

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010年10月28日(28.10.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/122811 A1

- (51) 国際特許分類:
B22F 9/24 (2006.01) *C22C 5/04* (2006.01)
B22F 1/00 (2006.01) *C22C 5/06* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/002962
- (22) 国際出願日: 2010年4月23日(23.04.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
 特願 2009-106171 2009年4月24日(24.04.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人科学技術振興機構 (JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY AGENCY) [JP/JP]; 〒3320012 埼玉県川口市本町四丁目1番8号 Saitama (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 北川宏 (KITAGAWA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒6310065 奈良県奈良市鳥見町4丁目3-1-53-407 Nara
- (74) 代理人: 鎌田耕一, 外 (KAMADA, Koichi et al.); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満4丁目3番25号梅田プラザビル別館8階 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: FINE SOLID SOLUTION ALLOY PARTICLES AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) 発明の名称: 固溶体型合金微粒子およびその製造方法

[図16]

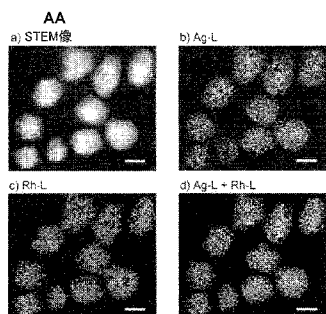


Fig. 16A

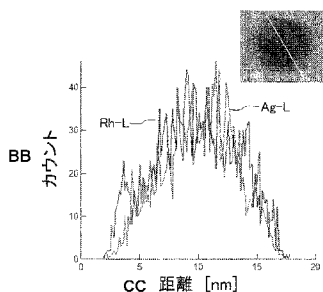


Fig. 16B

AA STEM IMAGE
 BB COUNT
 CC DISTANCE [nm]

(57) Abstract: Disclosed are fine solid solution alloy particles, in each of which a plurality of metal elements are mixed at the atomic level. Also disclosed is a method for producing fine alloy particles formed from a plurality of metal elements. The method for producing fine alloy particles comprises (i) a step of preparing a solution that contains ions of the plurality of metal elements and a liquid that contains a reducing agent; and (ii) a step of mixing the solution and the liquid, which has been heated.

(57) 要約: 本発明の合金微粒子は、複数の金属元素が原子レベルで混合されている、固溶体型の合金微粒子である。本発明の製造方法は、複数の金属元素からなる合金微粒子の製造方法である。この製造方法は、(i) 複数の金属元素のイオンを含む溶液と還元剤を含む液体とを調製する工程と (ii) 当該溶液と、加熱された当該液体とを混合する工程とを含む。

WO 2010/122811 A1

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 固溶体型合金微粒子およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、固溶体型合金微粒子およびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 合金は、それを構成する金属元素単体とは異なる性質を示すため、新規な合金を作製することによって従来の金属では得られなかった特性（たとえば触媒特性）が期待できる。一方、金属微粒子は、比表面積が大きい、バルクとは異なる性質・構造を示す場合がある、といった理由から、様々な応用が期待される。これらの理由から、様々な合金微粒子が従来から研究されてきた。たとえば、銀とロジウムとを含む合金粒子の製造方法が開示されている（非特許文献1）。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献1：日本化学会第88春季年会（2008年）、講演予稿集第1分冊、講演番号4L2-36

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、図18の相図に示すように、バルクにおいて、銀とロジウムとは原子レベルで固溶しない。銀とロジウムとの混合物を加熱して熔融させても、銀とロジウムとは分離するだけである。そのため、銀とロジウムとを含む融液を急冷しても、両者が固溶している合金を作製することは難しい。一方、非特許文献1の方法では溶液中において銀イオンとロジウムイオンとを還元して微粒子を作製している。しかし、非特許文献1の方法では、銀とロジウムとが原子レベルで固溶した微粒子を作製することは難しかった。しかし、銀とロジウムとが原子レベルで固溶しなければ、合金に特有の性質が発現する可能性は低い。図19に、金とロジウムとの相図を示す。図19の相図

から明らかのように、金とロジウムからなる固溶体型の合金を作製することは難しい。

- [0005] このような状況において、本発明は、複数の金属元素が原子レベルで混合されている合金微粒子、およびその製造方法を提供することを目的の1つとする。

課題を解決するための手段

- [0006] 上記目的を達成するため、本発明の合金微粒子は、複数の金属元素が原子レベルで混合されている、固溶体型の合金微粒子である。なお、「原子レベルで混合されている」とは、1つの観点では、0.105 nmの空間分解能を持つSTEMによる元素マッピングにおいて各元素がランダムに存在することであり、他の観点では、XRDにおいて単一のピークパターンが確認されることである。

- [0007] 本発明の製造方法は、複数の金属元素からなる合金微粒子の製造方法である。この製造方法は、(i) 前記複数の金属元素のイオンを含む溶液と還元剤を含む液体とを調製する工程と、(ii) 前記溶液と、加熱された前記液体とを混合する工程とを含む。

発明の効果

- [0008] 本発明によれば、複数の金属元素が原子レベルで混合されている、固溶体型の合金微粒子が得られる。

図面の簡単な説明

- [0009] [図1] 図1は、本発明の製造方法の一工程の一例を示す。
[図2] 図2は、本発明の製造方法の一工程の他の一例を示す。
[図3] 図3は、実施例1で作製された合金微粒子の透過型電子顕微鏡像の一例を示す。
[図4] 図4は、実施例1で作製された合金微粒子の透過型電子顕微鏡像の他の一例を示す。
[図5] 図5は、実施例1で作製された合金微粒子のEDXスペクトルを示す。
[図6] 図6は、実施例1で作製された合金微粒子のXRDパターンを示す。

[図7] 図7は、実施例2～4で作製された合金微粒子の透過型電子顕微鏡像を示す。

[図8] 図8は、実施例2～4で作製された合金微粒子のXRDパターンを示す。

[図9] 図9は、実施例2～4で作製された合金微粒子について、銀の含有率と格子定数との関係を示すグラフである。

[図10] 図10は、実施例2～4で作製された合金微粒子の吸収スペクトルを示す。

[図11] 図11は、比較例1で作製された微粒子のXRDパターンを示す。

[図12] 図12は、比較例2で作製された微粒子のXRDパターンを示す。

[図13] 図13は、比較例3で作製された微粒子のXRDパターンを示す。

[図14] 図14は、実施例5で作製された合金微粒子のXRDパターンを示す。

[図15] 図15は、実施例5で作製された合金微粒子のEDXスペクトル、および電子顕微鏡写真を示す。

[図16] 図16Aおよび図16Bは、実施例1で作製された合金微粒子について、走査型透過電子顕微鏡（STEM）を用いた観察結果を示す。

[図17] 図17Aおよび図17Bは、実施例5で作製された合金微粒子について、走査型透過電子顕微鏡を用いた観察結果を示す。

[図18] 銀とロジウムの相図である。

[図19] 金とロジウムの相図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の実施形態について例を挙げて説明する。なお、本発明は、以下の実施形態および実施例に限定されない。以下の説明では、特定の数値や特定の材料を例示する場合があるが、本発明の効果が得られる限り、他の数値や他の材料を適用してもよい。

[0011] [合金微粒子の製造方法]

本発明の方法は、複数の金属元素からなる合金微粒子を製造する方法であ

る。この製造方法によれば、複数の金属元素が原子レベルで混合されている、固溶体型の合金微粒子が得られる。この製造方法で得られる合金微粒子は、本発明の合金微粒子の1つの側面を構成する。

[0012] 本発明の方法は、以下の工程 (i) および (ii) を含む。以下では、合金微粒子を構成する複数の金属元素を「複数の金属元素 (E)」という場合がある。

[0013] 工程 (i) では、複数の金属元素 (E) のイオンを含む溶液と、還元剤を含む液体とを調製する。以下では、複数の金属元素 (E) を含む溶液を、「金属イオン溶液」または「溶液 1 1」という場合がある。また、還元剤を含む液体を、「液体 1 2」という場合がある。

[0014] 複数の金属元素 (E) は、2種類の金属元素であってもよい。その場合には、二元合金微粒子が得られる。複数の金属元素 (E) がロジウムを含む場合、ロジウム合金微粒子が得られる。

[0015] 複数の金属元素 (E) の一例は、銀 (Ag) およびロジウム (Rh) である。複数の金属元素 (E) の他の一例は、金 (Au) およびロジウム (Rh) である。

[0016] 金属イオン溶液は、複数の金属元素 (E) を含有する少なくとも1種の化合物を溶媒に溶解させることによって調製できる。1つの化合物が、複数の金属元素 (E) に含まれるすべての元素を含有していてもよい。また、1つの化合物が、複数の金属元素 (E) に含まれる1つの元素のみを含有していてもよい。

[0017] 複数の金属元素 (E) が銀およびロジウムである場合、金属イオン溶液は、銀化合物およびロジウム化合物を溶媒に溶解させることによって調製できる。銀化合物の例には、酢酸銀 (I) ($\text{Ag CH}_3\text{COO}$) や、硝酸銀 (Ag NO_3) が含まれる。ロジウム化合物の例には、酢酸ロジウム (III) ($\text{Rh (CH}_3\text{COO)}_3$)、および酢酸ロジウム (II) ($\text{Rh (CH}_3\text{COO)}_2$) が含まれる。溶媒には、銀イオンおよびロジウムイオンを溶解させることができる溶媒が用いられる。溶媒の一例は、水である。

- [0018] 複数の金属元素（E）が金およびロジウムである場合、金属イオン溶液は、金化合物およびロジウム化合物を溶媒に溶解させることによって調製できる。金化合物の例には、塩化金酸（ HAuCl_4 ）が含まれる。ロジウム化合物の例には、上述したロジウム化合物および塩化ロジウム（III）（ RhCl_3 ）が含まれる。溶媒の一例は水である。
- [0019] 金属イオン溶液中における複数の金属元素のイオン（たとえば銀イオンや金イオン）の濃度は、 $0.1\text{ mmol/L} \sim 1\text{ mol/L}$ の範囲（たとえば、 $0.1\text{ mmol/L} \sim 5\text{ mmol/L}$ の範囲）にあってもよい。また、金属イオン溶液中におけるロジウムイオンの濃度は、 $0.1\text{ mmol/L} \sim 1\text{ mol/L}$ の範囲（たとえば、 $0.1\text{ mmol/L} \sim 5\text{ mmol/L}$ の範囲や、 $0.1\text{ mmol/L} \sim 1\text{ mmol/L}$ の範囲）にあってもよい。
- [0020] 金属イオン溶液中における銀イオンの濃度 C_{Ag} （ mol/L ）と、金属イオン溶液中におけるロジウムイオンの濃度 C_{Rh} （ mol/L ）との比を変化させることによって、合金の組成を変化させることが可能である。 $C_{\text{Rh}} / [C_{\text{Rh}} + C_{\text{Ag}}]$ の値は、0.1以上、0.2以上、0.3以上、0.4以上、0.5以上、0.6以上、0.7以上、0.8以上、または0.9以上であってもよいし、0.9以下、0.8以下、0.7以下、0.6以下、0.5以下、0.4以下、0.3以下、0.2以下、または0.1以下であってもよい。 $C_{\text{Rh}} / [C_{\text{Rh}} + C_{\text{Ag}}] = X$ である金属イオン溶液を用いることによって、ロジウムの含有率がほぼ $100X$ 原子%である合金微粒子を作製できる。たとえば、 $C_{\text{Rh}} / [C_{\text{Rh}} + C_{\text{Ag}}]$ の値が0.5以上である金属イオン溶液を用いることによって、ロジウムの含有率が50原子%以上である合金微粒子を作製できる。複数の金属元素（E）が2種類の元素である場合、金属イオン溶液中における各元素のイオン濃度と合金の組成との関係は、上記の銀イオン濃度およびロジウムイオン濃度と合金の組成との関係と同じである。
- [0021] 次に、工程（ii）では、金属イオン溶液（溶液11）と、還元剤を含み加熱された液体（液体12）とを混合する。工程（ii）において、液体12だけでなく溶液11も加熱されていてもよい。

- [0022] 工程 (ii) では、溶液 1 1 を加熱された液体 1 2 に滴下することによって溶液 1 1 と液体 1 2 とを混合してもよい。また、工程 (ii) では、溶液 1 1 を加熱された液体 1 2 に噴霧することによって溶液 1 1 と液体 1 2 とを混合してもよい。たとえば、工程 (ii) では、図 1 に示すように、加熱された液体 1 2 に溶液 1 1 を滴下することによって両者を混合してもよい。また、工程 (ii) では、図 2 に示すように、加熱された液体 1 2 に溶液 1 1 を噴霧することによって両者を混合してもよい。金属イオン溶液中の金属イオンの濃度が高い場合には、溶液 1 1 を噴霧することによって液体 1 2 と溶液 1 1 とを混合することが好ましい場合がある。
- [0023] 工程 (ii) において、溶液 1 1 と、複数の金属元素 (E) のイオンのそれぞれが単独で還元される温度以上に加熱した液体 1 2 とを混合してもよい。さらに、工程 (ii) において、溶液 1 1 と、複数の金属元素 (E) のイオンのそれぞれが単独で還元される温度よりも 20°C 以上高い温度に加熱した液体 1 2 とを混合してもよい。これらの 2 つの場合において、還元剤は、エチレングリコールであってもよい。
- [0024] 溶液 1 1 および/または液体 1 2 の噴霧は、たとえば、霧吹き (スプレー) やインクジェットヘッドを用いて行うことができる。なお、噴霧される霧滴の粒径を変化させることによって、形成される合金微粒子の粒径を制御できる可能性がある。
- [0025] 液体 1 2 に含まれる還元剤は、アルコールであってもよい。液体 1 2 の溶媒は、還元剤として機能するアルコール (たとえばエチレングリコール) のみであってもよい。なお、液体 1 2 は、還元剤として機能するアルコールに加えて、還元剤として機能しないアルコールを含んでもよい。液体 1 2 を加熱することによって、アルコールの還元剤としての機能が高まる。工程 (ii) において液体 1 2 を加熱すべき温度は、還元剤として液体 1 2 に含まれるアルコールの種類によって変化する。たとえば、エチレングリコールを用いる場合、銀イオンは 100°C 以下で還元され、ロジウムイオンは 140°C 近傍で還元されると考えられる。そのため、複数の金属元素 (E) が銀および

