

平成21年 4月30日現在

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2006～2008

課題番号：18686059

研究課題名（和文） 生体1分子・静電ポテンシャル検出技術の開発

研究課題名（英文） Development of detection technology for electrostatic potential of single biomolecule

研究代表者

齋藤 永宏 (SAITO NAGAIRO)

名古屋大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：00329096

研究成果の概要：本研究では、走査型プローブ顕微鏡および光導波路分光法を用いて、異なる化学的特性（はっ水性・親水性）を有する基材表面における生体1分子の吸着挙動の解明を行った。生体分子には、DNA およびヒト血漿フィブリノーゲン（HPF）をモデルターゲットに用いた。また、ケルビン力顕微鏡およびゼータ電位測定により、これら生体分子の静電ポテンシャルを明らかにした。これらの成果は将来のバイオデバイス作製に向けての基盤技術となる。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	11,200,000	3,360,000	14,560,000
2007年度	8,300,000	2,490,000	10,790,000
2008年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
総計	23,300,000	6,990,000	30,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・材料加工・処理

キーワード：表面・界面制御、生体分子

1. 研究開始当初の背景

生体内において、タンパク質（酵素、抗体、細胞など）・核酸（DNA など）・脂質（生体膜など）などの生体分子は、自己組織的に集合した分子集団を構成し、運動、信号処理、遺伝子情報の読み取りといった生命活動に必要な機能を担っている。この分子集団は、たかだか数十ナノメートルの小さな機械であり、人工的に作製された機械とは異なった動作メカニズムを有する。このため、生体分子を用いたデバイスを創製すれば、新奇機能性の発現が期待され、そのようなデバイスの創製を目指した研究が行われている。また、そのデバイス性能を向上させるためにも、生体分子そのものの機能性を解明することは極

めて重要であるが、そのメカニズムの完全な理解にはまだ至っていない。生体分子の性質を解釈するためには、生体1分子を直接観察することが極めて有効である。現在までに、走査型プローブ顕微鏡を用いた生体分子の形状観察に関する研究が多数行われているが、現状の手法では、生体1分子の機能性を知るための方策としては不十分である。生体1分子の遺伝子情報、すなわち、信号処理を計測するためには、生体分子が“active”である溶液中でその信号を計測する必要がある。このためには、ナノメートルオーダーの分解能を持つ電子信号計測システムが必要である。しかしながら、生体1分子の機能性に起因する電気的性質をターゲットとする

研究を行った例は皆無である。生体 1 分子の電気的信号を計測する技術を確立することは、生体分子の新奇機能性を材料、デバイス創製、医療分野への応用に向けて重要な課題であり、今後の 21 世紀社会の医学的、物理化学的学問の観点からも必要不可欠である。

2. 研究の目的

本研究では、生体 1 分子レベルで反応観察を行うことにより、生体分子の動き・局在・相互作用・活性化状態を調査し、従来のマクロレベルの計測では平均化されて見えなかった現象・1 分子レベルでの反応メカニズム・分子機能などの解明を目的とした。これらの現象を解明するために、走査型プローブ顕微鏡や分光計測を用いた基礎研究を行った。

3. 研究の方法

本研究では、生体 1 分子の静電ポテンシャル検出技術を確立するために、以下の項目について検討を行った。

(1) 生体分子の試料への固定化技術の確立

生体分子の試料表面への吸着過程や生体分子と試料表面の親和性を詳細に検討するために、自己組織化単分子膜 (Self-Assembled Monolayer: SAM) を利用し、試料の表面改質を行った。自己組織化単分子膜を利用することにより、試料表面に様々な官能基を導入することが可能となる。また、ゼータ電位計により、生体分子や試料の表面電位を計測し、静電的な相互作用を系統的に調査した。

(2) 走査型プローブ顕微鏡による生体 1 分子観察

生体分子機能が“active”である溶液中で、材料表面における生体分子の局在や相互作用を解明するために、観察条件の最適化やプローブの選定を行った。また、液中における生体 1 分子の電気的性質を検討するために、液中で観察可能なケルビン力顕微鏡の計測技術の確立を行った。

