

平成21年 5月24日現在

研究種目：基盤研究（B）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18360154  
 研究課題名（和文） 空間配列制御した革新的有機・無機ハイブリッドの新機能性と高性能光電デバイスの実現  
 研究課題名（英文） New functions of organic-inorganic hybrids with spatially controlled arrangement and their application to high-efficiency photoelectric devices  
 研究代表者  
 内藤 裕義（NAITO HIROYOSHI）  
 大阪府立大学・工学研究科・教授  
 研究者番号：90172254

## 研究成果の概要：

大面積で曲がる電子回路やディスプレイ、その電源を実現するため、有機物、無機物の長所を併せ持った有機・無機ハイブリッド材料およびそれよりなる電子デバイスの特性を吟味した。大面積で曲がる電子回路などを実現する学問分野をフレキシブルエレクトロニクスといい、将来、大きな市場を形成する分野である。フレキシブルエレクトロニクスで重要となる電子デバイスには、電界効果トランジスタ、有機発光ダイオード、有機太陽電池などがあり、本研究ではこれらデバイスのための有機・無機ハイブリッド材料の有用性を示した。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
2007年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2008年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
年度			
年度			
総計	14,500,000	4,350,000	18,850,000

## 研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子・電気材料工学

## キーワード：

- |                |              |              |
|----------------|--------------|--------------|
| (1)有機・無機ハイブリッド | (2)シリカナノ粒子   | (3)ゾル-ゲル法    |
| (4)シルセスキオキサン   | (5)有機トランジスタ  | (6)有機発光ダイオード |
| (7)有機太陽電池      | (8)インピーダンス分光 |              |

## 1. 研究開始当初の背景

国内外において有機・無機ハイブリッドは研究代表者らの一連の研究を除くと、その光物性や電子物性を利用したエレクトロニクス応用はほとんどなかった（例えば、ナノハイブリッド材料の最新技術、シーエムシー出版、2005年03月：エレクトロニクス応用がほとんどないことが分かる）。ところが、研究代表者らは、有機・無機ハイブリッドで、光誘起屈折率変化、光誘起二色性、光誘起電

荷分離、巨大光熱係数などの新機能が発現することを見出し、これらの機能が、光導波路、光メモリー、太陽電池、光スイッチ、光偏向器などに応用できることを示してきた。従来の研究過程から空間配列を制御することにより、さらなる新機能性の発現、広範な光物性、電子物性の制御が可能であることを確信するに至った。有機・無機ハイブリッドにおけるこれらの諸機能や本研究で提案した物質群、およびその物性は、全く新しいもので

あり、それ故、これらの機能性を活用した有機光電デバイスに関する報告もない全く新規な研究分野である。

## 2. 研究の目的

本研究では、有機・無機ハイブリッドのナノからマクロスケールの空間配列を制御した結果生じる革新的新機能、および、その起源を明らかにするとともに、有機トランジスタ、有機発光素子、有機太陽電池などの光電デバイスへ応用し、従来の有機電子デバイスを凌駕する高性能なデバイス特性を実証する。

## 3. 研究の方法

- (1) 空間配列を制御した有機・無機ハイブリッドの作製
- (2) 空間配列を制御した有機・無機ハイブリッド薄膜の光電機能性の評価
- (3) 空間配列を制御した有機・無機ハイブリッド光電デバイス応用とデバイス特性評価

## 4. 研究成果

本研究で得られた成果を以下に示す。

- (1) 有機電界効果トランジスタ (OFET) は、フレキシブルエレクトロニクスにおいて重要なデバイスである。スピンコート法や印刷法などの溶液プロセスにより作製できる塗布型 OFET は、OFET のフレキシブル化や更なる低コスト化、大面積化が可能であり、近年、研究開発が活発化している。塗布型 OFET を実現するためには、高いキャリア移動度を有する塗布型有機半導体材料の開発だけでなく、より高い性能を有する塗布型ゲート絶縁膜の開発が極めて重要となる。塗布型ゲート絶縁膜が満たす条件として、柔軟性、有機溶剤への耐性、低い硬化温度 ( $>180^{\circ}\text{C}$ ) (プラスチック基板上への塗布のため)、耐熱性 ( $>120^{\circ}\text{C}$ ) (有機半導体層の熱処理のため)、表面フラットネス ( $<1\text{ nm}$ )、低い表面エネルギー、低い水酸基 (OH 基) 密度、高い電気絶縁性 ( $>10^{14}\ \Omega\text{ cm}$ )、低い不純物濃度 ( $<10^{14}\ \text{cm}^{-3}$ ) などがある。これらの条件を満たす塗布型ゲート絶縁膜として、ゾル-ゲル法で作製できる有機-無機ハイブリッド材料、poly(methyl silsesquioxane) (PMSQ) を開発した。
- (2) OFET の特性を向上させるため、ゲート絶縁膜の表面エネルギー制御は重要である。PMSQ では、熱硬化前においては未反応のシランール基を有するため、シランカップリング剤による表面処理が可能である。PMSQ の表面処理は、塗布後  $80^{\circ}\text{C}$  で乾燥させた PMSQ 膜を octadecyltrichlorosilane (OTS) トルエン溶液に浸漬し、その後、 $150^{\circ}\text{C}$  にて 1

