

平成21年10月19日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18710080

研究課題名（和文） 金属錯体液晶を用いた貴金属ナノワイヤーの創製

研究課題名（英文） Development of noble metal nanowire by using liquid crystal with metallomesogen

研究代表者

山本真理（YAMAMOTO MARI）

地方独立行政法人大阪市立工業研究所

研究者番号：20416332

研究成果の概要：

金属ナノワイヤー、ナノチューブなどの異方性を有する金属ナノ構造体は、球状ナノ粒子にはない特異な光学的、触媒的、電気的、磁氣的性質を発現すると期待されている。本研究では、自己組織化が可能な液晶を配位子に組み込んだ金属錯体を設計し、金属錯体の自発的な配列をそのまま反映したナノ構造体を創製することを目的として研究を行なった。その結果、一つの円盤のコア部分に複数個の金属を集合させた新しい金属錯体液晶（環状複核錯体液晶と円盤状に自己組織化する扇形錯体液晶）を合成し、カラムナー相を保持したまま還元して金属ナノワイヤーを創製することができた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,000,000	0	2,000,000
2007年度	471,135	0	471,135
2008年度	428,865	128,659	557,524
年度			
年度			
総計	2,900,000	128,659	3,028,659

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：ナノ・マイクロ科学・ナノ構造科学A

キーワード：(1) 金属錯体 (2) 液晶 (3) 貴金属 (4) ナノワイヤー (5) ナノ材料 (6) 自己組織化 (7) 形態制御 (8) 異方成長

1. 研究開始当初の背景

金属ナノワイヤー、ナノチューブなどの異方性を有する金属ナノ構造体は、球状ナノ粒子にはない特異な光学的、触媒的、電気的、磁氣的性質を発現すると期待されている。これまでに、メソポーラスシリカやアルミナ薄膜、カーボンナノチューブなどの固体鑄型や、

水溶液中でロッド状ミセルを形成する界面活性剤を鑄型に用いて、ナノワイヤー等の合成が検討されているが、設計どおりの形態制御は達成できていない。

2. 研究の目的

異方性を有する金属ナノ構造体を創製する鑄型として、固体と液体の中間相である液

晶に着目した。液晶相には、棒状分子が層状に配列したラメラ相と円盤状分子が積み重なって形成されるカラムナー相がある。本研究では、このような自己組織化が可能な液晶を配位子に組み込んだ金属錯体を設計し、金属錯体の自発的な配列をそのまま反映したナノ構造体を創製することを目的とした。

金属錯体液晶の配列を保持したまま錯体を還元すると、ラメラ相からナノプレートが、カラムナー相からナノワイヤーが合成できると期待される。しかし、これまでの円盤状錯体液晶は、一つの中心金属に複数の液晶性配位子が配位して円盤を形成しており、カラムナー相のコアに金属イオンが一次元に配列するため、ナノワイヤーを形成できない。そこで、本研究では、一つの円盤のコア部分に複数個の金属を集合させた新しい金属錯体液晶を設計し、金属ナノワイヤーを創製することを目的とした。

3. 研究の方法

3-1. チオレート錯体

環状複核錯体液晶になると考えられるチオレート錯体 $[M(SC_nH_{2n+1})]_m$ ($M=Ag, Au, Cu, n = 12, 14, 18$) を以下の方法で合成した。

トリエチルアミン(2 mmol)とアルカンチオール($C_nH_{2n+1}SH, n=12, 14, 18$) (2 mmol)のアセトニトリル(5 ml)溶液に、金属塩 ($AgNO_3, HAuCl_4, CuCl_2$) (2 mmol)のアセトニトリル(10 ml)溶液をそれぞれ室温で攪拌しながらゆっくり滴下(1 ml/min)して反応させた。室温で24時間攪拌後、析出した沈殿をろ過、乾燥させた。

