

バイモーダル qPlus AFM による高分子液体/固体界面の分析

Bimodal qPlus AFM study of polymeric liquid/solid interfaces

京大院工 °山田 祐也, 一井 崇, 宇都宮 徹, 杉村 博之

Kyoto Univ., °Yuya Yamada, Takashi Ichii, Toru Utsunomiya, Hiroyuki Sugimura

E-mail: yamada.yuuya.47z@st.kyoto-u.ac.jp

周波数変調原子間力顕微鏡 (FM-AFM) は真空中, 大気中, 液中など様々な環境下における材料表面の高分解能構造解析手法として知られる. これまで我々は高粘度液体と固体との界面構造解析を可能とする FM-AFM の開発を進めてきた. 従来の Si カンチレバーではなく, 音叉型水晶振動子センサ (qPlus センサ) を用い, 探針先端のみを液体に浸漬させることで, 粘度の高いイオン液体中および高分子液体中において原子分解能観察を実現した[1,2]. さらに最近, 長い探針を取り付けた qPlus センサを用いたバイモーダル AFM により, 垂直・水平力を同時に検出可能であることを見出した[3]. 一方, 高分子液体/固体界面の構造・力学特性は潤滑現象の理解において非常に重要であり, これまで表面間力装置やコンタクトモード AFM によって研究されてきた. しかし, その測定原理のために, 原子スケールでの局所的な計測は不可能であった. 原子スケールでの界面構造・力学特性の観察は, 複数の要因が絡み合った潤滑現象の理解に貢献すると考え, 今回我々はバイモーダル qPlus AFM を用いて高分子液体/固体界面の分析を行った.

高分子液体にはシリコン系潤滑油の中で代表的なポリジメチルシロキサン (Fig. 1) を用いた. ドライチャンバー中で劈開したマイカに KF-96-1000cs (信越化学, 粘度 970 mPa·s, 分子量 約 26000) を約 1 μ L 滴下し, 界面をバイモーダル qPlus AFM によって分析した. 探針先端が表面に対して垂直に振動する f_1 と水平に振動する f_2 を用いて, 擬似高さ一定モードで界面を観察した結果, f_1 の周波数シフト像と f_2 の位相シフト像に原子スケールのコントラストが得られた. (Fig. 2) この結果は, 本手法が高分子液体/固体界面において原子スケールで垂直・水平力を検出可能であることを示している.

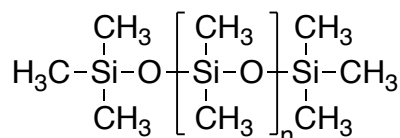


Fig. 1 The chemical structure of poly(dimethylsiloxane) $n \approx 350$ for KF-96-1000cs

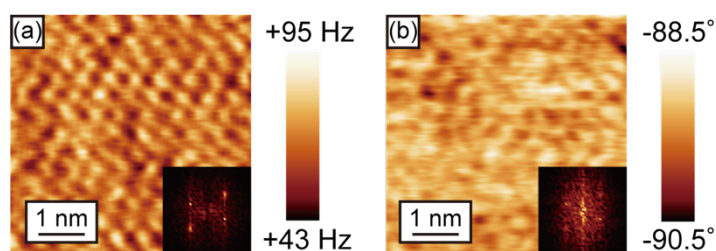


Fig. 2 Bimodal AFM results obtained on the KF-96-1000cs / mica interface (a) frequency shift of 1st mode (b) phase shift of 2nd mode

参考文献 [1] T. Ichii *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **51**, 08KB08 (2012)

[2] 山田祐也ら, 第80回応用物理学会秋季学術講演会 (2019)

[3] Y. Yamada, T. Ichii *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **58**, 095003 (2019)