

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 17 日現在

機関番号：12401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2012

課題番号：23750251

研究課題名（和文）新規ポリマーナノスフィアを用いた蛍光発光性・積層粒子層状組織体の形成

研究課題名（英文）Formation of layered organization of particle with ability of fluorescent-emission using a new polymer nanospheres

研究代表者

藤森 厚裕 (FUJIMORI ATSUHIRO)

埼玉大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：00361270

研究成果の概要（和文）：

波長選択性光学フィルター，ステンドグラス材，ナノコロイド結晶，太陽電池・有機 EL・トランジスタ等の光学デバイス部材…，こうしたナノ微粒子集積・積層体による各種機能性材料の革新的機能増強素材として，「ポリマーナノスフィア積層粒子層状組織体」を提案するに至った．気/水界面場において，疎水性の高いポリマー(本研究では，嵩張った π 共役部位を有する三元櫛形共重合体と芳香族ポリアミド誘導体)を自己組織化的に単粒子膜形成させ，それを規則積層することによりナノ粒子積層膜を構築した．

研究成果の概要（英文）：

We constructed a multiparticle layered organization of aromatic polyamides with rigid main chains and flexible side chains by the Langmuir-Blodgett (LB) technique, which resulted in a highly regular arrangement along the *c*-axis. The particle arrangement was estimated by performing out-of-plane X-ray diffraction (XRD) analysis and atomic force microscopic (AFM) observation. The results suggest that a double-particle layered structure (Y-type) is formed by the LB technique, forming amphiphilic particles at the air/water interface. Copolymers with highly hydrophobic carbazole contents and both hydrogenated and fluorinated side-chains also formed a single-particle layer at the air/water interface and exhibited multiparticle layers by a LB technique. Therefore, it is possible to control the formation of single- and double-particle layered structure using these techniques. Further, it was found that multiparticle layered organization of polymer nanospheres and polymer nanosheets could be formed simultaneously with the same component material.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：材料化学・高分子繊維材料

キーワード：ポリマーナノスフィア積層粒子層状組織体，超薄分子組織膜，芳香族ポリアミド，単粒子膜，N-ビニルカルバゾール，三元櫛形共重合体，蛍光発光能，構造色

1. 研究開始当初の背景

微小な粒子を規則的に集積させる粒子集積化技術は，センサー，高密度記憶デバイス，フォトニック結晶等，次世代材料やデバイス

創製のために工業的な応用までもが期待されている．従来高分子微粒子は，触媒，化粧品，リソグラフィー，あるいはそれを吸着場，反応場として利用するにおいて，その広い表

面積を大きな武器として有効活用できるため、塗料や医療用担体を初めとする様々な分野での用途展開が志向されてきた。また1桁ナノサイズの高分子微粒子を高秩序で積層した高分子粒子積層体の形成は、その表面の凹凸により適度な高光沢性が発現し、その厚みの制御により光学材料、応力緩和材料への適用が可能になる。そんな中、研究開始当初の先行研究において、我々は芳香族ポリアミド(PABA_n)が気/水界面でナノ微粒子化することを見出した(*J. Phys. Chem. B*, 2010, 114, 1822).

2. 研究の目的

我々は、極めて簡易的な手法により、一桁ナノサイズで粒子高さが均質に揃った高分子微粒子を組織化し、高秩序に二次元集積・三次元積層した「ポリマーナノスフィア積層粒子層状組織体」を生み出した。これはソフトマテリアルの一種である、極めて安価な汎用疎水性高分子を気/水界面においてナノ粒子化させた後、組織化させるという「ソフト界面場に誘起される」新規のマテリアルイノベーションである。