(3) 光導波路分光による生体 1 分子観察

光導波路を用いた分光法の開発を行い、生体分子と基材界面での相互作用の解明を行った。

(4) 走査型プローブ顕微鏡および分光計測を用いた複合計測システムの開発

上記基礎研究のデータに基づいて、複合計測システムの開発およびその計測技術の開発を行った。

これらの具体的な研究項目を推進することで、生体 1 分子の様々な機能性を探索し、材料、デバイス創製、再生医学分野に応用することにより、生体 1 分子が有する新奇機能

性の実用化につながる基礎研究を実施した。

4. 研究成果

本研究では、はじめに、基板上へ DNA を固定化し、KPFM により、DNA の電気的特性の評価を行った。サンプルには、SiO₂、HOPG 上の DNA を用いた。金コートされたシリコン製 SI-DF3-A (SII 製、バネ定数: 1.8 N/m、共振周波数: 約 25.3 kHz、Q 値: 約 170) をカンチレバーに用い、KPFM 測定を大気中で行った。KPFM 測定では、探針-試料間に電気振動を印加し、静電気力を測定することにより、接触電位差を測定する。したがって、探針-試料間に印加する電気振動の電圧 (V_{AC}) および周波数 (f_{AC}) は、非常に重要なパラメータであるため、これらを変化させ、測定を行った結果を図 1 および図 2 に示す。

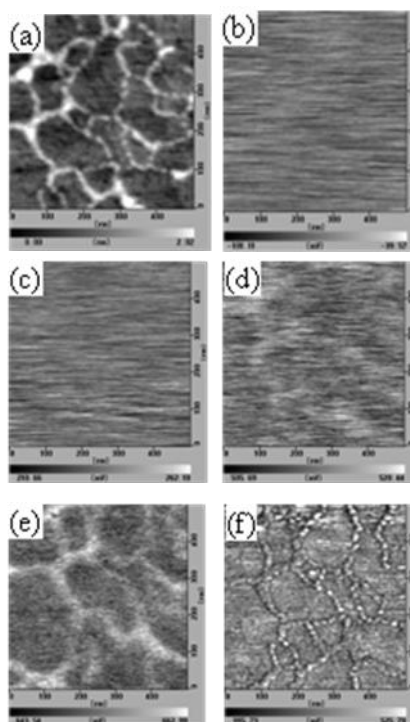
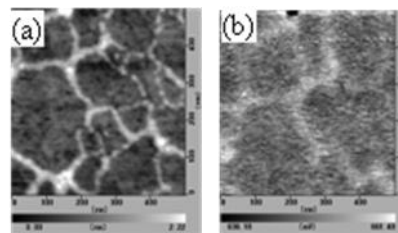


図 1 SiO₂ 上の DNA の KPFM コントラスト f_{AC} 依存性

(a) 表面形状像, (b) $f_{AC} = 5.0$ kHz, $V_{AC} = 2.0$ V, Scan rate = 0.2 Hz, (c) $f_{AC} = 10.0$ kHz, $V_{AC} = 2.0$ V, Scan rate = 0.2 Hz, (d) $f_{AC} = 20.0$ kHz, $V_{AC} = 2.0$ V, Scan rate = 0.2 Hz, (e) $f_{AC} = 24.0$ kHz, $V_{AC} = 2.0$ V, Scan rate = 0.2 Hz, (f) $f_{AC} = 25.0$ kHz, $V_{AC} = 2.0$ V, Scan rate = 0.2 Hz



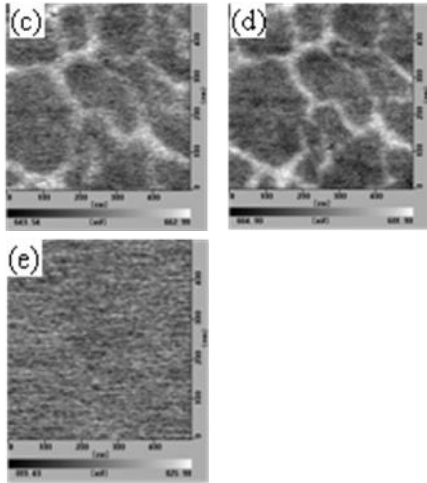


図2 SiO₂上のDNAのKPFMコントラスト V_{AC} 依存性

(a) 表面形状像, (b) $f_{AC} = 24.3$ kHz, $V_{AC} = 1.0$ V, Scan rate = 0.2 Hz, (c) $f_{AC} = 24.0$ kHz, $V_{AC} = 2.0$ V, Scan rate = 0.2 Hz, (d) $f_{AC} = 24.3$ kHz, $V_{AC} = 5.0$ V, Scan rate = 0.2 Hz, (e) $f_{AC} = 22.0$ kHz, $V_{AC} = 15.0$ V, Scan rate = 0.2 Hz

