

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第2部門第1区分

【発行日】平成27年4月9日(2015.4.9)

【公表番号】特表2014-509933(P2014-509933A)

【公表日】平成26年4月24日(2014.4.24)

【年通号数】公開・登録公報2014-021

【出願番号】特願2013-555504(P2013-555504)

【国際特許分類】

|        |       |           |
|--------|-------|-----------|
| B 01 J | 23/89 | (2006.01) |
| B 01 J | 35/02 | (2006.01) |
| B 01 J | 37/34 | (2006.01) |
| B 01 J | 37/02 | (2006.01) |
| F 01 N | 3/10  | (2006.01) |
| F 01 N | 3/28  | (2006.01) |

【F I】

|        |       |         |
|--------|-------|---------|
| B 01 J | 23/89 | A       |
| B 01 J | 35/02 | H       |
| B 01 J | 37/34 |         |
| B 01 J | 37/02 | 3 0 1 M |
| F 01 N | 3/10  | A       |
| F 01 N | 3/28  | 3 0 1 P |

【手続補正書】

【提出日】平成27年2月20日(2015.2.20)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

ナノ粒子を形成する方法であって、

プラズマ銃を使用して複数の酸化アルミニウム・パラジウム担体ナノ粒子を形成するステップと、

湿式化学プロセスを使用して、前記酸化アルミニウム・パラジウム担体ナノ粒子に複数の触媒白金ナノ粒子を付けるステップと  
を含む、方法。

【請求項2】

前記プラズマ銃を使用して前記複数の酸化アルミニウム・パラジウム担体ナノ粒子を形成するステップが、

ある量の酸化アルミニウム材料およびある量のパラジウム材料を所望の比で前記プラズマ銃内に装填すること、

前記プラズマ銃を使用して前記ある量の酸化アルミニウム材料および前記ある量のパラジウム材料を蒸発させ、それによって蒸発酸化アルミニウムおよび蒸発パラジウムを含む蒸気雲を形成すること、

前記蒸気雲を急冷し、それによって前記蒸発酸化アルミニウムおよび前記蒸発パラジウムを凝縮して担体ナノ粒子にすることと  
を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記ある量の酸化アルミニウム材料および前記ある量のパラジウム材料を蒸発させるステップは、

前記プラズマ銃の反応器内に作動ガスを流すことと、

前記作動ガスにエネルギーを送達し、それによってプラズマストリームを形成することと、

前記ある量の酸化アルミニウム材料および前記ある量のパラジウム材料を前記プラズマストリーム中に流すことと

を含む、請求項 2 に記載の方法。

**【請求項 4】**

前記作動ガスがアルゴンおよびH<sub>2</sub>を含む、請求項 3 に記載の方法。

**【請求項 5】**

前記湿式化学プロセスは、

白金溶液を前記酸化アルミニウム - パラジウム担体ナノ粒子と混合することと、

前記白金溶液から形成される複数の触媒白金ナノ粒子を、前記酸化アルミニウム - パラジウム担体ナノ粒子に結合することと

を含む、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の方法。

**【請求項 6】**

前記白金溶液は、硝酸白金溶液または塩化白金溶液である、請求項 5 に記載の方法。

**【請求項 7】**

前記酸化アルミニウム - パラジウム担体ナノ粒子は、約 10 ナノメートル以下の平均粒度を有する、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の方法。

**【請求項 8】**

前記触媒白金ナノ粒子は、約 1 ナノメートル以下の直径を有する、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の方法。

**【請求項 9】**

前記触媒白金ナノ粒子は、約 0.5 ナノメートルの直径を有する、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の方法。

**【請求項 10】**

請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の方法によって形成されたナノ粒子。

**【請求項 11】**

酸化アルミニウムおよびパラジウムを含む担体ナノ粒子と、

前記担体ナノ粒子に結合している複数の触媒白金ナノ粒子と

を含むナノ粒子であって、

前記触媒ナノ粒子は白金である、

ナノ粒子。

**【請求項 12】**

前記酸化アルミニウム - パラジウム担体ナノ粒子は、約 10 ナノメートル以下の平均粒度を有する、請求項 11 に記載のナノ粒子。

**【請求項 13】**

前記触媒白金ナノ粒子は、約 1 ナノメートル以下の直径を有する、請求項 11 ~ 12 のいずれか一項に記載のナノ粒子。

**【請求項 14】**

前記触媒白金ナノ粒子は、約 0.5 ナノメートルの直径を有する、請求項 11 ~ 13 のいずれか一項に記載のナノ粒子。

**【請求項 15】**

触媒を形成する方法であって、

支持構造体を用意するステップと、

複数のナノ粒子を用意するステップであって、前記ナノ粒子は、酸化アルミニウム - パラジウム担体ナノ粒子に結合している触媒白金ナノ粒子を含む、ステップと、

前記複数のナノ粒子を前記支持構造体に結合するステップと

を含む、方法。

【請求項 1 6】

前記複数のナノ粒子を用意するステップが、  
プラズマ銃を使用して複数の酸化アルミニウム - パラジウム担体ナノ粒子を形成するス  
テップと、

湿式化学プロセスを使用して、前記酸化アルミニウム - パラジウム担体ナノ粒子に複数  
の触媒白金ナノ粒子を付けるステップと  
を含む、請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記プラズマ銃を使用して前記複数の酸化アルミニウム - パラジウム担体ナノ粒子を形  
成するステップが、

ある量の酸化アルミニウム材料およびある量のパラジウム材料を所望の比で前記プラズ  
マ銃内に装填することと、

前記プラズマ銃を使用して前記ある量の酸化アルミニウム材料および前記ある量のパラ  
ジウム材料を蒸発させ、それによって蒸発酸化アルミニウムおよび蒸発パラジウムを含む  
蒸気雲を形成することと、