現在、高分子微粒子は、触媒、塗料、電子機器等の機能性材料として広範囲に実用利用がなされている。このようなナノ微粒子を二次元的に集積させた粒子膜は、パターンニング材料、センサー、各種光学素子等へ応用もされ、現在、精力的な研究群が展開されている。我々は上記の新規ナノ微粒子作製法を提案し、更にこうした界面ナノ粒子をボトムアップ法によって積層することで、多粒子積層膜を構築出来ることを見出した。我々が「ポリマーナノスフィア積層粒子層状組織体」と称したこの構造体は、表面圧に依存した単分子膜-単粒子膜転移に伴って得られ、その一次構造の差異(疎水性官能基比)によって粒子形状が制御可能であり、それに基づき発現する物性にも多様性が担保出来る。加えて我々は先行研究として、Langmuir-Blodgett(LB)法により、カルバゾール環を有する三元櫛形共重合体の新規のポリマーナノシートの創製を提唱してきた。ここでは、カルバゾールユニット疎水性の高さから、その比率を増加させることで、前述した均質高さの界面ナノ粒子膜の形成が達成され、この三元櫛形共重合体は従来の「ポリマーナノシート」と「ポリマーナノスフィア積層粒子層状組織体」という、2種の優れたナノ構造体の形成を可能にする。二年間の研究課題において研究代表者は、こうした「ポリマーナノスフィア積層粒子層状組織体」の形成起源、微細構造、ならびに発現機能について、主に広角X線回折・小角X線散乱を駆使した精密解析に取り組み、特異な構造形成に潜む謎の深淵を探って学問体系を確立し、産業応用可能

ともなろう優れた物性の探求を目指した。

3. 研究の方法

用いた試料は、系統的に側鎖長の異なる含長鎖アルキル芳香族ポリアミド(PABA_n)を直接重縮合法により新規に得た。本手法は、系統的な一次構造変化を示す本化合物群を高効率で得るためには、唯一無二の方法とも言える。更にもう1つの系としては、モノマー試料として octadecyl acrylate (OA)、2-(perfluorodecyl)ethyl acrylate (FF10EA)並びに、N-vinyl carbazole (NVCz)を様々な比率でラジカル共重合を行い、三元櫛形共重合体を得、使用した。各化合物の水面上単分子膜に対しては、表面圧-面積(π -A)等温曲線の測定を行い、単分子膜挙動・並びに単分子膜-単粒子膜転移挙動の検討に使用した。その後 Langmuir-Blodgett(LB)法による累積膜、または Z 型単分子膜を形成させ、物性・構造解析測定に使用した。得られた粒子積層体に対しては、in-plane X線回折・out-of-plane X線回折・反射型斜入射小角X線散乱(GI-SAXS)、並びに紫外可視分光法・蛍光分光法・赤外分光法を行い、粒子組織体中の構造-機能関連の検討に用いた。また、Z型単分子・単粒子膜両者に対しては、原子間力顕微鏡(AFM)測定を行い、側鎖長および、共重合比に依存した表面形態の変化様子を観察した。

4. 研究成果

芳香族ポリアミド誘導体が形成する、単粒子膜は Figure 1 に示す通り、ナノ粒子群が集積化された形態をとり、これを積層させたポリマーナノスフィア積層粒子層状組織体は可視光の領域まで階段状積層することで、極めて明瞭な構造色のグラデーションが達成されることが示された。当該試料に対する

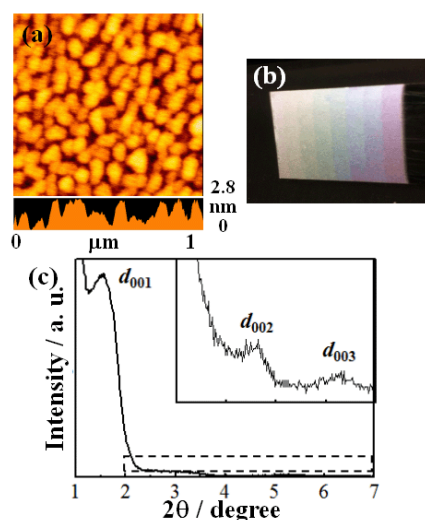


Figure 1. (a) AFM image of single particle layer, (b) step-wise multilayers and (c) out-of-plane XRD profile of multilayers of aromatic polyamides.

