

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2024-35612

(P2024-35612A)

(43)公開日

令和6年3月14日(2024. 3. 14)

(51)Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 5 B 11/03 (2021. 01)	C 2 5 B 11/03	4 K 0 1 1
C 2 5 B 11/042 (2021. 01)	C 2 5 B 11/042	4 K 0 2 1
C 2 5 B 11/046 (2021. 01)	C 2 5 B 11/046	5 E 0 7 8
C 2 5 B 1/04 (2021. 01)	C 2 5 B 1/04	5 H 0 1 7
H 0 1 M 4/86 (2006. 01)	H 0 1 M 4/86 M	5 H 0 1 8

審査請求 未請求 請求項の数 6 OL (全 11 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2022-140190(P2022-140190)

(22)出願日 令和4年9月2日(2022. 9. 2)

(出願人による申告) 2018年度、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発/アルカリ水電解及び固体高分子形水電解の高度化委託研究、産業技術力強化法第17条の適用を受ける特許出願

(71)出願人 000006264

三菱マテリアル株式会社
東京都千代田区丸の内三丁目2番3号

(71)出願人 504182255

国立大学法人横浜国立大学
神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79番1号

(74)代理人 100149548

弁理士 松沼 泰史

(74)代理人 100175802

弁理士 寺本 光生

(74)代理人 100142424

弁理士 細川 文広

(74)代理人 100140774

弁理士 大浪 一徳

最終頁に続く

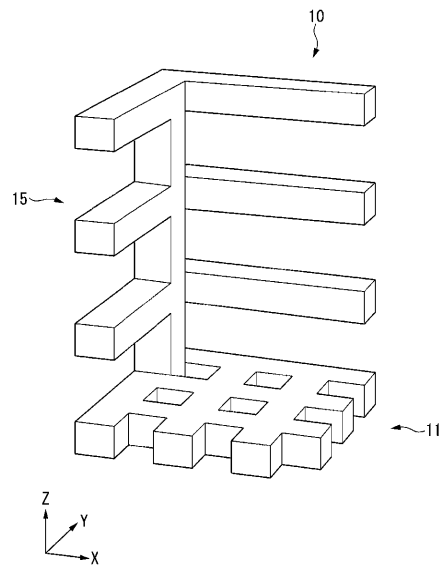
(54)【発明の名称】 3次元規則骨格を有する電極、水電解装置、燃料電池

(57)【要約】

【課題】触媒層等の他の部材との接触抵抗が低く、且つ、気泡の抜けが良く、電解効率に優れた3次元規則骨格を有する電極を提供する。

【解決手段】3次元規則骨格を有する電極10であって、厚さ方向に複数の貫通孔を有する井型シート層11と、この井型シート層11の厚さ方向に積層された直方体形状格子層15と、を有し、井型シート層11の空隙率が20%以上70%以下の範囲内とされ、直方体形状格子層15の空隙率が70%以上99%以下の範囲内とされており、井型シート層11の厚みが10 μ m以上500 μ m以下の範囲内とされ、直方体形状格子層15の厚みが100 μ m以上5000 μ m以下の範囲内とされている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

厚さ方向に複数の貫通孔を有する井型シート層と、この井型シート層の厚さ方向に積層された直方体形状格子層と、を有し、

前記井型シート層の空隙率が20%以上70%以下の範囲内とされ、前記直方体形状格子層の空隙率が70%以上99%以下の範囲内とされており、

前記井型シート層の厚みが100 μm 以上500 μm 以下の範囲内とされ、前記直方体形状格子層の厚みが1000 μm 以上5000 μm 以下の範囲内とされていることを特徴とする3次元規則骨格を有する電極。

【請求項 2】

前記直方体形状格子層において、骨格径が50 μm 以上1000 μm 以下の範囲内とされ、骨格のピッチが100 μm 以上5000 μm 以下の範囲内とされていることを特徴とする請求項1に記載の3次元規則骨格を有する電極。

【請求項 3】

アルミニウムまたはアルミニウム合金、銅または銅合金、ステンレス、チタンまたはチタン合金のいずれか一種の金属からなることを特徴とする請求項1に記載の3次元規則骨格を有する電極。

