

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4346905号
(P4346905)

(45) 発行日 平成21年10月21日 (2009. 10. 21)

(24) 登録日 平成21年7月24日 (2009. 7. 24)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 M 8/24 (2006. 01)	HO 1 M 8/24 S
HO 1 M 8/10 (2006. 01)	HO 1 M 8/24 Z
	HO 1 M 8/24 T
	HO 1 M 8/10

請求項の数 16 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2002-544801 (P2002-544801)	(73) 特許権者	503191449
(86) (22) 出願日	平成13年11月27日 (2001. 11. 27)		プロトネクス テクノロジー コーポレー ション
(65) 公表番号	特表2004-534350 (P2004-534350A)		アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 サ ウスボロー、ノースボロー ロード 1 5 3
(43) 公表日	平成16年11月11日 (2004. 11. 11)	(74) 代理人	100102842
(86) 国際出願番号	PCT/US2001/044880		弁理士 葛和 清司
(87) 国際公開番号	W02002/043173	(72) 発明者	オスナー, ポール
(87) 国際公開日	平成14年5月30日 (2002. 5. 30)		アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O 1 8 8 6、ウェストフォード、グロトン ロード 4 0 8
審査請求日	平成16年11月25日 (2004. 11. 25)		
(31) 優先権主張番号	60/253, 199		
(32) 優先日	平成12年11月27日 (2000. 11. 27)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	09/908, 359		
(32) 優先日	平成13年7月18日 (2001. 7. 18)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気化学ポリマー電解質膜電池スタック

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

その厚みを貫通する少なくとも1つの膜電極接合体マニホールド開口を有する膜電極接合体であって、前記膜電極接合体マニホールド開口のそれぞれが、その周囲を第1のシール材で接合されている前記膜電極接合体と、

その厚みを貫通する少なくとも1つの燃料流動場マニホールド開口を有する燃料流動場であって、該燃料流動場に分配する燃料反応物を供給するマニホールドに一致しない燃料流動場マニホールド開口のそれぞれが、その周囲を第2のシール材で接合されている前記燃料流動場と、

その厚みを貫通する少なくとも1つの酸化剤流動場マニホールド開口を有する酸化剤流動場であって、該酸化剤流動場に分配するための酸化剤反応物を供給するマニホールドに一致しない酸化剤流動場マニホールド開口のそれぞれが、その周囲を第3のシール材で接合されている前記酸化剤流動場とを含み、

前記膜電極接合体、前記燃料流動場、および前記酸化剤流動場が、互いに関係してスタックに組み立てられ、それによって前記膜電極接合体マニホールド開口、前記燃料流動場マニホールド開口、および前記酸化剤流動場マニホールド開口が位置合わせされており、かつ

前記膜電極接合体、前記燃料流動場、および前記酸化剤流動場の周縁が、一緒に樹脂でカプセル化され、それによって燃料電池カセットの周辺全体が樹脂でカプセル化されてお

ここで、

前記樹脂が膜電極接合体、燃料流動場および酸化剤流動場のそれぞれの多孔質間隙に浸透し、前記膜電極接合体、燃料流動場および酸化剤流動場を分離する空間にそれらの周縁に沿って浸透し、それらの間に樹脂が含浸する、

および／または

第 1 のシール材、第 2 のシール材および第 3 のシール材が、対応するマニホールド開口の周囲に含浸する

燃料電池カセット。

【請求項 2】

その厚みを貫通する少なくとも 1 つのマニホールド開口を有する非多孔質セパレータプレートにさらに含み、

膜電極接合体、燃料流動場、酸化剤流動場、およびセパレータプレートが、互いに関係してスタックに組み立てられ、それによって膜電極接合体マニホールド開口、燃料流動場マニホールド開口、酸化剤流動場マニホールド開口、およびセパレータプレートマニホールド開口が位置合わせされており、かつ

前記膜電極接合体、前記燃料流動場、前記酸化剤流動場および前記セパレータプレートの周縁が、一緒に樹脂でカプセル化され、それによって燃料電池カセットの周辺全体が樹脂でカプセル化されており、

ここで、

前記樹脂が膜電極接合体、燃料流動場、酸化剤流動場およびセパレータプレートのそれぞれの多孔質間隙に浸透し、前記膜電極接合体、燃料流動場、酸化剤流動場およびセパレータプレートを分離する空間にそれらの周縁に沿って浸透し、それらの間に樹脂が含浸する、

および／または

第 1 のシール材、第 2 のシール材および第 3 のシール材が、対応するマニホールド開口の周囲に含浸する

請求項 1 に記載の燃料電池カセット。

【請求項 3】

その厚みを貫通する少なくとも 2 つのマニホールド開口を有する冷却剤流動場であって、該冷却剤流動場に冷却剤を供給するマニホールドと一致しない冷却剤流動場マニホールド開口のそれぞれが、第 4 のシール材で接合されている前記冷却剤流動場をさらに含み、