ロジウムであり、且つ、還元剤としてエチレングリコールを用いる場合には、液体 1 2 を 1 4 0 °C よりも高い温度に加熱する必要がある。

[0026] 本発明の効果が得られる限り、還元剤として液体 1 2 に含まれるアルコールの種類に限定はない。還元剤として用いられるアルコールは、一価のアルコールであってもよいし、二価アルコールなどの多価アルコールであってもよい。還元剤として用いられるアルコールの好ましい一例は、エチレングリコール、ジエチレングリコール、およびトリエチレングリコールからなる群より選ばれる少なくとも 1 種のアルコールである。以下では、エチレングリコール、ジエチレングリコール、およびトリエチレングリコールからなる群より選ばれる少なくとも 1 種のアルコールを、「エチレングリコール類」という場合がある。エチレングリコール類の沸点は 1 9 0 °C 以上であるため、これらのアルコールを溶媒に用いることによって、高温で合金微粒子を作製できる。

[0027] なお、液体 1 2 に含まれるアルコール（還元剤として機能するアルコール）の代わりに、金属イオン（銀イオン、ロジウムイオン、金イオンなど）を還元する能力を有し且つ溶媒として用いることができる物質を用いてもよい。

[0028] 溶液 1 1 および液体 1 2 から選ばれる少なくとも 1 つは、合金微粒子の凝集を防止する保護剤を含んでもよい。保護剤を用いることによって、粒径が小さい合金微粒子が得られやすくなる。具体的には、溶液 1 1 および液体 1 2 の両方またはいずれか一方は保護剤を含んでもよい。保護剤の例には、ポリマーや界面活性剤が含まれ、たとえば、ポリ（N-ビニル-2-ピロリドン）（以下、「ポリビニルピロリドン」または「PVP」という場合がある）が挙げられる。溶液中の保護剤の濃度は、保護剤の種類に応じて選択される。保護剤がポリビニルピロリドンである場合、その構成単位（モノマー単位）の濃度が 0. 1 mmol/L ~ 2 mol/L の範囲（たとえば 1 mmol/L ~ 1 0 mmol/L の範囲）になるようにポリビニルピロリドンを添加してもよい。

- [0029] なお、溶液 1 1 および液体 1 2 の両方が保護剤を含まない場合には、合金微粒子が凝集して粒径が大きい粒子が得られやすくなる。
- [0030] 典型的な一例では、液体 1 2 は、保護剤をアルコール（たとえばエチレングリコール類）に溶解することによって得られる溶液（保護剤のアルコール溶液）である。たとえば、ポリビニルピロリドンが溶解されたエチレングリコール溶液を液体 1 2 として用いることができる。以下では、保護剤が溶解された液体 1 2 を、「還元剤溶液」という場合がある。
- [0031] 一例では、還元剤がエチレングリコールであり、複数の金属元素（E）が銀およびロジウムであり、工程（ii）において、溶液 1 1 と、145℃以上に加熱された液体 1 2 とを混合する。また、他の一例では、還元剤がエチレングリコールであり、複数の金属元素（E）が金およびロジウムであり、工程（ii）において、溶液 1 1 と、145℃以上に加熱された液体 1 2 とを混合する。これらの例では、液体 1 2 が、ポリビニルピロリドンが溶解されたエチレングリコール溶液であってもよい。また、溶液 1 1 は、銀イオンとロジウムイオンとを含む水溶液、または、金イオンとロジウムイオンとを含む水溶液であってもよい。
- [0032] 本発明の製造方法では、液体 1 2 がアルコール以外の還元剤（たとえば水素化ホウ素ナトリウム（ NaBH_4 ）やヒドラジン）を、本質的にまたは実質的に含まないものであってもよい。ただし、本発明の効果が得られる限り、還元剤として水素化ホウ素ナトリウムなどを用いてもよい。
- [0033] 液体 1 2 に含まれるアルコールがエチレングリコールである場合、工程（i）において液体 1 2 を 145℃以上の温度に加熱してもよく、150℃以上や 160℃以上の温度に加熱してもよい。ただし、本発明の効果が得られる限り、工程（ii）における液体 1 2 の加熱温度はより低い温度であってもよい。工程（ii）における液体 1 2 の加熱温度は、200℃以下であってもよく、たとえば 150℃以下であってもよい。
- [0034] 工程（ii）において溶液 1 1 と液体 1 2 とを混合する際に、液体 1 2 の温度が過度に下がらないようにする。たとえば、アルコールがエチレングリコ

ールである場合、液体 1 2 の温度が 1 4 5 °C 以上、1 5 0 °C 以上、または 1 6 0 °C 以上の温度を維持するように、溶液 1 1 と液体 1 2 とを混合する。液体 1 2 の温度が過度に低下することを防止する方法の一例は、溶液 1 1 を少量ずつ加えることである。溶液 1 1 を少量ずつ加える方法としては、溶液 1 1 を滴下する方法や、溶液 1 1 を噴霧する方法が挙げられる。また、溶液 1 1 をある程度加熱してから加えてもよい。

[0035] 一例では、1 秒間に液体 1 2 に加えられる溶液 1 1 の質量を、液体 1 2 の質量の 3 0 0 分の 1 以下（たとえば 3 0 0 0 分の 1 以下）としてもよい。

[0036] 本発明の製造方法によれば、複数の金属元素（E）が原子レベルで混在している、固溶体型の合金微粒子が得られる。たとえば、銀とロジウムとが原子レベルで混合されている固溶体型の銀－ロジウム合金微粒子が得られる。バルクの状態では銀とロジウムとが原子レベルで固溶することはない。しかし、粒径が数十 nm 以下の微粒子は、バルクとは異なる構造や性質を示すため、銀とロジウムとが原子レベルで固溶することが可能であると考えられる。また、本発明によれば、金とロジウムとが原子レベルで混合されている、固溶体型の金－ロジウム合金微粒子が得られる。

[0037] なお、複数の金属元素（E）が、相図では液相においても固溶しない複数の金属元素であっても、本発明の製造方法によれば、複数の金属元素（E）が原子レベルで固溶した合金微粒子を得ることが可能である。この場合、金属イオン溶液は、バルクでは固溶しない組成比に対応する濃度比にある複数の金属元素のイオンを含む溶液であってもよい。この製造方法によれば、バルクでは液相においても固溶しない組成比にある複数の金属元素（バルクでは液相においていずれの組成比でも固溶しない複数の金属元素を含む）が原子レベルで固溶している合金微粒子が得られる。本発明の製造方法は、様々な合金微粒子の製造に用いることができる。

[0038] [合金微粒子]

本発明の合金微粒子は、複数の金属元素（E）が固溶している合金微粒子である。より具体的には、本発明の合金微粒子は、複数の金属元素（E）が

原子レベルで混合されている固溶体型の合金微粒子である。複数の金属元素（E）が原子レベルで混合されている固溶体型の合金微粒子であることは、後述する実施例で用いた測定などによって確認できる。本発明の合金微粒子の例には、ロジウムを含有するロジウム合金微粒子が含まれる。たとえば、本発明の合金微粒子の例には、銀－ロジウム合金微粒子や、金－ロジウム合金微粒子が含まれる。

[0039] 本発明の合金微粒子は、本発明の製造方法によって製造できる。本発明の製造方法について説明した事項は、本発明の合金微粒子に適用できるため、重複する説明を省略する場合がある。また、本発明の合金微粒子について説明した事項は、本発明の製造方法に適用できる。

[0040] 1つの観点では、本発明の合金微粒子は、分解能が0.105 nmである走査型透過電子顕微鏡を用いた元素マッピングによって、相分離していないことが確認できるものである。

[0041] また、本発明の合金微粒子（たとえば二元合金微粒子）は、合金微粒子内の任意の場所において一辺が1 nmの立方体を選択したときに、その立方体の中に複数の金属元素（E）のすべてが含まれるものであってもよい。

[0042] 1つの観点では、本発明の合金微粒子は、X線回折法によって、相分離していないことが確認できるものである。

[0043] 本発明のロジウム合金微粒子（たとえば銀－ロジウム合金微粒子や金－ロジウム合金微粒子）では、ロジウムの含有率が、10原子%以上、20原子%以上、30原子%以上、40原子%以上、50原子%以上、60原子%以上、70原子%以上、80原子%以上、または90原子%以上であってもよく、90原子%以下、80原子%以下、70原子%以下、60原子%以下、50原子%以下、40原子%以下、30原子%以下、20原子%以下、または10原子%以下であってもよい。

[0044] 複数の金属元素（E）が原子レベルで固溶している限り、本発明の合金微粒子の粒径に限定はない。本発明の合金微粒子（たとえば銀－ロジウム合金微粒子や金－ロジウム合金微粒子）は、平均粒径が30 nm以下や20 nm

以下や10nm以下であってもよく、平均粒径が3nm以上であってもよい。なお、平均粒径は、実施例で説明する方法で算出できる。

[0045] 本発明の合金微粒子は、複数の金属元素（E）が、液相においても固溶しない複数の金属元素であってもよい。

[0046] なお、本発明の合金微粒子は、その特性が本質的に変わらない限り微量の不純物を含んでもよい。

実施例

[0047] 以下、実施例によって本発明をさらに詳細に説明する。なお、以下の実施例および比較例において、EDXの測定には、日本電子株式会社（JEOL Ltd.）製の電子顕微鏡（JEM 2010EF）および、株式会社日立ハイテクノロジーズ社製の走査型透過電子顕微鏡（HD-2700）を用いた。XRDの測定には、ブルカー・エイックスエス株式会社（Bruker AXS）製のX線回折装置（D8 ADVANCE）および、SPRING-8のBL02B2を用いた。走査型透過電子顕微鏡には、0.105nmの分解能を有する、株式会社日立ハイテクノロジーズ製の走査型透過電子顕微鏡（HD-2700）を用いた。元素マッピングはEDXを用いて行った。以下の実施例において、元素マッピングのデータは走査型透過電子顕微鏡（HD-2700）によって取得した。以下の実施例における元素マッピングは、STEMを用いて2次元に電子線を走査して画像をスキヤニングし、その際にSTEMに搭載されたEDXで検出された元素をSTEMの動作と照らし合わせて二次元表記したものである。

[0048] [実施例1]

実施例1では、溶液11を滴下することによって銀-ロジウム合金微粒子を作製した。

[0049] まず、エチレングリコール（100ml）に、ポリビニルピロリドン（0.1mmol）を溶解させることによって還元剤溶液（液体12）を得た。また、酢酸銀（0.005mmol）と酢酸ロジウム（III）（0.005mmol）とを純水20mlに溶解させることによって金属イオン溶液（溶液

11)を得た。

[0050] 次に、還元剤溶液を加熱し、還元剤溶液の温度が160°Cに到達したところで、シリンジによって金属イオン溶液を還元剤溶液に滴下した。このとき、還元剤溶液の温度が160°C以上に保たれるように還元剤溶液を滴下した。次に、金属イオン溶液が滴下された還元剤溶液を遠心分離することによって反応生成物（微粒子）を分離した。

[0051] 実施例1の微粒子の透過型電子顕微鏡像および粒度分布を図3に示す。図3に示すように、粒径が揃った微粒子が得られた。実施例1の微粒子の平均粒径は、 $12.5\text{ nm} \pm 2.6\text{ nm}$ であった。平均粒径は、透過型電子顕微鏡写真（TEM写真）中の粒子（少なくとも300個）の粒径を実測し、その平均を算出するという方法で算出した。実施例1の微粒子の1つの透過型電子顕微鏡写真を図4に示す。図4の粒子全体に均一な格子縞が観察されるため、図4の微粒子は単結晶であると考えられる。

[0052] 図4に示した微粒子について、エネルギー分散型X線分析（EDX）によって得られたスペクトルを図5に示す。図5の結果は、銀とロジウムとが1つの粒子内にほぼ1対1で存在していることを示しており、実施例1の微粒子が、原子レベルで銀とロジウムとが固溶している合金微粒子であることが確認された。

[0053] 実施例1の微粒子のXRDパターン（X線回折パターン）を図6に示す。図6に示すフィッティングカーブは、実施例1の合金微粒子がfcc構造であると仮定した場合のカーブである。このフィッティングカーブは測定値とよく一致しており、実施例1の合金微粒子がfcc構造を有することを示している。また、実施例1の微粒子の各ピークは、バルクの銀のピークとバルクのロジウムのピークとの間に位置している。この結果も、実施例1の微粒子が、原子レベルで銀とロジウムとが固溶している合金微粒子であることを示している。

