

金属酸化物表面処理用ホスホン酸誘導体

ホスホン酸誘導体は、 Al_2O_3 ^{1,2)}、 TiO_2 ³⁻⁷⁾、 ZrO_2 ^{3,4)}、シリコン酸化膜 (SiO_2)⁸⁻¹¹⁾、 Ta_2O_5 ¹²⁾、マイカ¹³⁾、ステンレス (SS316L)¹⁴⁾、ニチノール^{15,16)}、ヒドロキシアパタイト¹⁷⁾、 ZnO ¹⁸⁾、ITO¹⁹⁾、IGZO²⁰⁾等の種々金属酸化物の表面処理・改質剤として、近年、注目されています。ホスホン酸誘導体はシランカップリング剤に比べ、いくつかの利点を有していることから、有機デバイスなど様々な用途で利用され始めています。

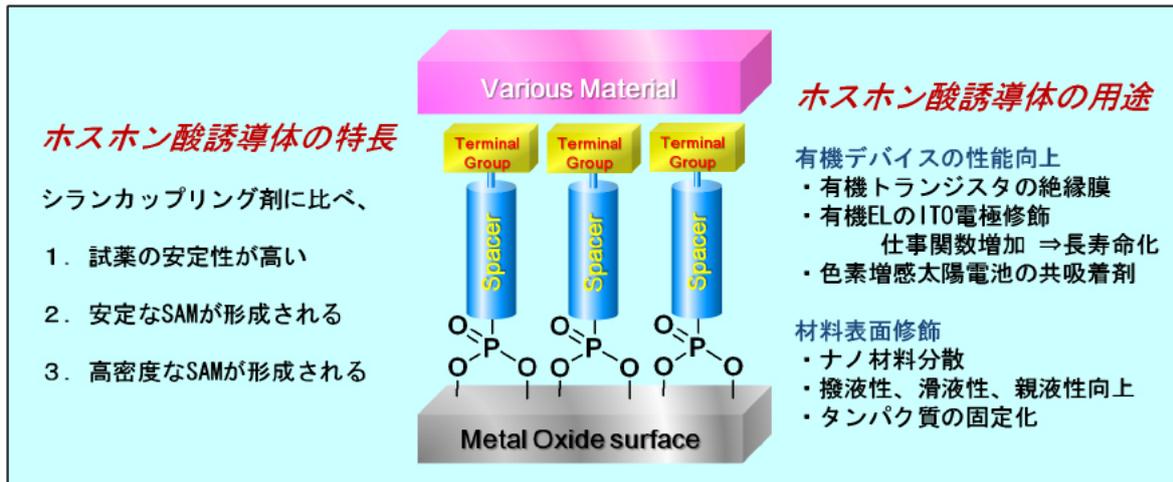


図 1 ホスホン酸誘導体の特長及び用途例

特長 1. シランカップリング剤より試薬が安定

トリクロロシランやトリメトキシシランのようなシランカップリング剤は活性が高く、水分があると容易に加水分解します。分解すると試薬自身が重合するため、溶液中で保存しておくとも分子量の増大により次第に白濁します。これに対し、ホスホン酸誘導体は非常に安定な化合物であり、試薬が重合することはありません。

特長 2. シランカップリング剤よりも形成された SAM が安定

更に、ホスホン酸 SAM はシランカップリング剤に比べ、形成された SAM が安定であるという特長を持っています。Silverman らは TiO_2 上に形成された SAM の末端に蛍光基を導入し、蛍光基の基板からの脱離を評価することで SAM の安定性を議論しています⁶⁾。11-HUPA (品コード :H399) の SAM は pH7.5 の水中に室温、7 日浸漬しても全く蛍光基が脱離しないのに対し、APTS (アミノトリメトキシシラン) の SAM では経時的な蛍光基の脱離が観測されています。

ホスホン酸 SAM の安定性は標識する基板によって変わります (図 2)。 TiO_2 や Al_2O_3 上では比較的安定性の高い SAM が形成されますが、シリコン酸化膜 (SiO_2) 上のホスホン酸 SAM は加水分解されやすいことが知られています。Thissen らはこの安定性の低さを解決するべく、 SiO_2 上に Al_2O_3 層を形成し、その上にホスホン酸 SAM を形成して安定な皮膜を形成させることに成功しています¹¹⁾。