膜電極接合体、燃料流動場、酸化剤流動場、セパレータプレートおよび冷却剤流動場が、互いに関係してスタックに組み立てられ、それによって膜電極接合体マニホールド開口、燃料流動場マニホールド開口、酸化剤流動場マニホールド開口、セパレータプレートマニホールド開口、および冷却剤流動場マニホールド開口が位置合わせされており、かつ

前記膜電極接合体、前記燃料流動場、前記酸化剤流動場、前記セパレータプレートおよび前記冷却剤流動場の周縁が、一緒に樹脂でカプセル化され、それによって燃料電池カセットの周辺全体が樹脂でカプセル化されており、

ここで、

前記樹脂が膜電極接合体、燃料流動場、酸化剤流動場、および冷却剤流動場のそれぞれの多孔質間隙に浸透し、前記膜電極接合体、燃料流動場、酸化剤流動場、および冷却剤流動場を分離する空間にそれらの周縁に沿って浸透し、それらの間に樹脂が含浸する、

および／または

第 1 のシール材、第 2 のシール材、第 3 のシール材および第 4 のシール材が、対応するマニホールド開口の周囲に含浸する

請求項 2 に記載の燃料電池カセット。

【請求項 4】

第 1 のシール材、第 2 のシール材、第 3 のシール材および樹脂の少なくとも 1 つが、熱硬化性材料である、請求項 1 に記載の燃料電池カセット。

【請求項 5】

10

20

30

40

50

第1のシール材、第2のシール材、第3のシール材および樹脂の少なくとも1つが、熱可塑性材料である、請求項1に記載の燃料電池カセット。

【請求項6】

熱硬化性材料が、シリコンである、請求項4に記載の燃料電池カセット。

【請求項7】

その厚みを貫通する少なくとも1つのマニホールド開口を有する膜電極接合体であって、膜電極接合体マニホールド開口のそれぞれが、その周囲を第1のシール材で接合されている前記膜電極接合体と、

その厚みを貫通する少なくとも1つのマニホールド開口を有するバイポーラプレートであって、該バイポーラプレートに分配するための反応物を供給するマニホールドに一致しないバイポーラプレートマニホールド開口のそれぞれが、その周囲を第2のシール材で接合されている前記バイポーラプレートとを含み、

前記膜電極接合体、およびバイポーラプレートが互いに関係してスタックに組み立てられ、それによって前記膜電極接合体マニホールド開口、および前記バイポーラプレートマニホールド開口が位置合わせされており、かつ

前記膜電極接合体および前記バイポーラプレートの周辺が、樹脂で互いにカプセル化され、それによって燃料電池カセットの周辺全体が樹脂でカプセル化されており、
ここで、

前記樹脂が膜電極接合体およびバイポーラプレートのそれぞれの多孔質間隙に浸透し、前記膜電極接合体およびバイポーラプレートを分離する空間にそれらの周縁に沿って浸透し、それらの間に樹脂が含浸する、

第1のシール材および第2のシール材が、対応するマニホールド開口の周囲に含浸する燃料電池カセット。

【請求項8】

カセットのマニホールド開口と位置合わされた開口を有する少なくとも1つのエンドプレート、および燃料電池カセットの平坦外表面に接続された圧縮手段とを含む、請求項1または7に記載の燃料電池カセット。

【請求項9】

1または2以上の燃料電池カセットがスタック構成に組み立てられる、請求項1または7に記載の燃料電池カセット。

【請求項10】

膜電極接合体のマニホールド開口を、該マニホールド開口の周囲で、接合する方法であって、

第1の非多孔質層と第2の非多孔質層の間に前記膜電極接合体を挿入し、それによって膜電極接合体／非多孔質層集成体を形成するステップと、

前記膜電極接合体／非多孔質層集成体に圧縮手段を適用するステップと、

前記マニホールド開口に樹脂を供給し、それによって前記マニホールド開口の全容積を樹脂で充填する、ステップと、

前記膜電極接合体／非多孔質層集成体の周辺に、所定の期間、圧力差手段を適用し、それによって樹脂を前記膜電極接合体内に引き込むと共に、前記膜電極接合体内のマニホールド開口の周囲に含浸させるステップと、