【請求項 4】

水の電解時における電流密度が2.5 A/cm²以上であることを特徴とする請求項1に記載の3次元規則骨格を有する電極。

【請求項 5】

請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の3次元規則骨格を有する電極を備えたことを特徴とする水電解装置。

【請求項 6】

請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の3次元規則骨格を有する電極を備えたことを特徴とする燃料電池。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、3次元規則骨格を有する電極、水電解装置、燃料電池に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

脱CO₂社会実現に向け、化石エネルギーの代替として、太陽光や風量エネルギーをはじめとする再生可能エネルギーが着目されて久しい。しかしながら、(1)巨大な太陽光や風力発電施設などのエネルギー供給地から、エネルギー消費地である都市部へのエネルギー輸送方法、(2)電力網に入れることのできない余剰電力や、電力需要ピークと供給ピークの時間差に起因する電力ロス、など、再生可能エネルギーのさらなる普及には多くの課題がある。解決に向けた一策として、余剰の再生可能エネルギーから得られる電気エネルギーを、水電解装置にて化学エネルギー(化合物)に変換し、化石代替エネルギーとして利用する方法が検討されている。水素やメチルシクロヘキサンがその化合物として有名である。

【0003】

水電解装置を高効率化するためには、電極・触媒・イオン伝導体の3相界面面積を増やすことが重要である。一般的な触媒層は平面構造であるため、3相界面を増やすためには、平板電極を用いることが望ましい。しかしながら例えば水電解装置のアノードでは、水の電解により生成した酸素気泡が3相界面を被覆することにより、原料の水の供給が阻害され抵抗が低下する。酸素気泡を3相界面から効率よく離脱させるためには、高气孔率な金属多孔質体を電極として用いることが望ましい。3相界面の面積の最大化と気泡の脱離促進というトレードオフの関係を改善し、電解効率の向上が可能な電極構造の開発が行われている。

10

20

30

40

【 0 0 0 4 】

電極としては、例えば特許文献 1 に開示されているように、平板に緻密な貫通孔を設けた電極が開発されている。この構造は、触媒層との接触面積が大きく、広い 3 相界面を有するが、気泡の抜け性が低い。

また、特許文献 2 には、チタン粒子を焼結させることで作製した電極が提案されているが、気泡の抜け性に課題がある。

【 0 0 0 5 】

これら課題を解決する手法として、近年では、金属粉末を原料とする積層造形技術が着目されている。

例えば、特許文献 3 , 4 では、電子ビームをエネルギー源として、金属粉末を溶融して積層造形することにより、燃料電池向けのセパレータを開発する技術が公開されている。

10

【 先行技術文献 】**【 特許文献 】****【 0 0 0 6 】**

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 9 - 1 3 7 8 9 1 号公報

【 特許文献 2 】 特許第 6 4 8 5 9 6 7 号公報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 2 1 - 1 0 8 2 5 0 号公報

【 特許文献 4 】 特開 2 0 2 1 - 1 0 8 2 5 1 号公報

【 発明の概要 】**【 発明が解決しようとする課題 】**

20

【 0 0 0 7 】

ところで、電解装置の電極においては、多孔質体の気孔径が重要となる。電極の気孔径が大きすぎると触媒層等の他の部材との接触抵抗が大きくなり、電解効率が低下してしまう。一方、電極の気孔径が小さすぎると気泡の抜けが悪くなり、やはり、電解効率が低下してしまう。

ここで、特許文献 3 , 4 に記載されたように、電子ビームやレーザーをエネルギー源として用いた場合、金属粉末原料の溶融範囲の制御が難しく、気孔を精度良く形成することができなかった。特に、電極として重要な 1 0 0 μ m オーダーの比較的小径の気孔を周期的に造形することは非常に困難であった。

【 0 0 0 8 】

30

本発明は、以上のような事情を背景としてなされたものであって、触媒層等の他の部材との接触抵抗が低く、且つ、気泡の抜けが良く、電解効率に優れた 3 次元規則骨格を有する電極、この 3 次元規則骨格構造を有する電極を備えた水電解装置、燃料電池を提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】**【 0 0 0 9 】**