$\text{Al}_2\text{O}_3, \text{TiO}_2 \gg \text{SiO}_2$

図 2 各基板上に形成されるホスホン酸 SAM の加水分解に対する安定性の比較

特長 3. シランカップリング剤より高密度な SAM を形成

ホスホン酸 SAM の特長の一つは形成される SAM がシランカップリング剤に比べ高密度であることです。Silverman らは TiO_2 上に形成された SAM を QCM (Quartz Crystal Microbalance) で評価し、ホスホン酸の方が約 4 倍高密度な SAM を形成すると報告しています⁶⁾。また、Klauk らは Al_2O_3 上のホスホン酸 SAM がトリクロロシランの SAM よりも 2.5 倍高密度であることを XPS による表面解析で明らかにしています²¹⁾。

Schwartz らはホスホン酸 SAM がシランカップリング剤より高密度な SAM を形成する理由として、図 3 のようなメカニズムを提唱しています⁵⁾。シランカップリング剤は存在している OH としか反応できないのに対し、ホスホン酸は基板に H^+ を供給することにより OH を再生し、次々に反応することで高密度化すると考えられています。

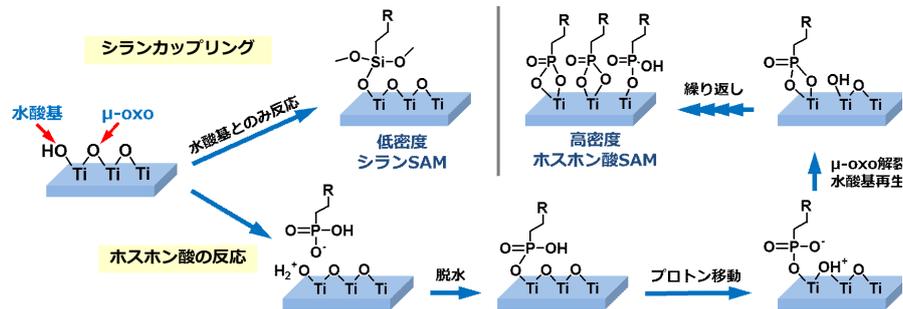


図3 TiO_2 上でのシラン SAM とホスホン酸 SAM 形成の模式図⁵⁾

<ホスホン酸 SAM 作製例>

ホスホン酸 SAM 作製例 1 : SiO_2 の修飾、T-BAG(Tethering by aggregation and growth) 法⁹⁾

- 1) 洗浄したシリコンクーポン^{*1)} を $25 \mu\text{mol/l}$ ^{*2)} のホスホン酸の THF 溶液に浸漬する。
- 2) 室温で溶媒を蒸発させた後、 140°C で 48 時間^{*3)} 加熱する。
- 3) THF とメタノールで超音波洗浄し、多層膜を除去する。SAM 形成基板は窒素下で保存する。

*1) Piranha 溶液 (濃硫酸 : 30% $\text{H}_2\text{O}_2 = 3:1$)^{8,10)} や buzzard 溶液 (30% H_2O_2 :38% $\text{HCl} = 1:1$)⁸⁾ 洗浄の例がある。

*2) 1 mmol/l で浸漬した例もある^{8,10)}。

*3) 湿度が低い条件ならば、 140°C で直ぐに (~ 10 秒) 反応するとの報告もある¹⁰⁾。

ホスホン酸 SAM 作製例 2 : Al_2O_3 の修飾²¹⁾

- 1) 酸化アルミニウム基板を酸素プラズマ処理し、直ちに 5 mmol/l ホスホン酸の 2-プロパノール溶液に浸漬する。
- 2) 16 時間室温に放置後、基板を 2-プロパノールで洗浄し、窒素で風乾する。
- 3) 短時間、 60°C のホットプレートで加熱する。

ホスホン酸 SAM 作製例 3 : TiO_2 の修飾⁶⁾

- 1) 酸化チタン基板を研磨後、塩化メチレン、メチルエチルケトン、メタノール中で順次超音波洗浄し、乾燥後、 200°C のオーブンで保管する。
- 2) 洗浄した基板を 0.1 mmol/l のホスホン酸 THF 溶液に浸漬し、室温で溶媒を留去する (T-BAG 法)。
- 3) 120°C で 48 時間加熱後、メタノール中で超音波洗浄する。

ホスホン酸 SAM 作製例 4 : ITO の修飾¹⁹⁾

- 1) 基板を界面活性剤水溶液 (0.5% SDS) に浸漬し、20 分間超音波洗浄する。次いで純水、アセトン、エタノールで順じ、20 分間超音波洗浄する。
- 2) 1 mmol/l ホスホン酸誘導体エタノール溶液に 1 時間浸漬後エタノールで洗浄し、窒素で風乾する。
- 3) 120°C で 1 時間加熱処理する。

* 上記方法で ITO 基板 (ジオマテック株式会社の FLAT ITO 膜付きガラスを $20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ に切断したもの) を各種ホスホン酸誘導体で修飾し、水の接触角を測定した例を表 1 に示す。