所定の期間の終わりに、前記膜電極接合体内のマニホールド開口の周囲に含浸されなかった樹脂をすべて、前記マニホールド開口から排出するステップと、

前記樹脂を凝固させて、前記マニホールド開口の周囲で接合部を形成させるステップと、

前記膜電極接合体から前記第1の非多孔質層および前記第2の非多孔質層を分離するステップとを含む、前記方法。

【請求項11】

燃料電池に使用する多孔質構成要素内で、マニホールド開口を、該マニホールド開口の周囲で接合する方法であって、

第1の非多孔質層と第2の非多孔質層の間に前記多孔質構成要素を挿入し、それによって多孔質構成要素／非多孔質層集成体を形成するステップと、

前記多孔質構成要素／非多孔質層集成体に圧縮手段を適用するステップと、

前記マニホールド開口に樹脂を供給して、前記マニホールド開口の全容積を樹脂で充填するステップと、

前記多孔質構成要素／非多孔質層集成体の周辺に、所定の期間、圧力差手段を適用し、それによって前記樹脂を、多孔質構成要素内に引き込むと共に、多孔質構成要素内の前記マニホールド開口の周囲に含浸させるステップと、

前記所定の期間の終わりに、多孔質構成要素内に含浸されなかった樹脂をすべて、前記マニホールド開口から排出するステップと、

前記樹脂を凝固させて、前記マニホールド開口の周囲で接合部を形成させるステップと、

前記多孔質構成要素から前記第1の非多孔質層および前記第2の非多孔質層を分離するステップとを含む、前記方法。

【請求項12】

膜電極接合体の厚みを貫通する少なくとも1つのマニホールド開口を、第1のシール材を用いて前記膜電極接合体マニホールド開口の周囲で、接合するステップと、

反応物流動場の厚みを貫通する少なくとも1つのマニホールド開口を、第2のシール材を用いて前記反応物流動場開口の周囲で、接合するステップであって、前記反応物流動場が、周囲を接合されていない少なくとも1つの反応物流動場マニホールド開口を有し、これによって前記反応物流動場に反応物が分配されるようにするステップと、

前記膜電極接合体と前記反応物流動場を互いに関係して組み立てて、前記反応物流動場マニホールド開口が、前記膜電極接合体マニホールド開口と位置合わせされて、これによって前記スタック形成物の厚みを貫通する少なくとも1つのマニホールドチャンネルを画定するように、スタック形成物を形成するステップと、

前記スタック形成物の上面および底面に隣接する非多孔質層を積み重ねて、非多孔質層／スタック形成物集成体を形成するステップと、

前記非多孔質層／スタック形成物集成体に加圧手段を適用するステップと、

前記非多孔質層／スタック形成物集成体を樹脂で包囲するステップと、

前記非多孔質層／スタック形成物集成体に、少なくとも1つのマニホールドチャンネルを介して、所定の期間、圧力差手段を適用し、それによって樹脂を前記スタック形成物の周縁内に引き込み、前記膜電極接合体および前記反応物流動場の周縁内に含浸させるステップと、

前記樹脂を凝固させて、それによって前記膜電極接合体と前記反応物流動場の周縁の接合部を形成し、これによって前記スタック形成物の周辺を樹脂でカプセル化するステップとを含む、燃料電池カセットの製造方法。

【請求項13】

樹脂が、熱硬化性材料である、請求項12に記載の方法。

【請求項14】

樹脂が、熱可塑性材料である、請求項12に記載の方法。

【請求項15】

燃料電池カセットがその厚みを貫通する少なくとも1つのマニホールド開口を有する少なくとも1つの非多孔質セパレータプレートを有すると共に、

前記非多孔質セパレータプレート、冷却剤流動場、膜電極接合体、および反応物流動場を互いに関係して組み立てて、前記非多孔質セパレータプレートマニホールド開口が、反応物流動場マニホールド開口および膜電極接合体マニホールド開口と位置合わせされ、それによって、スタック形成物の厚みを貫通する少なくとも1つのマニホールドチャンネルを画定するように前記スタック形成物を形成するステップをさらに含み、

前記非多孔質セパレータプレート、前記膜電極接合体、および前記反応物流動場の周縁間に接合部を形成し、それによって前記スタック形成物の周辺全体を樹脂でカプセル化する

10

20

30

40

50

る、請求項 1 2 に記載の燃料電池カセットの製造方法。

【請求項 1 6】

冷却剤流動場の厚みを貫通する少なくとも 1 つのマニホールド開口を、前記冷却剤流動場マニホールド開口の周囲で、第 3 のシール材を用いて接合するステップであって、前記冷却剤流動場が、その周囲で接合されていない少なくとも 2 つの冷却剤流動場マニホールド開口を有し、冷却剤が前記冷却剤流動場に分配されるようにするステップと、