前記蒸気雲を急冷し、それによって前記蒸発酸化アルミニウムおよび前記蒸発パラジウ  
ムを凝縮して担体ナノ粒子にすることと

を含む、請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記ある量の酸化アルミニウム材料および前記ある量のパラジウム材料を蒸発させるス  
テップは、

前記プラズマ銃の反応器内に作動ガスを流すことと、

前記作動ガスにエネルギーを送達し、それによってプラズマストリームを形成すること  
と、

前記ある量の酸化アルミニウム材料および前記ある量のパラジウム材料を前記プラズマ  
ストリーム中に流すことと

を含む、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記作動ガスがアルゴンおよび H<sub>2</sub> を含む、請求項 1 8 に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記湿式化学プロセスは、

白金溶液を前記酸化アルミニウム - パラジウム担体ナノ粒子と混合することと、

前記白金溶液から形成される複数の触媒白金ナノ粒子を、前記酸化アルミニウム - パラ  
ジウム担体ナノ粒子に結合することと

を含む、請求項 1 5 ~ 1 9 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 2 1】

前記白金溶液は、硝酸白金溶液または塩化白金溶液である、請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 2】

前記複数の担体ナノ粒子を前記支持構造体に結合するステップは、焼成プロセスを実施  
することを含む、請求項 1 5 ~ 2 1 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 2 3】

前記支持構造体は、多孔質セラミック材料であり、

前記複数のナノ粒子は、前記セラミック材料の孔内に配置されている、  
請求項 1 5 ~ 2 2 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 2 4】

前記酸化アルミニウム - パラジウム担体ナノ粒子は、約 10 ナノメートル以下の平均粒  
度を有する、請求項 1 5 ~ 2 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 2 5】

前記触媒白金ナノ粒子は、約 1 ナノメートル以下の直径を有する、請求項 1 5 ~ 2 4 の

いずれか一項に記載の方法。

**【請求項 26】**

前記触媒白金ナノ粒子は、約0.5ナノメートルの直径を有する、請求項15～25のいずれか一項に記載の方法。

**【請求項 27】**

請求項15～26のいずれか一項に記載の方法によって形成された触媒。

**【請求項 28】**

触媒であって、  
支持構造体と、  
複数のナノ粒子と  
を含み、

前記ナノ粒子は、酸化アルミニウム・パラジウム担体ナノ粒子に結合している触媒白金  
ナノ粒子を含み、

前記複数のナノ粒子は、前記支持構造体に結合している、  
触媒。

**【請求項 29】**

前記支持構造体は、多孔質セラミック材料であり、  
前記複数のナノ粒子は、前記セラミック材料の孔内に配置されている、  
請求項28に記載の触媒。

**【請求項 30】**

前記酸化アルミニウム・パラジウム担体ナノ粒子は、約10ナノメートル以下の平均粒  
度を有する、請求項28～29のいずれか一項に記載の触媒。

**【請求項 31】**

前記触媒白金ナノ粒子は、約1ナノメートル以下の直径を有する、請求項28～30の  
いずれか一項に記載の触媒。

**【請求項 32】**

前記触媒白金ナノ粒子は、約0.5ナノメートルの直径を有する、請求項28～31の  
いずれか一項に記載の触媒。

**【手続補正2】**

**【補正対象書類名】**明細書

**【補正対象項目名】**0074

**【補正方法】**変更

**【補正の内容】**

**【0074】**

いくつかの実施形態では、触媒ナノ粒子を純金属に付けるステップは、湿式化学プロセスを使用して実施される。いくつかの実施形態では、湿式化学プロセスを使用して触媒ナノ粒子を純金属に付けるステップは、触媒溶液を複数の担体ナノ粒子と混合することと、触媒溶液から形成される触媒ナノ粒子を、複数の担体ナノ粒子上の純金属に結合することとを含む。いくつかの実施形態では、触媒溶液は白金溶液であり、触媒ナノ粒子は白金ナノ粒子である。いくつかの実施形態では、白金溶液は、硝酸白金溶液または塩化白金溶液である。

一実施形態において、例えば、以下の項目が提供される。

**(項目1)**

酸化アルミニウムおよびパラジウムを含む混合金属酸化物を含む内部領域と、  
純金属パラジウムを含む外面と  
を含むナノ粒子。

**(項目2)**

前記内部領域内の前記パラジウムが、前記外面の前記純金属パラジウムまで延在し、こ  
れに結合している、項目1に記載のナノ粒子。

(項目3)

約10ナノメートル以下の直径を有する、項目1に記載のナノ粒子。

(項目4)

前記混合金属酸化物が、前記ナノ粒子の中心コアを形成する、項目1に記載のナノ粒子。

(項目5)

前記混合金属酸化物が、酸化アルミニウムおよびパラジウムのみからなる、項目4に記載のナノ粒子。

(項目6)

前記混合金属酸化物が、前記ナノ粒子の中心コアを取り囲む単層を形成する、項目1に記載のナノ粒子。

(項目7)

前記中心コアがシリカを含む、項目6に記載のナノ粒子。

(項目8)

ナノ粒子を形成する方法であって、

ある量の酸化アルミニウム材料およびある量のパラジウム材料を所望の比でプラズマ銃に装填するステップと、

前記プラズマ銃を使用して前記ある量の酸化アルミニウム材料および前記ある量のパラジウム材料を蒸発させ、それによって蒸発酸化アルミニウムおよび蒸発パラジウムを含む蒸気雲を形成するステップと、

前記蒸気雲を急冷し、それによって前記蒸発酸化アルミニウムおよび前記蒸発パラジウムを凝縮してナノ粒子にするステップと  
を含み、

各ナノ粒子は、内部領域および外面を含み、前記内部領域は、酸化アルミニウムおよびパラジウムを含む混合金属酸化物を含み、前記外面は純金属パラジウムを含む、方法。

(項目9)