チオレート錯体液晶の液晶相や相転移温度を、温度可変偏光顕微鏡、TG/DTA、DSCで調べ、カラムナー相が形成される温度範囲を決定した。還元法には、熱分解、マイクロ波による熱分解、水素化ホウ素ナトリウム等による化学還元、光還元、水素還元があるが、金属錯

体液晶の液晶相に影響を与えず還元が進行する光還元及び水素還元について特に検討した。

光還元では、水銀ランプを用いた。金属ナノワイヤーの精製は、遠心機を用いて行った。ナノワイヤーの同定、物性評価は、透過型電子顕微鏡、粉末X線回折、紫外可視吸収スペクトル等で行なった。

3-2. アンモニウム錯体

ラメラ相を形成すると期待できる棒状のアンモニウム錯体 $[(C_nH_{2n+1})NR_3]_m[MC1_4]$ ($M=Au, m=1; M=Cu, Pd, Pt, m=2; n = 12, 14, 18; R = H, CH_3$)を以下の方法で合成した。

アンモニウムクロライド $(C_nH_{2n+1})NR_3Cl$ と金属塩をメタノール中室温で3時間攪拌すると、アンモニウム錯体 $[(C_nH_{2n+1})NR_3]_m[MC1_4]$ ($M=Au, m=1; M=Cu, Pd, Pt, m=2; n = 12, 14, 18; R = H, CH_3$)が析出した。ろ過、乾燥することにより定量的に目的物を得た。

その液晶相や相転移温度をDSCや温度可変偏光顕微鏡を用いて調べた。次に、液晶相を形成する温度において、水素還元、光還元、熱分解などの様々な方法で金属錯体が還元され、金属ナノワイヤーが形成されるかを検討した。

4. 研究成果

4-1. チオレート錯体の還元によるナノワイヤーの創製

チオレート錯体 $[M(SC_nH_{2n+1})]_m$ ($M=Ag, Au, Cu, n = 12, 14, 18$)は、トリエチルアミン存在下、金属塩 ($AgNO_3, HAuCl_4, CuCl_2$) とアルカンチオール($C_nH_{2n+1}SH, n=12, 14, 18$)をそれぞれ反応させて合成した。いずれも定量的に目的物を得た。得られた銀チオレート錯体 $[Ag(SC_{18}H_{37})]_m$ の相転移温度をDSCで調べた結果、131と175°Cに吸熱ピークが観測された。また、温度可変偏光顕微鏡を用いて、131から175°Cの温度範囲で液晶相を観察した。そこで、この温度領域で液晶相を形成させた後に、光還元、又は水素還元を行い、生成物の

TEM観察を行った。熱分解法では、TEM観察より1-2 nmの粒子が観察された。また、光還元法では、4 nmの球状粒子が一次元配列したことが分かったが、ワイヤーは観察されなかった。一方、銀チオレート錯体を水素雰囲気中150°Cで保持したところ、TEM観察より一次元配列した球状ナノ粒子(2-3 nm)および、そのナノ粒子が溶着して形成された直径2 nm、長さ100~150 nmのナノワイヤーが生成したことが分かった(図1)。

さらに、銅チオレート錯体[Cu(SC₁₈H₃₇)_n]について同様の検討を行なった。その結果、250°Cでの熱分解では、ナノロッドやナノプレートが生成した。それに対し、160°Cで液晶相を保ったまま光還元を行うと、ナノワイヤーが形成された(図2)。

このように、カラムナー相を保持したまま還元して、金属錯体の自発的な配列をそのまま反映した金属ナノワイヤーを形成することに成功した。

図1

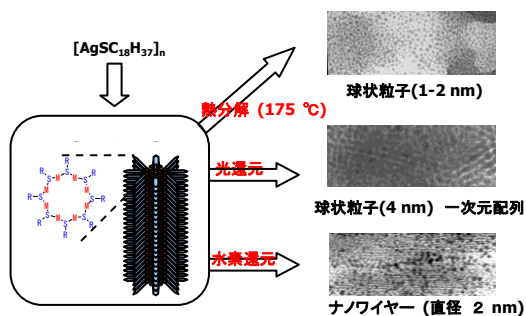
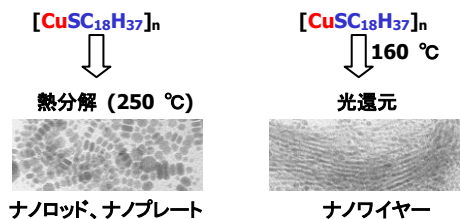