前記冷却剤流動場、非多孔質セパレータプレート、膜電極接合体、および反応物流動場を、互いに関係して組み立てて、それによって前記冷却剤流動場マニホールド開口が、非多孔質セパレータプレートマニホールド開口、膜電極接合体マニホールド開口、および反応物流動場マニホールド開口と位置合わせされて、それによってスタック形成物の厚みを貫通する少なくとも 1 つのマニホールドチャンネルを画定するように前記スタック形成物を形成するステップとをさらに含み、

前記冷却剤流動場、前記非多孔質セパレータプレート、前記膜電極接合体、および前記反応物流動場の周縁間で接合部が形成され、これによって前記スタック形成物の周辺全体を樹脂でカプセル化する、請求項 1 5 に記載の燃料電池カセットの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、電気化学ポリマー電解質膜（P E M : polymer electrolyte membrane）電池およびそのスタックに関し、より具体的には P E M 燃料電池スタックに関する。本発明はまた、これらの P E M 燃料電池スタックの新規な製造方法について記述する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

電気化学 P E M 電池、特に P E M 燃料電池はよく知られている。P E M 燃料電池は、実質上環境排出物を出すことなく、化学エネルギーを電気エネルギーに変換し、エネルギーが蓄積されるのではなく、供給燃料から抽出される点において、バッテリーとは異なる。したがって、燃料電池は、充電／放電サイクルに束縛されることなく、燃料が連続的に供給される限り、特定の出力を維持することができる。燃料電池研究および商業化に巨額の投資がなされていることは、この技術が市場においてかなりの可能性を有することを示している。しかしながら、従来型の発電技術と比較すると、燃料電池のコストの高いことが、その潜在的な普及を遅らせてきた。燃料電池の製造および組立コストは、必要となる材料および労働力のために、多大になる可能性があり、燃料電池の価格の 8 5 % までが製造コストとなる可能性がある。

【0 0 0 3】

単セル P E M 燃料電池は、薄い、イオン伝導膜によって分離された陽極および陰極コンパートメントで構成される。この、ガス拡散層付き、またはガス拡散層なしの触媒添加膜は、膜電極接合体（M E A : membrane electrode assembly）と呼ばれることが多い。エネルギー変換は、反応物、還元剤および酸化剤が、P E M 燃料電池の陽極および陰極コンパートメントにそれぞれ供給されるときに開始される。酸化剤は、純酸素、空気などの酸素含有ガス、および塩素などのハロゲン類である。還元剤は、本明細書では燃料とも呼ぶが、水素、天然ガス、メタン、エタン、プロパン、ブタン、ホルムアルデヒド、メタノール、エタノール、アルコールブレンド、およびその他の水素に富む有機物を含む。陽極において、還元剤が酸化されてプロトンを生成し、このプロトンが膜を横断して陰極へと移動する。陰極においては、プロトンが酸化剤と反応する。全体的な電気化学レドックス（酸化／還元）反応は、自然発生的であり、エネルギーが放出される。この反応中に、P E M は、還元剤と酸化剤が混合するのを防止すると共に、イオン移動を発生させる役割をする。

【0 0 0 4】

現在の最新技術による燃料電池設計は、単一セルではなく多数のセルを備えるものであり、実際には、一般にいくつかの M E A、流動場、およびセパレータプレートを直列に組

10

20

30

40

50

み合わせて、燃料電池「スタック」を形成し、これによって、ほとんどの商業用途に必要とされる、より高い電圧と大きな出力とを提供する。スタック構成によっては、スタック設計の一部として、1つまたは複数のセパレータプレート（「バイポーラスタック」と呼ばれる）を使用することもできる。これらの基本設計機能は、燃料電池スタック内での燃料、酸化剤および冷却入力流の混合を防止すると共に、スタックに構造支持を提供することである。このようなセパレータプレートは、電極用の電流収集器として働くと共に、MEAと接触する表面に形成された、ランド部（lands）と溝部の配列を含むこともあり、この場合には、セパレータプレートは、「バイポーラプレート」とだけ呼ばれることが多く、ランド部と溝の配列は、「流動場（flow field）」と呼ばれる。あるいは、流動場は、別個の多孔質電極層とすることもできる。燃料電池に使用するための理想的なセパレータプレートは、薄く軽量で、耐久性があり、高伝導度、耐食性の構造であり、望ましい場合には、効率的な流動場を提供し、それによってバイポーラプレートとなる。

10

【0005】

流動場においては、ランド部は電極からの電流を導き、これに対してランド部間の溝は、水素、酸素または空気などの燃料電池によって使用されるガス状の反応物を、電極面上に均一に分配する。ランド部および溝部によって形成されるチャンネルも、水などの液体反応副生成物の除去を容易にする。通常グラファイトもしくはカーボンで作られる薄い一枚の多孔質の紙、布またはフェルトを、各流動場とMEAの触媒添加面との間に配置して、MEAを支持し、そこにおいて流動場内の溝と直面し、隣接するランド部へ電流を導くと共に、反応物をMEAに分配するのを助ける。この薄膜は通常、ガス拡散層（GDL: gas diffusion layer）と名付けられて、MEAの一部として組み入れられる。