上記の実験結果に基づいて、SiO₂ および HOPG 上に吸着させた DNA の表面電位測定を行った。その測定結果を図3に示す。DNA の表面電位は、基板を基準にして、SiO₂ 上では、+5~8 mV、APhS-SAM 上では、+5~8 mV、HOPG 上では、-20 mV であった。以上から、表面電位の大きさの序列は、SiO₂、APhS-SAM < DNA < HOPG であることがわかった。

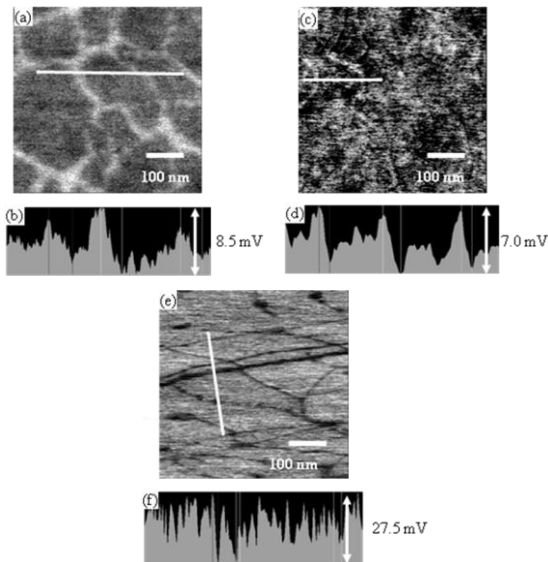


図3 DNAの表面電位像

(a) SiO₂ (溶媒: 0.1 mM MgCl₂水溶液) 上の表面電位像, (b) SiO₂ (溶媒: 0.1 mM MgCl₂水溶液) 上の断面プロファイル, (c) APhS-SAM (pH3 0.1 mM MgCl₂水溶液) 上の表面電位像, (d) APhS-SAM (pH3 0.1 mM MgCl₂水溶液) 上の断面プロファイル, (e) HOPG (超純水) 上の表面電位像, (f) HOPG (超純水) 上の断面プロファイル

SiO₂では、DNAはMg²⁺を介して、基板と配位結合している。したがって、DNAと基板は、イオン複合体を形成している。APhS-SAMでは、DNAのリン酸イオンとアミノ基で、SiO₂と同様に、イオン複合体が形成する。ここで、双方とも、DNAが基板より高い表面電位を持つことは、DNAの基板への吸着の影響ではなく、表面のMg²⁺または、表面吸着水の層と負に帯電しているDNAとの間に形成された双極子モーメントが、基板から空気へ向かう方向を持っていることを示唆している。また、HOPGにおいて、DNAが基板より低い表面電位を示す原因は、HOPGの導電性、HOPGとDNAの吸着に関する相互作用の影響、あるいは、負電荷のDNAの作用によるためと考えられる。

次に、光導波路分光法を用いてヒト血漿フィブリノーゲン (HPF: タンパク質) の吸脱着の検出に関する調査を行った。基板には、自己組織化単分子膜 (SAM) を被覆した石英および PEG および OH 末端の石英基板を用いた。SAM には、メチル基末端の OTS、アミノ基末端の AHAPS を用いた。これらの異なる末端官能基上に HPF を滴下し、基板表面に吸着した微量の HPF の検出を行った。HPF は、トリプトファン、チロシンにより構成されている。このため、これらに由来する吸収ピークが波長 280nm 付近に出現する。このピークを光導波路分光法で追尾することで、HPF の吸着を分子レベルで検出することができる。図4に、PBS 溶液中に 1 μM の濃度で希釈した HPF 溶液を各種基材に滴下し、波長 280nm の吸収ピーク強度の時間変化スペクトルを示す。