時間焼成することで硬化させた。その結果、PMSQ 膜の水接触角 ( $89^{\circ}$ ) は、OTS 処理の後、 $100^{\circ}$  程度の高い値を示すことが分かった。様々なシランカップリング剤を用いることにより水接触角を  $82\sim 100^{\circ}$  の間で制御できることを示した。

- (3) PMSQ の高誘電率化を PMSQ に大きな極性を有するシアノエチル基を導入することで行った。誘電率を 3 から 14 まで増大させ、PMSQ 上に製膜した塗布型有機高分子半導体による OFET の駆動電圧低下を実証した。
- (4) PMSQ 上に様々な塗布型有機半導体を製膜し、世界最高水準の電界効果移動度  $1\ \text{cm}^2/\text{Vs}$  を実現した。
- (5) フレキシブル基板上に PMSQ および塗布型有機半導体を製膜し、基板を曲げに対しても OFET として動作することを実証した。
- (6) PMSQ、塗布型有機半導体よりなる OFET の動作安定性 (ゲート電圧を長時間印加し特性変化を調べることで明らかにできる) を実証した。1000 秒のゲート電圧印加に対し、移動度は不変で、しきい値電圧もほとんどシフトしない ( $\pm 0.5\ \text{V}$  以内) ことを示した。
- (7) OFET による薄膜回路を形成するためには、コンタクトホール形成等のゲート絶縁膜のパターニングが必要である。PMSQ に感光性の側鎖基を導入することで、ゲート絶縁膜の光パターニングを可能にした。感光性 PMSQ の合成は感光性のアクリル基とメチル基をそれぞれ有するアルコキシシランをゾル-ゲル法により共重合させることで行った。光パターニングは、光ラジカル剤を添加した感光性 PMSQ を基板上にスピンコート、 $80^{\circ}\text{C}$  で乾燥させた膜にマスクを通して UV 光を照射した。UV 光を照射するとアクリル基同士が光重合し、2-プロパノール等の有機溶媒に不溶となり、ネガ型の光パターニングが可能となる。光パターニングを実証し、感光性 PMSQ 上で OFET の動作を確認した。
- (8) OFET はソース・ドレイン電極と有機半導体との接触抵抗により FET 特性から求めた電界効果移動度は過小評価される。正確な物性評価のため、接触抵抗を FET 特性から求める方法を提案した。従来の transfer line method では多数の OFET の特性を評価する必要があったが、提案した方法では一つの OFET の特性を評価するのみで接触抵抗を決定することができる。
- (9) 過渡光電流法により OFET の局在準位密度分布を評価し、OFET の不安定性の原因を明らかにした。移動度は浅い局在準位密度分布に、しきい値シフトは深い局在