図2

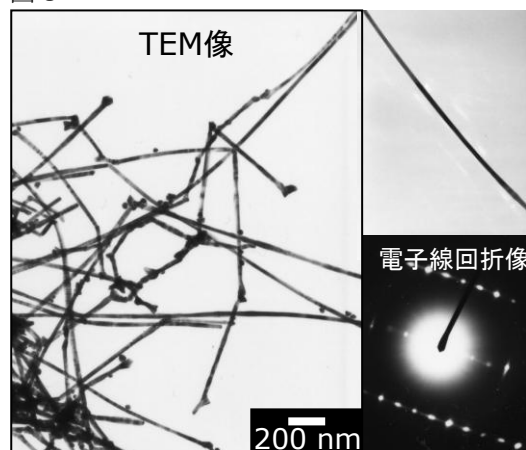


4-2. アンモニウム錯体の還元による金属ナノワイヤーの創製

一級アルキルアミン存在下、金-アンモニ

ウム錯体[(C₁₆H₃₃)NH₃][AuCl₄]が液晶相を形成する温度から100 °Cへ徐々に昇温したところ、錯体の分解が進行した。そこで、それぞれの温度での生成物を透過型電子顕微鏡観察を行なったところ、反応初期では、直径数nmの球状ナノ粒子がワイヤー状に配列し、昇温するにつれて粒子の融着が進行し、最終的には平均直径11 nm、長さ1-3 μmの金ナノワイヤーのみが観察された(図3)。このように、金属錯体液晶の配列を利用して、金属ナノワイヤーを形成することに成功した。

図3



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8件)

- ① Mari Yamamoto, Yukiyasu Kashiwagi, Masami Nakamoto, "Size Controlled Synthesis of Monodispersed Silver Nanoparticles Capped by Long-Chain Alkyl Carboxylates from Silver Carboxylate and Tertiary Amine.", *Langmuir* **2006**, *22*, 8581-8586.
- ② Yukiyasu Kashiwagi, Mari Yamamoto, and Masami Nakamoto, "Facile size-regulated synthesis of silver nanoparticles by controlled thermolysis of silver alkylcarboxylates in the presence of alkylamines with different chain lengths", *J. Colloid Interface Sci.* **2006**, *300*, 169-175.
- ③ 柏木行康, 山本真理, 中許昌美, 「熱分解制御法に