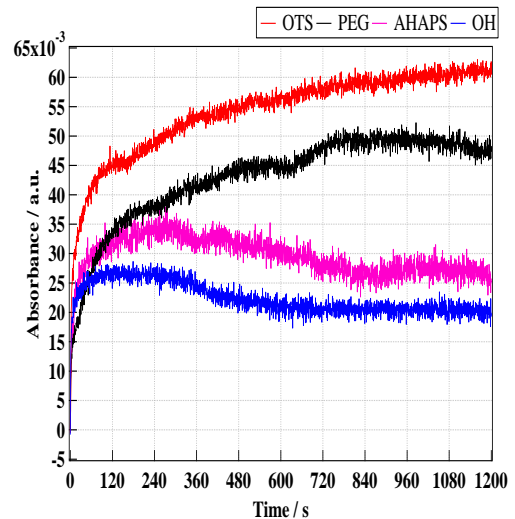


図4 光導波路分光法による各種SAM上におけるHPF吸着量の経時変化

OTS および PEG 表面では、時間経過とともに、HPF の吸着量が増加しているのに対し、AHAPS および OH 表面では、時間経過とともにその吸着量が減少した。このような吸着挙動の違いは、表面の濡れ性の違いによると推察される。これらの表面における HPF の吸着挙動を調べるために、AFM による観察を行った。

OTS-SAM 表面（疎水性）では、溶液滴下 30 秒後に、吸着層が高密度に形成され（図 5）、600 秒後には、凝集体の形成が確認された。このような凝集体の形成は、OTS-SAM と HPF の疎水性相互作用に起因する。PEG 表面上（疎水性）では、末端にある CH_3 基の影響により、HPF 同士が凝集して吸着していったが、PEG 鎖のゆらぎにより、網目状に吸着が進行した。PEG 中の主鎖のエーテル結合（自由度が大きい）に起因するゆらぎにより、HPF の吸着阻害が生じるが、末端メチル基の影響により、吸着した HPF は疎水性表面と同様に高密度で凝集した。一方、親水性表面である AHAPS 上では、HPF は疎水性表面に比べ低密度に吸着した。600 秒後には、局所的に凝集した HPF が観察された。より親水性の高い OH 表面上では、HPF は AHAPS 表面の場合と同様、低密度で吸着した。600 秒後も、吸着した HPF の密度は低いままであった。これらの結果は、光導波路分光の測定結果と一致する。

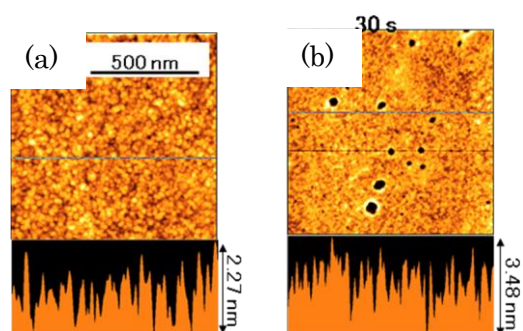


図 5 OTS-SAM 上に吸着した HPF の表面形状像 (a)吸着前, (b)HPF 溶液滴下 30 秒後

これらの吸着挙動の違いの原因を調査するために、HPF および各種基板表面のゼータ電位測定を行った。pH7.7 の PBS 溶液における HPF のゼータ電位は -8.7mV と負の値を示した。OTS、PEG、AHAPS、OH 表面のゼータ電位はそれぞれ -19.1 、 -25.1 、 -24.2 、 -33mV であった。HPF に対する基板表面の静電的斥力の大きさの序列は、OH 表面 $>$ AHAPS 表面 $=$ PEG 表面 $>$ OTS 表面である。すなわち、HPF の基板表面への吸着のしやすさの序列は、OTS 表面 $>$ PEG 表面 $=$ AHAPS 表面 $>$ OH 表面となり、光導波路分光の測定結果と一致する。このことから、HPF の基板表面に対する吸着に影響を及ぼす主な要因は静電的斥力であると考えられる。

本研究を通して得られた知見は、生体 1 分子をケルビン力顕微鏡および光導波路分光法にて検出する技術の基礎になるものであり、世界初の技術である。このため、本成果は、生体 1 分子検出技術の基盤技術として極めて重要な位置づけになる。今後、本研究成果の精度を高めていくとともに、生体 1 分子を検出できる革新的技術の開発に取り組ん