- 準位密度分布に由来することを明らかにした。
- (10) 塗布型有機半導体に無機ナノ粒子を添加することにより濡れ性や結晶粒径の制御を可能にした。これにより高性能OFETの動作を可能にした。
- (11) 数十nmのチャンネル長のOFETを作製し、短チャンネル効果を抑制した出力特性を実現した。これにより有機半導体の単結晶ドメイン内の移動度も評価できるようになった。
- (12) ポリフルオレンに無機ナノ粒子を添加した有機・無機ハイブリッドで飛躍的に蛍光量子効率が向上することを示した。これにより高分子有機EL素子の効率向上の手段を明らかにした。
- (13) ポリフルオレンの光吸収の電場変調分光を行い、励起状態構造を決定した。その結果、正しい最低非占有軌道のエネルギー準位が決定でき、有機EL素子の陰極からの電子注入過程に新しい知見を与えた。
- (14) 有機EL素子の発光層は通常数十nmである。このような薄い層の移動度測定は極めて困難である。このため、インピーダンス分光を用いた移動度評価法を提案し、移動度が評価できることを実証した。
- (15) 有機EL素子におけるインピーダンス分光により局在準位密度分布を評価できる手法を開発し、その有用性を実証した。移動度評価と合わせ、有機EL素子の劣化解析を可能にした。
- (16) 有機EL素子の等価回路を明らかにし、有機EL素子の劣化解析においてどの部位がどのように劣化していくか示すことができた。
- (17) ポリフルオレンの $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 相について光物性を評価し、 $\beta$ 相の発光効率が極大なることを示し、さらに $\beta$ 相配向膜作製技術を確立した。これにより偏光有機EL素子開発の道筋を示した。
- (18) ポリフルオレン/C60混合膜で配向膜により偏光センサ動作を実証した。
- (19) ポリフルオレン $\alpha$ 、 $\beta$ 相薄膜において増幅された自然放出光を観測し、ゲイン係数を決定した。これによりポリフルオレンのレーザー媒質への展開を示した。
- (20) ポリシランに無機ナノ粒子を添加した有機・無機ハイブリッドで移動度や発光効率が向上する現象を見出した。
- (21) 有機薄膜太陽電池のバルクヘテロ接合のモデル系としてメタルフリーフタロシアニン微結晶をポリカーボネートに分散した系の電荷輸送を評価した。この結果パーコレーション輸送過程を観察すること可能にした。

(22) 有機高分子とC60誘導体よりなる有機薄膜太陽電池においてインピーダンス分光、光インピーダンス分光により移動度、電荷寿命、局在準位密度分布を評価できることを示した。

(23) 有機薄膜太陽電池におけるインピーダンス分光により等価回路を決定し、太陽電池のどの部分で光生成が生じているかを明らかにした。

以上の成果は、フレキシブルエレクトロニクスに新しい知見、技術を提供するもので、今まではなかった展開をフレキシブルエレクトロニクスで可能にする。電子材料としての有機・無機ハイブリッドの有用性を示し、有機デバイスの機能を飛躍的に向上させた。さらに、有機デバイスの物性評価法を確立し、一層のデバイス特性向上へとつながる道筋を明らかにした。今後の展開として、デバイス動作を明らかにしデバイス設計の効率化をデバイスシミュレーションにより図ることを行いたい。

## 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41件)

1) Surface modification of organic-inorganic hybrid insulator for printable organic field-effect transistors, M. Watanabe, K. Muro, T. Hamada, T. Tamai, A. Masuyama, H. Naito, and K. Matsukawa, Chem. Lett. 38, 34-35 (2009). 査読有

2) Determination of localized-state distributions in organic light-emitting diodes by impedance spectroscopy, T. Okachi, T. Nagase, T. Kobayashi, and H. Naito, Appl. Phys. Lett. 94, 043301 (2009). 査読有

3) Impedance spectroscopy of multilayer organic light-emitting diodes, Y. Terao, K. Kawaguchi, M. Nishiura, H. Kimura, T. Saito, M. Ichikawa, T. Okachi, and H. Naito, Proceedings of the 15th International Display Workshops, 979-982 (2008). 査読無

4) Chemical design of polysilsesquioxane as a gate insulator for organic thin-film transistors, T. Hamada, S. Yamazaki, T. Nagase, K. Tomatsu, Y. Ueda, M. Watanabe, S. Watase, T. Tamai, T. Kobayashi, S. Murakami, H. Naito, and K. Matsukawa, Proceedings of the 15th International Display Workshops, 1665-1668 (2008). 査読無