製品の FOPA、ODPA、M-EG₃-UPA、11-HUPA、11-PIUPA、10-CDPA、11-PUPA 及び試作品の MC-PUPA、DF-PUPA、DC-PUPA の 10 種類のホスホン酸修飾 ITO 基板のそれぞれ 2 点で接触角を測定した。

表 1 各種ホスホン酸誘導体で修飾した ITO 基板の水の接触角測定結果

サンプル名	測定1	測定2	平均
未洗浄ITO	58.60	61.70	60.15
洗浄後ITO	14.80	16.50	15.65
FOPA	83.50	85.40	84.45
ODPA	100.30	100.10	100.20
M-EG ₃ -UPA	67.40	66.90	67.15
11-HUPA	65.00	68.60	66.80
11-PIUPA	71.50	68.20	69.85
10-CDPA	66.20	65.40	65.80
11-PUPA	84.40	84.90	84.65
MC-PUPA	85.40	85.80	85.60
DF-PUPA	79.60	81.80	80.70
DC-PUPA	80.50	84.90	82.70

ホスホン酸 SAM 作製例 5 : SiO₂ 基板に Al 層形成後、SAM 修飾¹¹⁾

- 1) シリコンウェハーを Piranha 溶液に 80°C で 30 分浸漬する。
- 2) 純水で洗浄後、1 mmol/l AlCl₃ 水溶液に数時間浸漬する。
- 3) 純水で洗浄後、1 mmol/l ホスホン酸 メタノール溶液に 12 時間浸漬する。メタノールで洗浄後、窒素で風乾する。

* 図 4 は上記方法で作製した基板と、AlCl₃ 水溶液浸漬を省いた基板上に落とした水滴の接触角の経時変化を測定した結果である¹¹⁾。Al 層形成をしない場合は接触角が数十分の単位で劇的に減少するのに対し、Al 層形成を行った基板では劣化が抑えられている。

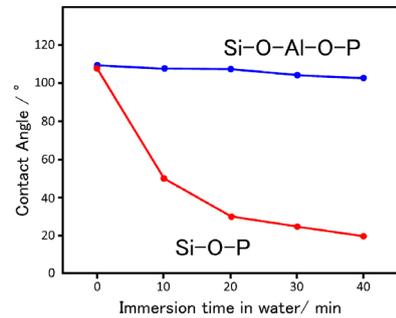


図 4 ホスホン酸 SAM で修飾した SiO₂ 基板上的水滴の接触角の経時変化、Al 層形成の有無での比較

< ホスホン酸 SAM 評価法 >

ホスホン酸 SAM の評価法としては、接触角 (Contact Angle; CA)、XPS (X-ray photoelectron spectroscopy)、FT-IR (Fourier transform infrared spectroscopy)、AFM (Atomic force microscopy) などが良く用いられています。ホスホン酸の特性と共いくつかの例をご紹介します。

1. FT-IR による SAM 安定性評価

Gawalt らは熱処理によるホスホン酸 SAM の安定化について FT-IR を用いて議論しています²³⁾。

TiO₂ 基板に ODP A (品コード :O407) の THF 溶液 (0.75 mmol/ml) をスプレーして溶媒除去後に FT-IR を測定すると 2918 cm⁻¹ と 2922 cm⁻¹ にアルキル鎖に由来するピークが観測できますが、溶媒で洗浄するとピークは消失します (図 5: 左)。

一方、ODPA 溶液をスプレーし、溶媒除去後に加熱処理 (120°C、18 時間) を加えると、溶媒で洗浄後に、更に剥離試験 (tape peel tests) を行ってもアルキル鎖のピークが観測されています (図 5: 右)。

Gawalt らによりホスホン酸 SAM が熱処理により安定化すると 2001 年に報告されて以降、多くの論文で加熱処理が行われるようになり、ホスホン酸誘導体が金属酸化物上で安定な SAM を形成すると認識されるようになったようです。

2. 接触角及び XPS による SAM の安定性の pH 依存性評価

Bharamadgi らは様々な基板上的 SAM の加水分解に対する安定性を接触角と XPS を用いて議論しています²⁴⁾。

図 6 に金基板上的 1-オクタデカンチオール SAM と多孔質酸化アルミニウム (PAO) 上の 1-オクタデシルホスホン酸 (ODPA) SAM の結果を示します。チオール SAM は H₂O、PBS、pH 3、pH 11 の各水溶液中で接触角、XPS いずれの評価でも経時的な劣化が観測されます。これに対し、PAO 上のホスホン酸 SAM は接触角では pH 11 以外では劣化は観測されず、XPS での評価でも、H₂O、PBS では劣化は見られず、pH 3 で僅かな劣化が見られる程度です。