- よる硫化ニッケルナノ粒子の合成」、科学と工業、*81* (3), 153-156 (2007).
- ④ Mari Yamamoto, Yukiyasu Kashiwagi, Masami Nakamoto, et. al., "Shape-controlled synthesis of octahedral gold nanocrystals in the poly(*N*-vinyl-2-pyrrolidone) matrix via reduction of H₂AuCl", *Chem. Lett.*, 2007, 1348-1349.
- ⑤ 竹村康孝、古田晋也、柏木行康、山本真理、中許昌美、"ITO ナノ粒子ペーストによる透明導電性薄膜の電気的特性に及ぼす焼成条件の検討" MES2007 第 17 回マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集 **2007**, p.27-30.
- ⑥ 長岡 亨, 森貞好昭, 福角真男, 柏木行康, 山本真理, 中許昌美, 吉田幸雄, 垣内宏之, 松村慎亮, 「銀および銅ナノ粒子を用いた低温接合プロセスの検討」エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術シンポジウム論文集, VOL.14 (2008)191-194.
- ⑦ M. Nakamoto, M. Yamamoto, Y. Kashiwagi, H. Kakiuchi, T. Tsujimoto, Y. Yoshida, "A Variety of Metal Nanoparticles and the Utilization for Conductive Pastes", *Smart Processing Technology*, **2**, 65-70 (2008)
- ⑧ 長岡亨, 森貞好昭, 福角真男, 柏木行康, 山本真理, 中許昌美, (垣内宏之, 松村慎亮, 吉田幸雄) "銅ナノ粒子および銀-銅二元金属ナノ粒子を用いた配線形成と接合プロセス", MES2008 第 18 回マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集, 143-146 (2008)
- [学会発表] (計 4 2 件)
- ① Masami Nakamoto, Yukiyasu Kashiwagi and Mari Yamamoto, Synthetic approach to gold nanoparticles by thermolysis of gold(I) complexes, (The 4th International Conference on GOLD Science, Technology and its Applications, Gold 2006) H18.9.5.
- ② 山本真理, 柏木行康, 中許昌美, 坂田孝夫, 森 博太郎, 「ポリビニルピロリドン固相中での金塩の熱還元による八面体金ナノ結晶の合成」、(第 5 9 回コロイドおよび界面化学討論)、H18.9.15.
- ③ 中許昌美, 柏木行康, 山本真理, 「カルボキシラト基とアミノ基で保護された異方性を有する銅ナノ粒子の合成」、(第 5 9 回コロイドおよび界面化学討論)、H18.9.15.
- ④ 柏木行康, 山本真理, 中許昌美, 「コール酸を保護層に有する銀ナノ粒子の合成と分散性制御」、(第 5 9 回コロイドおよび界面化学討論) H18.9.15.
- ⑤ 古田晋也, 竹村康孝, 山本真理, 柏木行康, 中許昌美, 「固相熱分解法を用いた ITO ナノ粒子の合成と応用」、(第 5 9 回コロイドおよび界面化学討論) H18.9.15.
- ⑥ 中許昌美, 山本真理, 柏木行康, 垣内宏之, 辻本智昭, 吉田幸雄, 「新規銅ナノ粒子ペーストによる電子回路形成」、(第 16 回マイクロエレクトロニクスシンポジウム MES2006) H18.10.26.
- ⑦ 竹村康孝, 古田晋也, 柏木行康, 山本真理, 中許昌美, 「ITO ナノ粒子ペーストによる透明導電性薄膜の回路形成」、(第 16 回マイクロエレクトロニクスシンポジウム MES2006) H18.10.26.
- ⑧ 竹村康孝, 古田晋也, 柏木行康, 山本真理, 中許昌美, 「ITO ナノ粒子ペーストによる透明導電性薄膜の回路形成」、(第 8 回関西表面技術フォーラム) H18.12.8.
- ⑨ 中許昌美, 山本真理, 柏木行康, 「電子回路形成材料としての銀ナノ粒子の熱特性の制御」、(第 17 回日本 MRS 学術シンポジウム The 17th Symposium of the Materials Research of Society of Japan) H.18.12.10.
- ⑩ Masami Nakamoto, Yukiyasu Kashiwagi and Mari Yamamoto, et. al., A Variety of Silver Nanoparticle Pastes for Fine Electronic Circuit Pattern Formation, (Polytronic 2007, 6th International IEEE Conference on Polymers and Adhesives in Microelectronics and Photonics) H19.1.16.
- ⑪ 中許昌美, 山本真理, 柏木行康, 垣内宏之, 辻本智昭, 吉田幸雄, 「新規銅ナノ粒子ペーストによる電子回路形成」 (関西ワークショップ 2006, エレ