でいきたい。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 21 件）

- (1) T. Ishizaki, H. Sakurai, N. Saito, O. Takai, Control of site-selective adsorption reaction on a biomimetic super-hydrophilic /super-hydrophobic micropatterned template, *Surf. Coat. Technol.*, **202**, 5535-5538 (2008). 査読有
- (2) A. Choukourov, A. Grinevich, D. Slavinska, H. Biederman, N. Saito, O. Takai, Scanning probe microscopy for the analysis of composite Ti/hydrocarbon plasma polymer thin films, *Surf. Sci.*, **602**, 1011-1019 (2008). 査読有
- (3) S.H. Lee, T. Ishizaki, N. Saito, O. Takai, Effect of Humidity and Solution Age on the Growth of Organosilane Self-Assembled Monolayers, *J. Jpn. Appl. Phys.*, **47**, 6416-6421 (2008). 査読有
- (4) S.H. Lee, T. Ishizaki, N. Saito, O. Takai, Surface Characterization on Binary Nano/Micro Domain Composed of Alkyl and Amino-terminated Self-assembled Monolayer, *Appl. Surf. Sci.*, **254**, 7453-7458 (2008). 査読有
- (5) S.H. Lee, T. Ishizaki, N. Saito, O. Takai, Effect of Reaction Temperature on Growth of Organosilane Self-Assembled Monolayer, *J. Jpn. Appl. Phys.*, **47**, 6442-6447 (2008). 査読有
- (6) T. Ishizaki, S.H. Lee, N. Saito, O. Takai, Comparative study of the molecular aggregation state of alkyl organic monolayers prepared on Si and hydrogen-terminated Si substrates, *Nanotechnology*, **19**, 055601-055607 (2008). 査読有
- (7) K. Ino, A. Ito, Y.Y. Wu, N. Saito, E. Hibino, O. Takai, H. Honda, Application of ultra-water-repellent surface to cell culture, *J. Bioscience. Bioengineering*, **104**, 420-423 (2007). 査読有
- (8) H. Sato, Y. Miura, N. Saito, K. Kobayashi, O. Takai, A micropatterned carbohydrate display for tissue engineering by self-assembly of heparin, *Surf. Sci.*, **601**, 3871-3875 (2007). 査読有
- (9) M.A. Bratescu, N. Saito, H. Mori, O. Takai, Localized surface plasmon resonance of silicon compounds adsorbed on silver nanoparticles, *Surf. Sci.*, **601**, 3886-3891 (2007). 査読有

(10) T. Ishizaki, N. Saito, Y. Sato, O. Takai, Probing into Adsorption Behavior of Human Plasma Fibrinogen on Self-Assembled Monolayers with Different Chemical Properties by Scanning Probe Microscopy, *Surf. Sci.*, **601**, 3861-3865 (2007). 査読有

(11) A. Choukourov, A. Grinevich, N. Saito, O. Takai, SPM analysis of fibrinogen adsorption on solid surfaces, *Surf. Sci.*, **601**, 3948-3951 (2007). 査読有

(12) S.H. Lee, T. Ishizaki, N. Saito, O. Takai, Electrochemical soft lithography of an 1,7-octadiene monolayer covalently linked to hydrogen-terminated silicon using scanning probe microscopy, *Surf. Sci.*, **601**, 4206-4211 (2007). 査読有

(13) S.H. Lee, T. Ishizaki, N. Saito, O. Takai, Local generation of carboxyl groups on an organic monolayer through chemical conversion using scanning probe anodization, *Mater. Sci. Eng., C*, **27**, 1241-1246 (2007). 査読有

(14) Y.Y. Wu, M. Kouno, N. Saito, F.A. Nae, Y. Inoue, O. Takai, Patterned hydrophobic-hydrophilic templates made from microwave-plasma enhanced chemical vapor deposited thin films, *Thin Solid Films*, **515**, 4203-4208 (2007). 査読有

(15) H. Sato, Y. Miura, N. Saito, K. Kobayashi, O. Takai, A micropatterned multifunctional carbohydrate display by an orthogonal self-assembling strategy, *Biomacromolecules*, **8**, 753-756 (2007). 査読有

(16) S.H. Lee, N. Saito, O. Takai, The Importance of Precursor Molecules Symmetry in the Formation of Self-assembled Monolayers, *Jpn. J. Appl. Phys., Part 1*, **46**, 1118-1123 (2007). 査読有