このような課題を解決して、前記目的を達成するために、本発明の態様 1 の 3 次元規則骨格を有する電極は、厚さ方向に複数の貫通孔を有する井型シート層と、この井型シート層の厚さ方向に積層された直方体形状格子層と、を有し、前記井型シート層の空隙率が 2 0 % 以上 7 0 % 以下の範囲内とされ、前記直方体形状格子層の空隙率が 7 0 % 以上 9 9 % 以下の範囲内とされており、前記井型シート層の厚みが 1 0 μ m 以上 5 0 0 μ m 以下の範囲内とされ、前記直方体形状格子層の厚みが 1 0 0 μ m 以上 5 0 0 0 μ m 以下の範囲内とされていることを特徴としている。

40

【 0 0 1 0 】

本発明の態様 1 の 3 次元規則骨格を有する電極によれば、厚さ方向に複数の貫通孔を有する井型シート層と、この井型シート層の厚さ方向に積層された直方体形状格子層と、を有しているので、流路構造と給電体構造とが一体化されており、接触抵抗が低く、かつ、気泡の抜けが良くなり、電解効率を大幅に向上させることが可能となる。

そして、井型シート層の厚みが 1 0 μ m 以上 5 0 0 μ m 以下の範囲内とされているので、直方体形状格子層を支持する強度を確保でき、かつ、気泡の抜けを良くすることができ

50

る。また、直方体形状格子層の厚みが $100\mu\text{m}$ 以上 $5000\mu\text{m}$ 以下の範囲内とされているので、井型シート層および直方体形状格子層での気泡の抜けを良くすることができる。

また、前記井型シート層の空隙率が 20% 以上 70% 以下の範囲内とされているので、直方体形状格子層を支持する面積を確保でき、かつ、気泡の抜けを良くすることができる。また、直方体形状格子層の空隙率が 70% 以上 99% 以下の範囲内とされているので、直方体形状格子層の強度を確保できるとともに、直方体形状格子層での気泡の抜けを良くすることができる。

【0011】

本発明の態様2は、態様1の3次元規則骨格を有する電極において、前記直方体形状格子層において、骨格径が $50\mu\text{m}$ 以上 $1000\mu\text{m}$ 以下の範囲内とされ、骨格のピッチが $100\mu\text{m}$ 以上 $5000\mu\text{m}$ 以下の範囲内とされていることを特徴としている。

本発明の態様2の3次元規則骨格を有する電極によれば、前記直方体形状格子層において、骨格径が $50\mu\text{m}$ 以上 $1000\mu\text{m}$ 以下の範囲内とされているので、強度を十分に確保することができるとともに、微細な周期構造となり、触媒等の他の部材との接触面積を確保することが可能となる。

また、前記直方体形状格子層において、骨格のピッチが $100\mu\text{m}$ 以上 $5000\mu\text{m}$ 以下の範囲内とされているので、直方体形状格子層の強度を確保できるとともに、直方体形状格子層における気泡の抜けをさらに良くすることができる。

【0012】

本発明の態様3は、態様1または態様2の3次元規則骨格を有する電極において、アルミニウムまたはアルミニウム合金、銅又は銅合金、ステンレス、チタンまたはチタン合金のいずれか一種の金属からなることを特徴としている。

本発明の態様3の3次元規則骨格を有する電極によれば、アルミニウムまたはアルミニウム合金、銅又は銅合金、ステンレス、チタンまたはチタン合金のいずれか一種の金属で構成されているので、導電性、耐食性等の要求特性に応じた3次元規則骨格を有する電極を提供することができる。

【0013】

本発明の態様4は、態様1から態様3のいずれかひとつの3次元規則骨格を有する電極において、水の電解時における電流密度が $2.5\text{A}/\text{cm}^2$ 以上であることを特徴としている。

本発明の態様4の3次元規則骨格を有する電極によれば、水の電解時における電流密度が $2.5\text{A}/\text{cm}^2$ 以上であるので、電極としての特性に優れている。