前記ある量の酸化アルミニウム材料および前記ある量のパラジウム材料を蒸発させる前記ステップが、

前記プラズマ銃の反応器内に作動ガスを流すことと、

前記作動ガスにエネルギーを送達し、それによってプラズマストリームを形成することと、

前記ある量の酸化アルミニウム材料および前記ある量のパラジウム材料を前記プラズマストリーム中に流すことと  
を含む、項目8に記載の方法。

(項目10)

前記内部領域内の前記パラジウムが、前記外面の前記純金属パラジウムまで延在し、これに結合している、項目8に記載の方法。

(項目11)

前記ナノ粒子が、約10ナノメートル以下の平均粒度を有する、項目8に記載の方法。

(項目12)

前記混合金属酸化物が、前記ナノ粒子の中心コアを形成する、項目8に記載の方法。

(項目13)

前記混合金属酸化物が、酸化アルミニウムおよびパラジウムのみからなる、項目12に記載の方法。

(項目14)

ナノ粒子を形成する方法であって、

ある量のアルミニウム材料およびある量のパラジウム材料を所望の比で用意するステップと、

湿式化学プロセスを使用して、前記ある量のアルミニウム材料および前記ある量のパラジウム材料から複数のナノ粒子を形成するステップと

を含み、

各形成されたナノ粒子は、内部領域および外面を含み、前記内部領域は、酸化アルミニウムおよびパラジウムを含む混合金属酸化物を含み、前記外面は純金属パラジウムを含む、方法。

(項目15)

前記アルミニウム材料が塩または有機化合物であり、

前記パラジウム材料が塩であり、

前記湿式化学プロセスが、化学反応を介して前記アルミニウム材料および前記パラジウム材料から前記混合金属酸化物を形成することを含む、項目14に記載の方法。

(項目16)

前記混合金属酸化物が各ナノ粒子の中心コアを形成し、

前記混合金属酸化物が、酸化アルミニウムおよびパラジウムのみからなる、項目15に記載の方法。

(項目17)

湿式化学プロセスを使用して前記複数のナノ粒子を形成する前記ステップが、各ナノ粒子の中心コアの周りに前記混合金属酸化物を含む単層を形成することを含む、項目14に記載の方法。

(項目18)

各ナノ粒子の前記中心コアがシリカを含む、項目17に記載の方法。

(項目19)

前記内部領域内の前記パラジウムが、前記外面の前記純金属パラジウムまで延在し、これに結合している、項目14に記載の方法。

(項目20)

前記ナノ粒子が、約10ナノメートル以下の平均粒度を有する、項目14に記載の方法。

(項目21)

内部領域および外面を含む担体ナノ粒子であって、前記内部領域は、酸化アルミニウムおよびパラジウムを含む混合金属酸化物を含み、前記外面は純金属パラジウムを含む、担体ナノ粒子と、

前記外面の前記純金属パラジウムに結合した、白金である触媒ナノ粒子とを含む触媒担体ナノ粒子。

(項目22)

前記内部領域内の前記パラジウムが、前記外面の前記純金属パラジウムまで延在し、これに結合している、項目21に記載の触媒担体ナノ粒子。

(項目23)

前記担体ナノ粒子が、約10ナノメートル以下の直径を有する、項目21に記載の触媒担体ナノ粒子。

(項目24)

前記混合金属酸化物が、前記担体ナノ粒子の中心コアを形成する、項目21に記載の触媒担体ナノ粒子。

(項目25)

前記混合金属酸化物が、酸化アルミニウムおよびパラジウムのみからなる、項目24に記載の触媒担体ナノ粒子。

(項目26)

前記混合金属酸化物が、前記担体ナノ粒子の中心コアを取り囲む単層を形成する、項目21に記載の触媒担体ナノ粒子。

(項目27)

前記中心コアがシリカを含む、項目26に記載の触媒担体ナノ粒子。

(項目28)

ナノ粒子を形成する方法であって、

ある量の酸化アルミニウム材料、ある量のパラジウム材料、およびある量の白金材料を所望の比でプラズマ銃内に装填するステップと、

前記プラズマ銃を使用して前記ある量の酸化アルミニウム材料、前記ある量のパラジウム材料、および前記ある量の白金材料を蒸発させ、それによって蒸発酸化アルミニウム、蒸発パラジウム、および蒸発白金を含む蒸気雲を形成するステップと、

前記蒸気雲を急冷し、それによって前記蒸発酸化アルミニウム、前記蒸発パラジウム、および前記蒸発白金を凝縮して担体ナノ粒子にするステップと  
を含み、

各担体ナノ粒子は、内部領域および外面を含み、前記内部領域は、酸化アルミニウムおよびパラジウムを含む混合金属酸化物を含み、前記外面は純金属パラジウムを含み、白金ナノ粒子は、前記外面の前記純金属パラジウムに結合している、方法。

(項目 29)

前記ある量の酸化アルミニウム材料、前記ある量のパラジウム材料、および前記ある量の白金材料を蒸発させる前記ステップが、

前記プラズマ銃の反応器内に作動ガスを流すことと、

前記作動ガスにエネルギーを送達し、それによってプラズマストリームを形成することと、

前記ある量の酸化アルミニウム材料、前記ある量のパラジウム材料、および前記ある量の白金材料を前記プラズマストリーム中に流すことと  
を含む、項目 28 に記載の方法。

(項目 30)

前記内部領域内の前記パラジウムが、前記外面の前記純金属パラジウムまで延在し、これに結合している、項目 28 に記載の方法。

(項目 31)

前記担体ナノ粒子が、約 10 ナノメートル以下の平均粒度を有する、項目 28 に記載の方法。

(項目 32)

前記混合金属酸化物が、前記担体ナノ粒子の中心コアを形成する、項目 28 に記載の方法。

(項目 33)

前記混合金属酸化物が、酸化アルミニウムおよびパラジウムのみからなる、項目 32 に記載の方法。

(項目 34)

ナノ粒子を形成する方法であって、

ある量のアルミニウム材料、ある量のパラジウム材料、およびある量の白金材料を所望の比で用意するステップと、

湿式化学プロセスを使用して、前記ある量のアルミニウム材料、前記ある量のパラジウム材料、および前記ある量の白金材料から複数の担体ナノ粒子を形成するステップと  
を含み、

