

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7411920号
(P7411920)

(45)発行日 令和6年1月12日(2024.1.12)

(24)登録日 令和5年12月28日(2023.12.28)

(51)国際特許分類		F I	
C 2 5 B	11/03 (2021.01)	C 2 5 B	11/03
C 2 5 B	1/04 (2021.01)	C 2 5 B	1/04
C 2 5 B	11/081 (2021.01)	C 2 5 B	11/081
B 0 1 J	35/56 (2024.01)	B 0 1 J	35/04 3 3 1 A
B 0 1 J	23/89 (2006.01)	B 0 1 J	23/89 M
請求項の数 6 (全22頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2019-35071(P2019-35071)	(73)特許権者	511142604
(22)出願日	平成31年2月28日(2019.2.28)		グローバル・リンク株式会社
(65)公開番号	特開2020-139188(P2020-139188 A)		千葉県千葉市美浜区中瀬一丁目3番地幕張テクノガーデンB
(43)公開日	令和2年9月3日(2020.9.3)	(74)代理人	100108442
審査請求日	令和4年2月10日(2022.2.10)		弁理士 小林 義孝
		(72)発明者	奥山 正己
			神奈川県川崎市多摩区菅城下23-20-101
		審査官	萩原 周治
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 電気分解装置の陽極及び陰極の製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項1】

陽極及び陰極と、前記陽極と前記陰極との間に位置してそれら極を接合する電極接合体膜とを備え、所定の水溶液を化学分解する電気分解装置の前記陽極及び前記陰極の製造方法において、

前記陽極及び前記陰極の製造方法が、Fe-Niパーマロイを微粉碎したパーマロイ微粉体の仕事関数が白金族元素の仕事関数に近似するように、前記パーマロイ微粉体の全重量に対するFe（鉄）の含有率を45%～55%の範囲に決定し、前記パーマロイ微粉体の全重量に対するNi（ニッケル）の含有率を45%～55%の範囲に決定する含有率決定工程と、

白金を微粉碎して粒径が50nm～80nmの白金族金属微粉体を作り、前記含有率決定工程によって決定した含有率のFe及びNiから形成されたFe-Niパーマロイを微粉碎し、粒径が1μm～100μmの前記パーマロイ微粉体を作る微粉体作成工程と、

前記微粉体作成工程によって作成した前記白金族金属微粉体及び前記パーマロイ微粉体の混合物の全重量（100%）に対する該白金族金属微粉体の重量比（含有率）を4重量%～10重量%の範囲に決定し、前記混合物の全重量（100%）に対する該パーマロイ微粉体の重量比（含有率）を90重量%～96重量%の範囲に決定するとともに、前記重量比の白金族金属微粉体及び前記重量比のパーマロイ微粉体に所定のバインダー及び所定の気孔形成材を加え、前記白金族金属微粉体及び前記パーマロイ微粉体に前記バインダーと前記気孔形成材とを均一に混合・分散した微粉体混合物を作る微粉体混合物作成工程と、

前記微粉体混合物作成工程によって作られた微粉体混合物を射出成形機又は押出成形機に投入し、前記微粉体混合物を射出成形機によって射出成形し、又は、前記微粉体混合物を押出成形機によって押し出し成形し、前記微粉体混合物から所定面積の薄板状であって $0.05\text{ mm} \sim 0.5\text{ mm}$ の厚み寸法に成形した微粉体混合成形物を作る微粉体混合成形物作成工程と、

前記微粉体混合成形物作成工程の射出成形又は押出成形によって作られた前記微粉体混合成形物を脱脂し、脱脂した前記微粉体混合成形物を焼成炉に投入し、前記微粉体混合成形物を焼成炉において $900 \sim 1400$ の温度で2時間～6時間焼結し、所定面積の薄板状に成形された前記微粉体混合成形物の焼結時において、前記微粉体混合成形物の内部において前記気孔形成材が発泡した後、該気孔形成材が該微粉体混合成形物の内部から消失し、多数の微細な連続気孔が形成されたマイクロポーラス構造の薄板状発泡金属電極である前記陽極及び前記陰極を作る薄板状発泡金属電極作成工程とを有することを特徴とする前記陽極及び前記陰極の製造方法。

10

【請求項2】

前記陽極及び前記陰極に形成された連続気泡が、該陽極及び該陰極の前面と後面との間で厚み方向へ不規則に曲折しながら延びているとともに、該陽極及び該陰極の中心と外周縁との間で径方向へ不規則に曲折しながら延びている請求項1に記載の前記陽極及び前記陰極の製造方法。

【請求項3】

前記径方向へ隣接して前記厚み方向へ曲折して延びるそれら連続気泡が、前記径方向において部分的に繋がって一方の連続気泡と他方の連続気泡とが互いに連通し、前記厚み方向へ隣接して前記径方向へ曲折して延びるそれら連続気泡が、前記厚み方向において部分的に繋がって一方の連続気泡と他方の連続気泡とが互いに連通し、それら連続気泡の平均径が、前記厚み方向に向かって一様ではなく、該厚み方向に向かって不規則に変化しているとともに、前記径方向に向かって一様ではなく、該径方向に向かって不規則に変化している請求項2に記載の前記陽極及び前記陰極の製造方法。

20

【請求項4】

前記陽極及び前記陰極に形成された連続気孔の平均径が、 $1\text{ }\mu\text{m} \sim 100\text{ }\mu\text{m}$ の範囲にあるとともに、 $\pm 0.1\text{ }\mu\text{m} \sim \pm 5\text{ }\mu\text{m}$ の範囲で変化している請求項3に記載の前記陽極及び前記陰極の製造方法。

30

【請求項5】

前記陽極及び前記陰極に成形された連続気泡の気孔率が、 $45\% \sim 55\%$ の範囲にある請求項1ないし請求項4いずれかに記載の前記陽極及び前記陰極の製造方法。

【請求項6】

前記陽極及び前記陰極の密度が、 $6.0\text{ g/cm}^2 \sim 8.0\text{ g/cm}^2$ の範囲にある請求項1ないし請求項5いずれかに記載の前記陽極及び前記陰極の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気を利用して所定の水溶液を化学分解する電気分解装置の陽極及び陰極の製造方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

反応管と、反応管内に収容された触媒体と、流体入口及び流体出口を有する筒状体とを備え、流体入口と流体出口とが筒状体の内部を流路として互いに連通し、反応管が流路内に配置され、触媒体が軸線を反応管の長手方向に平行にする向きに反応管に挿入され、触媒体が一定の軸線に沿って延在する基材と脱水素触媒を含む脱水素触媒層とを備え、基材が軸線を中心として回転する方向にねじれながら軸線に沿って延在する板状部を含み、板状部の表面上に脱水素触媒層が設けられている水素発生装置が開示されている（特許文献1参照）。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2016-55251号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

前記特許文献1に開示の水素発生装置の触媒体は、金属の成形体の表面を陽極酸化して金属の酸化物を含む金属酸化物膜を形成する工程と、金属酸化物膜に脱水素触媒を担持させる工程とから作られる。金属酸化物膜に脱水素触媒を担持させる工程では、ヘキサクロロ白金(IV)酸イオンを含む酸性の塩化白金水溶液を金属酸化物膜と接触させることによって金属酸化物膜にヘキサクロロ白金(IV)酸イオンを付着させるとともに、ヘキサクロロ白金(IV)酸イオンが付着している金属酸化物膜を焼成して金属酸化物膜に脱水素触媒として白金を担持させる。

10

【0005】

電気分解装置の陽極及び陰極として各種の白金担持カーボンが広く利用されている。しかし、白金は、貴金属であり、その生産量に限りがある希少な資源であることから、その使用を抑えることが求められている。さらに、今後の電気分解装置の普及に向けて高価な白金の含有量を極力少なくするとともに、少ない量の白金とともに白金以外の金属を使用した陽極や陰極の開発が求められている。

20

【0006】

本発明の目的は、白金族金属の含有量を極力少なくすることができ、白金族金属の含有量が少ないにもかかわらず、優れた触媒活性(触媒作用)を有する陽極及び陰極を備え、その陽極及び陰極を使用して電気分解を効率よく行うことができ、短時間に多量の水素ガスを発生させることができる電気分解装置の陽極及び陰極の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記課題を解決するための本発明の前提は、陽極及び陰極と、陽極と陰極との間に位置してそれら極を接合する電極接合体膜とを備え、所定の水溶液を化学分解する電気分解装置の前記陽極及び前記陰極の製造方法である。

30

【0008】

前記前提における本発明の特徴は、陽極及び陰極の製造方法が、Fe-Ni パーマロイを微粉碎したパーマロイ微粉体の仕事関数が白金族元素の仕事関数に近似するように、パーマロイ微粉体の全重量に対するFe(鉄)の含有率を45%~55%の範囲に決定し、パーマロイ微粉体の全重量に対するNi(ニッケル)の含有率を45%~55%の範囲に決定する含有率決定工程と、白金を微粉碎して粒径が50nm~80nmの白金族金属微粉体を作り、含有率決定工程によって決定した含有率のFe及びNiから形成されたFe-Ni パーマロイを微粉碎し、粒径が1μm~100μmのパーマロイ微粉体を作る微粉体作成工程と、微粉体作成工程によって作成した白金族金属微粉体及びパーマロイ微粉体の混合物の全重量(100%)に対する白金族金属微粉体の重量比(含有率)を4重量%~10重量%の範囲に決定し、体混合物の全重量(100%)に対するパーマロイ微粉体の重量比(含有率)を90重量%~96重量%の範囲に決定するとともに、その重量比の白金族金属微粉体及びその重量比のパーマロイ微粉体に所定のバインダー及び所定の気孔形成材を加え、白金族金属微粉体及びパーマロイ微粉体にバインダーと孔形成材とを均一に混合・分散した微粉体混合物を作る微粉体混合物作成工程と、微粉体混合物作成工程によって作られた微粉体混合物を射出成形機又は押出成形機に投入し、微粉体混合物を射出成形機によって射出成形し、又は、微粉体混合物を押出成形機によって押し出し成形し、微粉体混合物から所定面積の薄板状であって0.05mm~0.5mmの厚み寸法に成形した微粉体混合成形物を作る微粉体混合成形物作成工程と、微粉体混合成形物作成工程の