(17) R. Ohta, N. Saito, T. Ishizaki, O. Takai, Visualization of human plasma fibrinogen adsorbed on highly oriented pyrolytic graphite by scanning probe microscopy, *Surf. Sci.*, **600**, 1674-1678 (2006). 査読有

(18) M.A. Bratescu, N. Saito, O. Takai, Treatment of Immobilized Collagen on Poly(tetrafluoroethylene) Nanoporous Membrane with Plasma, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **45**, 8352-8357 (2006). 査読有

(19) H. Sato, Y. Miura, T. Yamauchi, N. Saito, K. Kobayashi, O. Takai, Carbohydrate microarrays by click chemistry, *Trans. Mater. Research Soc.*, **31**, 659-703 (2006). 査読有

(20) T. Ishizaki, N. Saito, S.H. Lee, K. Ishida, O. Takai, Study of alkyl organic monolayers with different alkyl chain lengths

directly attached to silicon, *Langmuir*, **22**, 9962-9966 (2006). 査読有

(21) S.H. Lee, N. Saito, O. Takai, Self-Assembly of Fibrinogen on Binary Organic Monolayer with Microdomains, *Surf. Sci.*, in press. 査読有

[学会発表] (計 54 件)

(1) 樋口晶生, 宮原康弘, 齋藤永宏, 高井治, 超はっ水/PEG マイクロテンプレートを用いた微生物の位置選択的固定化, 日本金属学会 2009年春期(第114回)講演大会, 平成21年3月26日, 東京, 日本

(2) 鈴木和也, 李先炯, 齋藤永宏, 高井治, 疎水性及び親水性二元系 SAM の濡れ性の評価, 日本金属学会 2009年春期(第114回)講演大会, 平成21年3月26日, 東京, 日本

(3) A. Higuchil, H. Tatematsu, T. Fujima, N. Saito, O. Takai, Adsorption of protein on polyelectrolyte brush surface, Spring 2009 National Meeting & Exposition, 平成21年3月23日, Salt Lake City, U.S.A.

(4) N. Saito, J. Hieda, O. Takai, Chemical dynamics of protein adsorption and desorption on regulated surfaces in aqueous solutions, Spring 2009 National Meeting & Exposition, 平成21年3月22日, Salt Lake City, U.S.A.

(5) T. Fujima, M. Matsuno, M. Bratescu, N. Saito, O. Takai, Added Salt Effect on a Fibrinogen Immobilization Kinetics at a Polelectrolyte Brush, Ninth International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-9), 平成21年1月21日, Nagoya, Japan

(6) T. Fujima, M. Matsuno, M. A. Bratescu, N. Saito, O. Takai, Added Salt Effect on a Fibrinogen Adsorption Kinetics at a Planer Strong Polyelectrolyte Brush, IUMRS-ICA 2008, 平成20年12月11日, Nagoya, Japan

(7) Y. Miyahara, N. Saito, O. Takai, The Influence of Physicochemical Properties to Bacterial Adsorption to Material Surfaces, IUMRS-ICA 2008, 平成20年12月10日, Nagoya, Japan

(8) M.A. Bratescu, D.B. Allred, N. Saito, M. Sarikaya, O. Takai, UV-ATR Polarization Spectroscopy of Self-Assembled Coumarin Monolayer, IUMRS-ICA 2008, 平成20年12月10日, Nagoya, Japan

(9) M.A. Bratescu, S. Fujita, N. Saito, O. Takai, Study of Protein Adsorption onto a Polymer Film by in-situ UV Attenuated Total Reflectance Spectroscopy, MRS fall meeting 2008, 平成20年12月1日, Boston, USA