このように PAO 上のホスホン酸 SAM は金基板上的アルカンチオール SAM と比較して、加水分解に対し高い安定性を有しています。

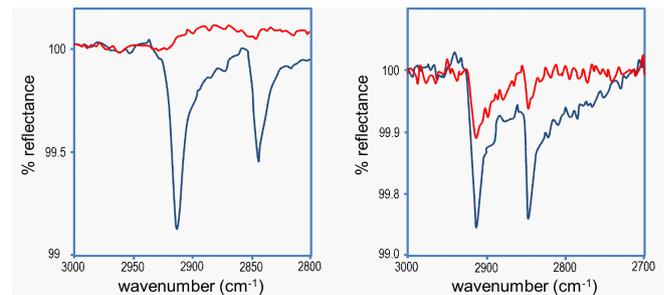


図 5 ODP A で修飾した TiO₂ 基板の FT-IR スペクトル
左) 加熱処理をしていない修飾基板の溶媒での洗浄前 (青) と洗浄後 (赤)
右) 加熱処理をした修飾基板の剥離試験後のスペクトル (赤)
SAM 溶液スプレー/加熱/洗浄サイクル 1 回、(青) サイクル 6 回

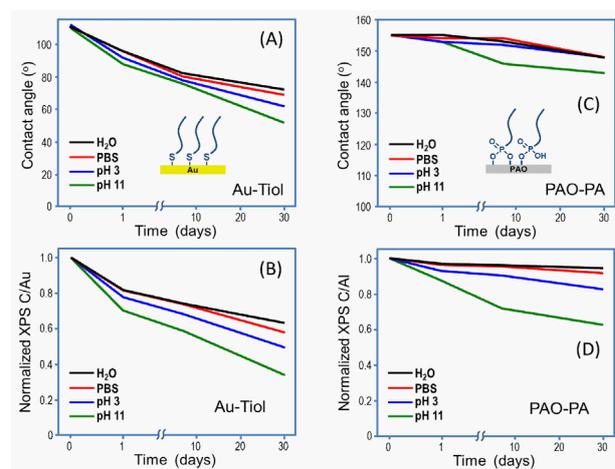


図 6 各種 SAM 修飾基板の pH 安定性
(A) と (B) は金基板上的チオール SAM の結果
(C) と (D) は PAO 上のホスホン酸 (ODPA) SAM の結果
(A) と (C) は接触角での評価
(B) と (D) は XPS での評価

3. XPS による SAM の熱安定性評価

Bhairamadgi らは金基板上の 1-オクタデカンチオール SAM と PAO 上の 1-オクタデシルホスホン酸 (ODPA) SAM の熱安定性に関して、XPS で評価を行っています²⁴⁾。

図 7 のように、チオール SAM は 80°C 前後から劣化が観測されますが、ホスホン酸 SAM は 500°C まで劣化していません。SiO₂ 上のトリクロロシラン SAM と比較しても PAO 上のホスホン酸 SAM の方が熱安定性が高いことが論文では述べられています (10% が熱脱着する温度 T₁₀ はシランで 433°C、ホスホン酸で 562°C)。このように XPS の装置中という高真空の条件下では、PAO 上のホスホン酸 SAM は非常に高い熱安定性を有しています。

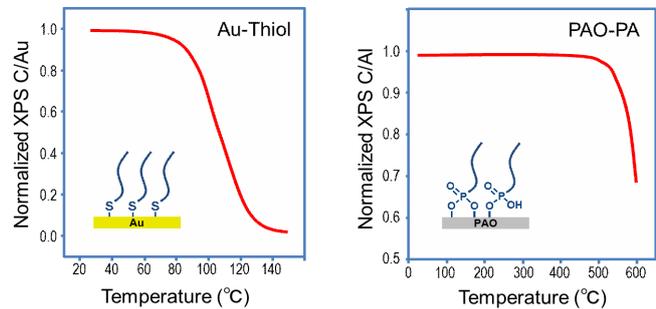


図 7 XPS で評価し金基板上のチオール SAM と PAO 上のホスホン酸 (ODPA) SAM の熱安定性

<ホスホン酸 SAM 応用例>

1. 有機トランジスタへの応用例

Klauk ら²¹⁾ や Sekitani ら²²⁾ は Al₂O₃ 上の ODPA の SAM を有機トランジスタの絶縁膜として使用し、トリクロロシラン誘導体よりも密度が高く、有用であることを示しています (図 8)。XPS のデータから計算した被覆密度は 4.6 分子/nm² であり、トリクロロシランを用いた場合の 2.5 倍以上でした。こうして作製された薄膜トランジスタは高いキャパシタンスと低いリーク電流を示し、消費電力も非常に低いと報告されています。