20

【0006】

燃料電池スタックはまた、1つまたは複数の冷却剤流動場内に、加湿チャンネルを含むことがある。これらの加湿チャンネルは、燃料および酸化剤を燃料電池の動作温度にできる限り近い温度で、燃料および酸化剤に加湿する機構を提供する。これによって、燃料電池に流入するガスとPEMとの大きな温度差によって、水蒸気がPEMから燃料流および酸化剤へ移動することによる、PEMの脱水を防止するのを助ける。加湿チャンネルの位置は、Chowらの米国特許第5,382,478号および、Vitaleらの米国特許第6,066,408号に開示されているように、MEAの上流でもよく、あるいはEppらの米国特許第5,176,966号に開示されているようにMEAの下流でもよい。

30

【0007】

必然的に、MEAのGDL部分などの、スタック構成要素のあるものは、反応物および副生成物を、燃料電池スタック中、およびスタック外、またスタック内部に分布させるために多孔質にされる。スタック内の要素に孔隙があることによって、スタック構成要素間（またはスタックの外部）での液体またはガスの漏洩を防止する手段と共に、これらの多孔質要素が環境に暴露されることによって乾燥するのを防止する手段も必要となる。この目的で、通常、ガasketまたはその他のシール材が、MEAと流動場などのその他のスタック構成要素の間、またはスタック周辺部分の上に設けられる。これらのシール手段は、エラストマー材料または接着材料であり、一般に、シールされる特定の表面に、配置、嵌合、形成されるか、または直接塗布される。このような工程は、労働集約型であり、大量生産には向かず、燃料電池のコストを増大させる。また、これらの工程のばらつきによって、生産歩留とデバイス信頼性が悪化する。

40

【0008】

燃料電池は、出力電力、冷却およびその他の技術要件に応じて様々に設計されるが、MEA、シール材、流動場、セパレータプレートを複数用いて精密な組み立体として用いることもあり、これによって製造が困難となると共に、燃料電池コストがさらに増大する。例えば、Spearらの米国特許第5,683,828号に記載されている燃料電池スタックの一つは、互いに接着接合された10枚の個別の層を包含し、各層が、熱制御のために燃料電池スタック中を通過する冷却水専用の個別チャンネルを有する、バイポーラプレートを用いている。

50

このような多数の個々の構成要素は、通常、単一の複雑なユニットに組み立てられて、燃料電池スタックを形成する。次いで、このスタックは、接合またはその他の方法も用いることができるが、一般的にはエンドプレートおよびボルトを用いて圧縮し、これによってスタック構成要素が互いに緊密に保持して、そこでの電気接触を維持する。このような現行の圧力をかける手段は、さらに多くの構成要素および複雑さをスタックに追加し、さらなるシール要件を課すことになる。このような燃料電池スタック組立体設計の欠点を解消し、これによって製造コストを低減するために、燃料電池技術において、様々な試みが行われている。

【0009】

Schmidらの米国特許第6, 080, 503号は、スタックの特定の部分において、ガスケット方式のシールを、テープ、コーキングまたは層の形態の、接着剤を基とする材料で置換することを記載している。しかしながら、このようなスタックの組立は、シールをコーキングするのと違わない方法で、接着工程中に人手による構成要素の位置合わせが、やはり必要であり、積極配置によって接着剤が塗布されたインタフェースのみにおいてシーリングがされる。

10

Chiらの米国特許第4, 397, 917号は、取り扱いおよび試験を容易にするために、燃料電池スタック内に、サブユニットを製造することを開示している。しかしながら、この設計は、構成要素間およびサブユニット間の従来式のシーリングに依存している。さらに、サブユニットの内部を貫通するマニホールドがない。

Eppらの米国特許第5, 176, 966号は、必要なガスケットの少なくとも一部を、燃料電池スタック組立体中に、直接形成する方法を記載している。具体的には、MEAは対応するカーボン紙と共に製作され、次いでカーボン紙内に切られた溝中に、押し出し可能なシール材が塗布される。

20

【0010】

Krasijらの米国特許第5, 264, 299号には、2つの多孔質支持層の間に挟まれたPEMを有する燃料電池モジュールが記載されており、この多孔質支持層は、反応物を触媒層に分布させ、この触媒層内では、支持層の周辺部分が、エラストマー材料でシールされ、これによってPEMが支持層と結合されて、支持層の開放細孔が、エラストマー材料で充填されて、流体不透過性となる。エラストマー材料は凝固して、PEMおよび支持層組立体の流体不透過性フレームを形成する。

