットポイントはほとんど変化せず、静電気力による周波数シフトは変化するような条件が設定可能であることがわかった。6-AHT/Au/PDMS の測定において、表面形状像は AM-AM KPFM と AM-FM KPFM の結果に大きな違いは見られなかったが、接触電位差像では AM-FM -KPFM では表面形状像と類似した構造が見られた一方で AM-AM KPFM ではこれがみられなかった。このことから AM-FM KPFM は AM-AM KPFM よりも高い空間分解能で静電気力を検出できることが示唆される。また、AuNP/TiO₂ の測定では、接触電位差像で金微粒子上で非対称な分布が見られることがわかった。これは本質的なものではなく探針形状の非対称性が原因である可能性がわかった。

引用文献 [1] A.Kikukawa et al. :Appl.Phys.Lett.66(1995)3510.

[2] S.Kitamura et al. :Appl.Phys.Lett.72(1998)3154.