

MIS020-03

会場:301A

時間:5月24日 15:00-15:30

周波数変調検出原子間力顕微鏡による固液界面の原子スケール評価 Atomic-scale investigations of solid-liquid interfaces by frequency modulation atomic force microscopy

山田 啓文^{1*}

Hirofumi Yamada^{1*}

¹ 京都大学工学研究科

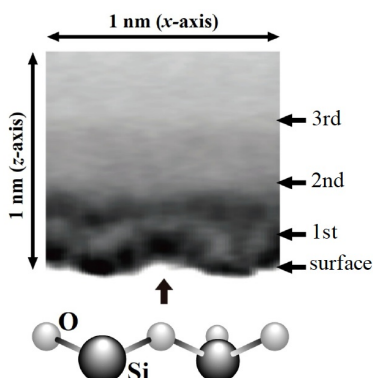
¹ Grad. School of Eng.

近年、周波数検出方式の原子間力顕微鏡技術 (FM-AFM) の進展は著しく、超高真空環境下における FM-AFM による非破壊での高分解能観察技術は、原子的平坦性を有する試料面に対しては、既に確立されていると言って過言でない。しかしながら、FM-AFM では、高い Q 値をもつカンチレバーの機械共振を利用して、対象原子 / 分子と AFM 探針間にはたらく短距離相互作用力を周波数変化として高感度に検出していることから、Q 値が著しく低下し、力検出信号感度が大きく劣化する溶液環境下での測定には直ちには応用できなかった。最近、カンチレバー変位検出系の低雑音化、微小振幅 FM 検出が実現したことで、溶液環境での高感度・高分解能 FM-AFM イメージングが達成された。

本講演では、FM-AFM による表面観察・分析の現状について概説するとともに、溶液環境における FM-AFM イメージングの例として、溶液中の白雲母 (muscovite mica) や calcite の原子スケール表面観察、また、生理環境下での生体膜中のタンパク質分子や DNA など生体高分子の分子分解能観察結果についても合わせて紹介する。

一方、固体表面と液相との境界においては、溶液分子と固体表面との相互作用のために、特異な溶液密度の振動構造、溶媒和 (水の場合は水和) 構造が存在し、この水和構造は、結晶成長や固液界面物性と強く関連する。このため、以前より分子レベルでの水和構造測定が望まれていたが、局所的な溶媒 / 水和構造を直接調べる手段はこれまで存在しなかった。最近、われわれは FM-AFM によるフォースカーブ測定 (周波数シフトの距離依存曲線) に、この水和振動構造の影響が現れることを見出した。このフォースカーブを試料上の各点で計測してマッピングすることにより (3 次元フォースマッピング法)、試料面上の 3 次元的水和構造を可視化することが可能となる。一例として、Fig. 1 に KCl 水溶液中のマイカ結晶表面上で得られた、XZ 面内のフォースマッピング像 (周波数マッピング像) を示す。マイカ表面上に約 0.27×0.3 nm 周期で現れる、3 層の水和振動層構造が再現よく観測された。これは、マイカ表面上に存在する水和層を探針が通過するとき生じる溶媒和力によるもので、この周期は、ほぼ水分子の大きさに相当する。1 層目の水和構造は、マイカ表面の結晶構造に対応して変調されていることも新たに観測された。このように、FM-AFM による液中フォースマッピングは、分子レベルで 3 次元的水和構造を直接可視化できることから、固液界面における結晶成長と分子レベルの水和構造との関連性の解析など今後の研究展開が期待される。

Figure 1. KCl 水溶液中におけるマイカ表面上で得られた 2 次元 (XZ) 周波数シフトマッピング像 (マイカ表面上の水和構造)。



キーワード: 固液界面, 水和構造, 原子間力顕微鏡, FM-AFM, 表面原子構造

Keywords: solid-liquid interface, hydration structure, atomic force microscopy, FM-AFM, surface atomic structure