水晶振動子力センサーを用いた高湿度大気環境での FM-AFM 計測

FM-AFM measurement using the quartz force sensor in humid air conditions

金大理工 [1]　○大江 弘晃 [1]，新井 豊子 [1]

Kanazawa Univ. [1], ○Hiroaki Ooe[1], Toyoko Arai[1]

E-mail: hiroakiooe@se.kanazawa-u.ac.jp

近年、大気環境で動作する周波数変調原子間力顕微鏡(FM-AFM)を用いた種々の表面の原子分解能観察が報告されている[1][2]。大気環境の固体表面では、雰囲気ガスによる表面汚染が急速に進行する。そのため、高分解能 FM-AFM 計測には、試料表面を保護する水薄膜を形成するために、雰囲気中に存在する水分子の表面吸着の制御が重要になる[3]。さらに、固体表面を覆う水分子による探針試料間近距離相互作用の検出効率の低下を防ぐためには、高いバネ定数を持つ力センサーを用いた微小振幅での計測が求められる[4]。

我々は現在、上述した大気環境観察の要求を満たす FM-AFM の開発を進めている。本研究の FM-AFM は、試料表面の水薄膜の構造を制御するために、雰囲気の加湿および試料温度の制御を行う。また、微小振幅での安定な計測を行うために、音叉型水晶振動子を応用した 2 本プロング型の Retuned fork(RTF)センサー(図 1a)と、1 本プロング型の qPlus センサー(図 1b)を力センサーとして利用できるように設計した。それぞれ、RTF センサーは探針試料間相互作用によるエネルギー散逸が小さな計測、qPlus センサーはエネルギー散逸が大きな計測に使用する。この 2 種の力センサーは、その振動特性上、加振・変位検出に適した回路構成が異なる。そこで、RTF センサーの使用に適した電気加振回路と qPlus センサーの使用に適した機械加振回路を AFM ヘッド上に併存させた。FM-AFM が駆動する状態で加湿したところ、湿度の上昇に伴い変位検出用電流アンプのフロアノイズが増大した(図 2)。この際、30kHz 付近にある力センサーの熱振動ピーク高さは変化しなかった。これは水晶振動子をはじめとした回路素子が、加湿環境では設計時の特性を発揮できず、変位検出の信号雑音比が低下したことを示している。そのため、加湿による素子性能の劣化を抑制し、高湿度雰囲気中で水晶振動子力センサーを利用する方法の検討が必要である。我々が構築した FM-AFM の構成、高湿度雰囲気が FM-AFM および加振・変位検出回路に与える影響とその対策の詳細を議論する。

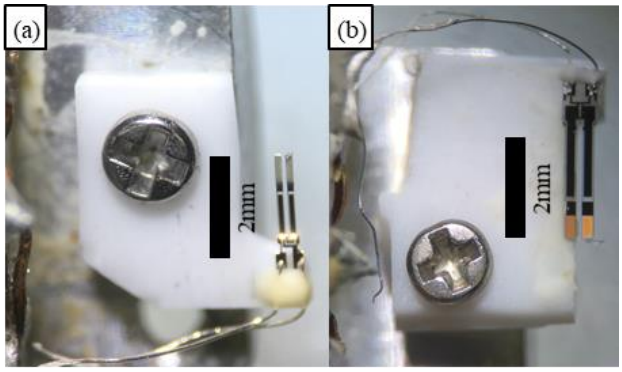

Fig.1 Photos of (a)RTF sensor and (b)qPlus sensor

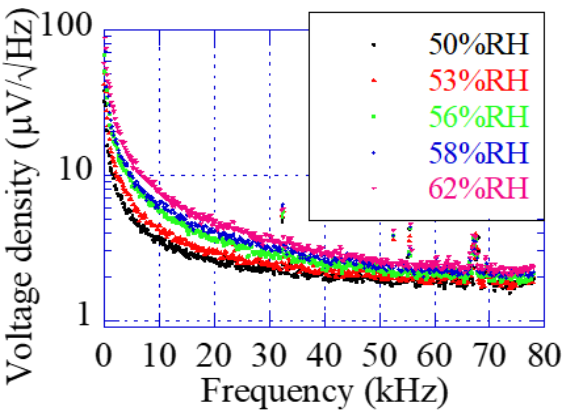

Fig.2 The relation between relative humidity and output signal of force sensor.

参考文献　[1] D. S. Wastl, et al., ACS Nano **9**, 3858 (2015).
[2] T. Arai et al., Sci. Rep. **7**, 4054 (2017).
[3] T. Arai et al., Langmuir **31**, 3876 (2015).
[4] H. Ooe et al., Appl. Phys. Lett. 109, 141603 (2016).

© 2017年 応用物理学会