[0054] [実施例2]

実施例2では、溶液11を噴霧することによって銀とロジウムとの原子比

が約50 : 50である合金微粒子を作製した。

[0055] まず、エチレングリコール（200ml）に、ポリビニルピロリドン（1.0mmol）を溶解させることによって還元剤溶液（液体12）を得た。また、酢酸銀（0.05mmol）と酢酸ロジウム（III）（0.05mmol）とを純水20mlに溶解させることによって金属イオン溶液（溶液11）を得た。

[0056] 次に、還元剤溶液を加熱し、還元剤溶液の温度が160℃に到達したところで、スプレーによって金属イオン溶液を還元剤溶液に噴霧した。このとき、還元剤溶液の温度が160℃以上に保たれるように還元剤溶液を噴霧した。次に、金属イオン溶液が添加された還元剤溶液を遠心分離することによって反応生成物（微粒子）を分離した。

[0057] [実施例3]

実施例3では、溶液11を噴霧することによって銀とロジウムとの原子比が約75 : 25である合金微粒子を作製した。

[0058] まず、エチレングリコール（200ml）に、ポリビニルピロリドン（1.0mmol）を溶解させることによって還元剤溶液（液体12）を得た。また、酢酸銀（0.075mmol）と酢酸ロジウム（III）（0.025mmol）とを純水20mlに溶解させることによって金属イオン溶液（溶液11）を得た。

[0059] 次に、還元剤溶液を加熱し、還元剤溶液の温度が160℃に到達したところで、スプレーによって金属イオン溶液を還元剤溶液に噴霧した。このとき、還元剤溶液の温度が160℃以上に保たれるように還元剤溶液を噴霧した。次に、金属イオン溶液が添加された還元剤溶液を遠心分離することによって反応生成物（微粒子）を分離した。

[0060] [実施例4]

実施例4では、溶液11を噴霧することによって銀とロジウムとの原子比が約25 : 75である合金微粒子を作製した。

[0061] まず、エチレングリコール（200ml）に、ポリビニルピロリドン（1

0 mmol) を溶解させることによって還元剤溶液 (液体 12) を得た。また、酢酸銀 (0.025 mmol) と酢酸ロジウム (III) (0.075 mmol) とを純水 20 ml に溶解させることによって金属イオン溶液 (溶液 11) を得た。

[0062] 次に、還元剤溶液を加熱し、還元剤溶液の温度が 160°C に到達したところで、スプレーによって金属イオン溶液を還元剤溶液に噴霧した。このとき、還元剤溶液の温度が 160°C 以上に保たれるように還元剤溶液を噴霧した。次に、金属イオン溶液が添加された還元剤溶液を遠心分離することによって反応生成物 (微粒子) を分離した。

[0063] 実施例 2~4 の微粒子の透過型電子顕微鏡像を図 7 に示す。図 7 に示すように、同じ条件下では、銀の割合が増えるほど粒径が大きくなった。

[0064] 実施例 2~4 の微粒子の XRD パターンを図 8 に示す。なお、図 8 には、銀微粒子およびロジウム微粒子の結果も示す。図 8 の結果は、実施例 2~4 の微粒子が固溶体型の合金であること、および、実施例 2~4 の微粒子がすべて fcc 構造を有することを示している。X 線回折測定の結果から見積もられた格子定数を図 9 に示す。図 9 に示すように、銀の含有率が増加するにつれて格子定数が連続的に増加した。

[0065] 実施例 2~4 の微粒子の吸収スペクトルの測定結果を図 10 に示す。なお、図 10 には、銀微粒子およびロジウム微粒子の吸収スペクトルも示す。銀微粒子の吸収スペクトルは、表面プラズマ吸収に基づく吸収ピークを 400 nm 近傍に有する。一方、実施例 2~4 の微粒子では、ロジウムの含有率が増えるにつれて吸収ピークが短波長側にシフトするとともにブロードになる。この結果も、原子レベルで固溶している銀-ロジウム合金微粒子が得られたことを示唆している。

[0066] 以上の結果から、実施例 1~4 の微粒子は、銀とロジウムとが原子レベルで混合されている、固溶体型の合金微粒子であることが確認された。

[0067] [比較例 1]

比較例 1 では、予め溶液 11 を液体 12 に加えた後、室温 (約 20°C) 近

傍にある混合液の温度を140°Cに上げることによって微粒子を作製した。

[0068] まず、エチレングリコール(100ml)に、ポリビニルピロリドン(10mmol)を溶解させることによって還元剤溶液(液体12)を得た。また、酢酸銀(0.5mmol)と酢酸ロジウム(III)(0.5mmol)とを純水10mlに溶解させることによって金属イオン溶液(溶液11)を得た。

[0069] 次に、還元剤溶液に金属イオン溶液を添加し、その後、混合液を攪拌しながら140°Cまで加熱した。そして、混合液の温度を140°Cに保ったままで混合液を1時間攪拌した。次に、反応後の混合液を遠心分離することによって反応生成物(微粒子)を分離した。

[0070] 比較例1の微粒子のXRDパターンを図11に示す。図11には、フィッティング成分1および2でフィッティングしたカーブも示す。フィッティング成分1は、格子定数が4.08オングストロームで粒径が9.7nmの成分である。フィッティング成分2は、格子定数が3.73オングストロームで粒径が1.1nmの成分である。フィッティング成分1の格子定数はバルクの銀の格子定数(4.086オングストローム)に近く、フィッティング成分2の格子定数はバルクのロジウムの格子定数(3.803オングストローム)に近い。図11の結果から、比較例1の微粒子は、銀をコアとするコアシェル型の微粒子か、または、銀とロジウムとが相分離している微粒子のいずれかであると考えられる。

[0071] [比較例2]

まず、エチレングリコール(100ml)に、ポリビニルピロリドン(0.15mmol)を溶解させることによって還元剤溶液(液体12)を得た。また、酢酸銀(0.03mmol)と酢酸ロジウム(III)(0.03mmol)とを純水20mlに溶解させることによって金属イオン溶液(溶液11)を得た。

[0072] 次に、還元剤溶液を加熱し、還元剤溶液の温度が140°Cに到達したところで、シリンジによって金属イオン溶液を還元剤溶液に滴下した。このとき

、還元剤溶液の温度が140°Cに保たれるように還元剤溶液を滴下した。次に、金属イオン溶液が滴下された還元剤溶液を遠心分離することによって反応生成物（微粒子）を分離した。

[0073] 比較例2の微粒子のXRDパターンを図12に示す。図12には、フィッティング成分1および2でフィッティングしたカーブも示す。フィッティング成分1は、格子定数が4.04オングストロームで粒径が5.3nmの成分である。フィッティング成分2は、格子定数が3.89オングストロームで粒径が3.5nmの成分である。比較例2の微粒子のXRDパターンにおいて、ピークは単一のfcc構造のものではなく、2成分からなる。フィッティング成分1の格子定数は銀の格子定数に近く、フィッティング成分2の格子定数はバルクのロジウムの格子定数に近い。そのため、比較例2の微粒子では、銀とロジウムとが相分離していると考えられる。

[0074] [比較例3]

まず、エチレングリコール（100ml）に、ポリビニルピロリドン（0.1mmol）を溶解させることによって還元剤溶液（液体12）を得た。また、酢酸銀（0.005mmol）と酢酸ロジウム（III）（0.005mmol）とを純水20mlに溶解させることによって金属イオン溶液（溶液11）を得た。

[0075] 次に、室温（約20°C）の還元剤溶液に、シリンジによって室温の金属イオン溶液を還元剤溶液に滴下した。次に、金属イオン溶液が滴下された還元剤溶液を攪拌しながら、160°Cで1時間還流加熱した。加熱後の溶液を遠心分離することによって、反応生成物（微粒子）を分離した。得られた微粒子のX線回折パターンを図13に示す。図13のフィッティング成分1は、格子定数が4.070オングストロームで粒径が5.4nmの成分である。フィッティング成分2は、格子定数が3.842オングストロームで粒径が1.6nmの成分である。図13のX線回折パターンから、比較例3の微粒子では、銀とロジウムとが相分離していると考えられる。

[0076] [実施例5]

実施例 5 では、溶液 1 1 を滴下することによって金-ロジウム合金微粒子を作製した。

[0077] まず、エチレングリコール（200 ml）に、ポリビニルピロリドン（1.0 mmol）を溶解させることによって還元剤溶液（液体 1 2）を得た。また、塩化金酸（0.05 mmol）と塩化ロジウム（III）（0.05 mmol）とを純水 20 ml に溶解させることによって金属イオン溶液（溶液 1 1）を得た。

[0078] 次に、還元剤溶液を加熱し、還元剤溶液の温度が 160°C に到達したところで、スプレーによって金属イオン溶液を還元剤溶液に噴霧した。このとき、還元剤溶液の温度が 160°C 以上に保たれるように還元剤溶液を噴霧した。次に、金属イオン溶液が噴霧された還元剤溶液を遠心分離することによって、反応生成物（実施例 5 の微粒子）を分離した。

[0079] 実施例 5 の微粒子の X 線回折パターンを図 1 4 に示す。また、実施例 5 の微粒子の EDX スペクトルを図 1 5 に示す。図 1 5 には、測定された微粒子の電子顕微鏡写真も示す。実施例 5 の XRD パターンが単一の fcc パターンであること加えて、格子定数の値が、金ナノ粒子の格子定数とロジウムナノ粒子の格子定数との間にあることから、金とロジウムとが原子レベルで固溶していることがわかる。また、EDX スペクトルより、一つの粒子内に金とロジウムの両元素が存在することも確認された。

[0080] [STEM による観察]

実施例 1 の銀-ロジウム合金微粒子について、走査型透過電子顕微鏡（STEM）を用いて観察した。実施例 1 の微粒子について得られたデータを図 1 6 A および図 1 6 B に示す。図 1 6 A の a) は暗視野の STEM 像を示し、図 1 6 A の b) ~ d) は元素マッピングのデータを示し、図 1 6 B は線分析の結果を示す。なお、図 1 6 A の各画像中のスケールバーは、10 nm を示す。図 1 6 A から、どの粒子においても同様に固溶体が形成されていることがわかる。また、図 1 6 B から、一つの粒子内において局所的に各元素が存在するのではなく、粒子全体を通して両元素が均一に分布していることが

わかる。すなわち、図16Aおよび図16Bのデータは、実施例1の微粒子中において、銀とロジウムとが原子レベルで固溶していることを示している。

[0081] 実施例5の微粒子について、STEMを用いて観察した。得られたデータを図17Aおよび図17Bに示す。図17Aのa)は暗視野のSTEM像を示し、図17Aのb)～d)は元素マッピングのデータを示し、図17Bは線分析の結果を示す。なお、図17Aの各画像中のスケールバーは、10nmを示す。図17Aから、どの粒子においても同様に固溶体が形成されていることがわかる。また、図17Bから、一つの粒子内において局所的に各元素が存在するのではなく、粒子全体を通して両元素が均一に分布していることがわかる。すなわち、図17Aおよび図17Bのデータは、実施例5の微粒子中において、金とロジウムとが原子レベルで固溶していることを示している。

[0082] 以上の実施例に示されるように、本発明の製造方法によれば、銀とロジウムとが原子レベルで固溶している銀-ロジウム合金微粒子、および金とロジウムとが原子レベルで固溶している金-ロジウム合金微粒子が得られた。これらの元素が原子レベルで混在していることをデータで示した例は、これまで皆無であった。本発明者らは、これらの元素が原子レベルで混在していることをデータで初めて示した。

産業上の利用可能性

[0083] 本発明によれば、複数の金属元素が原子レベルで混在している、固溶体型の合金微粒子が得られる。この合金微粒子は、様々な分野（たとえば触媒）に利用できる。たとえば、銀-ロジウム合金微粒子は、有機合成の触媒や、燃料電池の電極触媒や、 NO_x の還元触媒として利用できる。また、銀-ロジウム合金微粒子は、水素吸蔵特性を示すと考えられることから、水素吸蔵特性を利用して様々なデバイスに適用できると考えられる。原子レベルで固溶している銀-ロジウム合金微粒子は、パラジウムに類似した特性を示すことが期待される。同様に、様々な元素を組み合わせることで合金を作製することによ

って、様々な特性を有する合金が得られる。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の金属元素が原子レベルで混合されている、固溶体型の合金微粒子。
- [請求項2] 前記複数の金属元素が2種類の金属元素である、請求項1に記載の合金微粒子。
- [請求項3] 分解能が0.105nmである走査型透過電子顕微鏡を用いた元素マッピングによって、相分離していないことが確認できる、請求項2に記載の合金微粒子。
- [請求項4] X線回折法によって、相分離していないことが確認できる、請求項2に記載の合金微粒子。
- [請求項5] 前記複数の金属元素が銀とロジウムである、請求項3に記載の合金微粒子。
- [請求項6] 前記複数の金属元素が金とロジウムである、請求項3に記載の合金微粒子。
- [請求項7] 平均粒径が20nm以下である、請求項1に記載の合金微粒子。
- [請求項8] 前記複数の金属元素が、液相においても固溶しない複数の金属元素である、請求項1に記載の合金微粒子。
- [請求項9] 複数の金属元素からなる合金微粒子の製造方法であって、
(i) 前記複数の金属元素のイオンを含む溶液と還元剤を含む液体とを調製する工程と、
(ii) 前記溶液と、加熱された前記液体とを混合する工程とを含む、製造方法。
- [請求項10] 前記還元剤がエチレングリコールであり、
前記(ii)の工程において、前記溶液と、前記複数の金属元素のイオンのそれぞれが単独で還元される温度以上に加熱した前記液体とを混合する、請求項9に記載の製造方法。
- [請求項11] 前記(ii)の工程において、前記溶液と、前記複数の金属元素のイオンのそれぞれが単独で還元される温度よりも20℃以上高い温度に