40

50

射出成形又は押出成形によって作られた微粉体混合成形物を脱脂し、脱脂した微粉体混合成形物を焼成炉に投入し、微粉体混合成形物を焼成炉において900 ~ 1400 の温度で2時間 ~ 6時間焼結し、所定面積の薄板状に成形された微粉体混合成形物の焼結時において、微粉体混合成形物の内部において気孔形成材が発泡した後、気孔形成材が微粉体混合成形物の内部から消失し、多数の微細な連続気孔が形成されたマイクロポーラス構造の薄板状発泡金属電極である陽極及び陰極を作る薄板状発泡金属電極作成工程とを有することにある。

【0009】

本発明の陽極及び陰極の製造方法の一例としては、陽極及び陰極に形成された連続気泡が、陽極及び陰極の前面と後面との間で厚み方向へ不規則に曲折しながら延びているとともに、陽極及び陰極の中心と外周縁との間で径方向へ不規則に曲折しながら延びている。

10

【0010】

本発明の陽極及び陰極の製造方法の他の一例としては、径方向へ隣接して厚み方向へ曲折して延びるそれら連続気泡が、径方向において部分的に繋がって一方の連続気泡と他方の連続気泡とが互いに連通し、厚み方向へ隣接して径方向へ曲折して延びるそれら連続気泡が、厚み方向において部分的に繋がって一方の連続気泡と他方の連続気泡とが互いに連通し、それら連続気泡の平均径が、厚み方向に向かって一様ではなく、厚み方向に向かって不規則に変化しているとともに、径方向に向かって一様ではなく、径方向に向かって不規則に変化している。

【0011】

20

本発明の陽極及び陰極の製造方法の他の一例としては、陽極及び陰極に形成された連続気孔の平均径が、 $1\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ の範囲にあるとともに、 $\pm 0.1\mu\text{m} \sim \pm 5\mu\text{m}$ の範囲で変化している。

【0012】

本発明の陽極及び陰極の製造方法の他の一例としては、陽極及び陰極に成形された連続気泡の気孔率が、45% ~ 55%の範囲にある。

【0013】

本発明の陽極及び陰極の製造方法の他の一例としては、陽極及び陰極の密度が、 $6.0\text{g}/\text{cm}^2 \sim 8.0\text{g}/\text{cm}^2$ の範囲にある。

【発明の効果】

30

【0014】

本発明に係る電気分解装置によれば、それに使用される陽極及び陰極が、各種の白金族金属から選択された少なくとも1種類の少量の白金族金属とFe-Niパーマロイとから形成され、選択された少なくとも1種類の白金族金属を微粉碎した白金族金属微粉体及びFe-Niパーマロイを微粉碎したパーマロイ微粉体に所定のバインダーを均一に混合・分散しつつ所定の気孔形成材を均一に混合・分散し、それら微粉体にバインダー及び気孔形成材を混合した微粉体混合物を所定面積の薄板状に成形した後、所定面積の薄板状に成形した微粉体混合成形物を脱脂・焼結することで、多数の微細な連続気孔が満遍なく形成されたマイクロポーラス構造の薄板状発泡金属電極であり、パーマロイ微粉体が溶融結合したパーマロイ溶融物に白金族金属微粉体が固定されているとともに、連続気泡を画成するパーマロイ溶融物の表面に白金族金属微粉体が露出しているから、Fe-Niパーマロイを使用することで、白金族金属の含有量を極力少なくすることができるとともに、パーマロイ溶融物の表面に露出する白金族金属の触媒活性を利用するとともにFe-Niパーマロイの触媒活性を利用した燃料極及び空気極を使用して電気分解装置において電気分解を効率よく行うことができ、短時間に多量の水素ガスを発生させることができる。

40

【0015】

陽極及び陰極において、パーマロイ微粉体の仕事関数が白金族元素の仕事関数に近似するように、Fe-NiパーマロイにおけるFe（鉄）の含有率とNi（ニッケル）の含有率とが決定されている電気分解装置は、パーマロイ微粉体の仕事関数が白金族元素の仕事関数に近似するように、Fe-NiパーマロイにおけるFeやNiの含有率が決定されて

50

いるから、白金族金属の含有量が少ないにもかかわらず、陽極及び陰極が白金族金属を担持した電極と略同一の仕事関数を備え、陽極及び陰極が白金族金属を担持した電極と略同様の優れた触媒活性（触媒作用）を発揮し、パーマロイ溶融物の表面に露出する白金族金属の触媒活性を利用するとともに $\text{Fe}-\text{Ni}$ パーマロイの触媒活性を利用した陽極及び陰極を使用して電気分解装置において電気分解を効率よく行うことができ、短時間に多量の水素ガスを発生させることができる。

【 0 0 1 6 】

陽極及び陰極に形成された連続気泡が陽極及び陰極の前面と後面との間で厚み方向へ不規則に曲折しながら延びているとともに、陽極及び陰極の中心と外周縁との間で径方向へ不規則に曲折しながら延びている電気分解装置は、それら連続気泡が厚み方向及び径方向へ不規則に曲折しながら延びているから、陽極及び陰極の比表面積を大きくすることができ、それら連続気孔を液体（水）が通流することで液体を陽極及び陰極の接触面に広範囲に接触させることができ、陽極及び陰極の触媒作用を最大限に利用することができる。電気分解装置は、それに使用する陽極及び陰極が優れた触媒活性（触媒作用）を有するとともに、陽極及び陰極において液体（水）を広範囲に接触させ、陽極及び陰極の触媒作用を最大限に利用することができるから、その陽極及び陰極を使用した電気分解装置において電気分解を効率よく行うことができ、短時間に多量の水素ガスを発生させることができる。

【 0 0 1 7 】

径方向へ隣接して厚み方向へ曲折して延びるそれら連続気泡が径方向において部分的に繋がって一方の連続気泡と他方の連続気泡とが互いに連通し、厚み方向へ隣接して径方向へ曲折して延びるそれら連続気泡が厚み方向において部分的に繋がって一方の連続気泡と他方の連続気泡とが互いに連通し、それら連続気泡の平均径が厚み方向に向かって一様ではなく、厚み方向に向かって不規則に変化しているとともに、径方向に向かって一様ではなく、径方向に向かって不規則に変化している電気分解装置は、径方向及び厚み方向において一方の連続気泡と他方の連続気泡とが互いに連通し、それら連続気泡の平均径が厚み方向及び径方向に向かって不規則に変化しているから、陽極及び陰極の比表面積を大きくすることができ、それら連続気孔を液体（水）が通流することで液体を陽極及び陰極の接触面に広範囲に接触させることができ、陽極及び陰極の触媒作用を最大限に利用することができる。電気分解装置は、それに使用する陽極及び陰極が優れた触媒活性（触媒作用）を有するとともに、陽極及び陰極において液体（水）を広範囲に接触させ、陽極及び陰極の触媒作用を最大限に利用することができるから、その陽極及び陰極を使用した電気分解装置において電気分解を効率よく行うことができ、短時間に多量の水素ガスを発生させることができる。

【 0 0 1 8 】

陽極及び陰極に形成された連続気孔の平均径が $1\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ の範囲にあるとともに、 $\pm 0.1\ \mu\text{m} \sim \pm 5\ \mu\text{m}$ の範囲で変化している電気分解装置は、陽極及び陰極に形成された連続気孔の平均径が $1 \sim 100\ \mu\text{m}$ の範囲にあるとともに $\pm 0.1\ \mu\text{m} \sim \pm 5\ \mu\text{m}$ の範囲で変化しているから、陽極及び陰極の単位体積当たり多数の連続気孔が形成され、陽極及び陰極の比表面積を大きくすることができ、それら気孔を液体（水）が通流することで液体を陽極及び陰極の接触面に広範囲に接触させることができ、陽極及び陰極の触媒作用を最大限に利用することができる。電気分解装置は、それに使用する陽極及び陰極が優れた触媒活性（触媒作用）を有するとともに、陽極及び陰極において液体（水）を広範囲に接触させ、陽極及び陰極の触媒作用を最大限に利用することができるから、その陽極及び陰極を使用した電気分解装置において電気分解を効率よく行うことができ、短時間に多量の水素ガスを発生させることができる。

【 0 0 1 9 】

陽極及び陰極の厚み寸法が $0.05\ \text{mm} \sim 0.5\ \text{mm}$ の範囲にある電気分解装置は、陽極及び陰極の厚み寸法を前記範囲にすることで、陽極及び陰極の電気抵抗を小さくすることができ、陽極及び陰極に電流をスムーズに流すことができる。電気分解装置は、それに使用する陽極及び陰極が白金族元素を担持した電極と略同様の優れた触媒活性（触媒作用

10

20

30

40

50

）を有するとともに、陽極及び陰極に電流がスムーズに流れる（プロトン導電性がある）から、陽極及び陰極を使用した電気分解装置において電気分解を効率よく行うことができ、短時間に多量の水素ガスを発生させることができる。

【 0 0 2 0 】

Fe - Ni パーマロイにおける Fe の含有率が 4 5 % ~ 5 5 % の範囲、Fe - Ni パーマロイにおける Ni の含有率が 4 5 % ~ 5 5 % の範囲にあり、白金族金属微粉体とパーマロイ微粉体とを混合した微粉体混合物の全重量に対する白金族金属微粉体の重量比が 4 重量 % ~ 1 0 重量 % の範囲、白金族金属微粉体とパーマロイ微粉体とを混合した微粉体混合物の全重量に対するパーマロイ微粉体の重量比が 9 0 重量 % ~ 9 6 重量 % の範囲にある電気分解装置は、パーマロイ微粉体の仕事関数が白金族元素の仕事関数に近似するように、Fe - Ni パーマロイにおける Fe 及び Ni の含有率を前記範囲で定めているから、白金族元素の含有量が少ないにもかかわらず、陽極及び陰極が白金族元素を担持した電極と略同一の仕事関数を備え、電気分解装置に使用する陽極及び陰極に白金族元素を担持した電極と略同様の優れた触媒活性（触媒作用）を発揮させることができる。電気分解装置は、微粉体混合物の全重量に対する白金族金属微粉体の重量比が前記範囲にあり、陽極及び陰極における高価な白金族金属の含有量が少ないから、陽極及び陰極の材料費を低減させることができ、電気分解装置を廉価に作ることができる。電気分解装置は、陽極及び陰極が白金族金属を担持した電極と略同様の優れた触媒活性（触媒作用）を発揮するから、陽極及び陰極を使用した電気分解装置において電気分解を効率よく行うことができ、短時間に多量の水素ガスを発生させることができる。