各担体ナノ粒子は、内部領域および外面を含み、前記内部領域は、酸化アルミニウムおよびパラジウムを含む混合金属酸化物を含み、前記外面は純金属パラジウムを含み、白金ナノ粒子は、前記外面の前記純金属パラジウムに結合している、方法。

(項目 35)

前記アルミニウム材料が塩または有機化合物であり、

前記パラジウム材料が塩であり、

前記湿式化学プロセスが、化学反応を介して前記アルミニウム材料および前記パラジウム材料から前記混合金属酸化物を形成することと、複数のアルミニウム - パラジウム担体粒子を含む担体粒子懸濁物を形成することとを含み、各アルミニウム - パラジウム担体粒子は、内部領域および外面を含み、前記内部領域は、酸化アルミニウムおよびパラジウムを含む前記混合金属酸化物を含み、前記外面は純金属パラジウムを含む、項目 34 に記載

の方法。

(項目36)

前記湿式化学プロセスが、

白金溶液を前記担体粒子懸濁物と混合することと、

前記白金溶液から形成される白金ナノ粒子を、前記アルミニウム・パラジウム担体粒子上の前記純金属パラジウムに結合することと

をさらに含む、項目35に記載の方法。

(項目37)

前記白金溶液が、硝酸白金溶液または塩化白金溶液である、項目36に記載の方法。

(項目38)

前記アルミニウム材料が塩または有機化合物であり、

前記パラジウム材料が塩であり、

前記湿式化学プロセスが、化学反応を介して前記アルミニウム材料および前記パラジウム材料から前記混合金属酸化物を形成することと、各担体ナノ粒子の中心コアの周りに前記混合金属酸化物の単層を形成することと、前記担体ナノ粒子の懸濁物を形成することとを含み、前記中心コアは、前記単層と異なる化学組成物を含み、各単層は、内部領域および外面を含み、前記内部領域は、酸化アルミニウムおよびパラジウムを含む前記混合金属酸化物を含み、前記外面は純金属パラジウムを含む、項目34に記載の方法。

(項目39)

前記湿式化学プロセスが、

白金溶液をナノ粒子の前記懸濁物と混合することと、

前記白金溶液から形成される白金ナノ粒子を、前記担体ナノ粒子上の前記純金属パラジウムに結合することと

をさらに含む、項目38に記載の方法。

(項目40)

前記白金溶液が、硝酸白金溶液または塩化白金溶液である、項目39に記載の方法。

(項目41)

各担体ナノ粒子の前記中心コアがシリカを含む、項目38に記載の方法。

(項目42)

前記内部領域内の前記パラジウムが、前記外面の純金属パラジウム・白金合金まで延在し、これに結合している、項目34に記載の方法。

(項目43)

前記担体ナノ粒子が、約10ナノメートル以下の平均粒度を有する、項目34に記載の方法。

(項目44)

ナノ粒子を形成する方法であって、

プラズマ銃を使用して複数のアルミニウム・パラジウム担体粒子を形成するステップであって、各アルミニウム・パラジウム担体粒子は、内部領域および外面を含み、前記内部領域は、酸化アルミニウムおよびパラジウムを含む混合金属酸化物を含み、前記外面は純金属パラジウムを含む、ステップと、

湿式化学プロセスを使用して前記アルミニウム・パラジウム担体粒子のそれぞれの上の前記純金属パラジウムに白金ナノ粒子を付けるステップと  
を含む、方法。

(項目45)

前記プラズマ銃を使用して前記複数のアルミニウム・パラジウム担体粒子を形成するステップが、

ある量の酸化アルミニウム材料およびある量のパラジウム材料を所望の比で前記プラズマ銃に装填することと、

前記プラズマ銃を使用して前記ある量の酸化アルミニウム材料および前記ある量のパラジウム材料を蒸発させ、それによって蒸発酸化アルミニウムおよび蒸発パラジウムを含む

蒸気雲を形成することと、

前記蒸気雲を急冷し、それによって前記蒸発酸化アルミニウムおよび前記蒸発パラジウムを凝縮して担体ナノ粒子にすることと  
を含み、

各担体ナノ粒子は、内部領域および外面を含み、前記内部領域は、酸化アルミニウムおよびパラジウムを含む混合金属酸化物を含み、前記外面は純金属パラジウムを含む、項目44に記載の方法。

(項目46)

前記ある量の酸化アルミニウム材料および前記ある量のパラジウム材料を蒸発させる前記ステップが、

前記プラズマ銃の反応器内に作動ガスを流すことと、

前記作動ガスにエネルギーを送達し、それによってプラズマストリームを形成することと、

前記ある量の酸化アルミニウム材料および前記ある量のパラジウム材料を前記プラズマストリーム中に流すことと  
を含む、項目45に記載の方法。

(項目47)

前記内部領域内の前記パラジウムが、前記外面の前記純金属パラジウムまで延在し、これに結合している、項目45に記載の方法。

(項目48)

前記アルミニウム-パラジウム担体粒子が、約10ナノメートル以下の平均粒度を有する、項目44に記載の方法。

(項目49)

前記混合金属酸化物が、各アルミニウム-パラジウム担体粒子の中心コアを形成する、項目44に記載の方法。

(項目50)

前記混合金属酸化物が、酸化アルミニウムおよびパラジウムのみからなる、項目49に記載の方法。

(項目51)

前記湿式化学プロセスが、

白金溶液を前記アルミニウム-パラジウム担体粒子と混合することと、

前記白金溶液から形成される白金ナノ粒子を、前記アルミニウム-パラジウム担体粒子上の前記純金属パラジウムに結合することと  
を含む、項目44に記載の方法。

(項目52)

前記白金溶液が、硝酸白金溶液または塩化白金溶液である、項目51に記載の方法。

(項目53)