【0014】

本発明の態様5の水電解装置は、態様1から態様4のいずれかひとつの3次元規則骨格構造を有する電極を備えたことを特徴とする。

本発明の態様5の水電解装置によれば、上述の3次元規則骨格構造を有する電極を備えているので、他の部材との接触抵抗が低く、且つ、気泡の抜けが良くなり、効率良く安定して水電解装置を稼働させることが可能となる。

【0015】

本発明の態様6の燃料電池は、態様1から態様4のいずれかひとつの3次元規則骨格構造を有する電極を備えたことを特徴とする。

本発明の態様6の燃料電池によれば、上述の3次元規則骨格構造を有する電極を備えているので、他の部材との接触抵抗が低く、且つ、気泡の抜けが良くなり、効率良く安定して燃料電池を稼働させることが可能となる。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、触媒層等の他の部材との接触抵抗が低く、且つ、気泡の抜けが良く、電解効率に優れた3次元規則骨格を有する電極、この3次元規則骨格構造を有する電極を備えた水電解装置、燃料電池を提供することができる。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の実施形態である3次元規則骨格を有する電極の一例を示す説明図である。

【図2】図1に示す3次元規則骨格を有する電極の製造方法の一例を示すフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下に、本発明の実施形態である3次元規則骨格を有する電極について、添付した図面を参照して説明する。

10

【0019】

本実施形態である3次元規則骨格を有する電極10は、例えば、固体高分子形燃料電池(PEFC)のカソード電極、水電解装置のアノード電極、リチウムイオン電池やリチウムイオンキャパシタ向け電極材として使用されるものである。

【0020】

本実施形態である3次元規則骨格を有する電極10は、3次元規則骨格構造を有しており、図1に示すように、厚さ方向に複数の貫通孔を有する井型シート層11と、この厚さ方向に積層された直方体形状格子層15と、を備えている。

本実施形態においては、図1に示すように、井型シート層11は、XY平面に沿って延在しており、Z軸方向に貫通する貫通孔が形成されている。

20

そして、本実施形態では、直方体形状格子層15は、XY平面で正方形の骨格を持ち、井型シート層11のZ軸方向上部に積層されている。

【0021】

そして、井型シート層11の空隙率N1が20%以上70%以下の範囲内とされ、井型シート層11の厚みt1(Z方向厚さ)が10μm以上500μm以下の範囲内とされている。

なお、井型シート層11の空隙率N1は、以下の式で算出される。

$$N1(\%) = (1 - (W1 / (V1 \times D1\tau))) \times 100$$

W1：井型シート層11の質量(g)

V1：井型シート層11の体積(cm³)

D1τ：井型シート層11を構成する金属の真密度(g/cm³)

30

【0022】

また、直方体形状格子層15の空隙率N2が70%以上99%以下の範囲内とされ、直方体形状格子層15の厚みt2(Z方向厚さ)が100μm以上5000μm以下の範囲内とされている。

なお、直方体形状格子層15の空隙率N2は、以下の式で算出される。

$$N2(\%) = (1 - (W2 / (V2 \times D2\tau))) \times 100$$

W2：直方体形状格子層15の質量(g)

V2：直方体形状格子層15の体積(cm³)

D2τ：直方体形状格子層15を構成する金属の真密度(g/cm³)

40

【0023】

ここで、本実施形態である3次元規則骨格を有する電極10においては、直方体形状格子層15において、骨格径が50μm以上1000μm以下の範囲内とされ、骨格のピッチが100μm以上5000μm以下の範囲内とされていることが好ましい。

【0024】

なお、本実施形態である3次元規則骨格を有する電極10においては、アルミニウムまたはアルミニウム合金、ステンレス、チタンまたはチタン合金のいずれか一種の金属からなることが好ましい。

また、本実施形態である3次元規則骨格を有する電極10においては、水の電解時における電流密度が2.5A/cm²以上であることが好ましい。

50

さらに、井型シート層 1 1 の貫通孔の内径は、 $10\ \mu\text{m}$ 以上 $500\ \mu\text{m}$ 以下の範囲内であることが好ましい。