【 0 0 2 1 】

陽極及び陰極に成形された連続気泡の気孔率が 4 5 % ~ 5 5 % の範囲にある電気分解装置は、陽極及び陰極の気孔率を前記範囲にすることで、陽極及び陰極が多数の微細な連続気孔を有する多孔質（平均径が $1 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ の微細な連続気孔が満遍なく均一に形成されたマイクロポラス構造）に形成され、陽極及び陰極の比表面積を大きくすることができ、それら連続気孔を液体（水）が通流しつつ液体を陽極及び陰極の接触面に広範囲に接触させることが可能となり、陽極及び陰極の触媒作用を最大限に利用することができるとともに、電気分解装置に使用する陽極及び陰極に白金族金属を担持した電極と略同様の触媒活性（触媒作用）を確実に発揮させることができる。

【 0 0 2 2 】

陽極及び陰極の密度が $6.0 \text{ g/cm}^2 \sim 8.0 \text{ g/cm}^2$ の範囲にある電気分解装置は、陽極及び陰極の密度を前記範囲にすることで、陽極及び陰極が多数の微細な連続気孔を有する多孔質（平均径が $1 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ の微細な連続気孔が満遍なく均一に形成されたマイクロポラス構造）に形成され、陽極及び陰極の比表面積を大きくすることができ、それら連続気孔を液体（水）が通流しつつ液体を陽極及び陰極の接触面に広範囲に接触させることが可能となり、陽極及び陰極の触媒作用を最大限に利用することができるとともに、電気分解装置に使用する陽極及び陰極に白金族金属を担持した電極と略同様の触媒活性（触媒作用）を確実に発揮させることができる。

【 0 0 2 3 】

パーマロイ微粉体の粒径が $1 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲にあり、白金族金属微粉体の粒径が $50 \text{ nm} \sim 80 \text{ nm}$ の範囲にある電気分解装置は、パーマロイ微粉体の粒径を前記範囲にすることで、陽極及び陰極が多数の微細な連続気孔を有する多孔質（平均径が $1 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ の微細な連続気孔が満遍なく均一に形成されたマイクロポラス構造）に形成され、陽極及び陰極の比表面積を大きくすることができ、それら連続気孔を液体（水）が通流しつつ液体を陽極及び陰極の接触面に広範囲に接触させることが可能となり、陽極及び陰極の触媒作用を最大限に利用することができるとともに、電気分解装置に使用する陽極及び陰極に白金族金属を担持した電極と略同様の触媒活性（触媒作用）を確実に発揮させることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 4 】

【図 1】一例として示す電気分解装置の側面図。

【図 2】一例として示す陽極及び陰極の斜視図。

【図 3】陽極及び陰極の一例として示す部分拡大図。

【図 4】電気分解装置を使用した電気分解の一例を説明する図。

【図 5】電気分解装置を利用した水素ガス発生システムの一部を示す図。

【図 6】空気極（陽極）及び燃料極（陰極）を使用した固体高分子形燃料電池の側面図。

【図 7】陽極及び陰極の起電圧試験の結果を示す図。

【図 8】陽極及び陰極の I - V 特性試験の結果を示す図。

【図 9】電気分解装置及び固体高分子形燃料電池に使用する陽極（空気極）及び陰極（燃料極）の製造方法を説明する図。

10

【発明を実施するための形態】

【0025】

一例として示す電気分解装置 10 の側面図である図 1 等の添付の図面を参照し、本発明に係る電気分解装置及び電気分解装置に使用する陽極及び陰極の製造方法の詳細を説明すると、以下のとおりである。なお、図 2 は、一例として示す陽極 11 及び陰極 12 の斜視図であり、図 3 は、陽極 11 及び陰極 12 の一例として示す部分拡大図である。図 2 では、厚み方向を矢印 X で示し、径方向を矢印 Y で示す。

【0026】

電気分解装置 10（水素ガス発生装置）は、陽極 11（アノード）と、陰極 12（カソード）と、陽極 11 及び陰極 12 の間に位置（介在）する固体高分子電解質膜 13（電極接合体膜）（スルホン酸基を有するフッ素系イオン交換膜）と、陽極給電部材 14 及び陰極給電部材 15 と、陽極用貯水槽 16 及び陰極用貯水槽 17 と、陽極主電極 18 及び陰極主電極 19 とから形成されている。

20

【0027】

電気分解装置 10 は、陽極 11 及び陰極 12 に電気を通電し、陽極 11 で酸化反応を起こすとともに陰極 12 で還元反応を起こすことで所定の水溶液を化学分解する。電気分解装置 10 では、陽極 11 及び陰極 12、固体高分子電解質膜 13 が厚み方向へ重なり合っ

て一体化し、膜/電極接合体 20 (Membrane Electrode Assembly, MEA)を構成し、膜/電極接合体 20 を陽極給電部材 14 と陰極給電部材 15 とが挟み込んでいる。膜/電極接合体 20 では、ホットプレスによって固体高分子電解質膜 13 の一方の面に陽極 11 の面が隙間なく密着し、固体高分子電解質膜 13 の他方の面に陰極 12 の面が隙間なく密着している。固体高分子電解質膜 13 は、プロトン導電性があり、電子導電性がない。

30

【0028】

陽極給電部材 14 は、陽極 11 の外側に位置して陽極 11 に密着し、陽極 11 に + の電流を給電する。陽極用貯水槽 16 は、陽極給電部材 14 の外側に位置して陽極給電部材 14 に密着している。陽極主電極 18 は、陽極用貯水槽 16 の外側に位置して陽極給電部材 14 に + の電流を給電する。陰極給電部材 15 は、陰極 12 の外側に位置して陰極 12 に密着し、陰極 12 に - の電流を給電する。陰極用貯水槽 17 は、陰極給電部材 15 の外側に位置して陰極給電部材 15 に密着している。陰極主電極 19 は、陰極用貯水槽 17 の外側に位置して陰極給電部材 15 に - の電流を給電する。

40

【0029】

電気分解装置 10（水素ガス発生装置）に使用する陽極 11 及び陰極 12 は、前面 21 及び後面 22 を有するとともに、所定の面積及び所定の厚み寸法 L1 を有し、その平面形状が四角形に成形されている。陽極 11 及び陰極 12 は、多数の微細な気孔 23（連続かつ独立通路孔）を有する多孔質（マイクロポーラス構造）の薄板状発泡金属電極 24 である。気孔 23 には、水溶液（液体）が通流する。なお、陽極 11 や陰極 12 の平面形状に特に制限はなく、四角形の他に、その用途にあわせて円形や楕円形等の他のあらゆる平面形状に成形することができる。

【0030】

陽極 11 及び陰極 12（マイクロポーラス構造の薄板状発泡金属電極 24）は、粉状に

50

微粉碎（粉碎加工）された白金族金属 4 9 と、粉状に微粉碎（粉碎加工）された F e - N i パーマロイ 5 0 とから形成されている。白金族金属 4 9 としては、白金（P t）、パラジウム（P b）、ロジウム（R h）、ルテニウム（R u）、イリジウム（I r）、オスミウム（O s）を使用することができる。白金族金属 4 9 には、それらのうちの少なくとも 1 種類が使用される。

【 0 0 3 1 】

白金族金属 4 9 の白金族金属微粉体 5 1（微粉状に粉碎加工された P t（白金）、微粉状に粉碎加工された P b（パラジウム）、微粉状に粉碎加工された R h（ロジウム）、微粉状に粉碎加工された R u（ルテニウム）、微粉状に粉碎加工された I r（イリジウム）、微粉状に粉碎加工された O s（オスミウム））と F e - N i パーマロイ 5 0 のパーマロイ微粉体 5 2（微粉状に粉碎加工された F e - N i パーマロイ 5 2）とに所定のバインダー 5 3（粉状の樹脂系バインダー）を混合し、白金族金属微粉体 5 1 とパーマロイ微粉体 5 2 とバインダー 5 3 とを均一に混合・分散した微粉体混合物 5 5 を作り、更に、微粉体混合物 5 5 に所定の気孔形成材 5 4（発泡剤）を混合し、気孔形成材 5 4 を均一に混合・分散した微粉体混合物 5 5 を作る。作成した微粉体混合物 5 5 を所定面積の薄板状に成形（押出成形又は射出成形）して薄板状の微粉体混合成形物 5 6 を作り、作成した微粉体混合成形物 5 6 を脱脂及び所定温度で焼結（焼成）することから陽極 1 1 及び陰極 1 2（薄板状発泡金属電極 2 4）が作られている（図 9 参照）。白金族金属微粉体 5 1 は、パーマロイ微粉体 5 2 が熔融結合したパーマロイ溶融物に固定されているとともに、連続気泡 2 3 を画成かつ囲繞するパーマロイ溶融物の表面に露出している。

【 0 0 3 2 】

陽極 1 1 及び陰極 1 2 では、パーマロイ微粉体 5 2 の仕事関数が白金族元素の仕事関数に近似するように、F e - N i パーマロイ 5 0 における F e の含有率（重量比）と N i の含有率（重量比）とが決定されている。具体的には、F e - N i パーマロイ 5 0 における F e（鉄）の含有率が 4 5 % ~ 5 5 % の範囲、好ましくは、4 9 % ~ 5 1 % の範囲にあり、F e - N i パーマロイ 5 0 における N i（ニッケル）の含有率が 4 5 % ~ 5 5 % の範囲、好ましくは、4 9 % ~ 5 1 % の範囲にある。

【 0 0 3 3 】

なお、白金の仕事関数は、5 . 6 5（e V）、F e の仕事関数は、4 . 6 7（e V）であり、N i の仕事関数は、5 . 2 2（e V）である。F e - N i パーマロイ 5 0 における F e の含有率及び F e - N i パーマロイ 5 0 における N i の含有率が前記範囲外になると、パーマロイ微粉体 5 2 の仕事関数を白金族元素の仕事関数に近似させることができず、微粉体混合物 5 5 を成形した微粉体混合成形物 5 6 を脱脂・焼結（焼成）して作られた陽極 1 1 及び陰極 1 2（薄板状発泡金属電極 2 4）が白金族元素を担持した電極と略同様の触媒活性（触媒作用）を発揮することができない。