前記内部領域内の前記パラジウムが、前記外面の前記純金属パラジウムまで延在し、これに結合している、項目44に記載の方法。

(項目54)

前記アルミニウム-パラジウム担体粒子が、約10ナノメートル以下の平均粒度を有する、項目44に記載の方法。

(項目55)

支持構造体と、

前記支持構造体に結合した複数の担体ナノ粒子と  
を含む触媒であって、各担体ナノ粒子は、内部領域および外面を含み、前記内部領域は混合金属酸化物を含み、前記外面は純金属を含み、触媒粒子は、前記外面の前記純金属に結合している、触媒。

(項目56)

前記支持構造体が多孔質セラミック材料であり、

前記複数の担体ナノ粒子が、前記セラミック材料の孔内に配置されている、項目55に記載の触媒。

(項目57)

前記混合金属酸化物が酸化アルミニウムおよびパラジウムを含む、項目55に記載の触媒。

(項目58)

前記純金属がパラジウムである、項目55に記載の触媒。

(項目59)

前記内部領域内の前記混合金属酸化物が、前記外面の前記純金属まで延在し、これに結合している、項目55に記載の触媒。

(項目60)

前記担体ナノ粒子が、約10ナノメートル以下の平均粒度を有する、項目55に記載の触媒。

(項目61)

前記混合金属酸化物が、各担体ナノ粒子の中心コアを形成する、項目55に記載の触媒。

(項目62)

前記混合金属酸化物が、酸化アルミニウムおよびパラジウムのみからなる、項目61に記載の触媒。

(項目63)

前記混合金属酸化物が、各担体ナノ粒子の中心コアを取り囲む単層を形成する、項目55に記載の触媒。

(項目64)

前記中心コアがシリカを含む、項目63に記載の触媒。

(項目65)

前記外面が純金属の合金を含む、項目55に記載の触媒。

(項目66)

前記触媒粒子が白金である、項目55に記載の触媒。

(項目67)

エージングしない触媒である、項目55に記載の触媒。

(項目68)

触媒を形成する方法であって、

支持構造体を用意するステップと、

複数の担体ナノ粒子を用意するステップであって、各担体ナノ粒子は、内部領域および外面を含み、前記内部領域は混合金属酸化物を含み、前記外面は純金属を含み、触媒粒子は前記外面の前記純金属に結合している、ステップと、

前記複数の担体ナノ粒子を前記支持構造体に結合するステップと  
を含む、方法。

(項目69)

前記支持構造体が多孔質セラミック材料であり、

前記複数の担体ナノ粒子が、前記セラミック材料の孔内に配置されている、項目68に記載の方法。

(項目70)

前記混合金属酸化物が、酸化アルミニウムおよびパラジウムを含み、前記純金属が純金属パラジウムを含む、項目68に記載の方法。

(項目71)

前記触媒粒子が白金である、項目68に記載の方法。

(項目72)

前記内部領域内の前記パラジウムが、前記外面の前記純金属パラジウムまで延在し、これに結合している、項目68に記載の方法。

(項目 7 3 )

前記担体ナノ粒子が、約10ナノメートル以下の平均粒度を有する、項目68に記載の方法。

(項目 7 4 )

前記混合金属酸化物が、前記担体ナノ粒子の中心コアを形成する、項目68に記載の方法。

(項目 7 5 )

前記混合金属酸化物が、酸化アルミニウムおよびパラジウムのみからなる、項目74に記載の方法。

(項目 7 6 )

複数の担体ナノ粒子を用意する前記ステップが、  
ある量の第1材料、ある量の第2材料、およびある量の第3材料を所望の比でプラズマ銃内に装填することと、

前記プラズマ銃を使用して前記ある量の前記第1材料、前記ある量の前記第2材料、および前記ある量の前記第3材料を蒸発させ、それによって蒸発第1材料、蒸発第2材料、および蒸発第3材料を含む蒸気雲を形成することと、

前記蒸気雲を急冷し、それによって前記蒸発第1材料、前記蒸発第2材料、および前記蒸発第3材料を凝縮して担体ナノ粒子にすることであって、各担体ナノ粒子は、前記内部領域および前記外面を含む、ことと  
を含む、項目68に記載の方法。

(項目 7 7 )

前記ある量の前記第1材料材料、前記ある量の前記第2材料、および前記ある量の前記第3材料を蒸発させる前記ステップが、

前記プラズマ銃の反応器内に作動ガスを流すことと、

前記作動ガスにエネルギーを送達し、それによってプラズマストリームを形成することと、

前記ある量の前記第1材料、前記ある量の前記第2材料、および前記ある量の前記第3材料を前記プラズマストリーム中に流すことと  
を含む、項目76に記載の方法。

(項目 7 8 )

複数の担体ナノ粒子を用意する前記ステップが、

ある量の第1材料、ある量の第2材料、およびある量の第3材料を所望の比で用意することと、

湿式化学プロセスを使用して、前記ある量の前記第1材料、前記ある量の前記第2材料、および前記ある量の前記第3材料から前記複数の担体ナノ粒子を形成することと  
を含む、項目68に記載の方法。

(項目 7 9 )

前記混合金属酸化物が、前記第1材料および前記第2材料を含み、前記外面が前記第2材料を含み、前記触媒粒子が前記第3材料を含む、項目78に記載の方法。

(項目 8 0 )

前記湿式化学プロセスが、

化学反応を介して前記第1材料および前記第2材料から前記混合金属酸化物を形成することと、

複数の担体粒子を含む担体粒子懸濁物を形成することであって、各担体粒子は、前記内部領域および前記外面を含み、前記内部領域の前記混合金属酸化物は、前記第1材料および前記第2材料を含み、前記外面の前記純金属は、前記第2材料を含む、ことと  
を含む、項目78に記載の方法。

(項目 8 1 )

前記第1材料がアルミニウム材料であり、

前記第2材料がパラジウム材料である、項目80に記載の方法。

(項目82)