加熱した前記液体とを混合する、請求項 10 に記載の製造方法。

[請求項12]

前記還元剤がエチレングリコールであり、

前記複数の金属元素が銀およびロジウムであり、

前記 (ii) の工程において、前記溶液と、145℃以上に加熱された前記液体とを混合する、請求項 9 に記載の製造方法。

[請求項13]

前記複数の金属元素が金およびロジウムである、請求項 9 に記載の製造方法。

[請求項14]

前記液体および前記溶液から選ばれる少なくとも 1 つが、前記合金微粒子の凝集を防止する保護剤を含む、請求項 9 に記載の製造方法。

[請求項15]

前記 (ii) の工程において、前記溶液を前記液体に滴下することによって前記溶液と前記液体とを混合する、請求項 9 に記載の製造方法。

[請求項16]

前記 (ii) の工程において、前記溶液を前記液体に噴霧することによって前記溶液と前記液体とを混合する、請求項 9 に記載の製造方法。

[請求項17]

請求項 9 に記載の製造方法で製造された合金微粒子であって、複数の金属元素が原子レベルで混合されている、固溶体型の合金微粒子。

[図1]

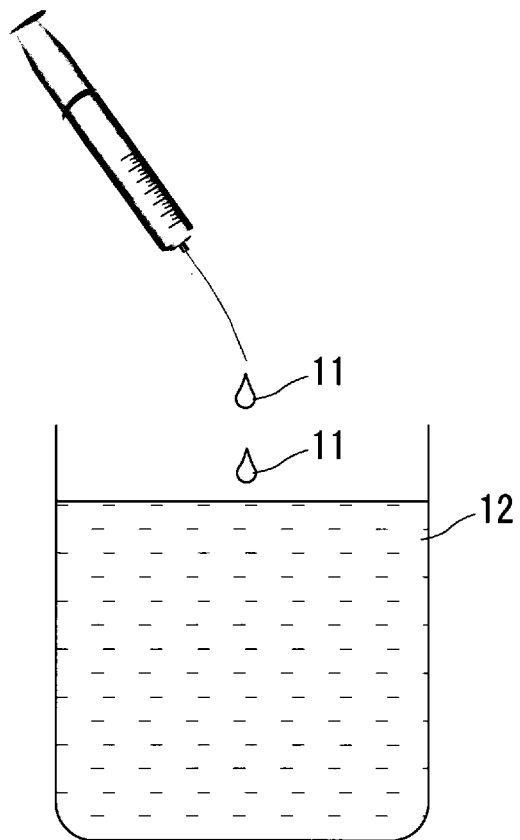


Fig. 1

[図2]

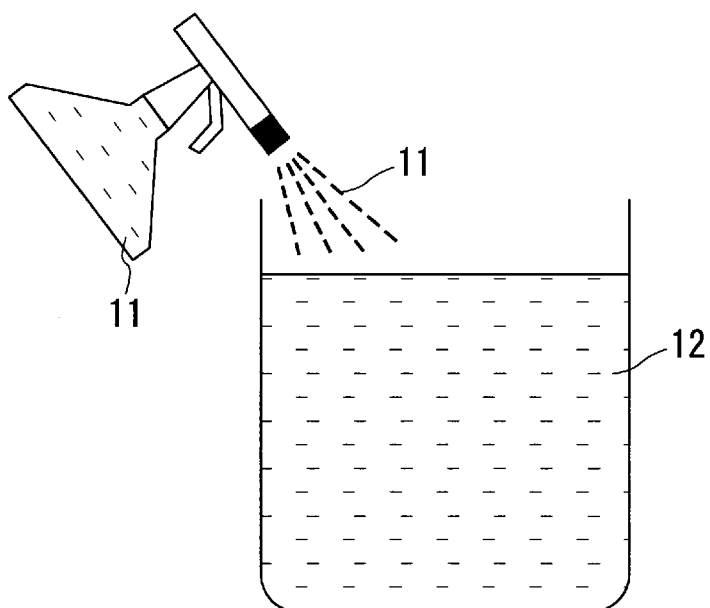
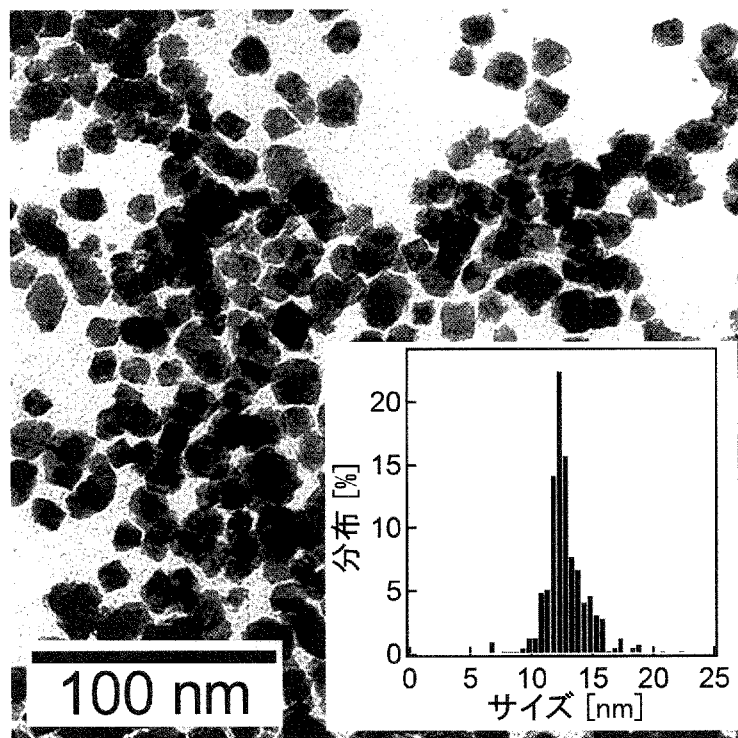


Fig. 2

[図3]



平均粒径 12.5 ± 2.6 nm

Fig. 3

[図4]

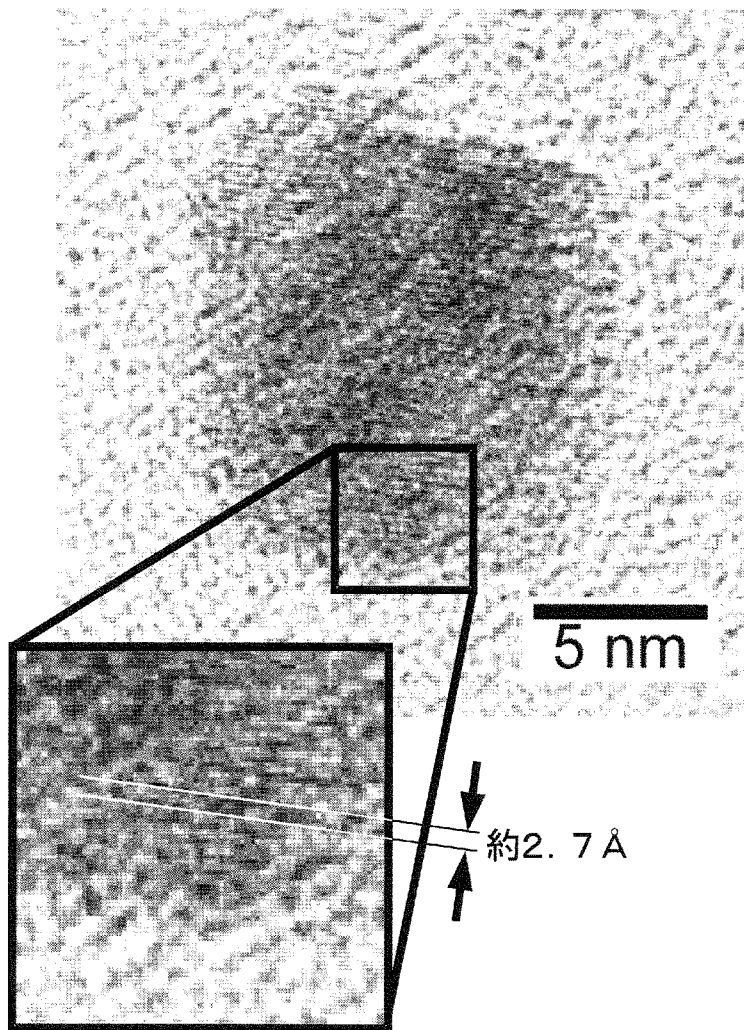


Fig. 4

[図5]

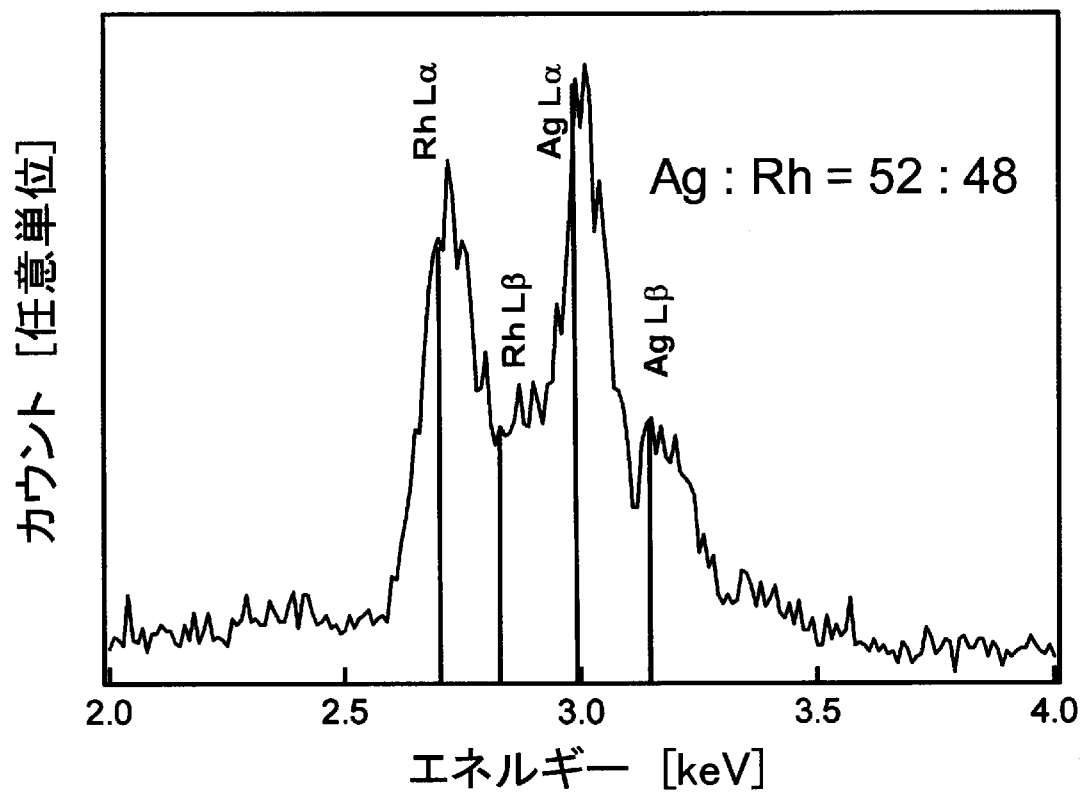


Fig. 5

[図6]