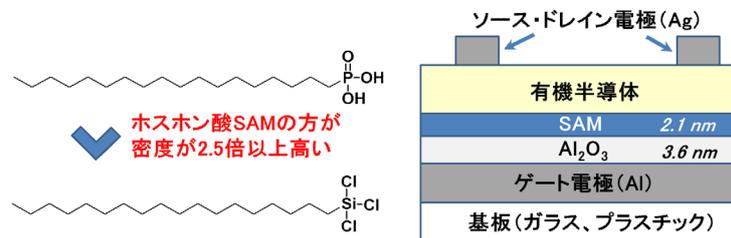


図 8 SAM を絶縁膜に利用した有機トランジスタの模式図

2. 有機 EL への応用例

フッ化アルキル鎖を有するホスホン酸誘導体は ITO の修飾により仕事関数を増加することから、注目を集めています。Sharma らは ITO 基板を FOPA (品コード: F329) で修飾することにより、酸素プラズマ処理と同様に、ITO 基板の仕事関数が増大することを報告しています¹⁹⁾。酸素プラズマ処理によって増加した仕事関数は直ぐに低下しますが、FOPA 修飾により増加した仕事関数は安定性が高く、264 時間後も低下しないことが示されています (図 9)。また、FOPA 修飾 ITO を用いて作製した有機 EL デバイスは発光量、駆動電圧ともにより安定で、長寿命化されています。

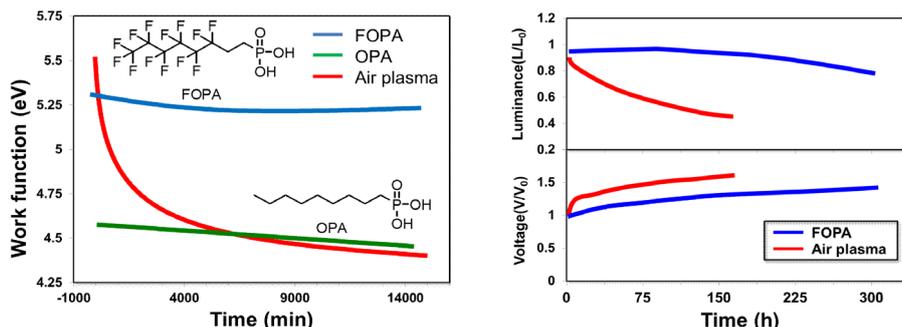


図 9 FOPA により増加した ITO の仕事関数の安定性 (左) 及び FOPA 処理 ITO を用いて作製した有機 EL デバイスの安定性 (右)

3. 有機薄膜太陽電池への応用例

Wangらはホスホン酸修飾したITO基板を用いて、高分子系有機薄膜太陽電池を作製しています²⁵⁾。P3HTとPCBMのバルクヘテロ接合層を有する太陽電池の陰極であるITO基板として、よく用いられているPEDOT:PSSで修飾したもの、ホスホン酸(FOPA、OPA)で修飾したもの、及び未修飾のもの(Bare ITO)を用いてデバイス特性を評価しています(表2)。

表2 各種修飾ITOを用いて作製した有機薄膜太陽電池のデバイス特性

substrates	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA/cm ²)	FF	efficiency (%)
PEDOT:PSS	0.60 ± 0.01	8.84 ± 0.18	0.57 ± 0.03	3.04 ± 0.21
FOPA	0.58 ± 0.01	8.75 ± 0.18	0.52 ± 0.02	2.61 ± 0.06
OPA	0.48 ± 0.02	8.29 ± 0.20	0.45 ± 0.02	1.81 ± 0.15
Bare ITO	0.31 ± 0.04	8.32 ± 0.39	0.45 ± 0.04	1.18 ± 0.26

Wangらはホスホン酸SAM修飾による開放電圧(V_{oc})の変化は、SAMの吸着がITO表面を不動態化するため、トラップ密度が減少し、再結合速度が抑制されることに起因すると結論づけています。FOPAとOPAの差に関しては、陰極への電子の輸送のエネルギー障壁の違いによると述べています。

4. 細胞接着への応用例

ChockalingamらはITO基板上にカルボン酸末端のホスホン酸SAMを形成し、非特異結合抑制のためのオリゴエチレングリコール部位と細胞接着性のRGDペプチドを逐次結合して、細胞接着性のITO基板を作製しています²⁶⁾。