前記アルミニウム材料が塩または有機化合物であり、  
前記パラジウム材料が塩である、項目81に記載の方法。

(項目83)

前記湿式化学プロセスが、  
触媒溶液を前記担体粒子懸濁物と混合することと、  
前記触媒溶液から形成される触媒ナノ粒子を、前記担体粒子上の前記純金属に結合することと  
をさらに含む、項目80に記載の方法。

(項目84)

前記触媒溶液が白金溶液であり、前記触媒ナノ粒子が白金ナノ粒子である、項目83に記載の方法。

(項目85)

前記白金溶液が、硝酸白金溶液または塩化白金溶液である、項目84に記載の方法。

(項目86)

前記混合金属酸化物を形成することが、各担体粒子の中心コアの周りに単層を形成することを含み、前記中心コアは、前記単層と異なる化学組成物を含み、各単層は、前記内部領域および前記外面を含む、項目80に記載の方法。

(項目87)

前記混合金属酸化物が、酸化アルミニウムおよびパラジウムを含み、前記外面の前記純金属がパラジウムを含む、項目86に記載の方法。

(項目88)

前記湿式化学プロセスが、  
触媒溶液を前記担体粒子懸濁物と混合することと、  
前記触媒溶液から形成される触媒ナノ粒子を、前記担体粒子上の前記純金属に結合することと  
をさらに含む、項目86に記載の方法。

(項目89)

前記触媒溶液が白金溶液であり、前記触媒ナノ粒子が白金ナノ粒子である、項目88に記載の方法。

(項目90)

前記白金溶液が、硝酸白金溶液または塩化白金溶液である、項目89に記載の方法。

(項目91)

各担体ナノ粒子の前記中心コアがシリカを含む、項目86に記載の方法。

(項目92)

前記複数の担体ナノ粒子を用意する前記ステップが、  
プラズマ銃を使用して複数の担体粒子を形成することであって、各担体粒子が前記内部領域および前記外面を含む、ことと、  
湿式化学プロセスを使用して前記担体粒子のそれぞれの上の前記純金属に触媒ナノ粒子を付けることと  
を含む、項目68に記載の方法。

(項目93)

前記プラズマ銃を使用して前記複数の担体粒子を形成するステップが、  
ある量の第1材料およびある量の第2材料を所望の比で前記プラズマ銃内に装填することと、

前記プラズマ銃を使用して前記ある量の前記第1材料および前記ある量の前記第2材料を蒸発させ、それによって蒸発第1材料および蒸発第2材料を含む蒸気雲を形成することと、

前記蒸気雲を急冷し、それによって前記蒸発第1材料および前記蒸発第2材料を凝縮して前記担体粒子にすることと

を含む、項目 9 2 に記載の方法。

(項目 9 4 )

前記ある量の第 1 材料および前記ある量の第 2 材料を蒸発させるステップが、

前記プラズマ銃の反応器内に作動ガスを流すことと、

前記作動ガスにエネルギーを送達し、それによってプラズマストリームを形成することと、

前記ある量の第 1 材料および前記ある量の第 2 材料を前記プラズマストリーム中に流すことと

を含む、項目 9 3 に記載の方法。

(項目 9 5 )

湿式化学プロセスを使用して前記純金属に触媒ナノ粒子を付けるステップが、

触媒溶液を前記コア粒子と混合することと、

前記触媒溶液から形成される触媒ナノ粒子を、前記担体粒子上の前記純金属に結合することと

を含む、項目 9 2 に記載の方法。

(項目 9 6 )

前記触媒溶液が白金溶液であり、前記触媒ナノ粒子が白金ナノ粒子である、項目 9 5 に記載の方法。

(項目 9 7 )

前記白金溶液が、硝酸白金溶液または塩化白金溶液である、項目 9 6 に記載の方法。

(項目 9 8 )

前記複数の担体ナノ粒子を前記支持構造体に結合するステップが、焼成プロセスを実施することを含む、項目 6 8 に記載の方法。

(項目 9 9 )

混合金属酸化物を含む内部領域と、

純金属を含む外面と

を含むナノ粒子。

(項目 1 0 0 )

前記混合金属酸化物が酸化アルミニウムおよびパラジウムを含む、項目 9 9 に記載のナノ粒子。

(項目 1 0 1 )

前記純金属がパラジウムである、項目 9 9 に記載のナノ粒子。

(項目 1 0 2 )

前記内部領域内の前記混合金属酸化物が、前記外面の前記純金属まで延在し、これに結合している、項目 9 9 に記載のナノ粒子。

(項目 1 0 3 )

約 10 ナノメートル以下の直径を有する、項目 9 9 に記載のナノ粒子。

(項目 1 0 4 )

前記混合金属酸化物が、前記ナノ粒子の中心コアを形成する、項目 9 9 に記載のナノ粒子。

(項目 1 0 5 )

前記混合金属酸化物が、酸化アルミニウムおよびパラジウムのみからなる、項目 1 0 4 に記載のナノ粒子。

(項目 1 0 6 )

前記混合金属酸化物が、前記ナノ粒子の中心コアを取り囲む単層を形成する、項目 9 9 に記載のナノ粒子。

(項目 1 0 7 )

前記中心コアがシリカを含む、項目 1 0 6 に記載のナノ粒子。

(項目 1 0 8 )

前記外面が純金属の合金を含む、項目 1 0 6 に記載のナノ粒子。

(項目109)

前記純金属の合金がパラジウム・白金合金である、項目108に記載のナノ粒子。

(項目110)

ナノ粒子を形成する方法であって、

ある量の第1材料およびある量の第2材料を用意するステップと、

前記ある量の前記第1材料および前記ある量の前記第2材料から複数のナノ粒子を形成するステップであって、各ナノ粒子は、内部領域および外面を含み、前記内部領域は混合金属酸化物を含み、前記外面は純金属を含む、ステップとを含む、方法。

(項目111)