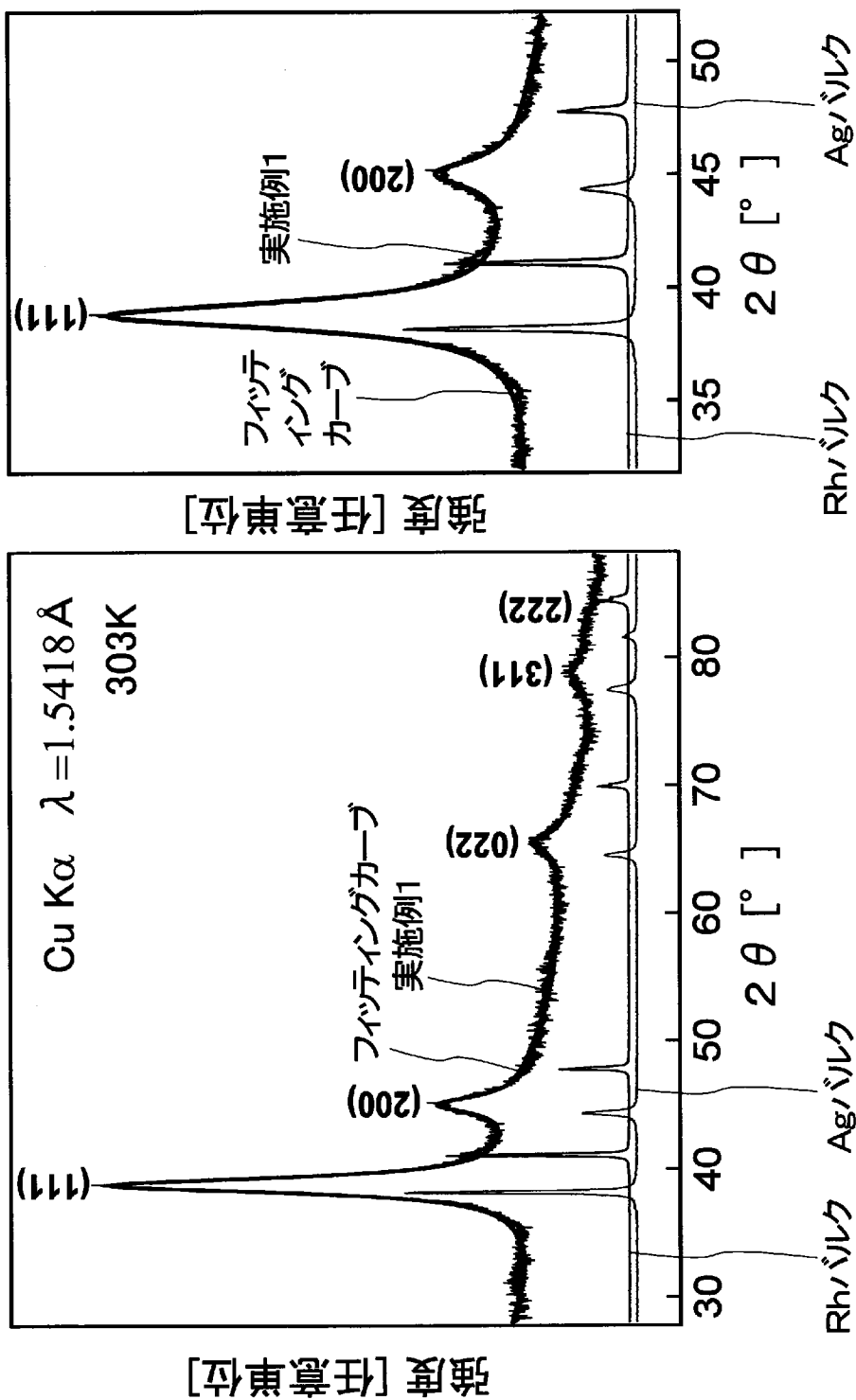


Fig. 6

[図7]

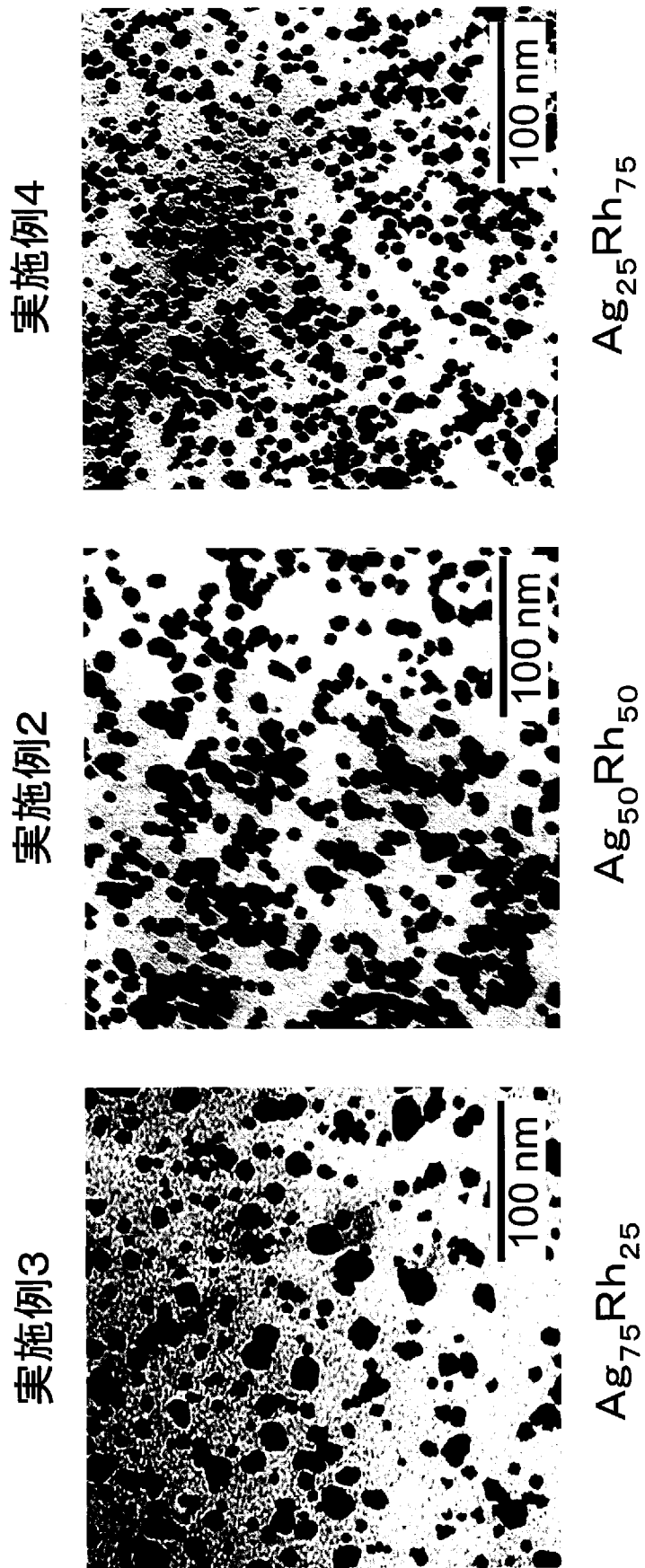


Fig. 7

[8]

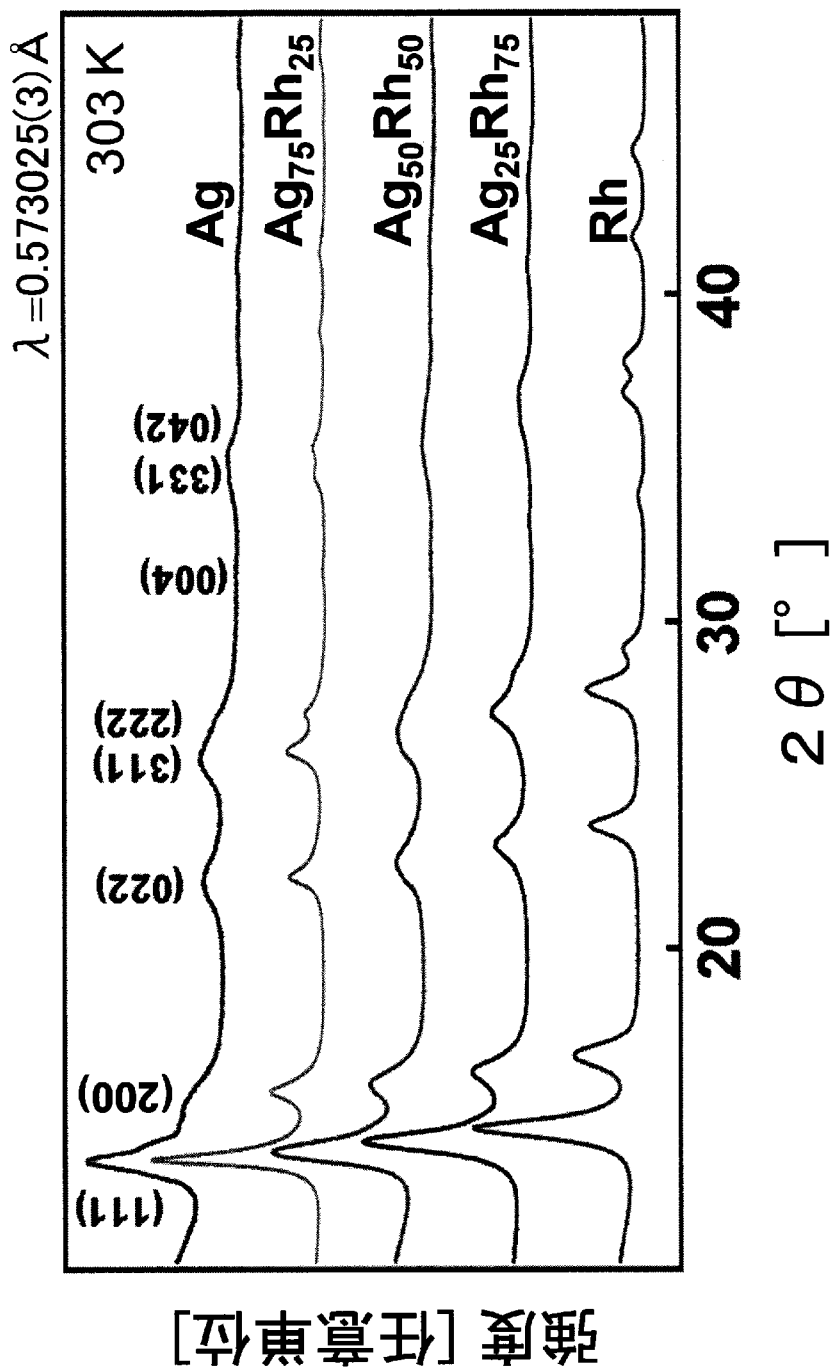


Fig. 8

[図9]

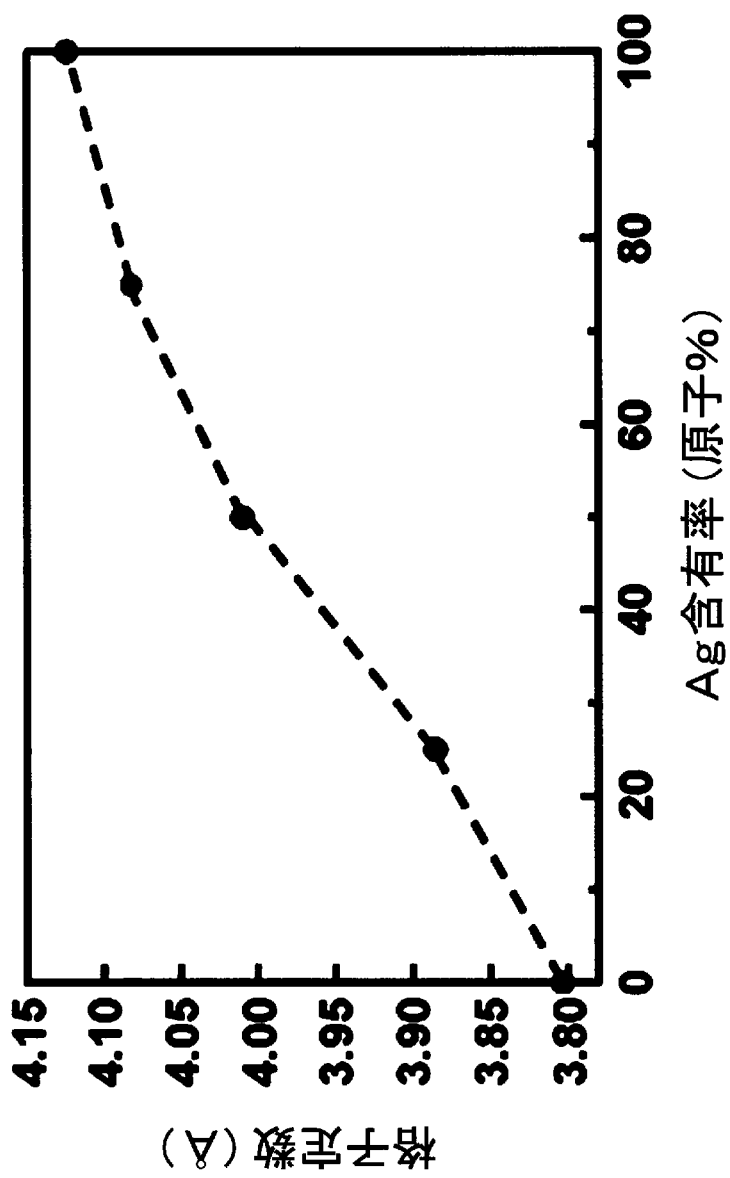


Fig. 9

[図10]