5) Simultaneous determination of localized-state distributions and

- charge-carrier mobility in organic light-emitting diodes by impedance spectroscopy, T. Okachi, T. Nagase, T. Kobayashi, and H. Naito, Proceedings of the 15th International Display Workshops, 1021-1024 (2008). 査読無
- 6) Determination of charge-carrier mobility in organic light-emitting diodes by impedance spectroscopy in presence of localized states, T. Okachi, T. Nagase, T. Kobayashi, and H. Naito, Jpn. J. Appl. Phys. 47, 8965-8972 (2008). 査読有
- 7) Correlation between the crystallization of polyfluorene and the surface free energy of substrates, T. Kobayashi, H. Uda, T. Nagase, M. Watanabe, K. Matsukawa, and H. Naito, Thin Solid Films 517, 1340-1342 (2008). 査読有
- 8) Electrical characteristics of polymer field-effect transistors with poly(methylsilsequioxane) gate dielectrics on plastic substrates, S. Yamazaki, T. Hamada, K. Tomatsu, Y. Ueda, T. Nagase, T. Kobayashi, S. Murakami, K. Matsukawa, and H. Naito, Thin Solid Films 517, 1343-1345 (2008). 査読有
- 9) Preparation and dielectric property of photo-curable polysilsequioxane hybrids, T. Hamada, T. Nagase, M. Watanabe, S. Watase, H. Naito, and K. Matsukawa, J. Photopoly. Sci. Technol. 21, 319-320 (2008). 査読有
- 10) Device characteristics in polymer field-effect transistors with poly(methyl silsequioxane) gate insulators, K. Tomatsu, T. Hamada, S. Yamazaki, T. Nagase, T. Kobayashi, S. Murakami, K. Matsukawa, and H. Naito, Proceedings of Pan-Pacific Imaging Conference, 372-374 (2008). 査読無
- 11) Fabrication of poly (3-hexylthiophene) field-effect transistors with poly(methylsilsequioxane) gate dielectrics on plastic substrates, S. Yamazaki, T. Hamada, K. Tomatsu, Y. Ueda, T. Nagase, T. Kobayashi, S. Murakami, K. Matsukawa, and H. Naito, Digest of Technical Papers of Active-Matrix Flatpanel Display and Devices, 149-152 (2008). 査読無
- 12) Equivalent circuits of polymer light-emitting diodes with hole-injection layer studied by impedance spectroscopy, T. Okachi, T. Nagase, T. Kobayashi, and H. Naito, Thin Solid Films 517, 1327-1330 (2008). 査読有
- 13) Anisotropic optical properties of aligned  $\beta$ -phase polyfluorene thin films T. Endo, T. Kobayashi, T. Nagase, and H. Naito, Thin Solid Films 517, 1324-1326 (2008). 査読有
- 14) Influence of injection barrier on the determination of charge-carrier mobility in organic light-emitting diodes by impedance spectroscopy, T. Okachi, T. Nagase, T. Kobayashi, and H. Naito, Thin Solid Films 517, 1331-1334 (2008). 査読有
- 15) Effective control of surface property on poly(silsequioxane) films by chemical modification, T. Hamada, T. Nagase, T. Kobayashi, K. Matsukawa, and H. Naito, Thin Solid Films 517, 1335-1339 (2008). 査読有
- 16) Fabrication and characterization of poly(3-hexylthiophene)-based field-effect transistors with silsequioxane gate insulators, K. Tomatsu, T. Hamada, T. Nagase, S. Yamazaki, T. Kobayashi, S. Murakami, K. Matsukawa, and H. Naito, Jpn. J. Appl. Phys. 47, 3196-3199 (2008). 査読有
- 17) Preparation of polysilane/silica nano-particle hybrid thin films and their optical properties, K. Matsukawa, Y. Matsuura, K. Katayama, N. Nishioka, M. Chikaraishi, and H. Naito, KOBUNSHI RONBUNSHU 65, 440-444 (2008). 査読有
- 18) Photoluminescence and photoconductivity studies of oriented polyfluorene thin films, M. Marusaki, S. Ikame, A. Kobayashi, and H. Naito, Thin Solid Films 516, 2392-2395 (2008). 査読有
- 19) A study of  $\alpha$ - and  $\beta$ -phase poly(9,9-dioctylfluorene) by electro-absorption spectroscopy, T. Endo, S. Ikame, Y. Suzuki, T. Kobayashi, S. Murakami, and H. Naito, Thin Solid Films 516, 2537-2540 (2008). 査読有
- 20) Percolative behavior of transient photoconductivity in metal-free phthalocyanine nanocrystals, T. Nagase and H. Naito, Thin Solid Films 516, 2558-2561 (2008). 査読有
- 21) Analysis of time-of-flight transient photocurrent in organic semiconductors with coplanar-blocking-electrodes configuration, T. Yoshikawa, T. Nagase, T. Kobayashi, S. Murakami, and H. Naito, Thin Solid Films 516, 2595-2599 (2008). 査読有
- 22) Electronic structures of organometallic polymers containing  $\mu_2$ -bridging pentalene and indacene ligands, Y. Matsuura and K. Matsukawa, Chem. Phys. Lett., 453, 92 (2008). 査読有

