

## 自己評価報告書

平成 23 年 4 月 22 日現在

機関番号：14401  
研究種目：基盤研究（B）  
研究期間：2008～2011  
課題番号：20360020  
研究課題名（和文） パルス変調引力顕微鏡の開発と水溶液中における分子認識反応の解析  
研究課題名（英文） Analysis of molecular recognition in liquid by pulse-modulated attractive force microscopy  
研究代表者  
松本 卓也（MATSUMOTO TAKUYA）  
大阪大学・産業科学研究所・准教授  
研究者番号：50229556

研究代表者の専門分野：走査プローブ顕微鏡

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎 薄膜・表面界面物理

キーワード：走査プローブ、分子認識、分子電極、パルス変調、水溶液

## 1. 研究計画の概要

パルス変調引力顕微鏡を開発し、電気分極の画像化を行い、形状画像とともに分子層における分極の時間分解計測を行う手法を開拓する。

- (1) 引力情報の画像化:トポグラフと分離して、トポグラフと同時に引力画像を得る方法を確立する。
- (2) パルス変調引力顕微鏡の開発:パルス引力を検出し、時間分解引力顕微鏡を開発する。
- (3) 分子分極の時間分解画像化:有機光太陽電池など良く知られた分子分極系について、分子ドメインと同時に分極や引力の画像計測を行うことにより、ドナー、アクセプタードメインの構造と分極との関係を明らかにする実験を行い、パルス変調引力顕微鏡の有用性を示す。

## 2. 研究の進捗状況

- (1) 引力情報の画像化:水溶液中におけるアビジンとビオチンの結合による分子認識反応について、引力の検出と画像化を行い、定量的な評価を行った。分子間引力による周波数シフトの値は-140Hz(引力換算で約820pN)となった。この力の値は、これまでフォースカ

ープ法で測定されていた値に比べ数倍大きい。本手法では、引力検出時の負荷速度はフォースカーブ測定の際に比べて、約2桁大きいためであり、これまでのフォースカーブ測定では得られなかったエネルギー領域の測定が可能であることを示した。

- (2) パルス変調引力顕微鏡の開発:試料一探針間に働くパルス引力を検出するシステムを開発した。時間分解計測を行うために、カンチレバーの運動と同期して、試料一探針間にパルス引力を誘起する。このときの引力を周波数シフトとして検出した。本システムでは自励発振を用いるため、カンチレバーの振動とパルス引力を誘起するパルス電位やパルス光を同期させるための外部基準信号は無い。そこで、カンチレバー振動の一回ごとのストロークをトリガー信号として、パルス電圧やパルス光を発生するシステムを構築した。カンチレバー振動の振幅が一定になるように、試料位置のz軸フィードバックをかけることにより、カンチレバーの振動中心と試料表面の距離を一定に保った。これにより、トポグラフ測定を行いながら、これと分離する形で引力成分の画像取得を同時に行うことができる測定システムを確立した。シリコ

ン単結晶を試料に用いて、構成した計測システムの動作検証と特性評価を行ったところ、パルス光照射によるパルス静電気力とカンチレバー運動の遅延時間に周波数シフトが鋭敏に反応することを見出し、本計測システムで時間分解静電気力計測が可能であることを明らかにした。

(3) 分子分極の時間分解画像化: 現在、試料作成とシステム構築の途上にある。

### 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

(1) トポグラフと引力を分離して計測することに成功した。

(2) 時間分解引力計測の原理検証に成功した。

### 4. 今後の研究の推進方策

(1) 装置の改良: 時間分解分子分極の画像計測に向けて、測定システムの改良を進める。特に、光励起時に AFM の光てこ系への迷光を遮断するための改良を行う。

(2) 測定試料の確立: 有機太陽電池をターゲットに研究を進める。測定に最適な試料を得るために、この分野の専門家との共同研究を進め、静電引力による分子分極の時間分解画像取得を目指す。

### 5. 代表的な研究成果

[雑誌論文] (計13件) 全て査読有

①Y. Maeda, T. Akita, M. Daté, A. Takagi, T. Matsumoto, T. Fujitani, M. Kohyama, Nanoparticle Arrangement by DNA-programmed Self-assembly for Catalyst Applications, J. Appl. Phys., 108[9], 094326 (4pp), 2010, 査読有

②A. Takagi, F. Yamada, T. Matsumoto, T. Kawai, Electrostatic Force Spectroscopy on Insulating Surfaces: the Effect of Capacitive Interaction,

Nanotechnology, 20[36], 365501(7pp), 2009, 査読有

③ E. Mikamo-Satoh, F. Yamada, A. Takagi, T. Matsumoto, T. Kawai, Electrostatic Force Microscopy: Imaging DNA and Protein Polarizations One by One, Nanotechnology, 20[14], 145102(6pp), 2009, 査読有

[学会発表] (計 9 件)

①松本卓也、分子スケールエレクトロニクスー単分子デバイスから単分子集積デバイスへー、大阪大学有機エレクトロニクス研究会春の学校「単一分子エレクトロニクスの要素技術と基礎理論」、2010年2月26日、国際高等研究所(京都府木津川市) (招待講演)

②松本卓也、絶縁体表面におけるバイオ分子の引力イメージング、第70回応用物理学学術講演会、2009年9月8日、富山大学五福キャンパス(富山市) (招待講演)

[図書] (計 2 件)

①松本卓也(重川秀実、吉村雅満、河津 璋 共編)、共立出版、「有機分子試料測定のために」実験物理科学シリーズ6 「走査プローブ顕微鏡」実践編 第2章 試料の作り方・扱い方、第3節、2009、425 (170-178)

[産業財産権]

○取得状況 (計 3 件)

名称: Probe apparatus for measuring an electron state on a sample surface

発明者: Takkuya Matsumoto, Tomoji Kawai

権利者: Japan Science and Technology Agency

種類: 特許

番号: US 7,486,667 B2

出願年月日: 2009年2月10日

国内外の別: 米国