ホスホン酸SAMを用いることで、金基板やシリコン上のSAMを用いて作製されているものと同様のバイオインターフェイスがITO上で作製できると報告されています。

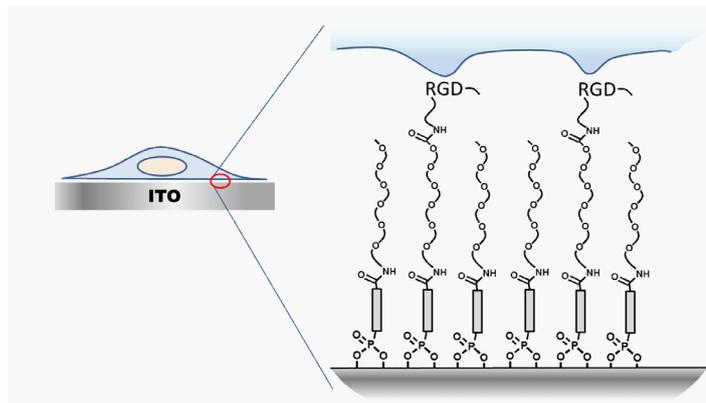


図10 ホスホン酸SAMによる細胞接着性ITO基板作製の模式図

5. 微粒子分散への応用例

Trainaらはホスホン酸で Y_2O_3 微粒子を修飾し、液体への分散性を制御しています²⁷⁾。クロロホルムと水の二層系において、アルキル鎖を有するホスホン酸で修飾した微粒子(C16-NP)はクロロホルム層に分散するのに対し、オリゴエチレングリコール部位を有するホスホン酸で修飾した微粒子(PEG-NP)は水層に分散することを示しています。

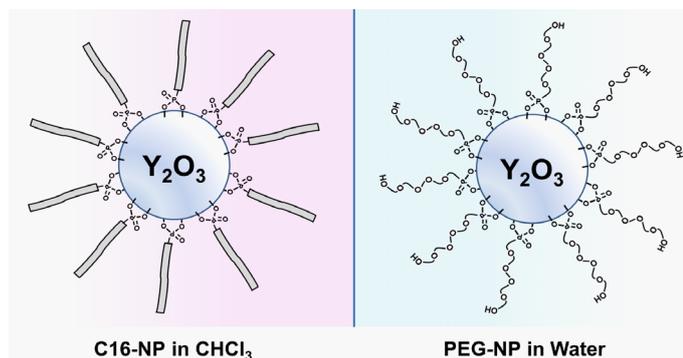


図11 ホスホン酸SAMによる Y_2O_3 微粒子の溶液分散の模式図

6. その他の応用例

他にも、さまざまな応用例が報告されています。例えば、PulsipherらはITO基板に11-HUPA(品コード:H399)のSAMを形成し、酸化条件をコントロールすることで、アルデヒドとカルボン酸二種類の表面パターンを作製しています²⁸⁾。

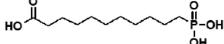
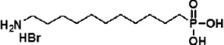
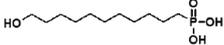
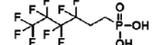
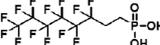
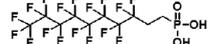
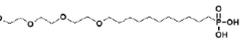
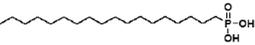
Zhangらは、ZnO上に10-CDPA(品コード:C490)のSAMを形成後、縮合剤を用いて抗体を固定化し、バイオセンサへの有用性を示しています¹⁸⁾。

