

【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 0 1 J 23/89 (2006.01)
 B 0 1 J 35/02 (2006.01)
 B 0 1 J 37/34 (2006.01)
 B 0 1 J 37/02 (2006.01)
 F 0 1 N 3/10 (2006.01)
 F 0 1 N 3/28 (2006.01)

【 F I 】

B 0 1 J 23/89 A
 B 0 1 J 35/02 H
 B 0 1 J 37/34
 B 0 1 J 37/02 3 0 1 M
 F 0 1 N 3/10 A
 F 0 1 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 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 H₂ 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 16】

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 15 に記載の方法。

【請求項 17】

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 16 に記載の方法。

【請求項 18】

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 17 に記載の方法。

【請求項 19】

前記作動ガスがアルゴンおよび H_2 を含む、請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

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 15 ~ 19 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 21】

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 20 に記載の方法。

【請求項 22】

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 15 ~ 21 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 23】

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 15 ~ 22 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 24】

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 15 ~ 23 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 25】

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 15 ~ 24 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む、

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 3 6)

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 3 5 に記載の方法。

(項目 3 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 3 6 に記載の方法。

(項目 3 8)

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 3 4 に記載の方法。

(項目 3 9)

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 3 8 に記載の方法。

(項目 4 0)

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 3 9 に記載の方法。

(項目 4 1)

各担体ナノ粒子の前記中心コアがシリカを含む、項目 3 8 に記載の方法。

(項目 4 2)

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 3 4 に記載の方法。

(項目 4 3)

前記担体ナノ粒子が、約 1 0 ナノメートル以下の平均粒度を有する、項目 3 4 に記載の方法。

(項目 4 4)

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 4 5)

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 4 4 に記載の方法。

(項目 4 6)

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 4 5 に記載の方法。

(項目 4 7)

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 4 5 に記載の方法。

(項目 4 8)

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 4 4 に記載の方法。

(項目 4 9)

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 4 4 に記載の方法。

(項目 5 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のみからなる、項目 4 9 に記載の方法。

(項目 5 1)

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 4 4 に記載の方法。

(項目 5 2)

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 5 1 に記載の方法。

(項目 5 3)

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 4 4 に記載の方法。

(項目 5 4)

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 4 4 に記載の方法。

(項目 5 5)

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 5 6)

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 6 8 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 6 8 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 7 4 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 6 8 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 7 6 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 6 8 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 7 8 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 7 8 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 8 0 に記載の方法。

(項目 8 2)

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 8 1 に記載の方法。

(項目 8 3)

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 8 0 に記載の方法。

(項目 8 4)

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 8 3 に記載の方法。

(項目 8 5)

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 8 4 に記載の方法。

(項目 8 6)

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 8 0 に記載の方法。

(項目 8 7)

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 8 6 に記載の方法。

(項目 8 8)

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 8 6 に記載の方法。

(項目 8 9)

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 8 8 に記載の方法。

(項目 9 0)

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 8 9 に記載の方法。

(項目 9 1)

各担体ナノ粒子の前記中心コアがシリカを含む、項目 8 6 に記載の方法。

(項目 9 2)

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 6 8 に記載の方法。

(項目 9 3)

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 1 0 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 1 0 9)

前記純金属の合金がパラジウム - 白金合金である、項目 1 0 8 に記載のナノ粒子。

(項目 1 1 0)

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 1 1 1)

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 1 1 0 に記載の方法。

(項目 1 1 2)

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 1 1 0 に記載の方法。

(項目 1 1 3)

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 1 1 0 に記載の方法。

(項目 1 1 4)

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 1 1 0 に記載の方法。

(項目 1 1 5)

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 1 1 4 に記載の方法。

(項目 1 1 6)

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 1 1 4 に記載の方法。

(項目 1 1 7)

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 1 1 6 に記載の方法。

(項目 1 1 8)

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 1 1 0 に記載の方法

。

(項目 1 1 9)

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 1 1 8 に記載の方法。

(項目 1 2 0)

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 1 1 9 に記載の方法。

(項目 1 2 1)

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 1 2 0 に記載の方法。

(項目 1 2 2)

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 1 1 9 に記載の方法。

(項目 1 2 3)

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 1 1 9 に記載の方法。

(項目 1 2 4)

各ナノ粒子の前記中心コアがシリカを含む、項目 1 2 3 に記載の方法。

(項目 1 2 5)

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 1 1 0 に記載の方法。

(項目 1 2 6)

前記ナノ粒子が、約 1 0 ナノメートル以下の平均粒度を有する、項目 1 1 0 に記載の方法。

(項目 1 2 7)

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 1 2 8)

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 1 2 7 に記載のナノ粒子。

(項目 1 2 9)

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 2 8 に記載のナノ粒子。

(項目 1 3 0)

前記中心コアがシリカを含む、項目 1 2 9 に記載のナノ粒子。

(項目 1 3 1)

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 1 2 7 に記載のナノ粒子。

(項目 1 3 2)

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 1 3 1 に記載のナノ粒子。

(項目 1 3 3)

前記触媒粒子が金属合金を含む、項目 1 3 1 に記載のナノ粒子。

(項目 1 3 4)

前記金属合金がパラジウム - 白金合金である、項目 1 3 3 に記載のナノ粒子。

(項目 1 3 5)

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 1 3 1 に記載のナノ粒子。

(項目 1 3 6)

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 1 2 7 に記載のナノ粒子。

(項目 1 3 7)

約 1 0 ナノメートル以下の直径を有する、項目 1 2 7 に記載のナノ粒子。

(項目 1 3 8)

前記触媒粒子がナノ粒子である、項目 1 2 7 に記載のナノ粒子。

(項目 1 3 9)

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 1 3 8 に記載のナノ粒子。

(項目 1 4 0)

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 1 3 9 に記載のナノ粒子。

(項目 1 4 1)

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 1 4 2)

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 1 4 1 に記載の方法。

(項目 1 4 3)

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 1 4 2 に記載の方法。

(項目 1 4 4)

前記中心コアがシリカを含む、項目 1 4 3 に記載の方法。

(項目 1 4 5)

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 1 4 1 に記載の方法。

(項目 1 4 6)

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 1 4 5 に記載の方法。

(項目 1 4 7)

前記触媒粒子が金属合金を含む、項目 1 4 5 に記載の方法。

(項目 1 4 8)

前記金属合金がパラジウム - 白金合金である、項目 1 4 7 に記載の方法。

(項目 1 4 9)

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 1 4 5 に記載の方法。

(項目 1 5 0)

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 1 4 1 に記載の方法。

(項目 1 5 1)

前記担体ナノ粒子が、約 1 0 ナノメートル以下の直径を有する、項目 1 4 1 に記載の方法。

(項目 1 5 2)

前記触媒粒子がナノ粒子である、項目 1 4 1 に記載の方法。

(項目 1 5 3)

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 1 5 2 に記載の方法。

(項目 1 5 4)

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 1 5 3 に記載の方法。

(項目 1 5 5)

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 1 4 1 に記載の方法。

(項目 1 5 6)

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 1 4 1 に記載の方法。

(項目 1 5 7)

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 1 4 1 に記載の方法。

(項目 1 5 8)

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 1 5 7 に記載の方法。

(項目 1 5 9)

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 1 5 7 に記載の方法。

(項目 1 6 0)

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 1 5 9 に記載の方法。

(項目 1 6 1)

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 1 6 0 に記載の方法。

(項目 1 6 2)

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 1 6 1 に記載の方法。

(項目 1 6 3)

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。