【 0 0 3 4 】

白金族金属微粉体 5 1 とパーマロイ微粉体 5 2 とを混合した微粉体混合物 5 5 の全重量（1 0 0 %）に対する白金族金属微粉体 5 1 の重量比（含有率）は、4 重量 % ~ 1 0 重量 % の範囲、好ましくは、5 重量 % ~ 8 重量 % の範囲にあり、白金族金属微粉体 5 1 とパーマロイ微粉体 5 2 とを混合した微粉体混合物 5 5 の全重量（1 0 0 %）に対するパーマロイ微粉体 5 2 の重量比（含有率）は、9 0 重量 % ~ 9 6 重量 % の範囲、好ましくは、9 2 重量 % ~ 9 5 重量 % の範囲にある。白金族金属微粉体 5 1 とパーマロイ微粉体 5 2 とを混合した微粉体混合物 5 5 の全重量に対する白金族金属微粉体 5 1 の重量比、白金族金属微粉体 5 1 とパーマロイ微粉体 5 2 とを混合した微粉体混合物 5 5 の全重量に対するパーマロイ微粉体 5 2 の重量比が前記範囲外になると、微粉体混合物 5 5 を成形した微粉体混合成形物 5 6 を脱脂・焼結（焼成）して作られた陽極 1 1 及び陰極 1 2（薄板状発泡金属電極 2 4）が白金族元素を担持した電極と略同様の触媒活性（触媒作用）を発揮することができない。

【 0 0 3 5 】

陽極 1 1 及び陰極 1 2（薄板状発泡金属電極 2 4）には、径が異なる多数の微細な連続

気孔 2 3 (連続通気孔) が形成されている。陽極 1 1 及び陰極 1 2 は、多数の微細な連続気孔 2 3 が形成されているから、その比表面積が大きい。陽極 1 1 及び陰極 1 2 (薄板状発泡金属電極 2 4) に形成されたそれら連続気孔 2 3 は、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の前面 2 1 に開口する複数の通流口 2 5 と、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の後面 2 2 に開口する複数の通流口 2 5 とを有し、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の前面 2 1 から後面 2 2 に向かって陽極 1 1 及び陰極 1 2 をその厚み方向に貫通しているとともに、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の中心から外周縁 2 6 に向かってその径方向に貫通している。

【0036】

それら連続気孔 2 3 は、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の前面 2 1 と後面 2 2 との間において陽極 1 1 及び陰極 1 2 の厚み方向へ不規則に曲折しながら延びているとともに、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の外周縁 2 6 から中心に向かって陽極 1 1 及び陰極 1 2 の径方向へ不規則に曲折しながら延びている。径方向へ隣接して厚み方向へ曲折して延びるそれら連続気孔 2 3 (連続通気孔) は、径方向において部分的につながり、一方の気孔 2 3 と他方の気孔 2 3 とが互いに連通している。厚み方向へ隣接して径方向へ曲折して延びるそれら連続気孔 2 3 (連続通気孔) は、厚み方向において部分的につながり、一方の気孔 2 3 と他方の気孔 2 3 とが互いに連通している。

10

【0037】

それら連続気孔 2 3 の平均径 (開口面積) は、厚み方向に向かって一様ではなく、厚み方向に向かって不規則に変化しているとともに、径方向に向かって一様ではなく、径方向に向かって不規則に変化している。それら連続気孔 2 3 は、その平均径 (開口面積) が大きくなったり、小さくなったりしながら厚み方向と径方向とへ不規則に開口している。また、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の前面 2 1 に開口する通流口 2 5 と後面 2 2 に開口する通流口 2 5 とは、その平均径 (開口面積) が一様ではなく、その平均径がすべて相違している。それら連続気孔 2 3 の平均径 (開口面積) や前後面 2 1, 2 2 の通流口 2 5 の平均径 (開口面積) は、 $1\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ の範囲、好ましくは、 $45\ \mu\text{m} \sim 55\ \mu\text{m}$ の範囲にあり、 $\pm 0.1\ \mu\text{m} \sim \pm 5\ \mu\text{m}$ (連続気孔 2 3 の平均径の変化幅) の範囲で変化している。

20

【0038】

電気分解装置 1 0 は、それに使用する陽極 1 1 及び陰極 1 2 に厚み方向や径方向へ不規則に曲折しながら延びる複数の連続気孔 2 3 (連続通気孔) が形成され、その気孔 2 3 の平均径が $1 \sim 100\ \mu\text{m}$ の範囲 (好ましくは、 $45\ \mu\text{m} \sim 55\ \mu\text{m}$ の範囲) にあり、連続気孔 2 3 の平均径の変化幅が $\pm 0.1\ \mu\text{m} \sim \pm 5\ \mu\text{m}$ の範囲にあるから、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の単位体積あたりに多数の連続気孔 2 3 が形成され、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の比表面積を大きくすることができ、それら気孔 2 3 を液体 (水) が通流しつつ液体を陽極 1 1 及び陰極 1 2 のそれら気孔 2 3 における接触面に広範囲に接触させることができ、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の触媒活性 (触媒作用) を有効かつ最大限に利用することができる。

30

【0039】

陽極 1 1 及び陰極 1 2 (マイクロポラス構造の薄板状発泡金属電極 2 4) は、その厚み寸法 L_1 が $0.05\ \text{mm} \sim 0.5\ \text{mm}$ の範囲にある。陽極 1 1 及び陰極 1 2 の厚み寸法 L_1 が $0.05\ \text{mm}$ 未満では、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の強度が低下し、衝撃が加えられたときに陽極 1 1 及び陰極 1 2 が容易に破損又は損壊し、その形状を維持することができない場合がある。陽極 1 1 及び陰極 1 2 の厚み寸法 L_1 が $0.5\ \text{mm}$ を超過すると、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の電気抵抗が大きくなり、陽極 1 1 及び陰極 1 2 に電流がスムーズに流れず (プロトン導電性が低く)、陽極 1 1 及び陰極 1 2 が電気分解装置 1 0 に使用されたときに電気分解装置 1 0 において電気分解を効率よく行うことができず、短時間に多量の水素ガスを発生させることができない。

40

【0040】

電気分解装置 1 0 は、それに使用する陽極 1 1 及び陰極 1 2 の厚み寸法 L_1 が $0.05\ \text{mm} \sim 0.5\ \text{mm}$ の範囲にあるから、陽極 1 1 及び陰極 1 2 が高い強度を有してその形状を維持することができ、陽極 1 1 及び陰極 1 2 に衝撃が加えられたときの陽極 1 1 及び陰極 1 2 の破損や損壊を防ぐことができる。更に、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の電気抵抗を小さ

50

くすることができ、陽極 1 1 及び陰極 1 2 に電流がスムーズに流れ（プロトン導電性が高く）、陽極 1 1 及び陰極 1 2 が電気分解装置 1 0 に使用されたときに電気分解装置 1 0 において電気分解を効率よく行うことができ、短時間に多量の水素ガスを発生させることができる。

【0041】

陽極 1 1 及び陰極 1 2（マイクロポーラス構造の薄板状発泡金属電極 2 4）は、その気孔率が 45%～55%の範囲にある。陽極 1 1 及び陰極 1 2 の気孔率が 45%未満では、陽極 1 1 及び陰極 1 2 に多数の微細な連続気孔 2 3（連続通気孔）が形成されず、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の比表面積を大きくすることができない。陽極 1 1 及び陰極 1 2 の気孔率が 55%を超過すると、連続気孔 2 3（連続通気孔）の平均径（開口面積）や前後面 2 1, 2 2 の通流口 2 5 の平均径（開口面積）が必要以上に大きくなり、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の強度が低下し、衝撃が加えられたときに陽極 1 1 及び陰極 1 2 が容易に破損又は損壊し、その形状を維持することができない場合があるとともに、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の触媒作用が低下し、陽極 1 1 及び陰極 1 2 が十分な触媒活性を発揮することができず、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の触媒活性（触媒作用）を有効に利用することができない。

10

【0042】

電気分解装置 1 0 は、それに使用する陽極 1 1 及び陰極 1 2 の気孔率が前記範囲にあるから、陽極 1 1 及び陰極 1 2 が平均径（開口面積）の異なる多数の微細な連続気孔 2 3（平均径が 1～100 μm の範囲、好ましくは、45 μm～55 μm の範囲の連続気孔 2 3）や平均径（開口面積）の異なる多数の微細な前後面 2 1, 2 2 の通流口 2 5（平均径が 1～100 μm の範囲、好ましくは、45 μm～55 μm の範囲の通流口 2 5）を有する多孔質（マイクロポーラス構造）に成形され、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の比表面積を大きくすることができ、それら気孔 2 3 を液体（水）が通流しつつ液体を陽極 1 1 及び陰極 1 2 のそれら気孔 2 3 における接触面に広く接触させることができる。更に、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の触媒作用が向上し、陽極 1 1 及び陰極 1 2 に優れた触媒活性を発揮させることができ、陽極 1 1 及び陰極 1 2 が電気分解装置 1 0 に使用されたときに電気分解装置 1 0 において電気分解を効率よく行うことができ、短時間に多量の水素ガスを発生させることができる。

20

【0043】

陽極 1 1 及び陰極 1 2（マイクロポーラス構造の薄板状発泡金属電極 2 4）は、その密度が 6.0 g/cm²～8.0 g/cm²の範囲、好ましくは、6.5 g/cm²～7.5 g/cm²の範囲にある。陽極 1 1 及び陰極 1 2 の密度が 6.0 g/cm²（6.5 g/cm²）未満では、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の強度が低下し、衝撃が加えられたときに陽極 1 1 及び陰極 1 2 が容易に破損又は損壊し、その形状を維持することができない場合があるとともに、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の触媒作用が低下し、陽極 1 1 及び陰極 1 2 が十分な触媒活性を発揮することができず、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の触媒活性（触媒作用）を有効に利用することができない。陽極 1 1 及び陰極 1 2 の密度が 8.0 g/cm²（7.5 g/cm²）を超過すると、陽極 1 1 及び陰極 1 2 に多数の微細な連続気孔 2 3 や多数の微細な通流口 2 5 が形成されず、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の比表面積を大きくすることができないとともに、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の触媒作用が低下し、陽極 1 1 及び陰極 1 2 が十分な触媒活性を発揮することができず、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の触媒活性（触媒作用）を有効に利用することができない。