Maらはゾルゲル法で作製したアルミナゲルをFDPA(品コード:F330)で修飾し、超撥水性表面の作製に成功しています²⁹⁾。

< 参考文献 >

- 1) T. Hauffman, O. Blajiev, J. Snauwaert, C. van Haesendonck, A. Hubin, H. Terry, "Study of the self-assembling of n-octylphosphonic acid layers on aluminum oxide", *Langmuir*, **2008**, 24 (23), 13450.
- 2) P. Thissen, M. Valtiner, G. Grundmeier, "Stability of Phosphonic Acid Self-Assembled Monolayers on Amorphous and Single-Crystalline Aluminum Oxide Surfaces in Aqueous Solution", *Langmuir*, **2010**, 26 (1), 156.
- 3) W. Gao, L. Reven, "Solid-state NMR-studies of self-assembled monolayers", *Langmuir*, **1995**, 11 (6), 1860.
- 4) S. Marcinko, A. Y. Fadeev, "Hydrolytic Stability of Organic Monolayers Supported on TiO₂ and ZrO₂", *Langmuir*, **2004**, 20 (6), 2270
- 5) J. Schwartz, M. J. Avaltronia, M. P. Danahya, B. M. Silvermana, E. L. Hansona, J. E. Schwarzbauerb, K. S. Midwoodb, E. S. Gawalt, "Cell attachment and spreading on metal implant materials", *J. Materials Science and Engineering C.*, **2003**, 23, 395.
- 6) B. M. Silverman, K. A. Wieghaus, J. Schwartz, "Comparative properties of siloxane vs phosphonate monolayers on a key titanium alloy" *Langmuir*, **2005**, 21 (1), 225.
- 7) N. Adden, L. J. Gamble, D. G. Castner, A. Hoffmann, G. Gross, H. Menzel, "Phosphonic Acid Monolayers for Binding of Bioactive Molecules to Titanium Surfaces", *Langmuir*, **2006**, 22, 8197.
- 8) E. L. Hanson, J. Schwartz, B. Nickel, N. Koch, M. F. Danisman, "Bonding self-assembled, compact organophosphonate monolayers to the native oxide surface of silicon", *J. Am. Chem. Soc.*, **2003**, 125 (51), 16074.
- 9) M. Dubey, T. Weidner, L. J. Gamble, D. G. Castner, "Structure and Order of Phosphonic Acid-Based Self-Assembled Monolayers on Si(100)", *Langmuir*, **2010**, 26 (18), 14747.
- 10) A. Vega, P. Thissen, Y. J. Chabal, "Environment-Controlled Tethering by Aggregation and Growth of Phosphonic Acid Monolayers on Silicon Oxide" *Langmuir*, **2012**, 28, 8046.
- 11) P. Thissen, A. Vega, T. Peixoto, Y. J. Chabal, "Controlled, Low-Coverage Metal Oxide Activation of Silicon for Organic Functionalization: Unraveling the Phosphonate Bond", *Langmuir*, **2012**, 28 (50), 17494.
- 12) M. Texto, L. Ruiz, R. Hofer, A. Rossi, K. Feldman, G. Haehner, N. D. Spencer, "Structural Chemistry of Self-Assembled Monolayers of Octadecylphosphoric Acid on Tantalum Oxide Surfaces", *Langmuir*, **2000**, 16 , 3257.
- 13) J. T. Woodward, A. Ulman, D. K. Schwartz, "Self-assembled monolayer growth of octadecylphosphonic acid on mica", *Langmuir*, **1996**, 12 (15), 3626.
- 14) A. Raman, M. Dubey, I. Gouzman and E. S. Gawalt, "Formation of self-assembled monolayers of alkylphosphonic acid on the native oxide surface of SS316L", *Langmuir*, **2006**, 22, 6469.
- 15) G. Zorn, R. Adadi, R. Brener, V. A. Yakovlev, I. Gotman, E. Y. Gutmanas, C. N. Sukenik, "Tailoring the Surface of NiTi Alloy Using PIRAC Nitriding Followed by Anodization and Phosphonate Monolayer Deposition", *Chem. Mater.*, **2008**, 20, 5368.
- 16) R. Quinones and E. S. Gawalt, "Polystyrene formation on monolayer-modified nitinol effectively controls corrosion", *Langmuir*, **2008**, 24, 10858.
- 17) S. C. D'Andrea and Al. Y. Fadeev, "Covalent surface modification of calcium hydroxyapatite using n-alkyl- and n-fluoroalkylphosphonic acids", *Langmuir*, **2003**, 19, 7904.
- 18) B. Zhang, T. Kong, W. Xu, R. Su, Y. Gao and G. Cheng, "Surface functionalization of zinc oxide by carboxyalkylphosphonic acid self-assembled monolayers", *Langmuir*, **2010**, 26(6), 4514.
- 19) A. Sharma, B. Kippelen, P. J. Hotchkiss and S. R. Marder, "Stabilization of the work function of indium tin oxide using organic surface modifiers in organic light-emitting diodes", *Appl. Phys. Lett.*, **2008**, 93, 163308.
- 20) X. Du, B. T. Flynn, J. R. Motley, W. F. Stickle, H. Bluhm, G. S. Hermanet, "Role of Self-Assembled Monolayers on Improved Electrical Stability of Amorphous In-Ga-Zn-O Thin-Film Transistors", *ECS J. Solid State Sci. Technol.*, **2014**, 3(9), Q3045.
- 21) H. Klauk, U. Zschieschang, J. Pflaum, M. Halik, "Ultralow-power organic complementary circuits", *Nature*, **2007**, 445, 745.
- 22) T. Sekitani, Y. Noguchi, U. Zschieschang, H. Klauk, T. Someya, "Organic transistors manufactured using inkjet technology with subfemtoliter accuracy", *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **2008**, 105, 4976.
- 23) E. S. Gawalt, M. J. Avaltroni, N. Koch, J. Schwartz, "Self-Assembly and Bonding of Alkanephosphonic Acids on the Native Oxide Surface of Titanium" *Langmuir*, **2001**, 17, 5736.
- 24) N. S. Bhairamadgi, S. P. Pujari, F. G. Trovela, A. Debrassi, A. A. Khamis, J. M. Alonso, A. A. Al Zahrani, T. Wennekes, H. A. Al-Turaif, C. van Rijn, Y. A. Alhamed, H. Zuilhof, "Hydrolytic and Thermal Stability of Organic Monolayers on Various Inorganic Substrates", *Langmuir*, **2014**, 30, 5829.
- 25) H. Wang, E. D. Gomez, Z. Guan, C. Jaye, M. F. Toney, D. A. Fischer, A. Kahn, Y.-L. Loo, "Tuning Contact Recombination and Open-Circuit Voltage in Polymer Solar Cells via Self-Assembled Monolayer Adsorption at the Organic-Metal Oxide Interface", *J. Phys. Chem. C.*, **2013**, 117, 20474.
- 26) M. Chockalingam, A. Magenau, S. G. Parker, M. Parviz, S. R. C. Vivekchand, K. Gaus, J. J. Gooding, "Biointerfaces on Indium-Tin Oxide Prepared from Organophosphonic Acid Self-Assembled Monolayers", *Langmuir*, **2014**, 30, 8509.
- 27) C. A. Traina, A. Christopher, J. Schwartz, "Surface modification of Y₂O₃ nanoparticles", *Langmuir*, **2007**, 23(18), 9158.
- 28) A. Pulsipher, N. P. Westcott, W. Luo, M. N. Yousaf, "Rapid in Situ Generation of Two Patterned Chemoselective Surface Chemistries from a Single Hydroxy-Terminated Surface Using Controlled Microfluidic Oxidation", *J. Am. Chem. Soc.*, **2009**, 131, 7626.
- 29) W. Ma, H. Wu, Y. Higaki, H. Otsuka, A. Takahara, "A "non-sticky" superhydrophobic surface prepared by self-assembly of fluoroalkyl phosphonic acid on a hierarchically micro/nanostructured alumina gel film", *Chem. Commun.*, **2012**, 48, 6824.