out-of-plane XRD からは、3 次反射までが確認され、極めて高度な層状秩序性を有するナノ集積体の形成が構築されていることが分かる。また、もう一方の系として用いたカルバゾール環含有の三元楡型共重合体 (NVCz:OA:FF10EA = 4:1:1) の π -A 等温曲線は、芳香族ポリアミドでも見られた二次元相転移を示唆するプラトー領域が確認され、ポリアミド系と同様な、気/水界面での単粒子膜-単分子膜転移によるナノ微粒子形成の達成が示唆された。ここで、固体基板転写単層膜の AFM 観察の結果から、低圧域においては単分子膜の形成が、高圧域においては単粒子膜の形成が確認された (Figure. 2(a), (b))。このような挙動はバランスのとれた両親媒性能を持つ NVCz:OA:FF10EA = 2:1:1 の系では確認されないため、疎水性官能基であるカルバゾール環の増加により、表面圧に依存した形態転移を示すに至ったと推察された。 π -A 曲線、out-of-plane X 線回折、AFM 高さ情報の解析結果の総括から、当該化合物は水面上単分子膜崩壊後、疎水性高分子鎖が水との接触面積を低減させる作用として、高さ方向に積み重なり、bilayer を形成することで安定化する機構が提案された。この結果、全ての高分子鎖が同様の配座変化を示すために、その構造単位が凝集して構築される、高分子ナノ微粒子群の高さが均質に揃うことが推察された (Figure 3)。加えて、LB 法を用いてこの単分子膜および単粒子膜を累積した累積膜に対する out-of-plane XRD の結果からも層状周期の変化 (Fig. 2(c), (d)) が見られたことから、共重合比によって新規ポリマーナノシート-ポリマーナノスフィア積層体の形成制御が可能であることも立証された。また、いずれの化学種も蛍光発光性の官能基を有しており、芳香族ポリアミドの系ではナノスフィア積層体は緑色に、三元共重合体の系ではナノスフィア積層体は青色に、それぞれ bulk 状態や溶液状態よりもシャープな発光帯を示すことが明らかとなった (Fig. 4)。これはナノ粒子中で発光性の π 共役系機能性部位が密にスタッキングしているタメと推察される。加えて、水面上単粒子膜の状態において、表面圧変化による圧縮・緩和の反復過程を施すことで、粒子間の欠陥を低減させることが可能であり、高秩序かつ高密度な二次元集積化ナノ粒子単層膜の形成も可能となった。これにより三次元的に鼓動に配列制御された粒子積層体の構築が実現し、その規則配列 (約 3 nm) に由来して、本課題の主目的でもあった、遠紫外線を始めとする短波長光にも対応し得る新規"ナノコロイド"結晶の創製に至った (Figure 5)。

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

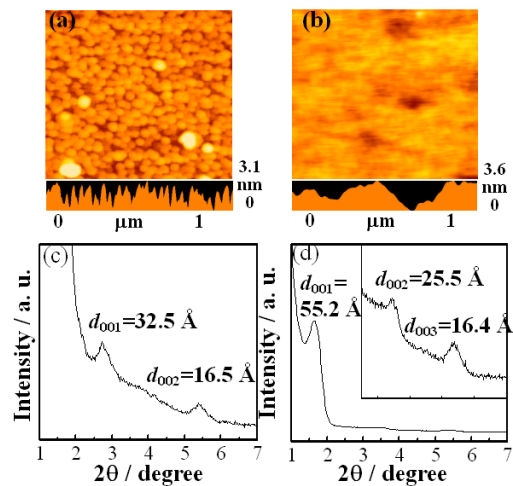


Figure 2. AFM images of (a) single particle layer and (b) monolayer. Out-of-plane XRD profiles of (c) multi-particle layers and (d) multilayers.

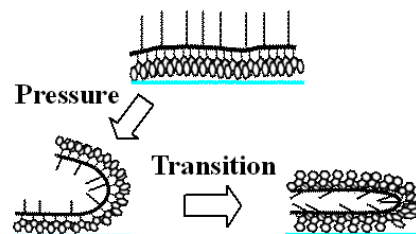


Figure 3. Schematic illustration of formation mechanism for nanoparticles.

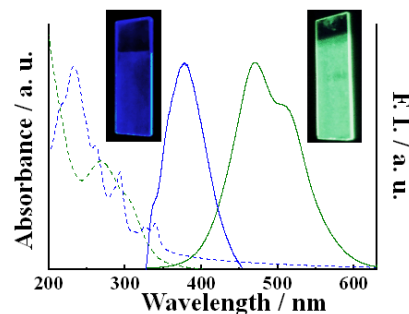


Figure 4. UV-vis (dashed lines) and fluorescence spectrum (solid lines) of multi-particle layers of aromatic polyamide (green) and ternary copolymer (blue).