【0025】

以下に、本実施形態である 3次元規則骨格を有する電極 10 の製造方法について、図 2 のフロー図を参照して説明する。

【0026】

(金属粉準備工程 S 0 1)

まず、3次元規則骨格を有する電極 10 を構成する金属からなる金属粉を準備する。本実施形態では、アルミニウムまたはアルミニウム合金、銅または銅合金、ステンレス、チタンまたはチタン合金のいずれか一種の金属からなる金属粉を準備する。

ここで、金属粉は、その体積基準の平均粒径が $10\ \mu\text{m}$ 以上 $100\ \mu\text{m}$ 以下の範囲内であることが好ましい。

【0027】

(積層成形工程 S 0 2)

次に、上述の成形原料を用いて、バインダージェット方式の積層造形法により、3次元規則骨格構造を有する成形体を積層成形する。

ここで、バインダージェット方式の積層造形法においては、造形時に金属粉末の熔融を伴わないため、高精細な造形が可能となる特徴がある。

【0028】

(脱脂工程 S 0 3)

次に、バインダージェット方式の積層造形法によって成形された成形体を脱脂処理し、バインダーを除去する。脱脂条件(加熱温度、保持時間等)は、用いたバインダーの材質によって適宜設定することが好ましい。

【0029】

(焼結工程 S 0 4)

次に、脱脂処理した成形体を焼結する。焼結条件(雰囲気、焼結温度、焼結時間等)は、金属粉の材質によって適宜設定することが好ましい。

焼結工程 S 0 4 によって、金属粉同士を焼結することにより、本実施形態である 3次元規則骨格を有する電極 10 が製造されることになる。

【0030】

以上のような構成とされた本実施形態である 3次元規則骨格を有する電極 10 によれば、厚さ方向に複数の貫通孔を有する井型シート層 1 1 と、この井型シート層 1 1 の厚さ方向に積層された直方体形状格子層 1 5 と、を有しているため、流路構造と給電体構造とが一体化されており、他の部材との接触抵抗が低くなるとともに、気泡の抜けが良くなり、電解効率を大幅に向上させることが可能となる。

【0031】

そして、井型シート層 1 1 の厚み t_1 が $10\ \mu\text{m}$ 以上 $500\ \mu\text{m}$ 以下とされているので、直方体形状格子層 1 5 を支持する強度を確保することができる。一方、井型シート層 1 1 の厚み t_2 が $500\ \mu\text{m}$ 以下とされているので、気泡の抜けを良くすることができる。

なお、井型シート層 1 1 の厚み t_1 の下限は $20\ \mu\text{m}$ 以上とすることが好ましく、 $30\ \mu\text{m}$ 以上とすることがより好ましい。一方、井型シート層 1 1 の厚み t_1 の上限は $400\ \mu\text{m}$ 以下とすることが好ましく、 $300\ \mu\text{m}$ 以下とすることがより好ましい。

【0032】

直方体形状格子層 1 5 の厚み t_2 が $100\ \mu\text{m}$ 以上とされているので、井型シート層 1 1 での気泡の抜けを良くすることができる。一方、直方体形状格子層 1 5 の厚み t_2 が $5000\ \mu\text{m}$ 以下とされているので、直方体形状格子層 1 5 での気泡の抜けを良くすることができる。

なお、直方体形状格子層 1 5 の厚み t_2 の下限は $200\ \mu\text{m}$ 以上とすることが好ましく、 $300\ \mu\text{m}$ 以上とすることがより好ましい。一方、直方体形状格子層 1 5 の厚み t_2 の上限は $4000\ \mu\text{m}$ 以下とすることが好ましく、 $3000\ \mu\text{m}$ 以下とすることがより好ま

10

20

30

40

50

しい。

【0033】

井型シート層11の空隙率N1が20%以上とされているので、井型シート層11での気泡の抜けを良くすることができる。一方、井型シート層11の空隙率N1が70%以下とされているので直方体形状格子層15を支持する面積を確保することができる。