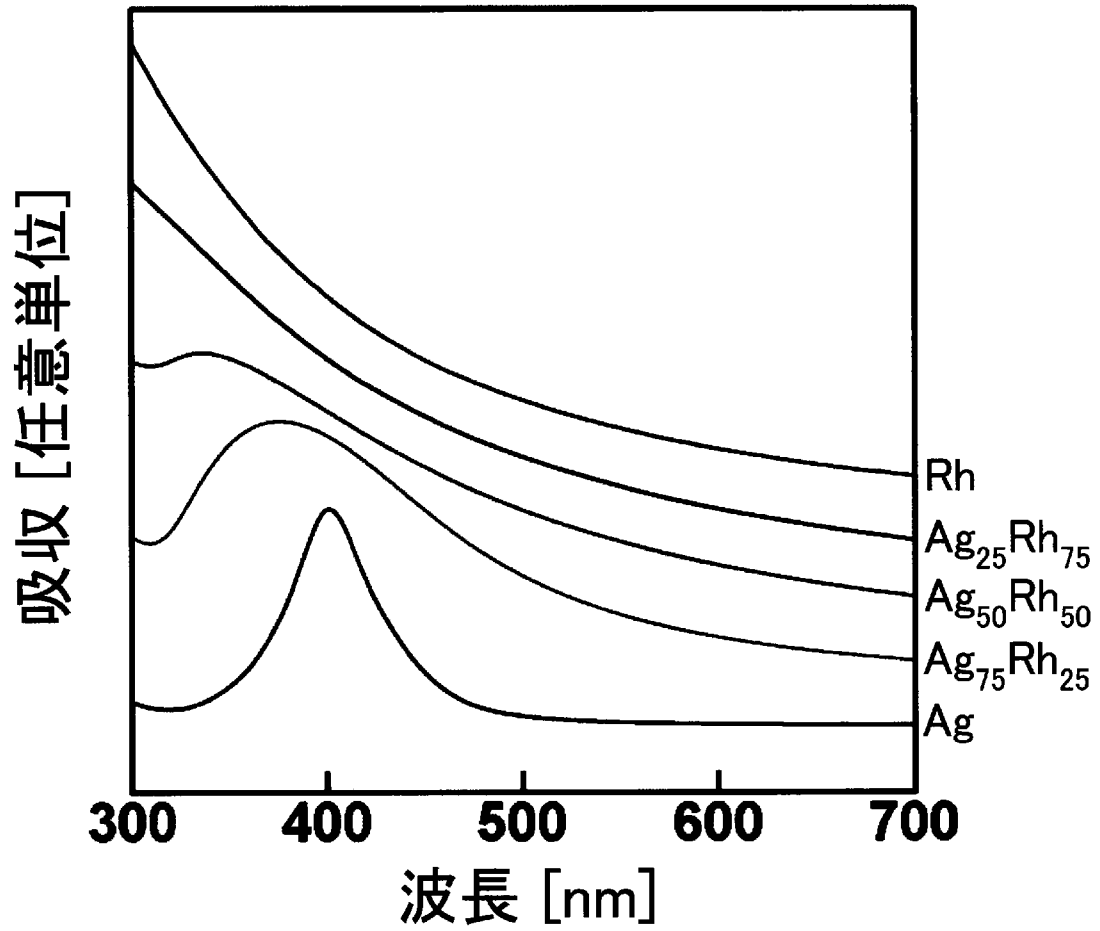


Fig. 10

[図11]

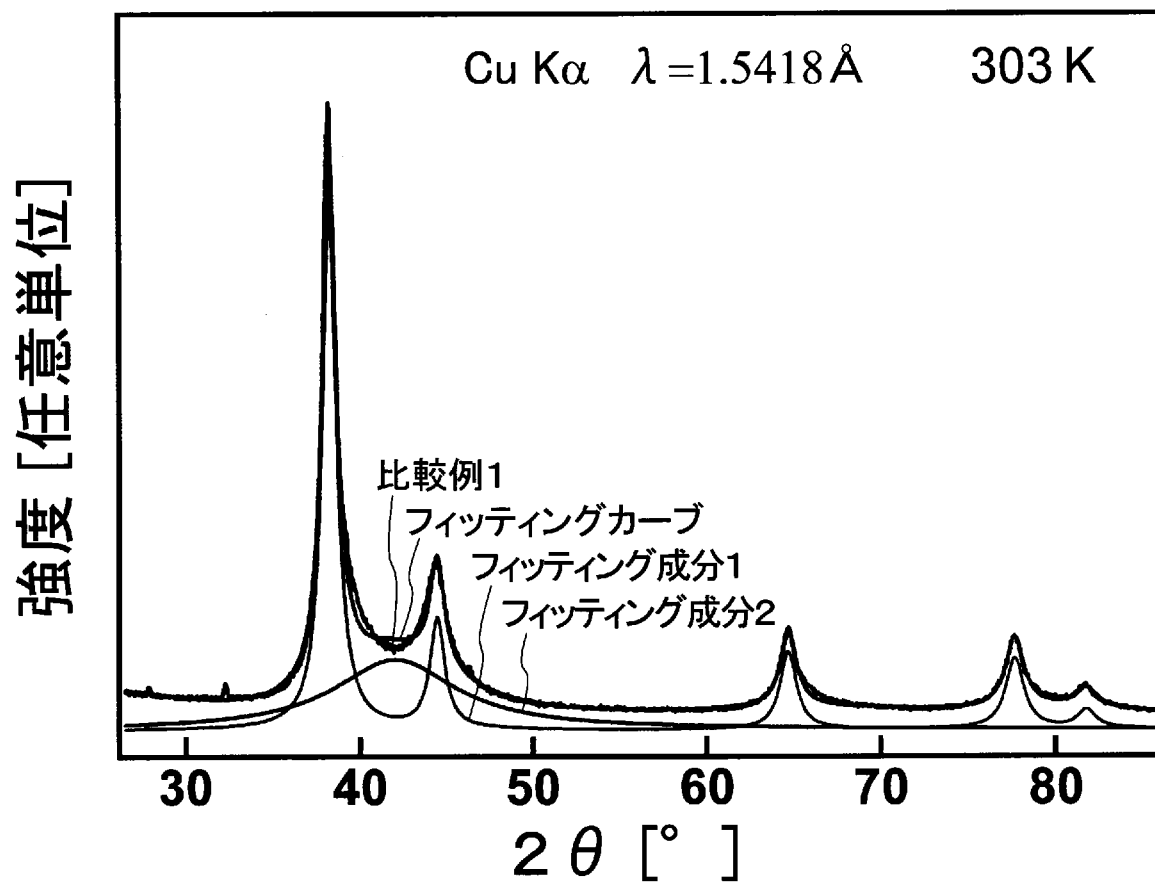


Fig. 11

[図12]

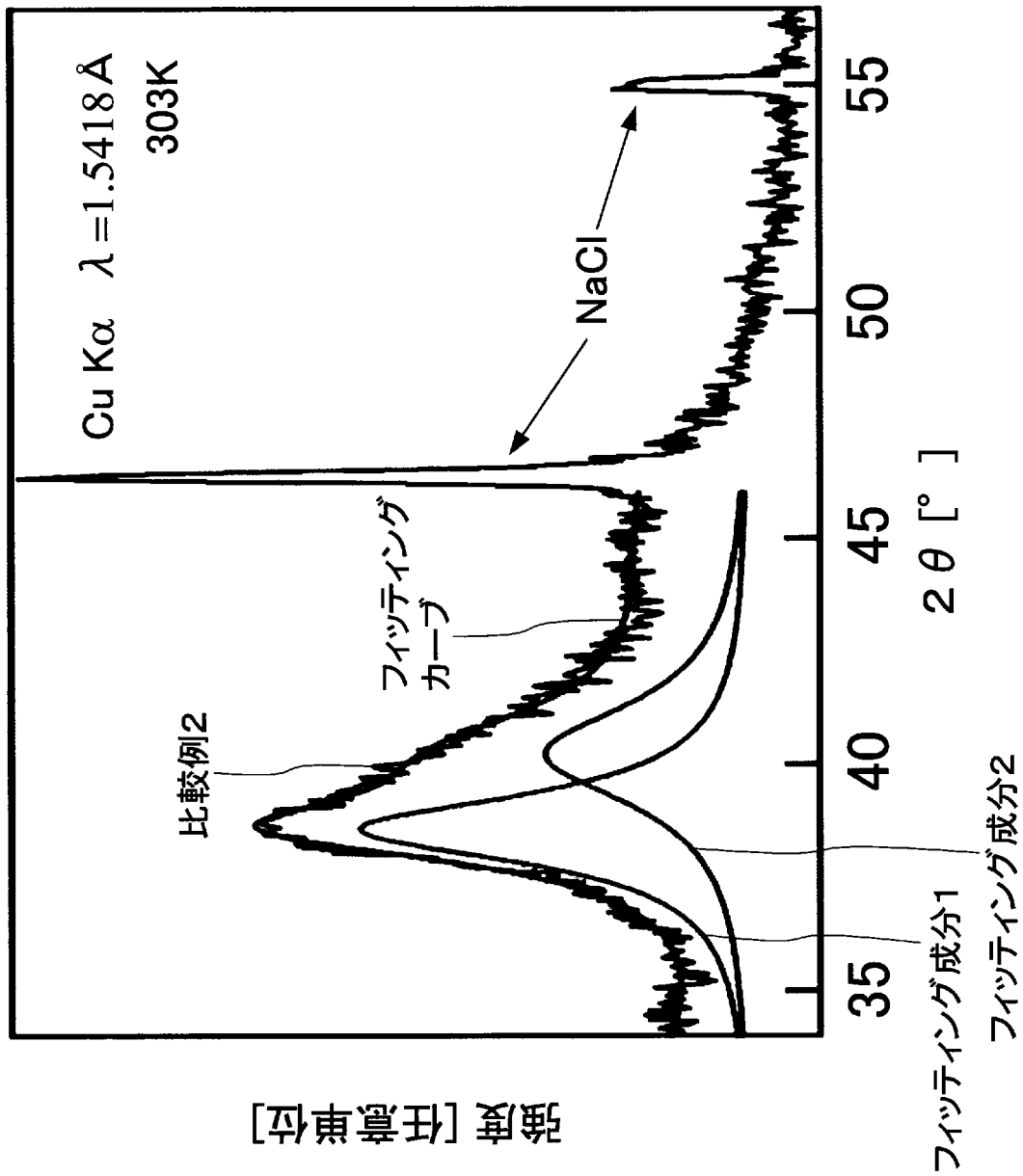


Fig. 12

[図13]

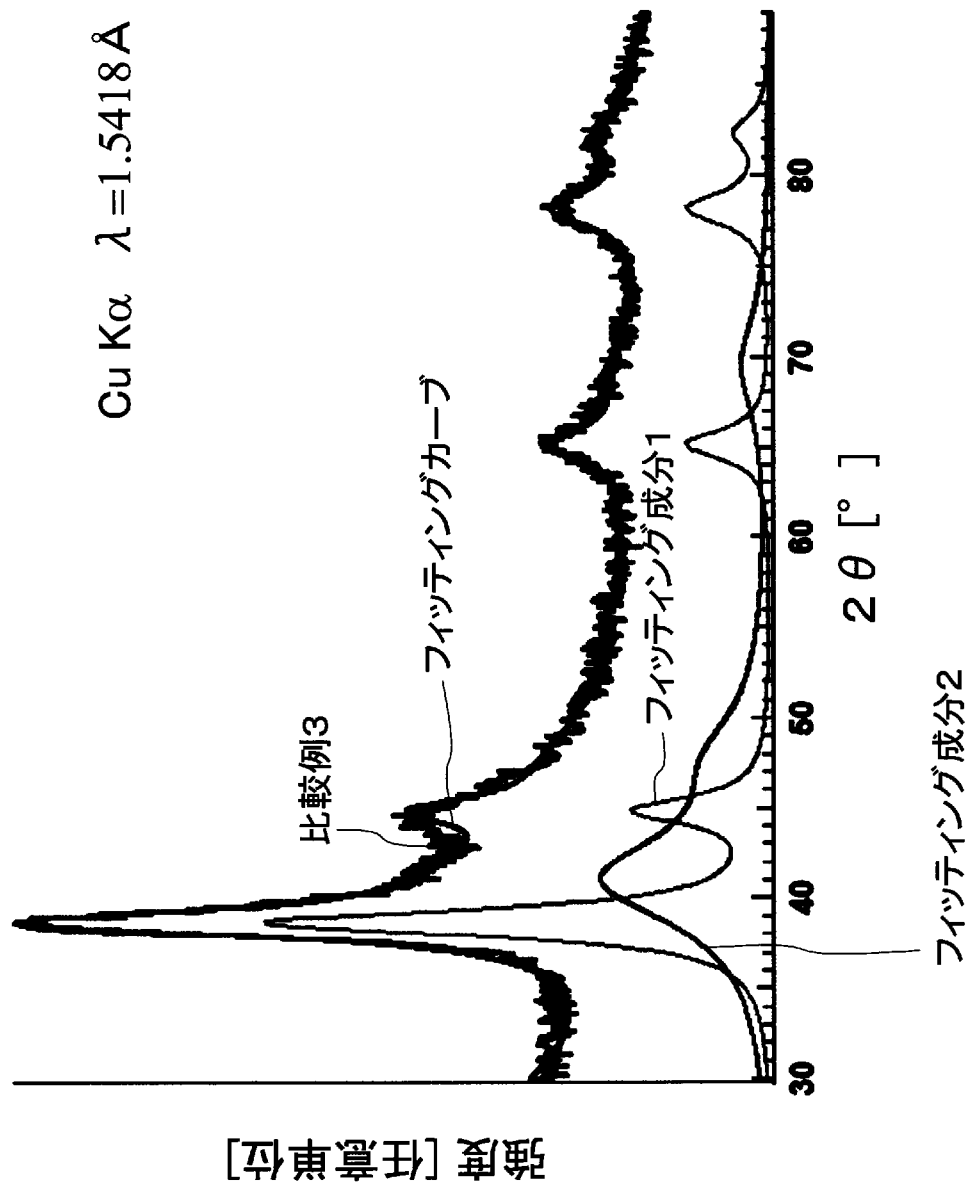


Fig. 13

[図14]