- (10) H. Tatematsu, T. Fujima, N. Saito, O. Takai, Kinetic Study of Protein Adsorption on Polyelectrolyte Brush Surface, AVS 55th International Symposium and Exhibition, 平成 20 年 10 月 21 日, Boston, USA
- (11) Y. Miyahara, N. Saito, O. Takai, Fabrication of Micro-Templates for the Control of Bacterial Immobilization, AVS 55th International Symposium and Exhibition, 平成 20 年 10 月 21 日, Boston, USA
- (12) 稗田純子, 宮原康弘, 齋藤永宏, 高井治, 微生物付着制御のためのマイクロテンプレートの作製, 第 57 回高分子討論会, 平成 20 年 9 月 25 日, 大阪市立大学, 日本
- (13) 宮原康弘, 齋藤永宏, 高井治, 微生物吸着挙動に及ぼす物理化学的表面特性の影響, 第 118 回講演大会 (主催: 表面技術協会), 平成 20 年 9 月 2 日, 近畿大学, 日本
- (14) M. A. Bratescu, D.B. Allred, N. Saito, M. Sarikaya, O. Takai, In-situ Study of Bacterial S-layer Protein Binding Process with Noble Metal Surface, Interfinish 2008, 平成 20 年 6 月 17 日, 釜山, 韓国
- (15) Y. Miyahara, T. Ishizaki, N. Saito, O. Takai, Adhesion Control of Bacteria with Micropatterned Super-Hydrophobic/Super-Hydrophilic and Super-Hydrophobic/Poly(Ethelene Glycol) Surfaces, Interfinish 2008, 平成 20 年 6 月 17 日, 釜山, 韓国
- (16) 藤間卓也, 松野正幸, 齋藤永宏, 高井治, 高分子電解質ブラシ上へのタンパク質捕捉キネティクスの添加塩濃度依存性価, 2008 年春季第 55 回応用物理学関係連合講演会, 平成 20 年 3 月 29 日, 東京, 日本
- (17) 宮原康弘, 石崎貴裕, 齋藤永宏, 高井治, 固体表面形状と細菌付着の関係, 2008 年春季第 55 回応用物理学関係連合講演会, 平成 20 年 3 月 29 日, 東京, 日本
- (18) 松野正幸, 藤間卓也, Maria A. Bratescu, 石崎貴裕, 齋藤永宏, 高井治, 機能性有機分子膜上でのヒト血漿フィブリノーゲン吸着挙動の解析と制御, 表面技術協会 第 117 回講演大会, 平成 20 年 3 月 12 日, 東京, 日本
- (19) M.A. Bratescu, D.B. Allred, N.Saito, O. Takai, In-situ Study of the Bacterial S-layer Protein Adsorption by Attenuated Total Reflectance Spectroscopy, Eighth International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-8), 平成 20 年 1 月 23 日, Nagoya, Japan

その他 35 件

[図書] (計 3 件)

- (1) 齋藤永宏, 藤間卓也, 高井治, I-1.6 自己

組織化とその利用, I-4.6 化学特性, オーム社, 薄膜ハンドブック, pp.192-200, 508-522 (2008).

(2) 齋藤永宏, 石崎貴裕, 自己組織化単分子膜を利用した分子メモリの作製, 三協出版, 自然に学ぶ材料プロセッシング, (2007), pp. 216-219.

(3) 高井治, 石崎貴裕, 齋藤永宏, 超はっ水性および超親水性表面を用いた新しい細胞培養技術, エヌ・ティー・エス (2007), pp.225-231.

[産業財産権]

○出願状況 (計 3 件)

(1) 名称: 自己組織化単分子膜の作製法とその利用

発明者: 齋藤永宏, 石崎貴裕, 高井治

権利者: 国立大学法人名古屋大学

種類: 特許権

番号: PCT/JP2006/307962

出願年月日: 2006 年 4 月 15 日

国内外の別: 国外

(2) 名称: 自己組織化単分子膜の作製法

発明者: 齋藤永宏, 石崎貴裕, 高井治

権利者: 国立大学法人名古屋大学

種類: 特許権

番号: 特許出願 2006-218265

出願年月日: 2006 年 8 月 10 日

国内外の別: 国内

(3) 名称: 自己組織化単分子膜作製装置とその利用

発明者: 齋藤永宏, 石崎貴裕, 高井治

権利者: 国立大学法人名古屋大学

種類: 特許権

番号: 特許出願 2006-352281

出願年月日: 2006 年 12 月 27 日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 1 件)

名称: 自己組織化単分子膜の作製方法とその利用

発明者: 齋藤永宏, 石崎貴裕, 高井治

権利者: 国立大学法人名古屋大学

種類: 特許権

番号: 特許第 4065962 号

取得年月日: 2008 年 1 月 18 日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

齋藤永宏 (SAITO NAGAIRO)

名古屋大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 00329096