は下線)

[雑誌論文] (計 32 件)

- 1) A. Fujimori*, S. Arai, J. Kusaka, M. Kubota, K. Kurosaka, "Formation and Structure of Langmuir-Blodgett Films of Organo-modified Alminosilicate with High Surface Coverage.", *J. Colloid Interf. Sci.*, 392, 2013, 256-265.
- 2) 新井俊太郎, 藤森厚裕*, "偏光 X 線吸収端近傍微細構造(NEXAFS)分光法による機能性組織化膜の分子配列評価 (Structural

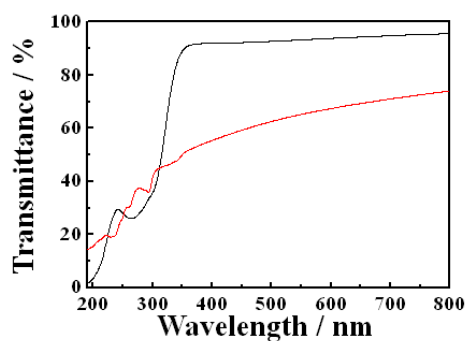


Figure 5. Transmittance spectrum of multi-particle layers of aromatic polyamide (black line) and ternary copolymer (red line).

Estimation of Functional Organized Molecular Films by Using Polarized Near-Edge X-ray Absorption Fine Structure (NEXAFS) Spectroscopy”, *分析化学*, **62**, **2013**, in press.

- 3) R. Tajima, K. Kamishima,* K. Kakizaki, N. Hiratsuka, A. Fujimori, M. Sakai, K. Watanabe, “Synthesis of a new U-type hexaferrite $Ba_4Cu_2Fe_{36}O_{60}$ ” *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, **38**, **2013**, in press.
- 4) A. Fujimori, “Fabrication and Structural Estimation of Polymer Nanosphere Multilayered Organization.”, *Proceedings of ICOMF-14 (14th International Conference on Organized Molecular Films-LB14, 2012)*, Paris, France, July, **2013**, in press.
- 5) S. Arai, J. Kusaka, M. Kubota, K. Kurosaka, A. Fujimori*, “Nanostructural Control of Biological Molecules Arranged by Using Langmuir-Blodgett Films of Organo-modified Aluminosilicate as a Template.” *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, **37**(3), **2012**, 361-364.
- 6) Y. Kaneko, A. Fujimori*, “Morphological Transition from Nanosheet to Nanosphere of Ternary Comb Copolymers with Carbazole Rings Induced by an Increase in Surface Pressure.” *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, **37**(2), **2012**, 291-294.
- 7) H. Iwashita, S. Hakozaiki, S. Kawaguchi, A. Fujimori*, “Fine Structure of Multi-particle Layered Organization for Organo-modified Zirconium Dioxides Fabricated by the Langmuir-Blodgett Technique.” *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, **37**(2), **2012**, 299-302.
- 8) M. Taguchi, A. Fujimori*, “Control of Arrangement for DNA Molecules Chemisorbed to the Organized Molecular Films of Comb Copolymers Containing s-Triazine.” *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, **37**(2), **2012**, 287-290.
- 9) J. Kusaka, S. Arai, M. Kubota, K. Kurosaka, A. Fujimori*, “Molecular Arrangement of Organo-modified Aluminosilicate in Langmuir-Blodgett Films and Mixed Monolayer Behavior with Biodegradable Polymers.” *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, **37**(2), **2012**, 279-282.
- 10) Y. Yanagimachi, S. Chiba, Y. Shibasaki, A. Fujimori*, “Effect of Molecular Weight Distribution on the Crystallinity and Monolayer Morphology of N-alkylated Poly (p-benzamides).” *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, **37**(2), **2012**, 295-298.
- 11) S. Chiba, S. Arai, Y. Kaneko, M. Taguchi, Y. Shibasaki, A. Fujimori*, “Fabrication of Highly Order Layered Organization of Polymer Nano-sphere.” *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, **37**(2), **2012**, 283-286.
- 12) A. Fujimori*, M. Taguchi, S. Hakozaiki, K. Kamishima, B. Ochiai, “Formation of Flat and Homogeneous Surfaces of Organized Molecular Films of Three-armed Polymerizable Amphiphiles with Metal-Scavenging Properties.”, *Langmuir*, **28**, **2012**, 10830-10837.
- 13) Y. Kaneko, A. Fujimori*, “Morphological Transition from Nanosheet to Nanosphere of Ternary Comb Copolymers with Carbazole Rings.”, *Chem. Lett.*, **41**(10), **2012**, 1183-1184.
- 14) S. Arai, J. Kusaka, M. Kubota, K. Kurosaka, A. Fujimori*, “Nanostructural and Morphological Control of Biological Molecules Arranged by Using Langmuir-Blodgett Films of Organo-modified Aluminosilicate as a Template.”, *Chem. Lett.*, **41**(10), **2012**, 1181-1182.
- 15) A. Fujimori*, J. Kusaka, M. Kubota, K. Kurosaka, “Montmorillonit-Monoschichten modifiziert mit biologisch abbaubaren Polymeren”, *Gummi Fasern Kunststoffe*, **2012**, **4**, 242-244.
- 16) 幾田信生, 藤森厚裕, 木村邦生, 戸木田雅利, 松本英俊, 宇佐美久尚, 道信剛志, 武野明義, 渡辺敏行, 松居正樹, 平田雄一, 久田研次, 伊藤浩志, 島村佳伸, 櫻井伸一, 川瀬徳三, 仲西正, 平井智康, 上甲恭平, 林徳子, 中澤靖元, 岩田忠久, 鬘谷要, 平井郁子, 佐藤哲也, 森島美佳, 宝田亘, 高崎緑, “レポート 平成 24 年度 繊維学会年次大会”, *Sen-i Gakkaishi*, **68**(8), 247-253, **2012**.
- 17) 藤森厚裕*, 新井俊太郎, “Nanostructural Control of Biological Molecules Arranged by Using Langmuir-Blodgett Films of Organo-modified Aluminosilicate as a Template. (有機化アルミノシリケート LB