- クトロニクス実装学会 関西支部)
- ⑫ 中許昌美、山本真理、柏木行康、「熱分解制御法によるスズ-銀複合ナノ粒子の合成」(日本化学会第 87 春季年会) H19.3.27.
- ⑬ 柏木行康、山本真理、中許昌美、「コール酸を用いた水溶性銀ナノ粒子の合成」(日本化学会第 87 春季年会) H19.3.27.
- ⑭ 竹村康孝、古田晋也、柏木行康、山本真理、中許昌美「ITO ナノ粒子ペーストによる透明導電性薄膜の回路形成」エレクトロニクス実装学会 関西ワークショップ 2007 (2007.7.6.)
- ⑮ 柏木行康、山本真理、中許昌美、「トリアリールアミン誘導体を配位子とする亜鉛錯体の合成と発光特性」、(第 20 回配位化合物の光化学討論会) H19.8.
- ⑯ 中許昌美、山本真理、柏木行康ほか、「耐酸化性銅ナノ粒子ペーストによる電子回路形成」、第 85 回マイクロ溶接研究部会、溶接学会 (2007.9.7)
- ⑰ (竹村康孝、古田晋也) 柏木行康、山本真理、中許昌美「ITO ナノ粒子ペーストによる透明導電性薄膜の電気的特性に及ぼす焼成条件の検討」MES2007 第 17 回マイクロエレクトロニクスシンポジウム (2007.9.13.)
- ⑱ 中許昌美、山本真理、柏木行康「有機無機ハイブリッド・ナノ粒子の合成と工業的応用」第 56 回高分子討論会 (2007.9.20.)
- ⑲ 中許昌美、山本真理、柏木行康「種々のアミンを用いた熱分解法によるスズ-銀複合ナノ粒子の合成」第 60 回コロイドおよび界面化学討論会および界面化学討論会 (2007.9.22.)
- ⑳ 山本真理、柏木行康、中許昌美、(坂田孝夫、森博太郎)「ポリビニルピロリドンマトリックス中での金塩の熱還元による多面体金ナノ結晶の形状制御」第 60 回コロイドおよび界面化学討論会および界面化学討論会 (2007.9.22.)
- ㉑ (古田晋也、竹村康孝)、山本真理、柏木行康、中許昌美「熱分解制御によって合成した ITO ナノ粒子の組成制御」第 60 回コロイドおよび界面化学討論会および界面化学討論会 (2007.9.22.)
- ㉒ 柏木行康、山本真理、中許昌美「配糖体を有機保護層に用いた銀ナノ粒子の合成」第 60 回コロイドおよび界面化学討論会および界面化学討論会 (2007.9.22.)
- ㉓ 柏木行康、山本真理、中許昌美、「トリアリールアミンをコアとする三座配位子を用いた発光性錯体の合成」、(第 57 回錯体化学討論会) H19.9.26
- ㉔ 中許昌美、山本真理、柏木行康、(垣内宏之、辻本智昭、吉田幸雄)、「新規銅ナノ粒子ペーストによる電子回路形成」(エレクトロニクス実装学会 修善寺ワークショップ)、H19.11.
- 21 中許昌美、山本真理、柏木行康、(吉田幸雄、辻本智昭、垣内宏之)「耐酸化性に優れた銅ナノ粒子ペーストによる微細配線形成」エレクトロニクス実装学会 JIEP 2007 ワークショップ (2007.11.8.-9.)
- 22 中許昌美、山本真理、柏木行康、(垣内宏之、辻本智昭、吉田幸雄、)「A VARIETY OF METAL NANOPARTICLES AND THE UTILIZATION FOR CONDUCTIVE PASTES」2nd International Symposium on Smart Processing Technology (2007.11.28.)
- 23 中許昌美、山本真理、柏木行康、(竹村康孝、古田晋也)「ITO ナノ粒子を用いた透明導電膜形成のためのアプローチ」第 18 回日本 MRS 学術シンポジウム (2007.12.8.)
- 24 柏木行康、山本真理、中許昌美、「親水性カルボン酸を保護層に有する銀ナノ粒子の開発」産業技術総合研究所 関西センター 第 2 回ナノテクフォーラム (2007.12.13.)
- 25 長岡 亨、森貞好昭、福角真男、柏木行康、山本真理、中許昌美、吉田幸雄、垣内宏之、松村慎亮「銀および銅ナノ粒子を用いた低温接合プロセスの検討」第 14 回エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術シンポジウム、(2008.2.5)
- 26 長岡 亨、森貞好昭、福角真男、柏木行康、山本真理、中許昌美「有機被覆銅ナノ粒子の接合特性」日

