

液中原子分解能 FM-AFM 計測に適した小型カンチレバー用探針の作製

Fabrication of a tip for atomic-scale FM-AFM measurements in liquid with small cantilevers

°宮澤 佳甫¹、泉 久範¹、中山 隆宏²、福間 剛士^{1,3}

(1. 金大院、2. 金大バイオ AFM センター、3. ACT-C)

°K. Miyazawa¹, H. Izumi¹, T. Watanabe-Nakayama², T. Fukuma^{1,3}

(1. Kanazawa University, 2. Bio-AFM FRC, 3. ACT-C)

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

近年、液中環境下で動作可能な周波数変調原子間力顕微鏡 (FM-AFM) の性能向上が盛んに行われており、本手法の高感度化・高速化が実現されている。これらの研究の一つとして、小型カンチレバーの開発および実用化の研究が進められてきた。現在では、図 1a に示すような小型カンチレバーが市販化されており、特に高速 AM-AFM の研究では、生体試料の動的挙動をリアルタイムで観察した研究例が多数報告されている。我々は、これまでに小型カンチレバーの液中 FM-AFM 計測への応用可能性を模索してきた。その中で、小型カンチレバー用カーボン探針の表面物性が液中 FM-AFM 計測に適していないことが分かったが、カーボン探針表面を Si でコートすることで、高分解能液中 FM-AFM 計測が可能であることを明らかにした[1]。しかし、この方法を用いても液中 FM-AFM 計測の再現性は得られにくく、これが小型カンチレバーの実用化の妨げとなっていた。そこで本研究では、現状のカーボン探針の問題点を明らかにした上で、液中 FM-AFM に適する探針の作製手法の確立を行った[2]。

市販のカーボン探針の問題を明らかにするために、探針の側面像を SEM で取得し、その後に探針を Si コート (膜厚 : 30 nm) して PBS

溶液中でマイカの原子分解能 FM-AFM 計測を行った。この結果を比較すると、市販のカーボン探針の形状は一様ではなく、探針が比較的細い場合にはマイカの原子像の取得が困難であることが分かった (図 1b)。我々は、探針を簡易的にモデル化し、探針先端の水平方向の機械的強度を計算した。すると、比較的細いカーボン探針は、探針先端が水平方向に大きく熱揺動をしており、原子分解能液中 FM-AFM 計測の性能要件を満たしていないことが分かった。

この結果を基に、液中 FM-AFM 計測に適する小型カンチレバー用探針作製手法を開発した。本手法では、市販のカーボン探針を除去し、その上に直径 2 μm のシリカビーズを接着固定する。そして、FE-SEM でビーズ上に電子線を照射して、約 500-700 nm の長さのカーボン探針を作製する。本手法で作製した探針は、探針先端の機械的強度が高く、なおかつ、再現性良く探針形状を制御することができる。実際に、自作探針を作製した小型カンチレバーに Si コートをしてマイカの液中 FM-AFM 計測を行うと、安定な原子像を再現性良く取得することができた (図 1c)。この結果から、本手法で作製した探針が、液中高分解能 FM-AFM 計測に実用上十分有効であることが確認された。

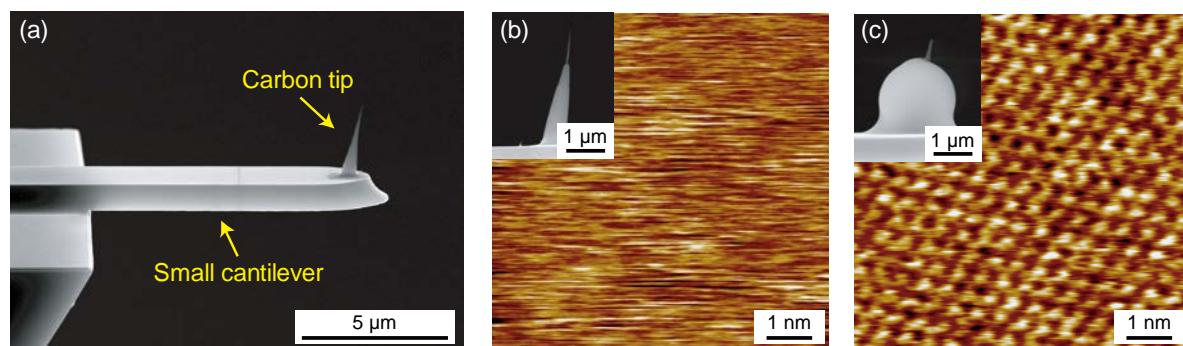


Fig. 1: (a) SEM image of an as-purchased small cantilever. AFM images of mica in PBS solution obtained with (b) as-purchased carbon tip with Si coating and (c) home-made tip with Si coating.

[1] T. Fukuma *et al.*, *Nanotechnology*, **23** (2013) 135706, [2] K. Miyazawa *et al.*, *Nanotechnology*, **26** (2015) 105707