- 膜をテンプレートとしたバイオマテリアルのナノ配列制御”, *Annual Report, The 120th Committee, Japan Society for the Promotion of Science*, (Japanese), 63, 51-54, **2012**.
- 18) A. Fujimori*, J. Kusaka, R. Nomura, “Formation and Structure of Organized Molecular Films for Organo-modified Montmorillonite and Mixed Monolayer Behavior With Poly(L-lactide).”, *Polym. Eng. Sci.*, 51(6), 1099-1107, **2011**.
- 19) R. Itagaki, Y. Tatewaki, A. Fujimori*, “Two-dimensional Polymorphisms of Organized Molecular Films for Charge-transfer Complexes Containing Metal(dmit)₂ Unit.”, *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, 36(2), **2011**, 141-144.
- 20) R. Itagaki, J. Kusaka, M. Kubota, K. Kurosaka, Y. Tatewaki, A. Fujimori*, “Epitaxial Growth of Conductive Charge-transfer Complex in the Organized Molecular Film on Fluorinated Copolymer as Template.”, *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, 36(2), 169-172, **2011**.
- 21) S. Hakozaiki, K. Matsuda, B. Ochiai, A. Fujimori*, “Solid-state Structure and Formation of Organized Films for Three-arm Amphiphilic Polymer with Metal-Scavenging Property.”, *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, 36(2), 153-156, **2011**.
- 22) T. Nyuui, A. Fujimori*, “Effect of Fixed Annealing and Free Shrinkage to the Crystalline Fluorinated Copolymer Film with High Transparency.”, *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, 36(2), 137-140, **2011**.
- 23) J. Kusaka, M. Kubota, K. Kurosaka, A. Fujimori*, “Fabrication of Mixed Monolayer of Biodegradable Polymers and Organo-modified Montmorillonite.”, *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, 36(2), 157-160, **2011**.
- 24) S. Chiba, Y. Abe, Y. Shibasaki, A. Fujimori*, “Formation Mechanism and Functionality of Multi-particle layers of Aromatic Polyamides.”, *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, 36(2), 145-148, **2011**.
- 25) 乳井 樹, 伊澤 理, 藤森 厚裕*, “全フッ素化共重合体の結晶化挙動に対する造核剤添加効果 (Nucleator Effect to the Crystallization Behavior of Perfluorinated Copolymers)”, *熱測定(Netsu Sokutei)*, 38(3), 77-82, **2011**.
- 26) A. Fujimori*, “Structural Chemistry of Ultra-Thin Organized Molecular Films of Polymers -From Langmuir-Blodgett Film to Layered Organization of Polymer Nano-Sphere-” *Kobunshi Ronbunshu*, 68(8), 579-593, **2011**.
- 27) A. Fujimori*, “Mixed Monolayer of Biodegradable Polymers and Organo-modified Montmorillonite.” *SPE Plastics Res. Online*, No7, 1-3, **2011**. (DOI: 10.1002/spepro.003663)
- 28) T. Miyazawa, K. Matsuda, A. Fujimori, Y. Nonomura*, “One-pot Synthesis of Manganese Oxide Nanoparticles from Microemulsion Systems.” *Chem. Lett.*, 40(11), **2011**, 1262-1263.
- 29) A. Fujimori*, J. Kusaka, M. Kubota, K. Kurosaka, “Mixed monolayer behavior of biodegradable polymers and an organo-modified montmorillonite.”, *RFP International*, 6(4), 216-218, **2011**.
- 30) 藤森厚裕*, 落合文吾, “Solid-state Structure and Formation of Organized Molecular Films for Three-arm Polymerizable Amphiphilies with Metal-Scavenging Property. (金属捕集能を有する三本鎖両親媒性化合物の気/水界面に於ける架橋重合とその組織分子膜形成)”, *Annual Report, The 120th Committee, Japan Society for the Promotion of Science*, (Japanese), 62, 46-49, **2011**.
- 31) 藤森厚裕, “『機能性原子団を含む櫛型共重合体組織化膜の分子配列制御』”, *Colloid Interf. Commu.*, 36(4), 41-44, **2011**.
- 32) A. Fujimori*, J. Kusaka, M. Kubota, K. Kurosaka, “可生物降解乗合物与有机改性蒙脱土的混合单分子膜行為”, *RFP for China*, **2011**, 4, 37-40.

