電気化学反応による原子間力顕微鏡の探針再生

Recovery of Tip Apex for Atomic Force Microscopy by Electrochemical Reaction

アルバータ大 [1]，早稲田大 [2]，東大 [3]　○(PC)小野田 穣 [1]，長谷川 剛 [2]，杉本 宜昭 [3]，

Univ. Alberta [1], Waseda Univ. [2], Univ. Tokyo [3], ◦Jo Onoda[1], Tsuyoshi Hasegawa[2], Yoshiaki Sugimoto[3]

E-mail: jonoda@ualberta.ca

原子間力顕微鏡（AFM）を用いると様々な表面や個々の有機分子を高分解能に観察することができる。また、探針先端の 1 つの原子と表面の原子の間に働く微弱な原子間力を計測することもできる。走査型トンネル顕微鏡（STM）との複合化によって、構造と電子状態の局所情報を得ることができ、表面科学にとって欠かすことができないツールとなっている。

周波数変調 AFM の測定量である周波数シフト（ Δf ）と STM の測定量であるトンネル電流を比較した場合、Δf の方が原子レベルのコントラストの信号雑音比が低い。その理由の 1 つとして、原子レベルのコントラストに寄与しない長距離力の成分がΔf に含まれることが挙げられる。探針の振動振幅を小さくすることによって、長距離力の影響を抑えられることが知られているが、長距離力を根本的に小さくするために鋭い探針を用いることも重要である。探針の鈍化は測定中に起きやすいため、その場で鋭い探針に回復させることができれば有用である。そこで、硫化銀で作製した探針先端から、電気化学反応により銀の突起を析出させることを考えた。

AFM のシリコンカンチレバーに銀を蒸着し硫化することによって、硫化銀の探針を準備した。先行研究[1]と同様に、探針を表面に近づけて電流を探針に注入することで、銀の突起を可逆的に析出・収縮させることができた。銀の突起を析出させた場合、銀の突起の長さ分だけ、硫化銀の探針が表面から遠ざかった位置で AFM のイメージングを行うことができた。Fig.2 に示すように、Δf カーブを測定することによって、長距離力が増大するよりも遠方で短距離力の増大が確認でき、本手法の有用性が示された[2]。

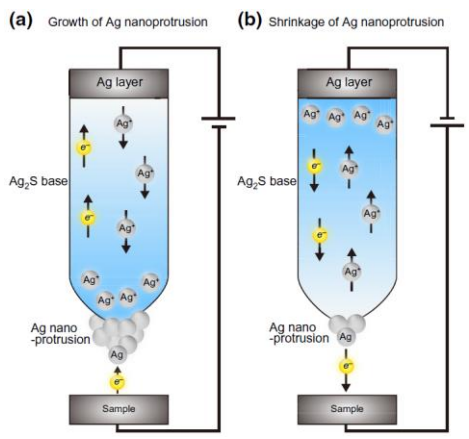

Fig.1 Mechanisms of growth and shrinkage of the Ag nanoprotrusion.

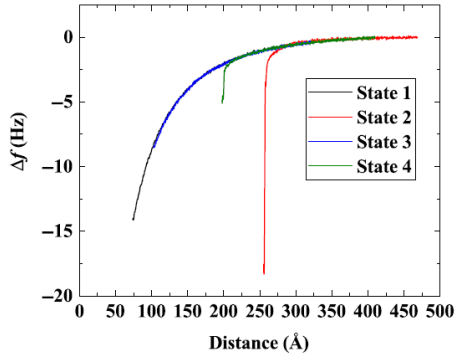

Fig.2 Δf (z) curves with various states of a Ag_2S tip. State 1: after intentional crash of the tip; state 2,4: after the growth of Ag nanoprotrusions; state 3: after the shrinkage of the nanoprotrusion.

[1] K. Terabe, et al., J. Appl. Phys. 91, 10110 (2002).

[2] J. Onoda, et al., Phys. Rev. Appl. 15, 034079 (2021).