

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	振幅変調型原子間力顕微鏡による分子認識サイトの面内分布イメージングおよび固体表面近傍の水の局所粘弾性解析
Title(English)	
著者(和文)	丹生隆
Author(English)	Takashi Nyu
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11080号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:林 智広,北本 仁孝,石田 忠,柘植 丈治,本倉 健
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11080号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	材料系 ライオンエンジニアリング	系 コース	申請学位(専攻分野)： 博士 Academic Degree Requested Doctor of	(理学)
学生氏名： Student's Name	丹生 隆		指導教員(主)： Academic Supervisor(main)	林 智広 准教授
			指導教員(副)： Academic Supervisor(sub)	

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本博士論文「振幅変調型原子間力顕微鏡による分子認識サイトの面内分布イメージングおよび固体表面近傍の水の局所粘弾性解析」は5つの章から構成されている。

第1章「序論」は、本研究で用いた AM-AFM が様々な分野で使用されるに至った理由、及びそれまでに開発された顕微鏡の特徴とその歴史について述べている。加えて、AM-AFM が抱える現在の技術的問題について述べ、本研究で対象としている分子認識サイトの面内分布イメージングおよび試料表面近傍の水の粘弾性の解析が、細胞の分子認識機構の理解、人工材料に対する細胞応答決定メカニズムの理解などに必要不可欠であることを述べ、本研究の目的を説明している。

第2章「本研究で利用した装置・測定手法及び開発した励振機構と解析手法」では、本研究で用いた AFM の動作原理、本研究を遂行する上で必須である、強度変調レーザーの照射による熱膨張を用いたカンチレバーの直接振動法である光熱励振機構について説明している。また、水中でも安定した AM-AFM 測定の実現、本研究で構築した AM-AFM により得られる探針-試料表面間の力学的解釈、試料表面の凹凸形状による影響および局所粘弾性の影響を受けることなく分子認識サイトのみをイメージングするための新しい測定手法について述べている。

第3章「振幅変調型原子間力顕微鏡を用いた分子認識サイトの面内分布イメージング手法の開発と評価」では、試料表面に固定したストレプトアビジンと AFM 探針先端に固定されたビオチン間の相互作用による、位相シフト変化の計測による分子認識サイトの面内分布のイメージング手法について述べている。本手法は、水中でも安定したカンチレバー振動が得られる光熱励振法、得られた凹凸形状像を基に分子認識による相互作用のみを測定するための新測定手法、ビオチンを探針先端に固定するための適切なリンカーの選択および探針の作製、これらを適切に組み合わせることにより始めて実現した。そして、本開発手法は従来法に比べ高い確度で分子認識相互作用を検出でき、数百倍高速な測定が可能であることを明らかにした。

第4章「振幅変調型原子間力顕微鏡を用いた固体表面近傍の水の局所粘弾性」では、AFM 探針と試料表面に挟まれた状態にある水の粘弾性測定結果について述べている。水中でも安定にカンチレバーを振動させ安定な測定ができる AM-AFM を使い、物理化学的性質の異なる3種類の自己組織化単分子膜(Self-assembled monolayer: SAM)を探針・試料両者の表面に形成させ、SAM 間に挟まれた水の力学応答によるカンチレバーの振幅・位相差シフトの変化を粘弾性へ変換する手法について述べている。得られたカンチレバーの振動振幅、位相差-距離曲線から、SAM 間に挟まれた状態にある水はバルクとは異なる粘弾性応答を示すことが明らかになった。

第5章「本研究のまとめと今後の展望」では、本研究で行われた内容をまとめるとともに、今後の展望、課題について述べている。

一連の研究で、分子認識サイトイメージング手法、および定量的な界面水分子の力学特性評価という、AM-AFM の新しい応用成果について述べている。これらの研究成果は、従来の光学顕微鏡を用いたアプローチでは取得不可能な、試料の力学的な応答の時間変化をも追うことができる手法として、今後大いにその応用が広がることを期待され、生体分子、細胞膜表面の分子認識プロセスの解析のみならず、バイオセンサー・バイオマテリアルの性能・基礎物性の評価などにも大きく寄与するものである。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： 材料系 系
Department of Graduate major in ライフエンジニアリング コース
学生氏名： 丹生 隆
Student's Name

申請学位(専攻分野)： 博士 (理学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員(主)： 林 智広 准教授
Academic Supervisor(main)
指導教員(副)：
Academic Supervisor(sub)

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In this study, an excitation system that realized stable amplitude modulation atomic force microscopy (AM-AFM) measurements under solution was established. This system highlights the direct oscillation of the AFM cantilever using an intensity-modulated laser for high-speed imaging of molecular recognition sites on bio-devices with nanometer resolution, and for measuring local viscoelasticity of water in the vicinity of sample surfaces. The new molecular recognition imaging method makes it possible to take an image with hundreds of times faster than that of using the conventional force mapping method. Also, the probability of detecting the molecular recognition events has increased. Moreover, with the new excitation system that provided stable AM-AFM measurements, a quantitative data analysis technique was developed through the construction of a dynamic model of the measured data to successfully reveal the dynamic properties of water. From the results, water in the vicinity of the material surfaces shows different viscoelastic responses from the bulk, and these properties and thicknesses depend on the physicochemical property of the sample surfaces. The two new measurement methods using the developed AM-AFM system will significantly contribute not only to the analysis of molecular recognition processes but also to the evaluation of performance and basic physical properties of biosensors and biomaterials.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).