

周波数検出型AFMに基づく大気・液中ナノ空間相関計測・制御法の開発

山田 啓文

(京都大学・大学院工学研究科・准教授)

【研究の概要等】

近年、周波数変調検出型AFM (FM-AFM) の技術的進展により、原子分解能での非破壊観察が可能となり、AFMをベースとする多様な高分解能局所物性・機能計測への道が拓かれた。しかしながら、現状のAFM計測技術は、シングルプローブによる対象の特定部位1点の高分解能評価法であり、刺激-応答系のような信号の空間相関を必要とする計測は不可能である。さらに、近接型プローブの大きな特徴は、対象に直接接近してその構造、化学的狀態などを変化させる分子操作・加工・制御用のツールとして利用できることにあるが、従来技術では、操作・加工プローブは計測用のプローブと当然同一であるため、両方の目的に対して同時に構造、特性上最適なプローブではありえず、分子操作・制御への応用を大きく阻害してきた。本研究では、このような背景の下、以下のような目標で研究を推進する。

- ・液中を含む多環境において動作する、独立運動制御可能でかつ近接位置決めが可能な複数 AFM プローブを有する「高分解能マルチ AFM プローブ技術」を開発する。
- ・マルチ AFM プローブの一つを刺激プローブとし、このプローブにより対象に局所高電場(高周波/直流)や局所応力を加え、その近傍における電位、分極、電荷分布、歪み、構造などの電気-電気、電気-機械応答による変化を他の応答プローブで計測する。
- ・構造観察、機能計測、分子操作・加工など異なった役割を担うそれぞれに最適なプローブ群が空間的に連携して同時動作することで、実用的な表面微細加工、分子操作、生体分子操作を可能にする。
- ・ナノ空間相関マッピング・ナノ加工・制御を液体環境における生体高分子系に適用する。特に、情報伝達に関わるレセプター膜タンパク質の情報伝達分子機構の構造的基盤をマルチプローブにより解析するとともに、レセプター情報変換タンパク質系の制御の可能性を探る。

【当該研究から期待される成果】

本研究では、異なる機能を担う複数の独立プローブを有する AFM 多機能・多探針分析制御法の確立を目指している。この開発により、従来のシングルプローブ AFM においてはその実現が困難であった、ナノスケール加工・制御における同時高分解能構造観察や空間相関物性機能計測(多端子測定)などが実現することが期待される。すなわち、広範なナノサイエンス・ナノテクノロジー分野に、実用的な高分解能構造計測、機能物性分析法および加工・操作・制御ツールを提供するものであり、次世代のナノ電気機械デバイスの実現に向けて大きく寄与することが予想される。さらに、溶液環境を含む多環境で動作することから、生体試料を含む機能分子試料系の分析評価・制御が可能となり、生体分子の外的刺激による構造変化追跡や、生体分子機能の空間的相関の直接計測が実現し、ナノバイオロジー、ライフサイエンス分野への貢献が期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ S. Morita, H. Yamada, T. Ando: *Nanotechnology*, **18**, (2007) 084001.
- ・ T. Fukuma, K. Kobayashi, K. Matsushige, H. Yamada: *Appl. Phys. Lett.*, **86**, (2005) 193108-1-3.
- ・ T. Fukuma, M. Kimura, K. Kobayashi, K. Matsushige, H. Yamada: *Rev. Sci. Instrum.*, **76** (2005) 053704-1-8.
- ・ H. Yamada and K. Kobayashi: "Applied Scanning Probe Methods VI", ed. by B. Bhushan, S. Kawata, Springer (2007) Chap. 17, pp.205-246.
- ・ H. Yamada: "Non-Contact Atomic Force Microscopy, ed. by S. Morita, R. Wiesendanger, Springer (2002) Chap. 12, pp.193-214.

【研究期間】 平成19年度-23年度

【研究経費】 18,500,000 円
(19年度直接経費)

【ホームページアドレス】

<http://piezo.kuee.kyoto-u.ac.jp/>