30

Bealらの米国特許第5, 523, 175号は、支持層上に複数のガス分配チャンネルを備え、開放細孔のシールに親水性材料を使用する、米国特許第5, 264, 299号の改良型を記載している。しかしながら、この改良は、MEAと支持プレートの間のギャップの問題を取り上げていない。

【0011】

Krasijらの米国特許第6, 165, 634号は、個々のスタック構成要素およびスタック内でいくつかのセルの縁部を接着するのにフッ素エラストマーシール材を使用することを記載している。しかしながら、この改良案は、構成要素に対して一個毎の塗布を必要とし、したがってスタックの組立に必要な労力を低減する効果はない。

Grassoらの米国特許第6, 159, 628号は、従来型のエラストマーガスケットによるシールの代替として、熱可塑性樹脂テープを使用し、これによってガスケットを大型のエラストマーシートから切り出すのに伴う無駄を省いている。残念ながら、この方法も、従来型シーリング機構と同様に人手によるテープ材の配置を必要とする。

40

【0012】

発明の概要

上記の記述からわかるように、これらの設計はいずれも、燃料電池スタックの高い製造コストをもたらす現行設計の欠点を適切に補償しない。より簡単で、信頼性が高く、取り外し、交換および製造のコストが安価な、改良型燃料電池スタックは、この分野に対する重大な成果となるであろう。

したがって、本発明の目的は、個々のモジュールを合わせて組み立てて、必要な出力の

50

燃料電池スタックを形成し、そのようなモジュールの一つで故障が起きたときには、個々のモジュールを廃却かつ交換することを可能にする、改良型燃料電池スタック設計を提供することである。

【0013】

本発明の別の目的は、予備製作した個別のモジュールからなる燃料電池スタックであって、前記個別モジュールが、特定の出力またはその他の技術規格に対して標準化されており、そのような標準化されたモジュールを組み合わせて完成燃料電池スタックの要求仕様を満足することによって、最少の生産プロセスを使用して、完成燃料電池スタックを迅速かつ効率的に組み立てることを可能にする、燃料電池スタックを提供することである。

本発明のさらに別の目的は、スタックに要求される出力を維持しながら、スタックの構築に必要な構成要素およびシールの数を低減することによって燃料電池スタックの複雑さを低減し、これによって燃料電池スタックの信頼性を向上させることである。

【0014】

本発明のさらに別の目的は、スタックまたはそのモジュール内の多孔質構成要素のシーリングを改良する方法と共に、人手が少なく、より大量生産に適する、スタックまたはモジュール周辺のシーリング方法を提供することである。

本発明のさらに別の目的は、組み立てられたスタックに追加される追加要素の数が最少のもので、燃料電池スタック組立体の構成要素が、緊密に接触した状態となる、燃料電池スタック組立体用の簡略化した圧縮手段を提供することである。

本発明の、さらなる目的、利点および新規な特徴を、添付の図面と記述において示す。

【0015】

本発明の上記およびその他の目的および特徴は、個別モジュールを使用し、そのような個別モジュールを組み合わせることによって複雑な燃料電池組立体を生成する、燃料電池スタックを提供することによって達成することができる。本明細書では「燃料電池カセット」と呼ぶ、各モジュールは、接合内部マニホールド構造を有し、その周囲を外部からカプセル化されて、自己収納型ユニットを形成する、簡易スタック組立体である。このような燃料電池カセットは、標準化仕様を満足するように設計すると共に、燃料電池スタックの製造に先立って製作することができる。

【0016】

燃料電池カセットは、

その厚みを貫通する少なくとも1つのMEAマニホールド開口を有するMEAであって、該膜電極接合体マニホールド開口のそれぞれが、その周囲を第1のシール材で接合されている前記MEAと、

その厚みを貫通する少なくとも1つの燃料流動場マニホールド開口を有する燃料流動場であって、該燃料流動場に分配する燃料反応物を供給するマニホールドに一致しない燃料流動場マニホールド開口のそれぞれが、その周囲を第2のシール材で接合されている前記燃料流動場と、

その厚みを貫通する少なくとも1つの酸化剤流動場マニホールド開口を有する酸化剤流動場であって、該酸化剤流動場に分配するための酸化剤反応物を供給するマニホールドに一致しない酸化剤流動場マニホールド開口のそれぞれが、その周囲を第3のシール材で接合されている前記酸化剤流動場とを含み、

【0017】

前記MEA、前記燃料流動場、および前記酸化剤流動場が、互いに関係してスタックに組み立てられ、それによって前記MEAマニホールド開口、前記燃料流動場開口、および前記酸化剤流動場マニホールド開口が位置合わせされており、かつ