30

40

【0044】

電気分解装置 1 0 は、それに使用する陽極 1 1 及び陰極 1 2 の密度が前記範囲にあるから、陽極 1 1 及び陰極 1 2 が平均径（開口面積）の異なる多数の微細な連続気孔 2 3（平均径が 1～100 μm の範囲、好ましくは、45 μm～55 μm の範囲の連続気孔 2 3）や平均径（開口面積）の異なる多数の微細な前後面 2 1, 2 2 の通流口 2 5（平均径が 1～100 μm の範囲、好ましくは、45 μm～55 μm の範囲の通流口 2 5）を有する多孔質（マイクロポーラス構造）に成形され、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の比表面積を大きくすることができ、それら気孔 2 3 を液体（水）が通流しつつ液体を陽極 1 1 及び陰極 1 2 の

50

それら気孔 2 3 における接触面に広く接触させることができ、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の触媒作用を有効かつ最大限に利用することができる。更に、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の触媒作用が向上し、陽極 1 1 及び陰極 1 2 に優れた触媒活性を発揮させることができ、陽極 1 1 及び陰極 1 2 が電気分解装置 1 0 に使用されたときに電気分解装置 1 0 において電気分解を効率よく行うことができ、短時間に多量の水素ガスを発生させることができる。

【 0 0 4 5 】

パーマロイ微粉体 5 2 (粉状に加工された F e - N i パーマロイ 5 0) の粒径は、 $1\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ の範囲、好ましくは、 $30\ \mu\text{m} \sim 60\ \mu\text{m}$ の範囲にある。白金族金属微粉体 5 1 (P t の微粉体 (粉状に加工された P t) 、 P b の微粉状 (粉状に加工された P b) 、 R h の微粉状 (粉状に加工された R h) 、 R u の微粉状 (粉状に加工された R u) 、 I r の微粉状 (粉状に加工された I r) 、 O s の微粉状 (粉状に加工された O s)) の粒径は、 $50\ \text{nm} \sim 80\ \text{nm}$ の範囲にある。

10

【 0 0 4 6 】

パーマロイ微粉体 5 2 の粒径が $1\ \mu\text{m}$ 未満では、パーマロイ微粉体 4 2 によって連続気孔 2 3 (連続通気孔) が塞がれ、陽極 1 1 及び陰極 1 2 に多数の微細な連続気孔 2 3 を形成することができず、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の比表面積を大きくすることができないとともに、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の触媒作用が低下し、陽極 1 1 及び陰極 1 2 が十分な触媒活性を発揮することができず、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の触媒活性 (触媒作用) を有効に利用することができない。パーマロイ微粉体 5 2 の粒径が $100\ \mu\text{m}$ を超過すると、連続気孔 2 3 の平均径 (開口面積) や前後面 2 1 , 2 2 の通流口 2 5 の平均径 (開口面積) が必要以上に大きくなり、陽極 1 1 及び陰極 1 2 に多数の微細な連続気孔 2 3 を形成することができず、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の比表面積を大きくすることができないとともに、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の触媒作用が低下し、陽極 1 1 及び陰極 1 2 が十分な触媒活性を発揮することができず、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の触媒活性 (触媒作用) を有効に利用することができない。

20

【 0 0 4 7 】

電気分解装置 1 0 は、陽極 1 1 及び陰極 1 2 を形成するパーマロイ微粉体 5 2 の粒径が前記範囲にあるから、陽極 1 1 や陰極 1 2 が平均径 (開口面積) の異なる多数の微細な連続気孔 2 3 (平均径が $1 \sim 100\ \mu\text{m}$ の範囲、好ましくは、 $45\ \mu\text{m} \sim 55\ \mu\text{m}$ の範囲の連続気孔 2 3) や平均径 (開口面積) の異なる多数の微細な前後面 2 1 , 2 2 の通流口 2 5 (平均径が $1 \sim 100\ \mu\text{m}$ の範囲、好ましくは、 $45\ \mu\text{m} \sim 55\ \mu\text{m}$ の範囲の通流口 2 5) を有する多孔質 (マイクロポーラス構造) に成形され、陽極 1 1 や陰極 1 2 の比表面積を大きくすることができ、それら気孔 2 3 を液体 (水) が通流しつつ液体を陽極 1 1 及び陰極 1 2 のそれら気孔 2 3 における接触面に広く接触させることができるとともに、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の触媒活性 (触媒作用) を有効かつ最大限に利用することができる。更に、陽極 1 1 及び陰極 1 2 の触媒作用が向上し、陽極 1 1 及び陰極 1 2 に優れた触媒活性を発揮させることができ、陽極 1 1 及び陰極 1 2 が電気分解装置 1 0 に使用されたときに電気分解装置 1 0 において電気分解を効率よく行うことができ、短時間に多量の水素ガスを発生させることができる。

30

【 0 0 4 8 】

陽極 1 1 及び陰極 1 2 (マイクロポーラス構造の薄板状発泡金属電極 2 4) に使用する白金族金属 3 1 の具体例としては、図 9 に示すように、粉状に加工された白金 4 9 (P t) の白金族金属微粉体 5 1 (粒径 : $50\ \text{nm} \sim 80\ \text{nm}$) が使用されている。白金 4 9 と F e - N i パーマロイ 5 0 の微粉体 5 1 , 5 2 とに所定のバインダー 5 3 及び所定の気孔形成材 5 4 (発泡剤) を均一に混合・分散した微粉体混合物 5 5 を作り、その微粉体混合物 5 5 を押出成形又は射出成形によって所定面積の薄板状に成形して薄板状の微粉体混合成形物 5 6 を作り、その微粉体混合成形物 5 6 を脱脂するとともに所定温度で焼結 (焼成) することで、多数の微細な連続気孔 2 3 (平均径が $1 \sim 100\ \mu\text{m}$ の範囲、好ましくは、 $45\ \mu\text{m} \sim 55\ \mu\text{m}$ の範囲の連続気孔 2 3) が形成されているとともに、パーマロイ微粉体 5 2 が溶融結合したパーマロイ溶融物に白金族金属微粉体 5 1 が固定され、連続気泡

40

50

23を画成かつ圍繞するパーマロイ溶融物の表面に白金族金属微粉体52が露出するマイクロポーラス構造の薄板状発泡金属電極24に成形される。

【0049】

図4は、電気分解装置10を使用した電気分解の一例を説明する図であり、図5は、電気分解装置10を利用した水素ガス生成システム27の一例を示す図である。図4に示す電気分解では、水（水溶液）を電気分解し、水素と酸素とを発生させているが、水（ H_2O ）の他に、電気分解装置10を使用して $NaOH$ 水溶液、 H_2SO_4 水溶液、 $NaCl$ 水溶液、 $AgNO_3$ 水溶液、 $CuSO_4$ 水溶液の電気分解が行われる。

【0050】

電気分解装置10における水の電気分解では、図4に矢印で示すように、陽極用貯水槽16及び陰極用貯水槽17に水（ H_2O ）が給水され、陽極主電極18に電源から+の電流が給電されるとともに、陰極主電極19に電源から-の電流が給電される。陽極主電極18に給電された+の電流が陽極給電部材14から陽極11（アノード）に給電され、陰極主電極19に給電された-の電流が陰極給電部材15から陰極12（カソード）に給電される。

【0051】

陽極11（電極）では、 $2H_2O \rightarrow 4H^+ + 4e^- + O_2$ の陽極反応（触媒作用）によって酸素が生成され、陰極12（電極）では、 $4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2$ の陰極反応（触媒作用）によって水素が生成される。プロトン（水素イオン： H^+ ）は、固体高分子電解質膜13内を通過して陽極11から陰極12（電極）へ移動する。固体高分子電解質膜12には、陽極11で生成されたプロトンが通流する。

【0052】

電気分解装置10は、陽極11（電極）や陰極12（電極）がPt31（白金）（白金族金属）を微粉碎した白金族金属微粉体37（粒径：50nm～80nm）を含み、更に、Fe-Niパーマロイ32を微粉碎したパーマロイ微粉体34の仕事関数が白金族元素の仕事関数に近似するように、Fe-Niパーマロイ32におけるFeの含有率（重量比）とNiの含有率（重量比）とが決定されているから、陽極11及び陰極12が白金族元素（白金）を担持した電極と略同一の仕事関数を備え、白金族元素（白金）を担持した電極と略同様の優れた触媒活性（触媒作用）を示し、水の電気分解が効率よく進行する。

【0053】

なお、 $NaOH$ 水溶液の電気分解では、陽極11において $4OH^- \rightarrow 2H_2O + O_2 + 4e^-$ の陽極反応（触媒作用）が起こり、陰極12において $2H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- + H_2$ の陰極反応（触媒作用）が起こる。 H_2SO_4 水溶液の電気分解では、陽極11において $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ の陽極反応（触媒作用）が起こり、陰極12において $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ の陰極反応（触媒作用）が起こる。

【0054】

$NaCl$ 水溶液の電気分解では、陽極11において $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$ の陽極反応（触媒作用）が起こり、陰極12において $2H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- + H_2$ の陰極反応（触媒作用）が起こる。 $AgNO_3$ 水溶液の電気分解では、陽極11において $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ の陽極反応（触媒作用）が起こり、陰極12において $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ の陰極反応（触媒作用）が起こる。 $CuSO_4$ 水溶液の電気分解では、陽極11において $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ の陽極反応（触媒作用）が起こり、陰極12において $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ の陰極反応（触媒作用）が起こる。

【0055】

水素ガス生成システム27は、電気分解装置10と、電気分解装置10の陽極11と陰極12とに電気を給電する直流電源28と、水（純水）を貯水する貯水タンク29と、水（純水）を給水する給水ポンプ30と、酸素気液分離器31と、水（純水）を給水する2台の循環ポンプ32、33と、水素気液分離器34と、水素を貯めるボンベ35（水素タンク）とから形成されている。

【0056】

10

20

30

40

50

水素ガス生成システム 27 は、貯水タンク 29 に貯水された水（純水）が給水ポンプ 30 によって酸素気液分離器 31 に給水され、酸素気液分離器 31 から流出した水が電気分解装置 10 に給水される。直流電源 28 から電気分解装置 10 に電気が給電され、電気分解装置 10 において電気分解が行われることで水が水素と酸素とに分解される。酸素は、酸素気液分離器 31 に流入し、気液分離された後、大気に放出される。酸素気液分離器 31 において気液分離された水は循環ポンプ 32 によって再び電気分解装置 10 に給水される。水素は、水素気液分離器 34 に流入し、気液分離された後、ポンプ 35（水素タンク）に流入する。水素気液分離器 34 おいて気液分離された水は循環ポンプ 33 によって再び電気分解装置 10 に給水される。