- 本金属学会 2008 年春期講演大会, (2008.3.26)
- 27 中許昌美、山本真理、柏木行康、長岡亨、森貞好昭、福角真男 「銀および銅ナノ粒子の熱特性を利用した低温接合プロセス」 日本化学会第 88 春季年会 (2007.3.29.)
- 28 柏木行康、山本真理、中許昌美、「ニッケルアルカンチオレート熱分解制御による硫化ニッケルナノ粒子の合成」 (日本化学会第 88 春季年会) H20.3.29
- 29 柏木行康、山本真理、中許昌美、“チオウレア誘導体を用いた硫化ニッケルナノ粒子の合成”, 日本化学会第 89 春季年会, 日本大学, 2009 年 3 月
- 30 中許昌美、山本真理、柏木行康、長岡亨、森貞好昭、福角真男, “耐酸化性に優れた銅ナノ粒子と配線形成および接合への応用”, 日本化学会第 89 春季年会, 日本大学, 2009 年 3 月
- 31 山本真理、垣内宏之、柏木行康、吉田幸雄、中許昌美“Ag-Pd 合金ナノ粒子の合成と耐マイグレーション性導電膜への応用”, 日本化学会第 89 春季年会, 日本大学, 2009 年 3 月
- 32 中許昌美、山本真理、柏木行康、長岡亨、森貞好昭、福角真男、垣内宏之、松村慎亮、吉田幸雄、“Copper Nanoparticle Pastes with Anti-Oxidation Property for Electronic Circuit Pattern Formation and Joining Process”, The IUMRS International Conference in Asia 2008, The Materials Research Society of Japan, 名古屋国際会議場 (名古屋市), 2008 年 12 月
- 33 長岡亨、森貞好昭、福角真男、柏木行康、山本真理、○中許昌美、垣内宏之、松村慎亮、吉田幸雄 “銅ナノ粒子および銀-銅二元金属ナノ粒子を用いた配線形成と接合プロセス”, MES2008 第 18 回マイクロエレクトロニクスシンポジウム, エレクトロニクス実装学会, 京都大学, 2008 年 9 月
- 34 西川宏、H. L. Ngee、夏目直英、竹本正、柏木行康、山本真理、中許昌美、“有機保護層銅ナノ粒子を用いた導電性接着剤の電気特性”, 溶接学会平成 20 年度秋季全国大会, 溶接学会, 北九州国際会議場, 2008 年 9 月
- 35 柏木行康、山本真理、中許昌美, “熱分解制御による硫化ニッケルナノ粒子の合成”, 第 61 回コロイドおよび界面化学討論会, 日本化学会コロイドおよび界面化学部会, 九州大学, 2008 年 9 月
- 36 中許昌美、山本真理、柏木行康、長岡亨、森貞好昭、福角真男“銀および銅ナノ粒子の熱特性を利用した低温接合プロセス”, 第 61 回コロイドおよび界面化学討論会, 日本化学会コロイドおよび界面化学部会, 九州大学, 2008 年 9 月
- 37 山本真理、柏木行康、中許昌美、“ミリスチン酸銀とミリスチン酸パラジウムのアミン還元による銀-パラジウム合金ナノ粒子の合成”, 第 61 回コロイドおよび界面化学討論会, 日本化学会コロイドおよび界面化学部会, 九州大学, 2008 年 9 月
- 38 森貞好昭、長岡亨、福角真男、柏木行康、山本真理、中許昌美, “銀-銅混合ナノ粒子を用いた低温接合プロセス”, 平成 20 年度春季全国大会, 溶接学会, ハイアット・リージェンシー・オーサカ (大阪市) 2008 年 4 月
- 39 長岡亨、森貞好昭、福角真男、柏木行康、山本真理、中許昌美, “銅ナノ粒子を用いた低温接合プロセス”, 平成 20 年度春季全国大会, 溶接学会, ハイアット・リージェンシー・オーサカ (大阪市) 2008 年 4 月
- 40 長岡亨、森貞好昭、福角真男、柏木行康、山本真理、中許昌美, “有機被覆銅ナノ粒子を用いた接合プロセスの検討”, 日本金属学会 2008 年秋期(第 143 回)大会, 日本金属学会, 熊本大学 (熊本市) 2008 年 9 月
- 41 長岡 亨、森貞好昭、福角真男、柏木行康、山本真理、中許昌美, “銀ナノ粒子を用いたアルミニウムの接合プロセスの検討”, 日本金属学会 2009 年春期講演大会, 日本金属学会, 東京工業大学 (東京都目黒区) 2009 年 3 月
- 42 古田晋也、竹村康孝、山本真理、柏木行康、中許昌美, “熱分解制御による酸化スズ及び ITO ナノ粒子の合成と透明導電膜形成” 第 61 回コロイドおよび界面化学討論会 (日本化学会コロイドおよび界面化