- 23) Band structure of linear organometallic chains, Y. Matsuura and K. Matsukawa, Solid State Commun., 145, 231 (2008). 査読有
- 24) Fluorescent Polymer Particles Incorporating Pyrene Derivatives, T. Tamai, M. Watanabe, H. Maeda, K. Mizuno, J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem., 46, 1470-1475 (2008) 査読有
- 25) Preparation of Photo-curing Acrylate Thin Films containing Pd Nanoparticles and their Application for Electroless Plating Catalysts, T. Hamada, Watase, Y. Matsuura, Kondo, Nishioka, K. Matsukawa, J. Photopolym. Sci. Tech., 20, 137 (2007) 査読有
- 26) Preparation of Titania/Acrylate Hybrid Thin Films and Properties Their Refractive Indices, K. Matsukawa, Y. Matsuura, Nakamura, Nishioka, Murase, Kawasaki, J. Photopolym. Sci. Tech., 20, 307 (2007) 査読有
- 27) Sol-Gel Reaction in Acrylic Polymer Emulsions: The Effect of Particle Surface Charge, Mitsuru Watanabe, Toshiyuki Tamai Langmuir, 23, 3062-3066 (2007) 査読有
- 28) Selective Preparation of Zinc Oxide Nanostructures by Electrodeposition on the Templates of Surface-functionalized Polymer Particles, Mitsuru Watanabe, Hiroaki Aritomo, Ippei Yamaguchi, Tsutomu Shinagawa, Toshiyuki Tamai, Akimasa Tasaka, Masanobu Izaki, Chem Lett., 36, 680 (2007) 査読有
- 29) Preparation and optical properties of aligned beta-phase polyfluorene thin films T. Endo, T. Kobayashi, T. Nagase, and H. Naito, Jpn. J. Appl. Phys. 46, L1093 (2007). 査読有
- 30) Amplified spontaneous emission in  $\alpha$ -phase and  $\beta$ -phase polyfluorene waveguides, H. Azuma, T. Kobayashi, Y. Shim, N. Mamedov, and H. Naito, Organic Electronics 8, 184 (2007). 査読有
- 31) Determination of charge-carrier mobility in organic light-emitting diodes by impedance spectroscopy, T. Okachi, T. Nagase, T. Kobayashi, and H. Naito, Proceedings of The 14th International Display Workshops 2007, OLEDp-31 (2007). 査読無
- 32) Development of silsesquioxane-type gate insulating thin films for investigation of poly(3-hexylthiophene)-based field-effect transistor, T. Hamada, K. Tomatsu, T. Nagase, T. Kobayashi, S. Murakami, M. Watanabe, H. Naito, and K. Matsukawa Proceedings of The 14th International Display Workshops 2007, FMCp-23 (2007). 査読無
- 33) Optical Properties of Air-stable Semiconducting Copolymer Based on Polythiophene, Y. Shimizu, T. Kobayashi, T. Nagase, and H. Naito, Appl. Phys. Lett. 91, 141909 (2007). 査読有
- 34) Electronic structure of a glassy poly(9,9-dioctylfluorene) thin film determined using linear and nonlinear spectroscopies, S. Ikame, T. Kobayashi, S. Murakami, and H. Naito, Phys. Rev. B 75, 035209 (2007). 査読有
- 35) Preparation and optical properties of aligned beta-phase polyfluorene thin films T. Endo, T. Kobayashi, T. Nagase, and H. Naito, Jpn. J. Appl. Phys. 46, L1093 (2007). 査読有
- 36) Determination of charge-carrier mobility in organic light-emitting diodes by impedance spectroscopy, T. Okachi, T. Nagase, T. Kobayashi, and H. Naito Proceedings of The 14th International Display Workshops 2007, OLEDp-31 (2007). 査読無
- 37) Development of silsesquioxane-type gate insulating thin films for investigation of poly(3-hexylthiophene)-based field-effect transistor, T. Hamada, K. Tomatsu, T. Nagase, T. Kobayashi, S. Murakami, M. Watanabe, H. Naito, and K. Matsukawa, Proceedings of The 14th International Display Workshops 2007, FMCp-23 (2007). 査読無
- 38) Fabrication of  $\alpha$ - and  $\beta$ -phase poly(9,9-dioctylfluorene) thin films, H. Azuma, K. Asada, T. Kobayashi and H. Naito, Thin Solid Films, 509, 182 (2006). 査読有
- 39) Influence of nanometer-size interface roughness on light transmission in polyfluorene waveguides studied by amplified-spontaneous-emission measurements, H. Takahashi and H. Naito Current Applied Physics, 6, 882-886 (2006). 査読有
- 40) Control of effective conjugation length in polyfluorene thin films, K. Asada, T. Kobayashi and H. Naito, Jpn. J. Appl. Phys., 45, L247-L249 (2006). 査読有
- 41) Temperature dependence of photoluminescence in polyfluorene thin films - Huang-Rhys factors of as-coated, annealed and crystallized thin films -, K. Asada, T. Kobayashi and H. Naito, Thin