【0057】

電気分解装置 10（水素ガス生成システム 27）は、それに使用される陽極 11 及び陰極 12 が各種の白金族金属から選択された少なくとも 1 種類の少量の白金族金属 49（白金 49）と Fe - Ni パーマロイ 50 とから形成され、選択された少なくとも 1 種類の白金族金属 49 を微粉碎した白金族金属微粉体 51 及び Fe - Ni パーマロイ 50 を微粉碎したパーマロイ微粉体 52 に所定のバインダー 53 を均一に混合・分散しつつ所定の気孔形成材 54 を均一に混合・分散し、それら微粉体 51, 52 にバインダー 53 及び気孔形成材 54 を混合した微粉体混合物 55 を所定面積の薄板状に成形した後、所定面積の薄板状に成形した微粉体混合成形物 56 を脱脂・焼結することで、多数の微細な連続気孔 23 が満遍なく均一に形成されたマイクロポラス構造の薄板状発泡金属電極 24 であり、パーマロイ微粉体 52 が熔融結合したパーマロイ溶融物に白金族金属微粉体 51 が固定されているとともに、連続気孔 23 を画成かつ囲繞するパーマロイ溶融物の表面に白金族金属微粉体 51 が露出し、更に、パーマロイ微粉体 52 の仕事関数が白金族元素の仕事関数に近似するように、Fe - Ni パーマロイ 50 における Fe の含有率（重量比）と Ni の含有率（重量比）とが決定されているから、陽極 11 や陰極 12 が白金族金属（白金）を担持した電極と略同一の仕事関数を備え、陽極 11 や陰極 12 が優れた触媒活性（触媒作用）を有し、陽極 11 や陰極 12 が白金族金属（白金）を担持した電極と略同様の触媒活性（触媒作用）を発揮することで、その陽極 11 及び陰極 12 を使用して電気分解を効率よく行うことができ、短時間に多量の水素ガスを発生させることができる。

【0058】

電気分解装置 10（水素ガス生成システム 27）は、それに使用する陽極 11 及び陰極 12 が Fe - Ni パーマロイ 50 を主成分とし、白金族金属 49 の含有量が少ないから、陽極 11 や陰極 12 の材料費を低減させることができ、電気分解装置 10（水素ガス生成システム 27）を廉価に作ることができるとともに、電気分解装置 10（水素ガス生成システム 27）の運転コストを下げるができる。

【0059】

図 6 は、空気極 38（陽極 11）及び燃料極 37（陰極 12）を使用した固体高分子形燃料電池 36 の側面図であり、図 7 は、陽極 11（空気極 38）及び陰極 12（燃料極 37）の起電圧試験の結果を示す図である。図 8 は、陽極 11（空気極 38）及び陰極 12（燃料極 37）の I - V 特性試験の結果を示す図である。図 6 では、負荷 48 が接続された状態を示しているが、起電圧試験では、負荷 48 が存在せず、無負荷である。起電圧試験及び I - V 特性試験では、図 6 に示す固体高分子形燃料電池 36 に電気分解装置 10 において使用した陽極 11（空気極 38）及び陰極 12（燃料極 37）を使用し、無負荷においてその起電圧を測定し、固体高分子形燃料電池 36 に負荷 48 を接続し、その I - V 特性を測定した。

【0060】

固体高分子形燃料電池 36 は、図 6 に示すように、燃料極 37（陰極 12）及び空気極 38（陽極 11）と、燃料極 37 及び空気極 38 の間に位置（介在）する固体高分子電解質膜 39（電極接合体膜）（スルホン酸基を有するフッ素系イオン交換膜）と、燃料極 37 の厚み方向外側に位置するセパレータ 40（バイポーラプレート）と、空気極 38 の厚み方向外側に位置するセパレータ 41（バイポーラプレート）とから形成されている。

【 0 0 6 1 】

それらセパレータ 4 0 , 4 1 には、反応ガス（水素や酸素等）の供給流路が刻設されている（彫り込まれている）。燃料極 3 7 や空気極 3 8 、固体高分子電解質膜 3 9 が厚み方向へ重なり合って一体化し、膜/電極接合体 4 2 (Membrane Electrode Assembly, MEA)を構成し、膜/電極接合体 4 2 をそれらセパレータ 4 0 , 4 1 が挟み込んでいる。固体高分子電解質膜 3 9 は、プロトン導電性があり、電子導電性がない。

【 0 0 6 2 】

燃料極 3 7 とセパレータ 4 0 との間には、ガス拡散層 4 3 が形成され、空気極 3 8 とセパレータ 4 1 との間には、ガス拡散層 4 4 が形成されている。燃料極 3 7 とセパレータ 4 0 との間であってガス拡散層 4 3 の上部及び下部には、ガスシール 4 5 が設置されている。空気極 3 8 とセパレータ 4 1 との間であってガス拡散層 4 4 の上部及び下部には、ガスシール 4 6 が設置されている。

10

【 0 0 6 3 】

固体高分子形燃料電池 3 6 では、燃料極 3 7（陰極 1 2）に水素（燃料）が供給され、空気極 3 8（陽極 1 1）に空気（酸素）が供給される。燃料極 3 7 では、水素が $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ の反応（触媒作用）によってプロトン（水素イオン、 H^+ ）と電子とに分解される。その後、プロトンが固体高分子電解質膜 3 9 内を通過して燃料極 3 7 から空気極 3 8 へ移動し、電子が導線 4 7 内を通過して空気極 3 8 へ移動する。固体高分子電解質膜 3 9 には、燃料極 3 7 で生成されたプロトンが通流する。空気極 3 8 では、固体高分子電解質膜 3 9 から移動したプロトンと導線 4 7 を移動した電子とが空気中の酸素と反応し、 $4H^+ + O_2 + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ の反応によって水が生成される。

20

【 0 0 6 4 】

固体高分子形燃料電池 3 6 は、燃料極 3 7（陰極 1 2）及び空気極 3 8（陽極 1 2）が Pt 3 1（白金）（白金族金属）を微粉碎した白金族金属微粉体 3 7（粒径：50 nm ~ 80 nm）を含み、更に、Fe - Ni パーマロイ 50 を微粉碎したパーマロイ微粉体 5 2 の仕事関数が白金族元素の仕事関数に近似するように、Fe - Ni パーマロイ 50 における Fe の含有率（重量比）と Ni の含有率（重量比）とが決定されているから、燃料極 3 7 及び空気極 3 8 が白金族元素（白金）を担持した電極と略同一の仕事関数を備え、白金族元素（白金）を担持した電極と略同様の優れた触媒活性（触媒作用）を示し、水素がプロトンと電子とに効率よく分解される。

30

【 0 0 6 5 】

起電圧試験では、水素ガスを注入してから 1 5 分の間、電極（燃料極 3 7 や空気極 3 8）と電極（燃料極 3 7 や空気極 3 8）との間（電極間）の電圧（V）を測定した。図 7 の起電圧試験の結果を示す図では、横軸に測定時間（min）を表し、縦軸に電極（燃料極 3 7 や空気極 3 8）と電極（燃料極 3 7 や空気極 3 8）との間（電極間）の電圧（V）を表す。燃料極 3 7（陰極 1 2）及び空気極 3 8（陽極 1 1）を使用した固体高分子形燃料電池 3 6 では、図 7 に示すように、電極間の電圧が 1 . 0 7（V）~ 1 . 0 8 8（V）であった。

【 0 0 6 6 】

I - V 特性試験では、電極（燃料極 3 7 や空気極 3 8）と電極（燃料極 3 7 や空気極 3 8）との間（電極間）に負荷 4 8 を接続し、電圧と電流との関係を測定した。図 8 の I - V 特性試験の結果を示す図では、横軸に電流（A）を表し、縦軸に電圧（V）を表す。燃料極 3 7（陰極 1 2）及び空気極 3 8（陽極 1 1）を使用した固体高分子形燃料電池 3 6 では、図 8 に示すように、緩やかな電圧降下が認められた。図 7 の起電圧試験の結果や図 8 の I - V 特性試験の結果に示すように、燃料極 3 7（陰極 1 2）及び空気極 3 8（陽極 1 2）が電子を放出させて水素イオンとなる反応を促進させる優れた触媒作用を有するとともに、優れた酸素還元機能（触媒作用）を有することが確認された。

40

【 0 0 6 7 】

図 9 は、電気分解装置 1 0 及び固体高分子形燃料電池 3 6 に使用する陽極 1 1（空気極 3 8）及び陰極 1 2（燃料極 3 7）の製造方法を説明する図である。陽極 1 1（空気極 3

50

８）及び陰極１２（燃料極３７）は、図９に示すように、含有率決定工程Ｓ１、微粉体作成工程Ｓ２、微粉体混合物作成工程Ｓ３、微粉体混成形物作成工程Ｓ４、薄板状発泡金属電極作成工程Ｓ５を有する電極製造方法によって製造される。電極製造方法では、白金族金属４９とＦｅ－Ｎｉパーマロイ５０とを原料として陽極１１（空気極３８）及び陰極１２（燃料極３７）を製造する。なお、白金族金属４９として白金４９（Ｐｔ）が使用されたものとする。

【００６８】

含有率決定工程Ｓ１では、Ｆｅ－Ｎｉパーマロイ５０を微粉碎したパーマロイ微粉体５２の仕事関数が白金族元素の仕事関数に近似するように、Ｆｅ－Ｎｉパーマロイ５０におけるＦｅ（鉄）の含有率とＮｉ（ニッケル）の含有率とを決定する。Ｆｅ－Ｎｉパーマロイ５０におけるＦｅの含有率は、４５％～５５％の範囲、好ましくは、４９％～５１％の範囲で決定され、Ｆｅ－Ｎｉパーマロイ５０におけるＮｉの含有率は、４５％～５５％の範囲、好ましくは、４９％～５１％の範囲で決定される。