< 関連製品 >

品コード	品名	構造式	容量	特徴	想定される用途
C490	10-CDPA		10 mg 100mg	・末端にカルボン酸を有する ・WSC/NHS等で活性化し、アミノ基を有する化合物と化学結合できる	・バイオセンサ ・親水化
A517	11-AUPA		10 mg 100mg	・末端に1級アミノ基を有する ・NHSエステルやインチオシアネートなどの活性化体と化学結合できる	・バイオセンサ ・親水化
H399	11-HUPA		10 mg 100mg	・末端に水酸基を有する ・非特異吸着抑制効果が期待される ・シランカップリング剤と反応可能	・バイオセンサ ・シランカップリング剤との併用
F340	FHPA		10 mg 100mg	・末端にパーフルオロアルキル鎖を有する	・撥液化 ・仕事関数制御
F329	FOPA		10 mg 100mg	・末端にパーフルオロアルキル鎖を有する	・撥液化 ・仕事関数制御
F330	FDPA		10 mg 100mg	・末端にパーフルオロアルキル鎖を有する	・撥液化 ・仕事関数制御
M457	M-EG3-UPA		10 mg 100mg	・末端にオリゴエチレングリコール鎖を有する ・非特異吸着抑制効果が期待される ・多くの溶媒・物質と高い親和性	・親液化 ・親水化
O407	ODPA		10 mg 100mg	・末端に長鎖アルキルを有する ・多くの使用実績有り	・有機トランジスタの絶縁膜 ・撥水化

< 国内販売元 >

和光純薬工業株式会社

URL: <http://wako-chem.co.jp>

フリーダイヤル 0120-052-099

フリーファクス 0120-052-806

< 製造・販売元 >

株式会社同仁化学研究所

URL: www.dojindo.co.jpE-mail: info@dojindo.co.jp,

Tel:096-286-1515 (代表), Fax:096-286-1525

ドージン・イースト (東京)

Tel:03-3578-9651, Fax:03-3578-9650

- 1) 記載価格は本体価格のみで、消費税等は含まれておりません。
- 2) 記載価格はこのパンフレット編集時(2014/11/19)における希望納入価格です。予告無しに変更する場合がございますのでご注意ください。
- 3) 試験・研究用です。医薬品としては使用できません。