前記混合金属酸化物が前記第1材料および前記第2材料を含み、前記純金属が前記第2材料を含む、項目110に記載の方法。

(項目112)

前記混合金属酸化物が、酸化アルミニウムおよびパラジウムを含み、前記純金属がパラジウムを含む、項目110に記載の方法。

(項目113)

前記混合金属酸化物が、酸化アルミニウムおよびパラジウムを含み、前記純金属がパラジウム・白金合金を含む、項目110に記載の方法。

(項目114)

前記複数のナノ粒子を形成する前記ステップが、

前記ある量の前記第1材料および前記ある量の前記第2材料を所望の比でプラズマ銃内に装填することと、

前記プラズマ銃を使用して前記ある量の前記第1材料および前記ある量の前記第2材料を蒸発させ、それによって蒸発第1材料および蒸発第2材料を含む蒸気雲を形成することと、

前記蒸気雲を急冷し、それによって前記蒸発第1材料および前記蒸発第2材料を凝縮してナノ粒子にすることであって、各ナノ粒子は、前記内部領域および前記外面を含む、こととを含む、項目110に記載の方法。

(項目115)

前記ある量の前記第1材料材料および前記ある量の前記第2材料を蒸発させるステップが、

前記プラズマ銃の反応器内に作動ガスを流すことと、

前記作動ガスにエネルギーを送達し、それによってプラズマストリームを形成することと、

前記ある量の前記第1材料および前記ある量の前記第2材料を前記プラズマストリーム中に流すことと

を含む、項目114に記載の方法。

(項目116)

前記混合金属酸化物が、前記第1材料および前記第2材料を含み、前記純金属が前記第2材料を含む、項目114に記載の方法。

(項目117)

前記第1材料がアルミニウム材料であり、前記第2材料がパラジウム材料である、項目116に記載の方法。

(項目118)

前記複数のナノ粒子を形成する前記ステップが、前記ある量の第1材料および前記ある量の第2材料を用いて湿式化学プロセスを実施することを含む、項目110に記載の方法。

(項目119)

前記湿式化学プロセスが、化学反応を介して前記第1材料および前記第2材料から前記

混合金属酸化物を形成することを含む、項目 118 に記載の方法。

(項目 120)

前記第1材料がアルミニウム材料を含み、

前記第2材料がパラジウム材料を含む、項目 119 に記載の方法。

(項目 121)

前記アルミニウム材料が塩または有機化合物であり、

前記パラジウム材料が塩である、項目 120 に記載の方法。

(項目 122)

前記混合金属酸化物が、各ナノ粒子の中心コアを形成し、

前記混合金属酸化物が、酸化アルミニウムおよびパラジウムのみからなる、項目 119 に記載の方法。

(項目 123)

前記湿式化学プロセスが、各ナノ粒子の中心コアの周りに単層を形成することを含み、  
前記単層が前記混合金属酸化物を含む、項目 119 に記載の方法。

(項目 124)

各ナノ粒子の前記中心コアがシリカを含む、項目 123 に記載の方法。

(項目 125)

前記内部領域内の前記混合金属酸化物が、前記外面の前記純金属まで延在し、これに結合している、項目 110 に記載の方法。

(項目 126)

前記ナノ粒子が、約 10 ナノメートル以下の平均粒度を有する、項目 110 に記載の方法。

(項目 127)

混合金属酸化物を含む内部領域と、

純金属を含む外面と、

前記純金属および前記混合金属酸化物と異なる化学組成を有する、前記純金属に付けられた触媒粒子と

を含むナノ粒子。

(項目 128)

前記混合金属酸化物が、第1材料および第2材料を含み、

前記純金属が前記第2材料を含み、

前記触媒粒子が第3材料を含む、項目 127 に記載のナノ粒子。

(項目 129)

前記混合金属酸化物が、前記ナノ粒子の中心コアを取り囲む単層を形成する、項目 128 に記載のナノ粒子。

(項目 130)

前記中心コアがシリカを含む、項目 129 に記載のナノ粒子。

(項目 131)

前記混合金属酸化物が、酸化アルミニウムおよび金属ピン止め剤を含み、

前記純金属が、白金を含まない前記金属ピン止め剤を含み、

前記触媒粒子が白金を含む、項目 127 に記載のナノ粒子。

(項目 132)

前記金属ピン止め剤が、銅、モリブデン、またはコバルトを含む、項目 131 に記載のナノ粒子。

(項目 133)

前記触媒粒子が金属合金を含む、項目 131 に記載のナノ粒子。

(項目 134)

前記金属合金がパラジウム - 白金合金である、項目 133 に記載のナノ粒子。

(項目 135)

前記金属ピン止め剤が、銅、モリブデン、またはコバルトを含み、

前記触媒粒子がパラジウム・白金合金を含む、項目131に記載のナノ粒子。

(項目136)

前記内部領域内の前記混合金属酸化物が、前記外面の前記純金属まで延在し、これに結合している、項目127に記載のナノ粒子。

(項目137)

約10ナノメートル以下の直径を有する、項目127に記載のナノ粒子。

(項目138)

前記触媒粒子がナノ粒子である、項目127に記載のナノ粒子。

(項目139)

前記触媒粒子が、約1ナノメートル以下の直径を有する、項目138に記載のナノ粒子。

(項目140)

前記触媒粒子が、約1/2ナノメートルの直径を有する、項目139に記載のナノ粒子。

(項目141)

ナノ粒子を形成する方法であって、

担体ナノ粒子を用意するステップであって、前記担体ナノ粒子は、内部領域および外面を含み、前記内部領域は混合金属酸化物を含み、前記外面は純金属を含む、ステップと、  
触媒粒子を前記純金属に付けるステップであって、前記触媒粒子は、前記純金属および前記混合金属酸化物と異なる化学組成を有する、ステップと  
を含む、方法。

(項目142)

前記混合金属酸化物が、第1材料および第2材料から形成され、

前記純金属が前記第2材料から形成され、

前記触媒粒子が第3材料から形成される、項目141に記載の方法。

(項目143)