10

【００６９】

微粉体作成工程Ｓ２では、各種の白金族金属の中から選択された少なくとも１種類の白金族金属４９（白金４９）を微粉碎して白金族金属微粉体５１を作り、含有率決定工程Ｓ１によって決定した含有率のＦｅ及びＮｉから形成されたＦｅ－Ｎｉパーマロイ５０を微粉碎してパーマロイ微粉体５２を作る。微粉碎機によって白金４９（Ｐｔ）を５０ｎｍ～８０ｎｍの粒径に微粉碎し、粒径が５０ｎｍ～８０ｎｍの白金族金属微粉体５１を作り、微粉碎機によってＦｅ－Ｎｉパーマロイ５０を１μｍ～１００μｍの粒径、好ましくは、３０μｍ～６０μｍの粒径に微粉碎し、粒径が１μｍ～１００μｍ、好ましくは、粒径が３０μｍ～６０μｍのパーマロイ微粉体５１を作る。

20

【００７０】

電極製造方法は、Ｆｅ－Ｎｉパーマロイ５０を１μｍ～１００μｍの粒径、好ましくは、３０μｍ～６０μｍの粒径に微粉碎することで、多数の微細な連続気孔２３（連続通気孔）を有する多孔質に成形されて比表面積が大きいマイクロポラス構造かつ薄板状発泡金属電極２４を作ることができ、それら連続気孔２３を液体（水）や気体（酸素及び水素）が通流しつつ液体を液体（水）や気体（酸素及び水素）陽極１１（空気極３８）及び陰極１２（燃料極３７）のそれら気孔２３における接触面に広範囲に接触させることが可能な陽極１１（空気極３８）及び陰極１２（燃料極３７）を作ることができる。

30

【００７１】

微粉体混合物作成工程Ｓ３では、微粉体作成工程Ｓ２によって作成した白金族金属微粉体５１及びパーマロイ微粉体５２に所定のバインダー５３及び所定の気孔形成材５４を加え、白金族金属微粉体５１及びパーマロイ微粉体５２にバインダー５３と気孔形成材５４とを均一に混合・分散して微粉体混合物５５を作る。微粉体混合物作成工程Ｓ３によって作られた微粉体混合物５５では、白金族金属微粉体５１とパーマロイ微粉体５２とを混合した微粉体混合物５５の全重量（１００％）に対する白金族金属微粉体５１の重量比（含有率）を４重量％～１０重量％の範囲、好ましくは、５重量％～８重量％の範囲で決定し、白金族金属微粉体５１とパーマロイ微粉体５２とを混合した微粉体混合物５５の全重量（１００％）に対するパーマロイ微粉体５２の重量比（含有率）を９０重量％～９６重量％の範囲、好ましくは、９２重量％～９５重量％の範囲で決定する。電極製造方法は、白金族金属微粉体５１とパーマロイ微粉体５２とを混合した微粉体混合物５５の全重量に対する白金族金属微粉体５１の重量比が前記範囲にあるから、高価な白金族金属４９（白金４９）の含有量が少なく、陽極１１（空気極３８）及び陰極１２（燃料極３７）を廉価に作ることができる。

40

【００７２】

微粉体混合物作成工程Ｓ３では、決定した重量比の白金４９（Ｐｔ）の白金族金属微粉体５１と決定した重量比のＦｅ－Ｎｉパーマロイ５０のパーマロイ微粉体５２とバインダー５３（粉状の樹脂系バインダー）とを混合機又は攪拌機に投入し、混合機又は攪拌機によって白金４９の白金族金属微粉体５１、Ｆｅ－Ｎｉパーマロイ５０のパーマロイ微粉体

50

５２、バインダー５３を攪拌・混合し、白金族金属微粉体５１、パーマロイ微粉体５２、バインダー５３が均一に混合・分散した微粉体混合物５５（発泡金属成形材）を作る。次に、微粉体混合物５５に所定量の気孔形成材５４（粉体の発泡剤）を混入（添加）する。所定量の気孔形成材５４を混合機又は攪拌機に投入し、混合機又は攪拌機によって微粉体混合物５５に気孔形成材５４を均一に混合・分散させた微粉体混合物５５（発泡金属成形材料）を作る。気孔形成材５４（粉体の発泡剤）の混入量（添加量）によって陽極１１（空気極３８）及び陰極１２（燃料極３７）に形成される連続気孔２５の平均径や気孔率が決まる。

【００７３】

微粉体混合成形物作成工程Ｓ４では、微粉体混合物作成工程Ｓ３によって作られた微粉体混合物５５（発泡金属成形材料）を射出成形機（図示せず）又は押出成形機（図示せず）に投入し、微粉体混合物５５を射出成形機によって射出成形し、又は、微粉体混合物５５を押出成形機によって押し出し成形し、微粉体混合物５５を所定面積の薄板状（厚み寸法Ｌ１が０．０５ｍｍ～０．５ｍｍの範囲）に成形した微粉体混合成形物５６（発泡金属成形物）を作る。

【００７４】

薄板状発泡金属電極作成工程Ｓ５では、微粉体混合成形物作成工程Ｓ４の射出成形又は押出成形によって作られた微粉体混合成形物５６（発泡金属成形物）を脱脂し、脱脂した微粉体混合成形物５６を焼成炉（燃焼炉、電気炉等）に投入し、微粉体混合成形物５６を焼成炉において所定温度で所定時間焼結（焼成）し、多数の微細な連続気孔２３（連続通気孔）が満遍なく均一に形成され、溶融結合したパーマロイ微粉体５２のパーマロイ溶融物に白金族金属微粉体５１が固定されているとともに、連続気泡２３を画成かつ囲繞するパーマロイ溶融物の表面に白金族金属微粉体５１が露出するマイクロポーラス構造の薄板状発泡金属電極２４（厚み寸法Ｌ１が０．０５ｍｍ～０．５ｍｍの陽極１１（空気極３８）及び陰極１２（燃料極３７）を作る。

【００７５】

焼結（焼成）温度は、９００～１４００である。焼結（焼成）時間は、２時間～６時間である。薄板状発泡金属電極作成工程Ｓ５では、所定面積の薄板状に成形した微粉体混合成形物５６（発泡金属成形物）の焼結時において、微粉体混合成形物５６の内部において気孔形成材５４（粉体の発泡剤）が発泡した後、気孔形成材５４が微粉体混合成形物５６の内部から消失し、多数の微細な連続気孔２３（連続通気孔）が形成されたマイクロポーラス構造の薄板状発泡金属電極２４（厚み寸法Ｌ１が０．０５ｍｍ～０．５ｍｍの陽極１１（空気極３８）及び陰極１２（燃料極３７）が製造される。

【００７６】

電極製造方法は、射出成形又は押出成形によって白金族金属４９（白金４９）の白金族金属微粉体５１とＦｅ－Ｎｉパーマロイ５０のパーマロイ微粉体５２とがバインダー５３を介して連結され、射出成形又は押出成形によって作られた微粉体混合成形物５６（発泡金属成形物）を脱脂した後、所定温度で焼結（焼成）することで、多数の微細な連続気孔２３（連続通気孔）を有するマイクロポーラス構造の薄板状発泡金属電極２４（厚み寸法Ｌ１が０．０５ｍｍ～０．５ｍｍの陽極１１（空気極３８）及び陰極１２（燃料極３７）を作ることができるとともに、高い強度を有して形状を維持することができ、衝撃が加えられたときの破損や損壊を防ぐことが可能な白金族金属少含有の陽極１１（空気極３８）及び陰極１２（燃料極３７）を作ることができる。電極製造方法は、厚み寸法が０．０５ｍｍ～０．５ｍｍの範囲の陽極１１（空気極３８）及び陰極１２（燃料極３７）を作ることができるから、電気抵抗が小さく電流をスムーズに流すことが可能（プロトン導電性がある）な陽極１１（空気極３８）及び陰極１２（燃料極３７）を作ることができる。

【００７７】

電極製造方法は、Ｆｅ－Ｎｉパーマロイ５０を微粉碎したパーマロイ微粉体５２の仕事関数が白金族元素の仕事関数に近似するように、Ｆｅ－Ｎｉパーマロイ５０におけるＦｅ（鉄）の含有率とＮｉ（ニッケル）の含有率とを決定する含有率決定工程Ｓ１と、各種の

10

20

30

40

50

白金族金属の中から選択された少なくとも１種類の白金族金属４９（白金４９）を微粉碎して白金族金属微粉体５１（白金４９の白金族金属微粉体５１）を作り、含有率決定工程によって決定した含有率のＦｅ及びＮｉから形成されたＦｅ－Ｎｉパーマロイ５０を微粉碎してパーマロイ微粉体５２を作る微粉体作成工程Ｓ２と、微粉体作成工程Ｓ２によって作成した白金族金属微粉体５１及びパーマロイ微粉体５２に所定のバインダー５３及び所定の気孔形成材５４を加え、白金族金属微粉体５１及びパーマロイ微粉体５２にバインダー５３と気孔形成材５４とを均一に混合・分散して微粉体混合物５５（発泡金属成形材料）を作る微粉体混合物作成工程Ｓ３と、微粉体混合物作成工程Ｓ３によって作成した微粉体混合物５５を薄板状に成形（押出成形又は射出成形）して微粉体混合成形物５６（発泡金属成形材料）を作る微粉体混合成形物作成工程Ｓ４と、微粉体混合成形物作成工程Ｓ４によって作成した微粉体混合成形物５６を脱脂するとともに微粉体混合成形物５６を所定温度で焼結し、多数の微細な連続気孔２３が満遍なく均一に形成され、溶融結合したパーマロイ微粉体５２のパーマロイ溶融物に白金族金属微粉体５１が固定されているとともに、連続気泡２３を画成かつ囲繞するパーマロイ溶融物の表面に白金族金属微粉体５１が露出するマイクロポーラス構造の薄板状発泡金属電極２４を作る薄板状発泡金属電極作成工程Ｓ５との各工程によって陽極１１（空気極３８）及び陰極１２（燃料極３７）を製造するから、それら工程Ｓ１～Ｓ５によって厚み寸法Ｌ１が０．０５ｍｍ～０．５ｍｍの範囲であって多数の微細な連続気孔２３（連続通気孔）を形成した陽極１１（空気極３８）及び陰極１２（燃料極３７）（マイクロポーラス構造薄板状発泡金属電極２４）を製造することができ、陽極１１（空気極３８）及び陰極１２（燃料極３７）を廉価に作ることができる。