前記MEA、前記燃料流動場、および前記酸化剤流動場の周縁が、一緒に樹脂でカプセル化され、それによって燃料電池カセットの周辺全体が樹脂でカプセル化されている。

【0018】

個々の燃料電池カセットにおける燃料電池構成要素の数と配設は、出力要求または完成カセットに対するその他の技術仕様によって変わり、燃料電池カセット内のそのような構

10

20

30

40

50

成要素はいずれも、セパレータプレートと対にすることによって、燃料／酸化剤流を分離し、かつカセットを安定化させることができる。さらなる実施態様においては、燃料電池カセットは、完成カセットを冷却する必要がある場合、あるいは加湿区域が必要な場合には、任意選択で1つまたは複数の冷却剤流動場または加湿チャンネルを含めることができる。次いで、1つまたは複数の燃料電池カセットを一体に組み立てて、完成燃料電池スタックが形成される。

【0019】

内部ポートおよび燃料電池構成要素の周縁をシーリングする革新的な工程も開示される。これらの工程は、本発明の燃料電池カセットおよびそのような燃料電池カセットを含む燃料電池スタックを、多様な設計組立体として製造するように適合させることが可能である。具体的には、好ましい実施態様において、内部マニホールド開口と外部周辺カプセルの接合は、真空補助式樹脂移行成形（VARTM）を使用して行い、この成形方法は、燃料電池カセットの多孔質構成要素内の必要な場所にシーリング材料を本質的に配置すると共に、真空によって構成要素の開放周縁にシール材を注入して、燃料電池カセットの周辺全体を同時にカプセル化する。別の実施態様においては、このカプセル化は、溶融熱ポリマー樹脂の射出を適切に配置することによって達成することもできる。

【0020】

燃料電池カセットを製造する方法は、

M E Aの厚みを貫通する少なくとも1つのマニホールド開口を、第1のシール材を用いて前記M E Aマニホールド開口の周囲で、接合するステップと、

反応物流動場の厚みを貫通する少なくとも1つのマニホールド開口を、第2のシール材を用いて反応物流動場開口の周囲で、接合するステップであって、前記反応物流動場が、周囲を接合されていない少なくとも1つの反応物流動場マニホールド開口を有し、これによって前記反応物流動場に反応物が分配されるようにするステップと、

前記M E Aと前記反応物流動場を互いに関係して組み立てて、前記反応物流動場マニホールド開口が、前記膜電極接合体マニホールド開口と位置合わせされて、これによって前記スタック形成物の厚さを貫通する少なくとも1つのマニホールドチャンネルを画定するように、スタック形成物を形成するステップと、

前記スタック形成物の上面および底面に隣接する非多孔質層を積み重ねて、非多孔質層／スタック形成物集成体を形成するステップと、

前記非多孔質層／スタック形成物集成体に加圧手段を適用するステップと、

前記非多孔質層／スタック形成物集成体を樹脂で包囲するステップと、

前記非多孔質層／スタック形成物集成体に、少なくとも1つのマニホールドチャンネルを介して、所定の期間、圧力差手段を適用して、樹脂を前記スタック形成物の周縁内に引き込み、前記M E Aおよび前記反応物流動場の周縁内に含浸させるステップと、

前記樹脂を凝固させて、それによって前記M E Aと前記反応物流動場の周縁の接合部を形成し、これによって前記スタック形成物の周辺を樹脂でカプセル化するステップとを含む。

【0021】

本発明の一実施態様においては、完成燃料電池スタック組立体は、複数のエンドプレートおよびボルトを追加することなく、2つの結合ハウジング部品間に燃料電池スタックを挿入し、燃料電池スタックの構成要素を圧縮することによってさらに簡略化される。好ましくは、ハウジング部品はシール材で結合される。

本発明の燃料電池カセットは、水素方式または直接メタノール式のP E M燃料電池、および陰イオン交換膜方式のアルカリ燃料電池に使用することができる。本発明の燃料電池カセットは、また、上述の燃料電池システム以外の電極膜を使用する多様な電気化学応用に使用することができる。これらの応用には、限定はされないが、バッテリー、メタノール／空気電池、電気分解装置、濃縮機、圧縮機および反応器が含まれる。

本発明のその他の特徴、態様、利点および好適な実施態様は、添付の図面を参照することによって、よりよく理解し、かつ詳細を知ることができるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