なお、井型シート層11の空隙率N1の下限は25%以上とすることが好ましく、30%以上とすることがより好ましい。一方、井型シート層11の空隙率N1の上限は60%以下とすることが好ましく、50%以下とすることがより好ましい。

【0034】

直方体形状格子層15の空隙率N2が70%以上とされているので、直方体形状格子層15での気泡の抜けを良くすることができる。一方、直方体形状格子層15の空隙率N2が95%以下とされているので、直方体形状格子層15の強度を確保することができる。

なお、直方体形状格子層15の空隙率N2の下限は75%以上とすることが好ましく、80%以上とすることがより好ましい。一方、直方体形状格子層15の空隙率N2の上限は98%以下とすることが好ましく、97%以下とすることがより好ましい。

【0035】

本実施形態である3次元規則骨格を有する電極10において、直方体形状格子層15の骨格径が50 μm 以上とされている場合には、強度を十分に確保することができる。一方、直方体形状格子層15の骨格径が1000 μm 以下とされている場合には、微細な周期構造となり、触媒等の他の部材との接触面積を確保することが可能となる。

なお、骨格径の下限は60 μm 以上であることがより好ましく、70 μm 以上であることがさらに好ましい。一方、骨格径の上限は900 μm 以下であることがより好ましく、800 μm 以下であることがさらに好ましい。

【0036】

本実施形態である3次元規則骨格を有する電極10において、直方体形状格子層15における骨格のピッチが100 μm 以上とされている場合には、強度を十分に確保することができる。一方、直方体形状格子層15における骨格のピッチが5000 μm 以下とされている場合には、微細な周期構造として、他の部材との接触面積を確保することができる。

なお、直方体形状格子層15における骨格のピッチの下限は150 μm 以上であることがより好ましく、200 μm 以上であることがさらに好ましい。一方、直方体形状格子層15における骨格のピッチの上限は4500 μm 以下であることがより好ましく、4000 μm 以下であることがさらに好ましい。

【0037】

また、本実施形態である3次元規則骨格を有する電極10が、アルミニウムまたはアルミニウム合金、アルミニウムまたはアルミニウム合金、銅又は銅合金、ステンレス、チタンまたはチタン合金のいずれか一種の金属で構成されている場合には、導電性、耐食性等の要求特性に応じた3次元規則骨格を有する電極を提供することができる。

さらに、本実施形態である3次元規則骨格を有する電極10において、水の電解時における電流密度が2.5A/cm²以上である場合には、電極としての特性に優れている。

【0038】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、その発明の技術的思想を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

【実施例】

【0039】

以下に、本発明の効果を確認すべく行った確認実験の結果について説明する。

【0040】

(本発明例1-5)

まず、表1に示す金属からなる金属粉を平均粒径30 μm となるように篩分することで成形原料を調製した。

10

20

30

40

50

この成形原料を用いて、バインダージェット方式の3Dプリンタ(DigitalMetal社製DM P2500)によって、井型シート層および直方体形状格子層を積層造形し、250℃でバインダーを硬化させることで3次元規則骨格構造の成形体を得た。

【0041】

得られた成形体を脱脂処理(加熱温度:400℃、保持時間:2時間)し、その後、焼結処理を実施し、3次元規則骨格を有する電極を製造した。なお、アルミニウム粉の場合は、焼結温度を650℃、保持時間を5時間とし、銅粉の場合は、焼結温度を1000℃、保持時間を5時間とし、SUS粉の場合は、焼結温度を1300℃、保持時間を5時間とし、チタン粉の場合は、焼結温度を1200℃、保持時間を2時間とした。

【0042】

(比較例1)

まず、原料粉末として、平均粒径:15μmの水素化チタン粉末および平均粒径:10μmの純チタン粉末を用意した。さらに、水溶性樹脂結合剤としてメチルセルロースを用意し、有機溶剤としてネオペンタン、ヘキサンおよびブタンを用意し、可塑剤としてグリセリンおよびエチレングリコールを用意し、溶媒として水を用意し、さらに界面活性剤としてアルキルベンゼンスルホン酸塩を用意した。