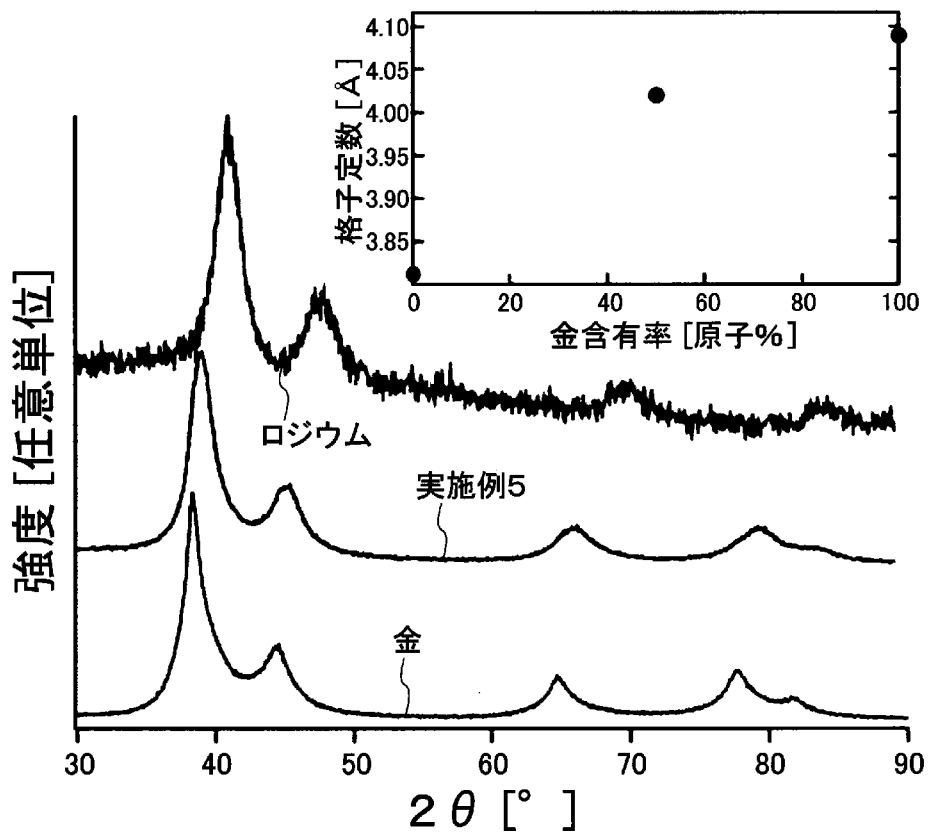


Fig. 14

[図15]

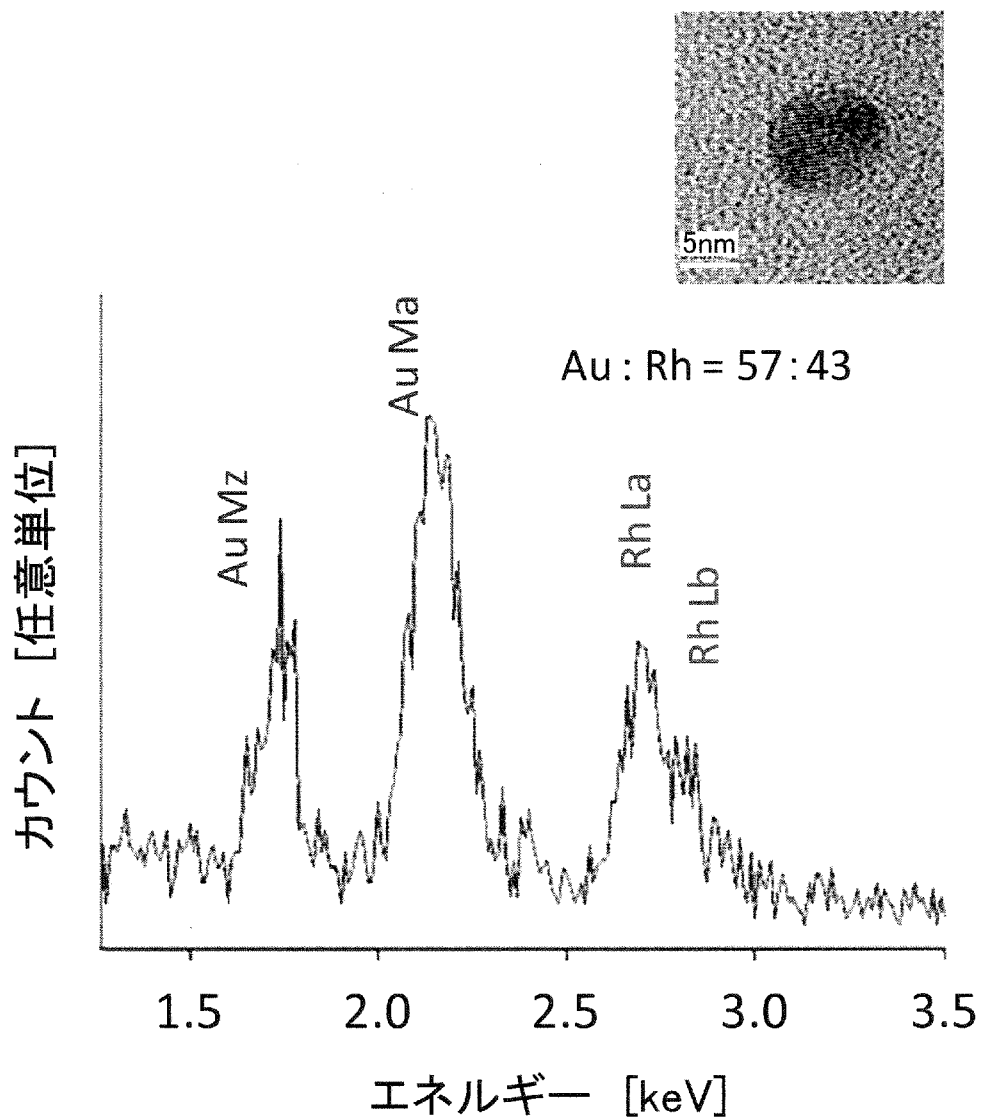


Fig. 15

[図16]

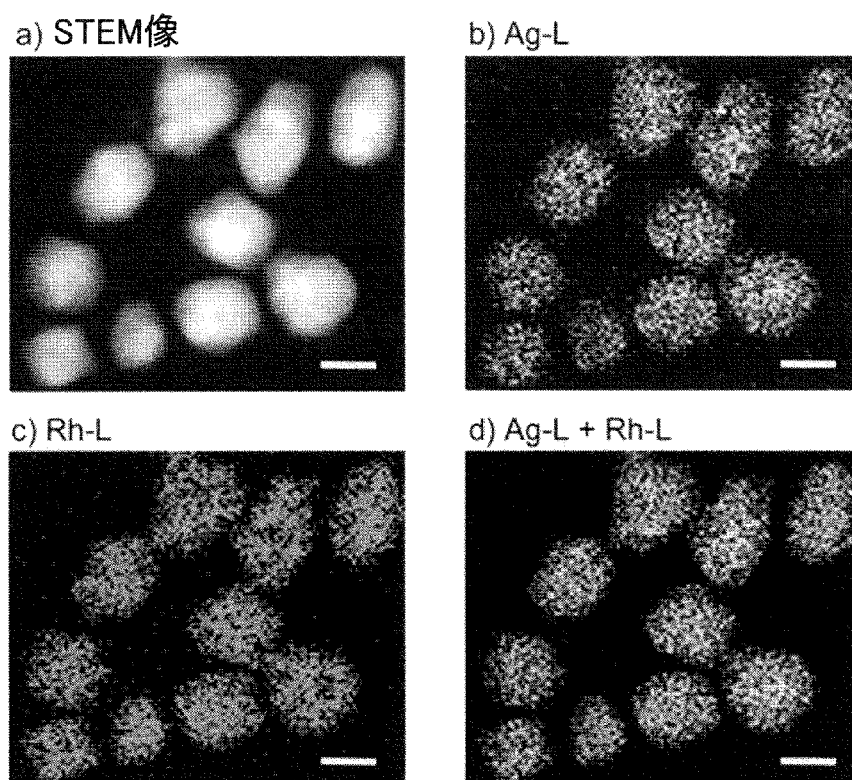


Fig. 16A

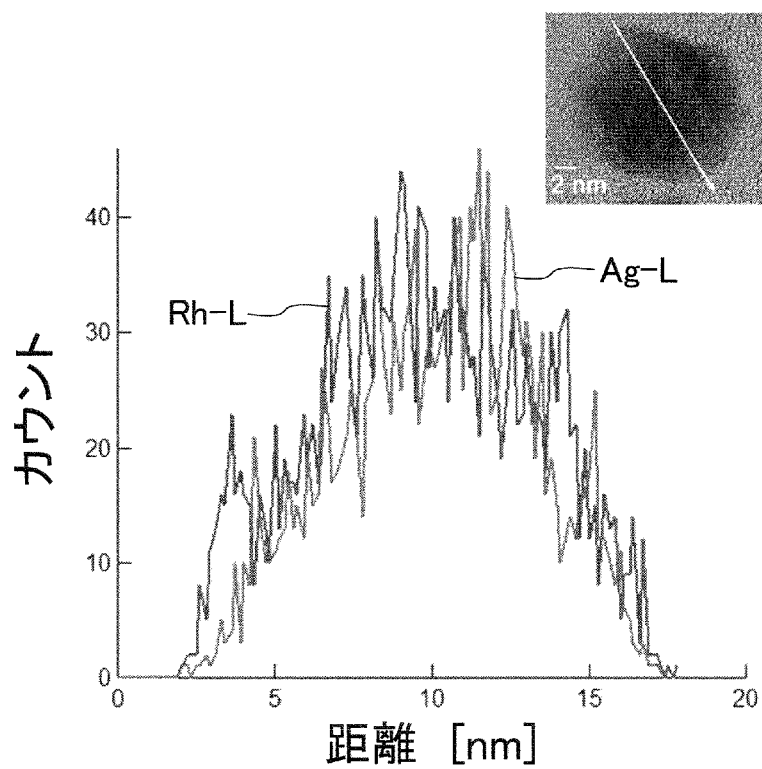


Fig. 16B

[図17]

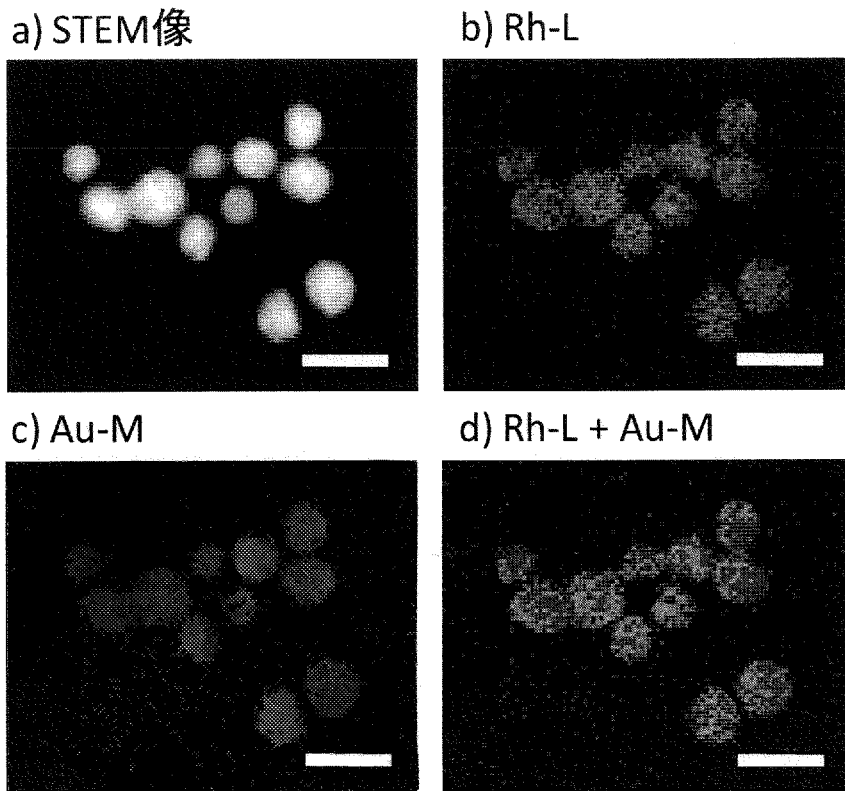


Fig. 17A

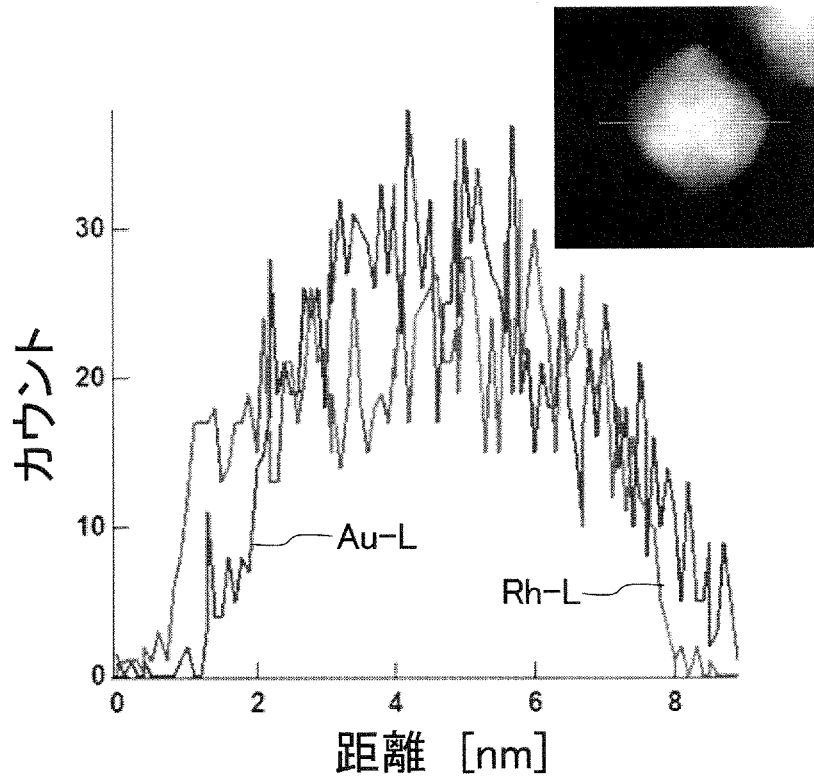


Fig. 17B

[図18]