10

20

【００７８】

電極製造方法は、白金族元素（白金）を担持した電極と略同様の優れた触媒活性（触媒作用）を発揮することができるとともに、優れた触媒活性（触媒作用）を有して触媒機能を十分かつ確実に利用することが可能であって、電気分解装置１０及び固体高分子形燃料電池３６に好適に使用することが可能な白金族金属少含有の陽極１１（空気極３８）及び陰極１２（燃料極３７）を作ることができる。電極製造方法は、それによって作られた陽極１１及び陰極１２が白金族元素を担持した電極と略同様の優れた触媒活性（触媒作用）を発揮するから、電気分解装置１０において電気分解を効率よく行うことができ、短時間に多量の水素ガスを発生させることが可能な白金族金属少含有の陽極１１及び陰極１２を作ることができる。

30

【符号の説明】

【００７９】

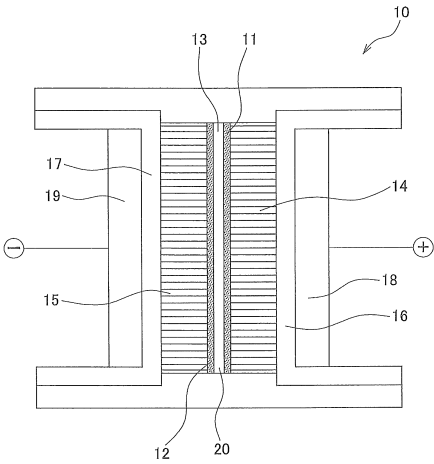
- １０ 電気分解装置
- １１ 陽極（電極）
- １２ 陰極（電極）
- １３ 固体高分子電解質膜
- １４ 陽極給電部材
- １５ 陰極給電部材
- １６ 陽極用貯水槽
- １７ 陰極用貯水槽
- １８ 陽極主電極
- １９ 陰極主電極
- ２０ 膜／電極接合体
- ２１ 前面
- ２２ 後面
- ２３ 連続気孔（連続通気孔）
- ２４ マイクロポーラス構造の薄板状発泡金属電極
- ２５ 通流口
- ２６ 外周縁

40

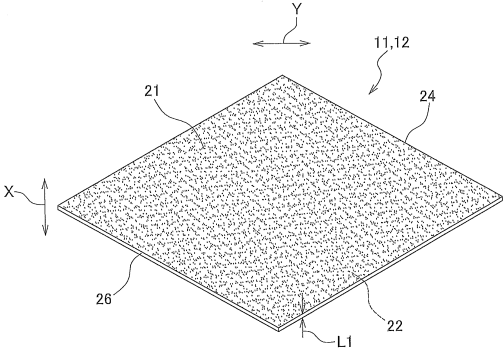
50

2 7	水素ガス生成システム	
2 8	直流電源	
2 9	貯水タンク	
3 0	給水ポンプ	
3 1	酸素気液分離器	
3 2	循環ポンプ	
3 3	循環ポンプ	
3 4	水素気液分離器	
3 5	ポンベ	
3 6	固体高分子形燃料電池	10
3 7	燃料極	
3 8	空気極	
3 9	固体高分子電解質膜	
4 0	セパレータ	
4 1	セパレータ	
4 2	膜/電極接合体	
4 3	ガス拡散層	
4 4	ガス拡散層	
4 5	ガスシール	
4 6	ガスシール	20
4 7	導線	
4 8	負荷	
4 9	白金族金属（白金）	
5 0	F e - N i パーマロイ	
5 1	白金族金属微粉体	
5 2	パーマロイ微粉体	
5 3	バインダー	
5 4	気孔形成材（発泡剤）	
5 5	微粉体混合物	
5 6	微粉体混合成形物（発泡金属成形物）	30
L 1	厚み寸法	
S 1	含有率決定工程	
S 2	微粉体作成工程	
S 3	微粉体混合物作成工程	
S 4	微粉体混合成形物作成工程	
S 5	薄板状発泡金属電極作成工程	

【図面】
【図 1】



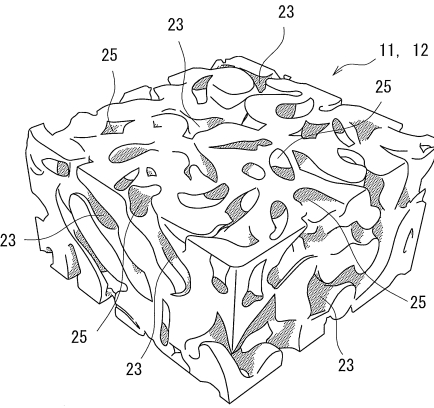
【図 2】



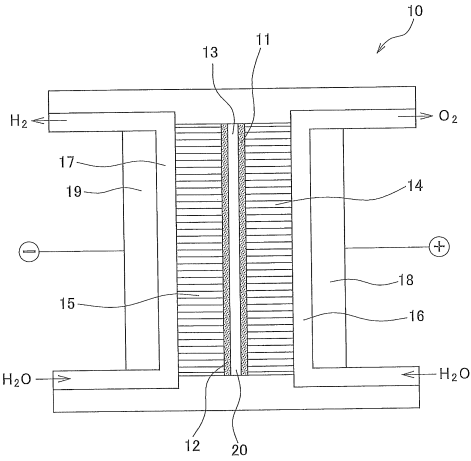
10

20

【図 3】



【図 4】

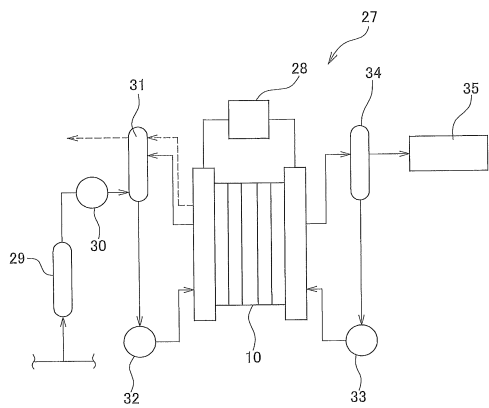


30

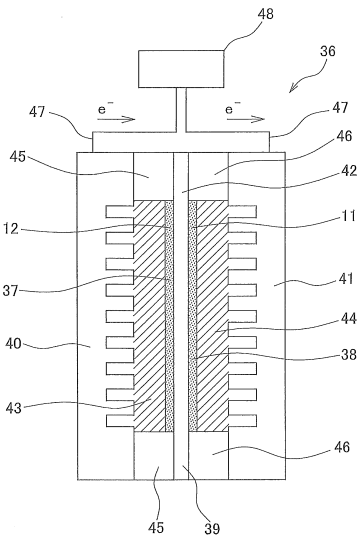
40

50

【図 5】



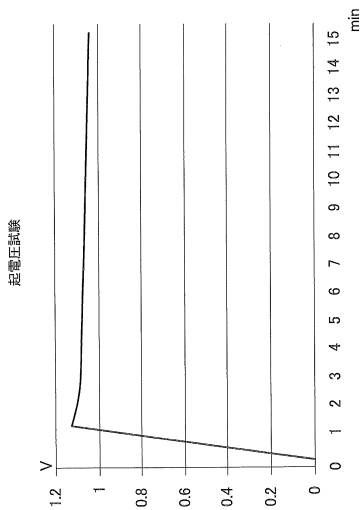
【図 6】



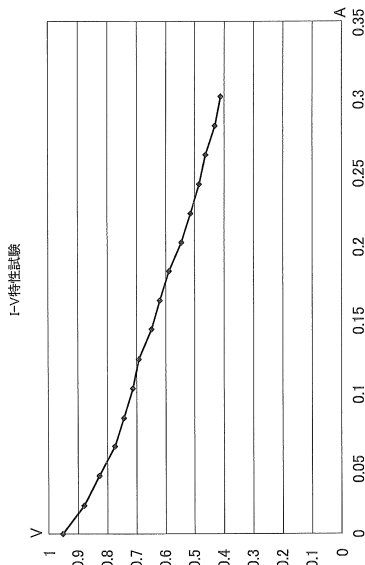
10

20

【図 7】



【図 8】

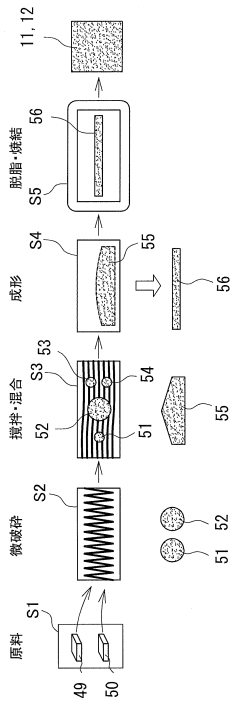


30

40

50

【図 9】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類		F I		
C 0 1 B	3/04 (2006.01)	C 0 1 B	3/04	R
H 0 1 M	8/10 (2016.01)	H 0 1 M	8/10	1 0 1
H 0 1 M	4/92 (2006.01)	H 0 1 M	4/92	
H 0 1 M	4/90 (2006.01)	H 0 1 M	4/90	M
H 0 1 M	4/88 (2006.01)	H 0 1 M	4/88	K
H 0 1 M	4/86 (2006.01)	H 0 1 M	4/86	M

- (56)参考文献
- 特開昭 5 5 - 1 5 8 2 8 7 (J P , A)
 - 特開 2 0 0 9 - 1 0 2 6 6 9 (J P , A)
 - 特開 2 0 1 7 - 0 9 5 7 4 6 (J P , A)
 - 特表 2 0 0 9 - 5 0 8 3 1 8 (J P , A)
 - 特開 2 0 1 4 - 0 1 3 7 6 0 (J P , A)
 - 特開 2 0 1 8 - 1 9 0 5 9 2 (J P , A)
 - 特表 2 0 0 8 - 5 2 3 5 6 1 (J P , A)
 - 特開 2 0 0 6 - 0 3 2 2 5 1 (J P , A)
 - 特開 2 0 1 8 - 1 8 8 7 0 1 (J P , A)

- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- C 2 5 B 1 / 0 0 - 1 5 / 0 8
 - B 0 1 J 2 1 / 0 0 - 3 8 / 7 4
 - C 0 1 B 3 / 0 0 - 3 / 5 8
 - H 0 1 M 8 / 0 0 - 8 / 2 4 9 5
 - H 0 1 M 4 / 8 6 - 4 / 9 8