【0043】

先に用意した水素化チタン粉末、水溶性樹脂結合剤としてのメチルセルロース、有機溶剤としてのネオペンタン、ヘキサンおよびブタン、可塑剤としてのグリセリンおよびエチレングリコール、溶媒としての水を配合し、必要に応じて界面活性剤としてのアルキルベンゼンスルホン酸塩を添加して15分間混練し、チタン含有スラリーを作製した。

【0044】

得られたチタン含有スラリーを用いて、ブレードギャップ:0.4mmでドクターブレード法により、ジルコニア製板の上にスラリー層を成形した。

このスラリー層をジルコニア製板の上に載せたまま高温・高湿度槽に供給し、そこで温度:400℃、湿度:90%、20分間保持の条件で発泡させたのち、温度:800℃、15分間保持の条件の温風乾燥を行い、グリーンシート成形体を作製した。

そして、グリーンシート成形体を脱脂処理し、1170℃、10時間保持の条件で焼結を行い、発泡チタンシート材を得た。

【0045】

(比較例2)

骨格径20μm、気孔率80%、厚み500μmの繊維焼結体(市販品)を準備した。

【0046】

(空隙率)

本発明例1-5の井型シート層および直方体形状格子層の空隙率N、比較例1,2のシート材の空隙率Nを、以下のようにして算出した。

$$N(\%) = (1 - (W / (V \times D_T))) \times 100$$

W:質量(g)

V:体積(cm³)

D_T:構成する金属の真密度(g/cm³)

【0047】

(骨格径、厚み、骨格のピッチ)

本発明例1-5の直方体形状格子層の骨格径および骨格のピッチと井形シート層及び直方体形状格子層の厚みを、X線CT測定(装置名:SMX1000、SHIMAZU株式会社製)によって測定した。

測定後のデータは解析ソフト(VG studio max 3.2)を用いて、金属部材の3次元画像データを得た。この3次元画像データを、厚み方向に50μm間隔で切り出した2次元画像(面積は3.5mm×3.5mmの範囲)に対して、2値化処理(画像解析ソフトWinR00F(三谷商事株式会社)を用いた。自動2値化 判別分析法 しきい値:54255の条件を指定し、縮退処理の操作を2度行い、計測する。)を施して、金属部材における骨格径お

10

20

30

40

50

よび骨格のピッチと井形シート層及び直方体形状格子層の厚みを算出した。

【0048】

(水の電解時における電流密度)

本発明例1-5および比較例1, 2の電極について、以下のようにして、水の電解時における電流密度を評価した。

本発明例1-5および比較例1, 2の電極を1cm角に切り出し、物理蒸着法にて、Ptめっき(めっき厚: 0.5μm以上)を施した。これを、アノード電極とした。

カソード電極として、厚み300μmのカーボンペーパーを用いた。触媒として、アノード側には酸化イリジウム粉末、カソード側にはPtRu粉末を用いた。イオン交換膜として、Nafion115(DuPont製)を用いた。

水電解セルに、セル締結圧2MPaの条件で組み込み、純水を共有し、温度80℃、電解電圧2.5Vの条件で電流密度を測定した。

【0049】

【表1】

	材質	井形シート層		直方体形状格子層				電流密度 (A/cm ²)
		空隙率 (%)	厚み (μm)	空隙率 (%)	骨格径 (μm)	骨格のピッチ (μm)	厚み (μm)	
本発明例	1	20	200	96	1000	5000	2000	2.7
	2	20	100	89	600	1800	1000	2.7
	3	20	200	75	50	100	100	2.6
	4	20	200	96	500	2500	1000	2.7
	5	70	500	70	550	1000	5000	2.6
比較例	1	85	2000	発泡チタンシート材				2.4
	2	80	500	チタン繊維焼結体のシート材				2.4

【0050】

発泡金属からなる比較例1、および、繊維焼結体からなる比較例2においては、水の電

解時における電流密度が 2.4 A/cm^2 と低くなった。

これに対して、井型シート層と直方体形状格子層とを積層造形した本発明例 1 - 5 においては、水の電解時における電流密度が 2.5 A/cm^2 以上と高くなった。