前記混合金属酸化物が、前記担体ナノ粒子の中心コアを取り囲む単層を形成する、項目142に記載の方法。

(項目144)

前記中心コアがシリカを含む、項目143に記載の方法。

(項目145)

前記混合金属酸化物が、酸化アルミニウムおよび金属ピン止め剤を含み、

前記純金属が、白金を含まない前記金属ピン止め剤を含み、

前記触媒粒子が白金を含む、項目141に記載の方法。

(項目146)

前記金属ピン止め剤が、銅、モリブデン、またはコバルトを含む、項目145に記載の方法。

(項目147)

前記触媒粒子が金属合金を含む、項目145に記載の方法。

(項目148)

前記金属合金がパラジウム・白金合金である、項目147に記載の方法。

(項目149)

前記金属ピン止め剤が、銅、モリブデン、またはコバルトを含み、

前記触媒粒子がパラジウム・白金合金を含む、項目145に記載の方法。

(項目150)

前記内部領域内の前記混合金属酸化物が、前記外面の前記純金属まで延在し、これに結合している、項目141に記載の方法。

(項目151)

前記担体ナノ粒子が、約10ナノメートル以下の直径を有する、項目141に記載の方法。

(項目152)

前記触媒粒子がナノ粒子である、項目141に記載の方法。

(項目153)

前記触媒粒子が、約1ナノメートル以下の直径を有する、項目152に記載の方法。

(項目154)

前記触媒粒子が、約1/2ナノメートルの直径を有する、項目153に記載の方法。

(項目155)

前記担体ナノ粒子を用意する前記ステップ、および前記触媒粒子を前記純金属に付ける前記ステップが、プラズマ銃を使用して実施される、項目141に記載の方法。

(項目156)

前記担体ナノ粒子を用意する前記ステップ、および前記触媒粒子を前記純金属に付ける前記ステップが、湿式化学プロセスを使用して実施される、項目141に記載の方法。

(項目157)

前記担体ナノ粒子を用意するステップが、

ある量の第1材料およびある量の第2材料を所望の比でプラズマ銃内に装填することと

、  
前記ある量の前記第1材料および前記ある量の前記第2材料を蒸発させ、それによって蒸発第1材料および蒸発第2材料を含む蒸気雲を形成することと、

前記蒸気雲を急冷し、それによって前記蒸発第1材料および前記蒸発第2材料を凝縮して前記担体ナノ粒子にすることであって、前記担体ナノ粒子は、前記内部領域および前記外面を含む、ことと

を含む、項目141に記載の方法。

(項目158)

前記ある量の前記第1材料材料および前記ある量の前記第2材料を蒸発させるステップが、

前記 plasma 銃の反応器内に作動ガスを流すことと、

前記作動ガスにエネルギーを送達し、それによって plasmaストリーム を形成することと、

前記ある量の前記第1材料および前記ある量の前記第2材料を前記 plasmaストリーム 中に流すことと

を含む、項目157に記載の方法。

(項目159)

前記触媒粒子を前記純金属に付ける前記ステップが、湿式化学プロセスを使用して実施される、項目157に記載の方法。

(項目160)

前記湿式化学プロセスが、

触媒溶液を前記担体ナノ粒子と混合することと、

前記触媒溶液から形成される触媒粒子を、前記担体ナノ粒子上の前記純金属に結合することと

を含む、項目159に記載の方法。

(項目161)

前記触媒溶液が白金溶液であり、前記触媒粒子が白金ナノ粒子である、項目160に記載の方法。

(項目162)

前記白金溶液が、硝酸白金溶液または塩化白金溶液である、項目161に記載の方法。

(項目163)

触媒ナノ粒子を形成する方法であって、

複数の担体ナノ粒子を用意するステップであって、各担体ナノ粒子は、内部領域および外面を含み、前記内部領域は混合金属酸化物を含み、前記外面は純金属を含む、ステップと、

触媒ナノ粒子を各担体ナノ粒子上の前記純金属に付けるステップと  
を含む、方法。

(項目164)

前記触媒ナノ粒子を前記純金属に付ける前記ステップが、プラズマ銃を使用して実施さ  
れる、項目163に記載の方法。

(項目165)

前記触媒ナノ粒子を前記純金属に付ける前記ステップが、  
前記複数のナノ粒子およびある量の触媒材料を所望の比でプラズマ銃に装填することと  
、

前記ある量の触媒材料を蒸発させ、それによって蒸発触媒材料を含む蒸気雲を形成する  
ことと、

前記蒸気雲を急冷し、それによって、前記蒸発触媒材料を凝縮して、前記担体ナノ粒子  
上の前記純金属に結合している触媒ナノ粒子にすることと  
を含む、項目164に記載の方法。

(項目166)

前記複数の担体ナノ粒子が、約10ナノメートル以下の平均粒度を有する、項目164  
に記載の方法。

(項目167)

各触媒ナノ粒子が、約1ナノメートル以下の直径を有する、項目166に記載の方法。

(項目168)

各触媒ナノ粒子が、約1/2ナノメートルの直径を有する、項目167に記載の方法。

(項目169)

前記触媒ナノ粒子を前記純金属に付ける前記ステップが、湿式化学プロセスを使用して  
実施される、項目163に記載の方法。

(項目170)

湿式化学プロセスを使用して触媒ナノ粒子を前記純金属に付ける前記ステップが、  
触媒溶液を前記複数の担体ナノ粒子と混合することと、

前記触媒溶液から形成される触媒ナノ粒子を、前記複数の担体ナノ粒子上の前記純金属  
に結合することと  
を含む、項目169に記載の方法。

(項目171)

前記触媒溶液が白金溶液であり、前記触媒ナノ粒子が白金ナノ粒子である、項目170  
に記載の方法。

(項目172)

前記白金溶液が、硝酸白金溶液または塩化白金溶液である、項目171に記載の方法。