[学会発表] (計 64 件)

- 五月女 陽一, 橋本 真道, 新井 俊太郎, 乳井 樹, 窪田 宗弘, 黒坂 恵一, 藤森 厚裕, “高融点結晶性高分子に対する新規透明化法の確立とナノ複合化技術の提案”, 第 62 回 高分子年次大会, 2013 年 5 月 29 日, 京都国際会館
- 金子 洋平, 吉川 貴弘, 藤森 厚裕, “光機能性”ポリマーナノスフィア積層粒子層状組織体”が創出するフロンティア・ナノマテリアル”, 第 62 回 高分子年次大会, 2013 年 5 月 30 日, 京都国際会館
- 新井 俊太郎, 橋本 真道, 五月女 陽一, 窪田 宗弘, 黒坂 恵一, 藤森 厚裕, “高修飾率有機化アルミノシリケート分子膜の高温秩序化を利した耐熱性バイオハイブリットの創製”, 第62回 高分子年次大会, 2013 年5月31日, 京都国際会館
- 田口 真, 藤森 厚裕, “相分離性櫛型コポリマーテンプレート上の会合DNAを用いた光リソグラフィの試み”, 第62回 高分子年次大会, 2013年5月31日, 京都国際会館
- 本多 七海, 内田 早紀, 橋本 和明, 柴田 裕史, 藤森 厚裕, “無機酸化物ナノ粒子に対する二次元集積化テクノロジーの確立”,

