

氷の表面構造観察に向けた複合環境制御可能な原子間力顕微鏡の開発

Development of multi-environment atomic force microscope for observation of ice surface structure

阪大基礎工, °宮戸 祐治, 大谷 勝樹, 前田 元康, 勝部 大樹, 阿部 真之

Osaka Univ., °Yuji Miyato, Katsuki Otani, Motoyasu Maeda, Daiki Katsube, Masayuki Abe

E-mail: miyato@sup.ee.es.osaka-u.ac.jp

氷は水分子同士が水素結合によって結びついた結晶であり、バルクではダイヤモンド型の結晶構造を有する。しかしながら、雪の結晶が多彩で複雑な高次構造を有することが知られているように、氷・雪の結晶の成長過程は、固液界面あるいは気固界面の条件、また結晶の種(核)となる物質によって大きく変化すると考えられる。氷表面での結晶成長過程が原子・分子レベルで解明できれば、雪の結晶の多様性を解明する上でも非常に興味深いと考えられる。一方、周波数検出方式原子間力顕微鏡(FM-AFM)は、非常に小さな分子である水分子をも観察可能なほど高い分解能を有し、氷の結晶観察においても強力なツールになり得る。本研究では、氷表面の構造観察を目的として、AFM 装置内において、サンプル周囲の気圧・温度・湿度、および種となる結晶基板の温度といった環境を複合的に制御できるような顕微鏡装置の開発を行っている。このとき、カンチレバーをフォースセンサに用いた通常の FM-AFM では、探針とサンプルとの間を表面吸着水が橋わたしすることによってできるメニスカスにより発振が止まりやすく、本研究で目的とする氷を撮像することが難しいと考えた。そこで、自己検出が可能という特徴を有し、非常に大きなバネ定数を持ちながら、原子分解能観察の報告例が多数あるチューニングフォーク型水晶振動子(T.F.)センサを、フォースセンサに使用することにした。メニスカスがある状況であっても、バネ定数が数千と大きいため、小振幅で安定して撮像できることが期待される。T.F.センサは q-Plus の構成とし、2本ある梁のうち一本を完全に固定した。さらに、T.F.センサには別途、探針を取り付ける必要があるため、カンチレバーのレバー部分のみをセンサ先端に接着して折ることにより実現した。顕微鏡装置のコンセプトおよび本体内部の写真をそれぞれ Fig.1(a), (b)に示す。また、氷を観察する前段階として、モデル試料として Al_2O_3 (0001)を観察した結果を Fig.2 に示す。単原子ステップが明瞭に観察できる。なお、T.F.センサの励振は、T.F.センサの片側の電極に励振信号を直接入力し、もう一方の電極から出力される振動信号を取得する方法(電氣的励振法)と、別のアクチュエータを機械的に振動させて間接的に励振し、T.F.センサの電極間に出力させる振動信号を取得する方法(機械的励振法)とを切り替えて行えるようにしており、両者の違いも比較した。当日は、装置開発の進捗状況を中心に、氷の表面構造を分子スケールで観察する際の課題について議論する。

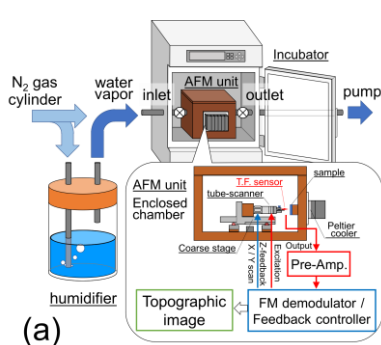


Fig. 1. (a) Concept of the multi-environment FM-AFM system under development. (b) Photograph inside of the AFM unit.

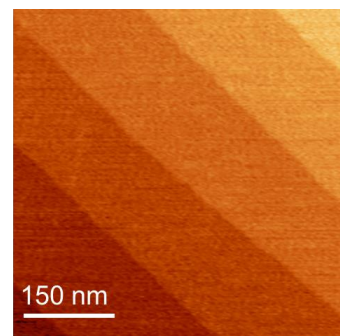
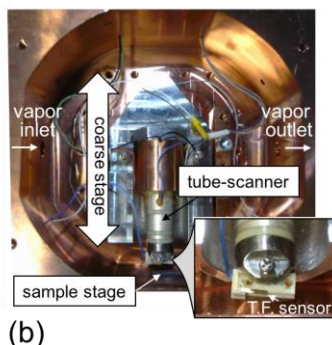


Fig. 2. Example of topographic images taken by the developed FM-AFM.