【0051】

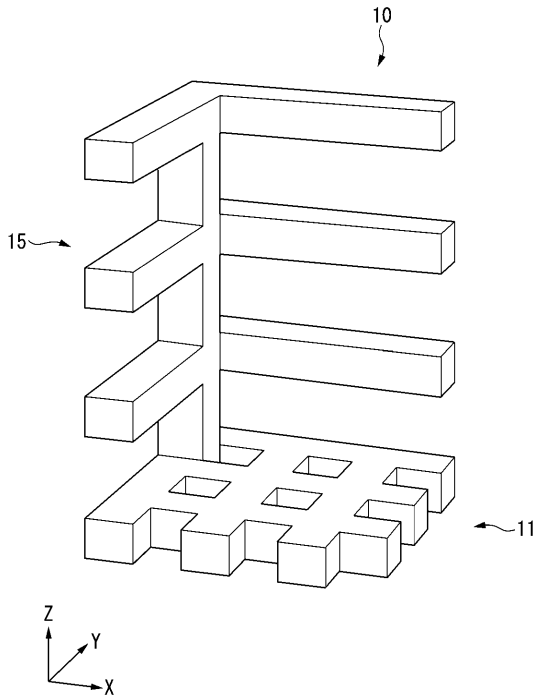
以上の確認実験の結果から、本発明例によれば、触媒層等の他の部材との接触抵抗が低く、且つ、気泡の抜けが良く、電解効率に優れた 3 次元規則骨格を有する電極を提供可能であることが確認された。

【符号の説明】

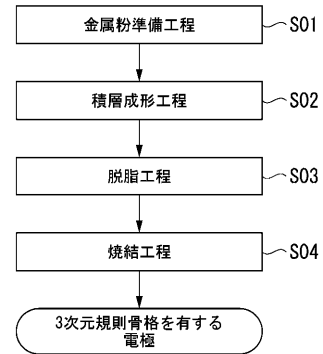
【0052】

- 10 3次元規則骨格を有する電極
- 11 井型シート層
- 15 直方体形状格子層

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)
H 0 1 M 4/02 (2006.01)	H 0 1 M 4/02		Z	5 H 0 5 0
H 0 1 M 4/13 (2010.01)	H 0 1 M 4/13			5 H 1 2 6
H 0 1 G 11/70 (2013.01)	H 0 1 G 11/70			
H 0 1 G 11/68 (2013.01)	H 0 1 G 11/68			
H 0 1 G 9/052 (2006.01)	H 0 1 G 9/052	5 0 0		
H 0 1 M 8/10 (2016.01)	H 0 1 M 8/10	1 0 1		
H 0 1 M 4/66 (2006.01)	H 0 1 M 4/66		A	

(72)発明者 佐野 陽祐
 埼玉県さいたま市大宮区北袋町一丁目600番地 三菱マテリアル株式会社 イノベーションセンター内

(72)発明者 大森 信一
 埼玉県さいたま市大宮区北袋町一丁目600番地 三菱マテリアル株式会社 イノベーションセンター内

(72)発明者 加藤 純
 埼玉県さいたま市大宮区北袋町一丁目600番地 三菱マテリアル株式会社 イノベーションセンター内

(72)発明者 光島 重徳
 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79番1号 国立大学法人横浜国立大学内

(72)発明者 黒田 義之
 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79番1号 国立大学法人横浜国立大学内

(72)発明者 長澤 兼作
 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79番1号 国立大学法人横浜国立大学内

Fターム(参考) 4K011 AA11 AA15 AA17 DA01
 4K021 AA01 BA02
 5E078 AB06 FA07 FA12 FA13 FA25
 5H017 AA03 AS01 CC05 DD08 EE01 EE04 EE05 HH02 HH03 HH10
 5H018 AA06 AS03 EE02 EE10 HH01 HH03 HH04
 5H050 AA12 BA17 DA06 DA07 DA08 FA09 FA10 HA03 HA04 HA09 HA17
 5H126 BB06