

薄膜シールド機構を備えた液中 AFM の開発

Development of an AFM system in liquid with a thin membrane shield

○宮澤佳甫¹、山村俊貴¹、泉久範¹、高橋康史^{1,2}、福岡剛士^{1,3}

(1. 金大院、2. JST さきがけ、3. JST ACT-C)

○K. Miyazawa¹, T. Yamamura¹, H. Izumi¹, Y. Takahashi^{1,2}, T. Fukuma^{1,3}

(1. Kanazawa University, 2. JST PRESTO, 3. JST ACT-C)

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

液中原子間力顕微鏡 (AFM) では、カンチレバー全体を液中に浸漬する装置構成が一般的である。しかしながら、これによりカンチレバーの Q 値や共振周波数(f_0)は大幅に低下し、真空中や大気中と比較すると力検出感度が低下してしまう。また、液中 AFM の応用計測を考慮した時も、この装置構成は問題となる。例えば、触媒反応や電極反応等の気体発生環境下においては、発生した気泡がカンチレバーに付着して力検出を妨げる問題が生じる。その他にも、探針と試料間にバイアス電圧を印加した場合に、カンチレバーと試料間に大きな長距離静電気力が作用する問題もある。これらの問題を解決する手法として、本研究では、薄膜シールド機構を備えた液中 AFM を開発した (図 1a)。

本装置構成では、電子顕微鏡用の Si_3N_4 メンブレンを薄膜シールドとして使用し (図 1b)、レーザー加工機で $50\text{ }\mu\text{m}$ の穴を形成した (図 1c)。このメンブレンを試料上に設置することで、図 1a に示すように液体と大気を分離し、メンブレン上に空けた穴から探針のみを液中に浸漬させることができる。本構成では、常時穴から液体が蒸発するが、メンブレン横に液体の補充スペースを確保することで、液膜の膜厚変化と試料表面の乾燥を防いだ。現状、液膜部

分の膜厚は $50\text{ }\mu\text{m}$ 程度までしか薄膜化が達成されておらず、汎用的なカンチレバーに付属する AFM 探針の長さ (約 $10\text{ }\mu\text{m}$) では、メンブレン上の穴から試料表面までアプローチできないことが分かった。そこで、マイクロマニピュレーターを用いて、カンチレバー先端に長さ $100\text{--}150\text{ }\mu\text{m}$ 程度の延伸用ガラスプローブを接着固定し、それを用いて本装置構成を実現した。まずは、図 1d のボロシリケート製のガラスロッドを用いたところ、従来の汎用的な液中 AFM ($Q \approx 10$, $f_0 \approx 150\text{ kHz}$) と比較して Q 値の上昇は見られたが、延伸プローブの影響により f_0 は減少してしまった。そこで、延伸プローブの質量及び表面積を減らすために、クォーツ製の中空キャピラリを用いて細いプローブを作製し、カンチレバー先端に接着した (図 1e)。その結果、 Q 値および f_0 の向上が見られ、力検出感度が向上することが分かった。

現在、液膜の薄膜化や延伸ガラスプローブの形状の最適化を進めており、これによりさらなる力検出感度の向上が見込まれている。また、本構成を用いることで、従来までは困難であった気体発生環境下の安定計測や、カンチレバーと試料間に作用する長距離静電気力の除去への効果が十分に期待できる。

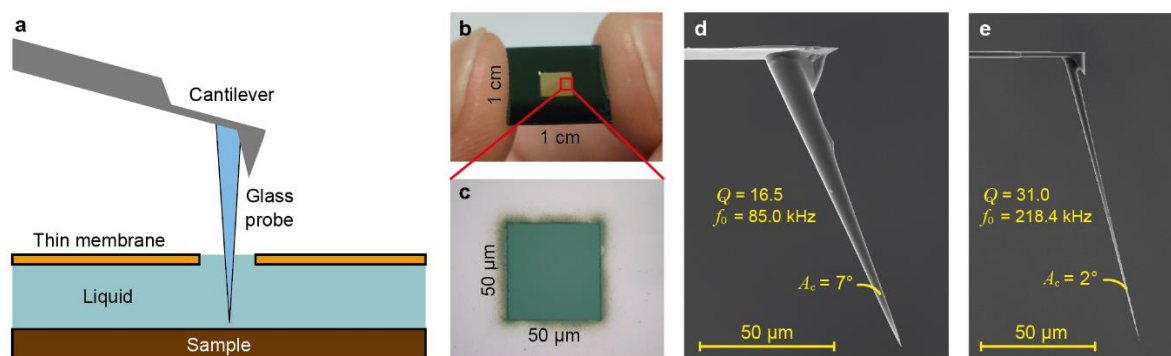


Fig. 1: (a) Schematic illustration of an AFM system with a thin membrane shield. (b) Si_3N_4 membrane for electron microscopy with (c) a hole made by laser beam machining. Extended AFM tips using a glass probe fabricated from (d) borosilicate glass rod and (e) quartz glass capillary, where A_c is cone angle of the apex.