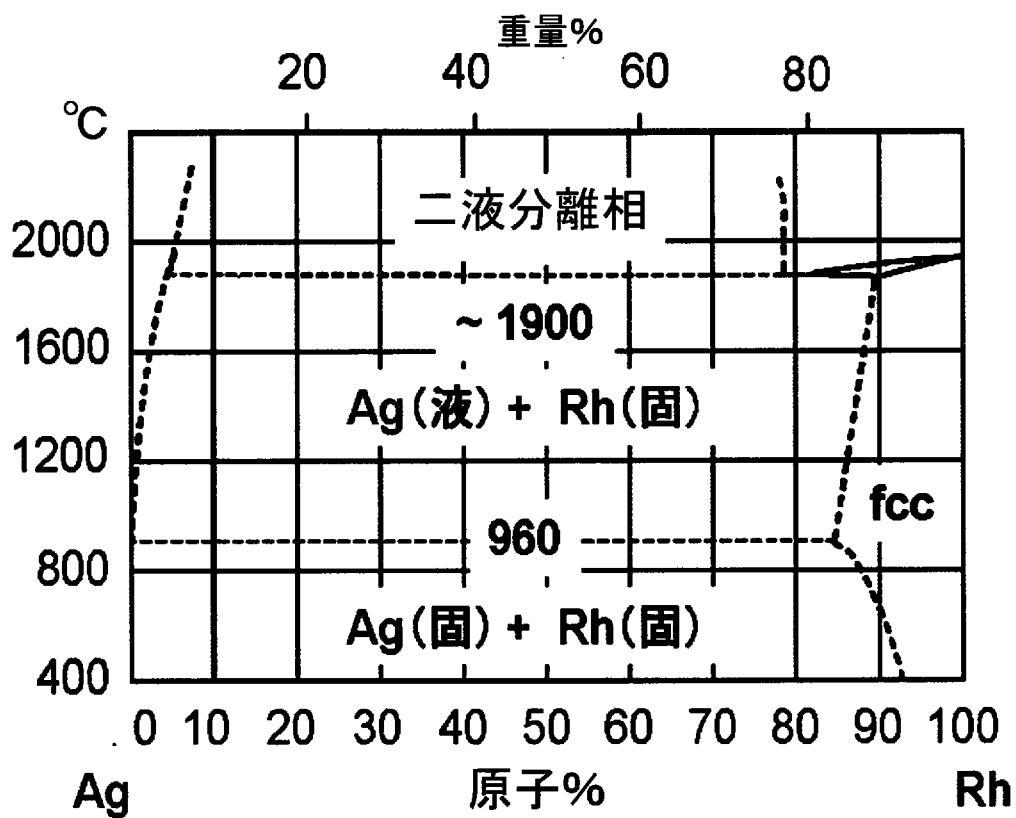


Fig. 18

[図19]

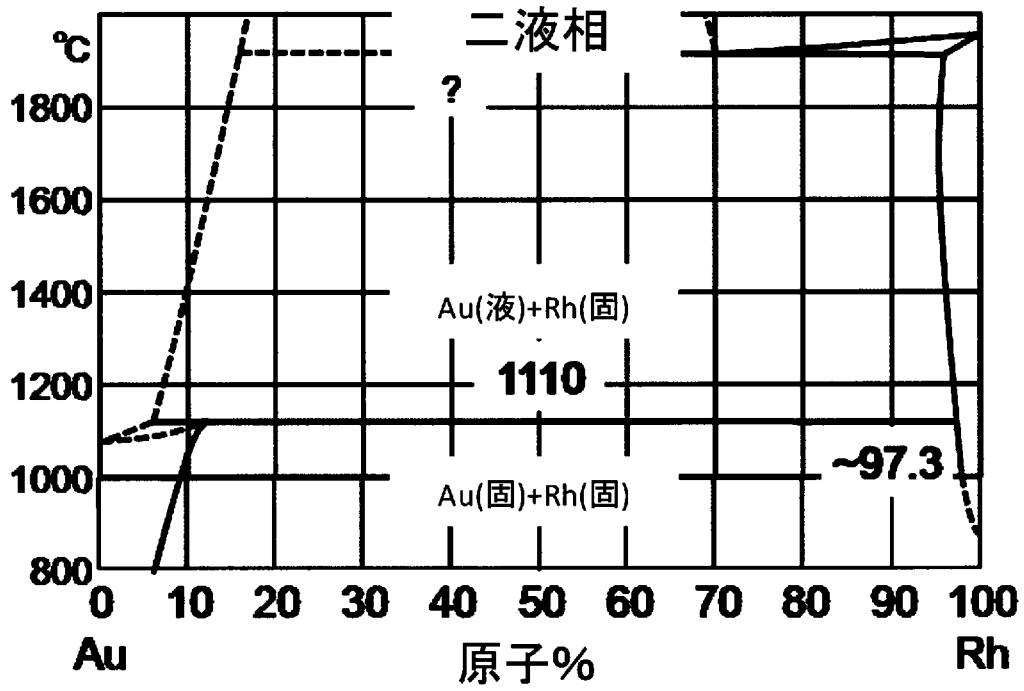


Fig. 19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/002962

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B22F9/24(2006.01)i, B22F1/00(2006.01)i, C22C5/04(2006.01)n, C22C5/06(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B22F9/24, B22F1/00, C22C5/04, C22C5/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JDream II

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Kohei KUSADA, Miho YAMAUCHI, Hirokazu KOBAYASHI, Hiroshi KITAGAWA, "Synthesis and Hydrogen-Storage Properties of Ag-Rh Alloy Nanoparticles", Dai 2 Kai Annual Meeting of Japan Society for Molecular Science 2008 Fukuoka Program, 24 September 2008 (24.09.2008), 1P030, entire text	1-17
X	Kohei KUSADA, Miho YAMAUCHI, Hiroshi KITAGAWA, "Synthesis and Hydrogen-Storage Properties of Ag-Rh Alloy Nanoparticles", Abstracts of the Meeting of the Physical Society of Japan, vol.63, vol.2, separate vol.4(2008 Nen Shuki Taikai), 25 August 2008 (25.08.2008), page 894, lower left column, entire text	1-17

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 July, 2010 (14.07.10)Date of mailing of the international search report
27 July, 2010 (27.07.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/002962

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Kohei KUSADA, Miho YAMAUCHI, Hiroshi KITAGAWA, "Synthesis and Hydrogen-Storage Properties of Ag-Rh Alloy Nanoparticles", CSJ: The Chemical Society of Japan Koen Yokoshu, vol.88th, no.1, 12 March 2008 (12.03.2008), page 433, upper right column, entire text	1-17
X	Kohei KUSADA, Miho YAMAUCHI, Hiroshi KITAGAWA, "Synthesis and Hydrogen-Storage Properties of Ag-Rh Alloy Nanoparticles", Society of Nano Science and Technology Dai 6 Kai Taikai Koen Yokoshu, vol.6th, 07 May 2008 (07.05.2008), page 242, entire text	1-17
X	JP 2007-239053 A (Kyushu University), 20 September 2007 (20.09.2007), claims 1 to 6; paragraph [0009] (Family: none)	1-17
X	JP 04-028801 A (Daido Steel Co., Ltd.), 31 January 1992 (31.01.1992), claims 1 to 6; page 2, lower left column, lines 10 to 21; page 2, lower right column, line 19 to page 3, upper left column, line 2 (Family: none)	1-17
X	JP 2005-272970 A (Kyushu University), 06 October 2005 (06.10.2005), claims 1 to 9; paragraph [0025] (Family: none)	1-8,17
X	JP 2007-100117 A (Kanto Chemical Co., Inc.), 19 April 2007 (19.04.2007), paragraphs [0040], [0041] (Family: none)	1-8,17
E,A	JP 2010-100899 A (Japan Science and Technology Agency), 06 May 2010 (06.05.2010), claims 1 to 6 (Family: none)	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/002962

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions of claims 1-4 are related to fine alloy particles which are mixed at the atomic level and are not phase separated. The invention of claim 5 is related to fine alloy particles which are composed of silver and rhodium. The invention of claim 6 is related to fine alloy particles which are composed of gold and rhodium. The invention of claim 7 is related to fine alloy particles which have an average particle diameter of not more than 20 nm. The invention of claim 8 is related to fine alloy particles which are composed of a plurality of metal elements that are not solid-solved in a liquid phase. The inventions of claims 9-11 are related to a method for producing fine alloy particles.

(Continued to extra sheet)

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/002962

Continuation of Box No. III of continuation of first sheet (2)

The inventions of claims 12 and 13 are related to methods for producing fine alloy particles, in said methods the metal elements being respectively specified. The inventions of claims 14-16 are related to methods for producing fine alloy particles, in said methods the production conditions being respectively specified.

The invention of claim 17 is related to fine alloy particles which are specified by the production method.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B22F9/24(2006.01)i, B22F1/00(2006.01)i, C22C5/04(2006.01)n, C22C5/06(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B22F9/24, B22F1/00, C22C5/04, C22C5/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2010年
日本国実用新案登録公報	1996-2010年
日本国登録実用新案公報	1994-2010年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JDream II

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	草田康平, 山内美穂, 小林浩和, 北川宏, Ag-Rh 合金ナノ粒子の合成と水素吸蔵特性, 第2回分子科学討論会2008福岡プログラム, 2008.09.24, 1P030全文参照	1-17
X	草田康平, 山内美穂, 北川宏, Ag-Rh 合金ナノ粒子の合成と水素吸蔵特性, 日本物理学会講演概要集 第63巻第2号第4分冊 (2008年秋季大会), 2008.08.25, 第894ページ左下欄全文	1-17

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14.07.2010

国際調査報告の発送日

27.07.2010

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

河口 展明

4K

3770

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	草田康平, 山内美穂, 北川宏, Ag-Rh 合金ナノ粒子の合成とその性質, 日本化学会講演予稿集 Vol. 88th No1, 2008.03.12, 第 433 ページ右上欄全文	1-17
X	草田康平, 山内美穂, 北川宏, Ag-Rh 合金ナノ粒子の合成と水素吸蔵特性, ナノ学会第 6 回大会講演予稿集 Vol. 6th, 2008.05.07, 第 242 ページ全文	1-17
X	JP 2007-239053 A(国立大学法人九州大学)2007.09.20, 請求項 1-6, 【0009】 (ファミリーなし)	1-17
X	JP 04-028801 A(大同特殊鋼株式会社)1992.01.31, 請求項 1-6, 第 2 ページ左下欄第 10-21 行、第 2 ページ右下欄第 19-第 3 ページ左上欄第 2 行 (ファミリーなし)	1-17
X	JP 2005-272970 A(国立大学法人九州大学)2005.10.06, 請求項 1-9, 【0025】 (ファミリーなし)	1-8, 17
X	JP 2007-100117 A(関東化学株式会社)2007.04.19, 【0040】, 【0041】 (ファミリーなし)	1-8, 17
E, A	JP 2010-100899 A(独立行政法人科学技術振興機構)2010.05.06, 請求項 1-6 (ファミリーなし)	1-17

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、

2. 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

3. 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項1-4に係る発明は、原子レベルで混合し相分離していない合金微粒子の発明である。請求項5に係る発明は、微粒子が銀とロジウムからなる合金微粒子の発明である。請求項6に係る発明は、微粒子が金とロジウムからなる合金微粒子の発明である。請求項7に係る発明は、平均粒径が20nm以下である合金微粒子の発明である。請求項8に係る発明は、液相で固溶しない複数の金属元素である合金微粒子の発明である。請求項9-11に係る発明は、合金微粒子の製造方法に関する発明である。

請求項12, 13に係る発明は、それぞれ金属元素が特定された合金微粒子の製造方法の発明である。請求項14-16に係る発明は、それぞれ製造条件が特定された合金微粒子の製造方法の発明である。

請求項17に係る発明は、製造方法が特定された合金微粒子の発明である。

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。