- 第 62 回 高分子年次大会, 2013 年 5 月 31 日, 京都国際会館
6. 吉川 貴弘, 金子 洋平, 藤森 厚裕, "粒子の寄せ木細工テクノロジー-ポリマーナノスフィア積層粒子層状組織体-", 第62回 高分子年次大会, 2013年5月31日, 京都国際会館
 7. 橋本 真道, 五月女 陽一, 新井 俊太郎, 乳井 樹, 窪田 宗弘, 黒坂 恵一, 藤森 厚裕, "新規有機化モンモリロナイトの高修飾化による耐熱型低欠陥ナノフィルムの開発", 第 62 回 高分子年次大会, 2013 年 5 月 31 日, 京都国際会館
 8. 新井 俊太郎, 窪田 宗弘, 黒坂 恵一, 藤森 厚裕, "高修飾率有機化アルミノシリケート分子膜の高温秩序化を利用した酵素層状組織体の極限物性", 日本化学会 第 93 春季年会, 2013 年 3 月 22 日, 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス
 9. 金子 洋平, 吉川 貴弘, 藤森 厚裕, "新規ナノコロイド結晶創製に資するポリマーナノスフィア単粒子膜の二次元インテグレーション", 日本化学会 第 93 春季年会, 2013 年 3 月 22 日, 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス
 10. 吉川 貴弘, 金子 洋平, 藤森 厚裕, "ポリマーナノスフィア積層粒子層状組織体中における分子配列構造-発光挙動相関の解明", 日本化学会 第 93 春季年会, 2013 年 3 月 22 日, 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス
 11. 五月女 陽一, 橋本 真道, 新井 俊太郎, 乳井 樹, 窪田 宗弘, 黒坂 恵一, 藤森 厚裕, "高密度剛直非晶鎖形成による結晶性フレキシブル透明フィルムの構築とナノ複合材化", 日本化学会 第93春季年会, 2013年3月22日, 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス
 12. 田口 真, 藤森 厚裕, "櫛型共重合体単分子膜相分離テンプレートを用いた DNA 会合形成と、それに基づく発光特性制御", 日本化学会 第 93 春季年会, 2013 年 3 月 22 日, 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス
 13. 橋本 真道, 五月女 陽一, 新井 俊太郎, 窪田 宗弘, 黒坂 恵一, 藤森 厚裕, "有機修飾アルミノシリケートによる材料革新-高修飾耐熱化と高秩序性組織化膜の創製-", 日本化学会 第 93 春季年会, 2013 年 3 月 22 日, 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス
 14. 本多 七海, 内田 早紀, 橋本 和明, 柴田 裕史, 藤森 厚裕, "形態制御 ZnO ナノディスクを用いた階層構造有機/無機二次元ハイブリッドによるレアメタルフリー透明

導電性膜の創出", 日本化学会 第 93 春季年会, 2013 年 3 月 22 日, 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス

他 50 件

〔図書〕 (計 3 件)

- 1) 澤田英夫監修, 『フッ素樹脂の最新動向』, 第 14 章 “結晶性フッ素系共重合体による耐熱性透明材料の創製(藤森厚裕著)”, (株)シーエムシー出版, **2013**, pp.139-148.
- 2) Moh. Yasin, Sulaiman W. Harun and Hamzah Arrof eds., “Selected Topics on Optical Fibers Technology”, chapter 15: “Crystalline” Plastic Optical Fiber with Excellent Heat-resistant Property. (by Atsuhiko Fujimori), InTech open access publisher, **2012**, pp.425-446, ISBN 978-953-51-0091-1.
- 3) 日本化学会編, 『新しい局面を迎えた界面の分子科学—機能デザインと計測技術の展開 (CSJ カレントレビュー04)』 “単分子膜中でも, 官能基レベルの配向がわかる! ~LB 膜の偏光 NEXAFS 測定システム(藤森厚裕著)”, 化学同人, **2011**, pp.49.

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 1 件)
- 発明のタンパク質-疎水性有機化剤吸着粘土複合体及びその製造方法
 発明者: 黒坂恵一, 窪田宗弘, 藤森 厚裕
 権利者: 黒坂恵一, 窪田宗弘, 藤森 厚裕
 種類: 特許
 番号: 特開 2013-112567
 出願年月日: 2011.11.29
 国内外の別: 国内

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等
<http://www.fms.saitama-u.ac.jp/lab/fujimori/>

6. 研究組織
 (1) 研究代表者
藤森 厚裕 (FUJIMORI ATSUHIRO)
 埼玉大学・大学院理工学研究科・准教授
 研究者番号: 00361270