学部会) 2008年9月

〔図書〕(計2件)

- 1 中許昌美、山本真理、柏木行康, “第7章 金属錯体熱分解法による金ナノ粒子の調製”, 金ナノテクノロジー -その基礎と応用- (シーエムシー出版) 2008年9月 p 97-106
- 2 M. Nakamoto, M. Yamamoto, Y. Kashiwagi, “Chapter 24. Solvent-Free Controlled Thermolysis for Facile Size-Regulated Synthesis of Metal and Alloy Nanoparticles”, Metal Nanoclusters in Catalysis and Materials Science, The Issue of Size Control (Elsevier), 2008, pp. 367-372

〔産業財産権〕

○出願状況(計4件)

1

名称: 多面体金属微粒子およびその製造方法
発明者: 中許昌美、山本真理
権利者: 大阪市、三ツ星ベルト株式会社
種類: 特許
番号: 2006-247395
出願年月日: 2006//
国内外の別: 国内

2

名称: 複合ナノ粒子及びその製造方法
発明者: 中許昌美、山本真理、柏木行康、吉田幸雄、垣内宏之
権利者: 大阪市工研, 大研化学工業(株)
種類: 特許
番号: 2008-207523
出願年月日: 2008/8/11
国内外の別: 国内

3

名称: 銅系ナノ粒子及びその製造方法
発明者: 中許昌美、山本真理、柏木行康、吉田幸雄、垣内宏之
権利者: 大阪市工研, 大研化学工業(株)
種類: 特許
番号: 2008-207524
出願年月日: 2008/8/11
国内外の別: 国内

4

名称: プライマー組成物
発明者: 中許昌美、山本真理、柏木行康、古田晋也、豊田祐司、竹村康孝、産一盛裕、大塚邦顕、嶋橋克将
権利者: 大阪市工研, 大研化学工業(株)、奥野製薬(株)
種類: 特許
番号: 2008-105024
出願年月日:
国内外の別: 国内

○取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

<マスコミ発表>

- ① 化学工業時報 「実用化を期待される金属ナノ粒子」 (H18.11.25)
- ② 日刊工業新聞 「銅ナノ粒子ペースト開発」 (H18.12.18)
- ③ 化学工業時報「硫化ニッケルのナノ粒子も可能—大阪市工研の熱分解制御法」 (H19.7.25)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本真理 (YAMAMOTO MARI)

地方独立行政法人大阪市立工業研究所

研究者番号: 20416332