Solid Films, 499, 192-195 (2006). 査読有

[学会発表] (計 157 件)

- 1) 第 56 回応用物理学関係連合講演会 (2009 年 4 月 1 日, 茨城)、内藤裕義, 永瀬 隆, 濱田 崇, 松川公洋、有機・無機ハイブリッド薄膜の光・電子物性とデバイス応用 (招待講演)
  - 2) The 15th International display workshops (IDW'08) (Niigata, Japan, December 4, 2008), T. Hamada, S. Yamazaki, T. Nagase, K. Tomatsu, Y. Ueda, M. Watanabe, S. Watase, T. Tamai, T. Kobayashi, S. Murakami, H. Naito, and K. Matsukawa, Chemical design of polysilsesquioxane as a gate insulator for organic thin-film transistors (INVITED)
- その他 155 件

[図書] (計 6 件)

- 1) 電気化学測定/解析 テクニック & 事例集 - 電池/キャパシタ/めっき/腐食/センサ- 岡地崇之, 内藤裕義 (分担執筆) 情報機構, 603-618 (2009).
- 2) 有機薄膜太陽電池の最新技術 II 長谷紘行, 内藤裕義 (分担執筆) シーエムシー出版, 297-308 (2009).
- 3) 有機 EL 技術開発の最前線 - 高輝度・高精細・長寿命化・ノウハウ集 - 岡地崇之, 内藤裕義 (分担執筆) 三上明義 監修, 技術情報協会, 184-196 (2008).
- 4) 有機エレクトロニクスにおける分子配向技術, 内藤 裕義, 吉本 尚起, 舟橋 正浩, 久保野 敦史 監修, シーエムシー出版 (2007).
- 5) 有機エレクトロニクスの展開 最新開発状況と実用化への課題, 小林 隆史, 内藤 裕義 (分担執筆) 有機半導体の光電物性の解明とその構造制御法, 情報機構, 162-171 東京 (2007).
- 6) Optical properties of organic semiconductors and applications, T. Kobayashi and H. Naito, Optical properties of condensed matter, 235-259, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, 2006.

[産業財産権]

○出願状況 (計 4 件)

- 1) 名称: 透明被覆層形成用樹脂組成物及び積層体  
発明者: 長川敬一、川崎徳明、苅田和紗、松川公洋  
権利者: 大阪市立工業研究所、堺化学  
種類: 特願  
番号: 2009-061791  
出願年月日: 2009 年 3 月 13 日

国内外の別: 国内

- 2) 名称: カラムリアクター及びその製造法  
発明者: 松川公洋、玉井聡行、石塚紀生、徳田大輔  
権利者: 大阪市立工業研究所、エマオス京都  
種類: 特願  
番号: 2009-059712  
出願年月日: 2009 年 3 月 12 日  
国内外の別: 国内

- 3) 名称: フルオレン骨格を有するケイ素化合物及びその重合性組成物  
発明者: 松川公洋、本河卓也、藤木剛、大沢信吾  
権利者: 大阪市立工業研究所、大阪ガスケミカル  
種類: 特願  
番号: 2008-121537  
出願年月日: 2008 年 5 月 4 日  
国内外の別: 国内

- 4) 名称: 有機化合物およびシリカナノ粒子からなる組成物  
発明者: 内藤裕義  
権利者: 大阪府立大学  
種類: 特願  
番号: 2007-298958  
出願年月日: 2007 年 11 月 19 日  
国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://www.pe.osakafu-u.ac.jp/pe3/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

内藤 裕義 (NAITO HIROYOSHI)  
大阪府立大学・工学研究科・教授  
研究者番号: 90172254

### (2) 研究分担者

松川 公洋 (MATSUKAWA KIMIHIRO)  
大阪市立工業研究所・電材課・研究員  
研究者番号: 90416321  
小林 隆史 (KOBAYASHI TAKASHI)  
大阪府立大学・工学研究科・助教  
研究者番号: 10342784  
永瀬 隆 (NAGASE TAKASHI)  
大阪府立大学・工学研究科・助教  
研究者番号: 00399536  
玉井 聡行 (TAMAI TOSHIYUKI)  
大阪市立工業研究所・電材課・研究員  
研究者番号: 50416335