図1aおよび図1bを参照すると、本発明の燃料電池カセット1を示してある。ここに示す燃料電池カセット1は、2つのユニットセル7を含み、各ユニットセルは、セパレータプレート6、燃料流動場3、MEA2および酸化剤流動場4を有する。冷却剤流動場5は、セパレータプレート6を追加して、2つのユニットセル7の間に挿入することによって、燃料電池カセットに冷却能力を与える。しかし、燃料電池カセット1は、本構成においては本発明の説明を容易にするために示してあることを理解されたい。当業者には明らかなように、個々の燃料電池カセットは、完成燃料電池カセットに対する出力電力、加湿および/または冷却要件に応じて、MEA、流動場プレートおよびセパレータプレートの様々な組立体、および燃料電池カセット内のユニットセルを形成するための他の燃料電池構成要素を組み入れてもよく、また各ユニットセルを重ねたり、異なるユニットセルと組み合わせることができる。

10

【0023】

例えば、図2は燃料電池カセット1を示し、1つのユニットセル7の組立体は、(次の順序で)、セパレータプレート6、燃料流動場3、MEA2、および酸化剤流動場4で構成されている。これは、当該技術においては「バイポーラ燃料電池配置」と呼ばれている。図2においては、バイポーラ燃料電池配置ユニットセル7は、2つ以上のユニットセル7を重ねることができることを示すために、2つ以上重ねてあるが、図1aに示す組立体とは異なり、冷却剤流動場が使用されていない。通常のバイポーラ型燃料電池スタックカセットにおいては、ユニットセル7は、追加の各ユニットセル7によって、燃料電池カセット1の電圧出力が増大するために、通常は図2に示すよりも多数、重ねられる。

20

図3は、ユニットセルを1つだけ有する、燃料電池カセット1を示す。図3でわかるように、低電圧燃料電池カセット1組立体は、燃料流動場3、MEA2および酸化剤流動場4からのみで構成することができる。

【0024】

図4は、燃料電池カセット1の組立体の別の変形形態を示し、これは「エッジコレクション配設」と呼ばれることがある(並列スタックまたは非バイポーラスタックとも呼ばれることもある)。この組立体においては、ユニットセル8は次の順番で、燃料流動場3、MEA2、酸化剤流動場4、および別のMEA2から構成されている。2つのエッジコレクション配設ユニットセル8を、図4に示してあるが、前記で説明したように、ユニットセル8は、燃料電池カセット1内で必要な数だけ重ねて、電流を所望量に上げることができる。図4は、冷却剤流動場のないエッジコレクション配設を示しているが、冷却剤流動場は、セパレータプレート、冷却剤流動場、および別のセパレータプレートを、燃料/酸化剤流動場の任意の組の間に配置することによって追加することができる。

30

【0025】

上記のように、図2、図3および図4に示す組立体は、個々の構成要素を組み合わせることによって有用な燃料電池カセットを形成することのできる多様性を示すために示してある。例えば、冷却剤流動場は、カセット設計によって各ユニットセルを冷却するか、あるいはそのいずれも冷却しないようにできる。さらに別の燃料電池カセット設計においては、反応物流動場を、別の層としてではなく、バイポーラプレート上に包含することもできる。当業者に周知の通常の燃料電池コンポーネント層を、任意かつ有用に組み合わせて、本発明の燃料電池カセット用の組立体として用いることができる。

40

【0026】

再び図1aを参照すると、MEA2は、商業サプライから購入するか、または、Grotらの米国特許第5,330,860号、Swathirajanらの米国特許第5,316,871号、およびWilsonの米国特許第5,211,984号に記載された方法などの、当該技術で公知の様々な製造方法によって製造することができる。一般に、それぞれが膜の反対面にある陽極側および陰極側が、白金またはその合金などの微細化された触媒粒、またはその表面上に触媒を有する微細化されたカーボン粒子を含む。触媒粒子または触媒を担持する

50

カーボン粒子は、ポリマー接着剤または、通常プロトン伝導性ポリマーおよび／またはフッ素化ポリマーのいずれかを含むマトリックス中に分散される。好ましい一実施態様においては、MEA 2は、転写方法（decal process）を用いて構築し、この方法では触媒インクを、テフロン（Teflon（登録商標））素材、カプトン（Kapton（登録商標））素材（両者とも、米国E. I. duPont de Nemours and Companyにより市販されている）上に、塗布、塗装、噴霧、またはスクリーン印刷し、その結果得られる転写を、前記素材から膜表面に転移させて、通常は熱と圧力を加えて接着する。

【0027】

別の好ましい実施態様においては、電極に貴金属を含む触媒を塗布した、MEA 2が製作される。この実施態様においては、微細に分布するプラチナを、特殊処理したカーボンマットの上に、1平方センチメートルあたり約0.05～10ミリグラム堆積させて、PEMを2枚のそのようなカーボンマットの間に於いて、マットの塗布側を膜と接触させてホットプレスする。これらのMEAに有用なPEMとしては、ナフィオン（Nafion（登録商標））（米国E. I. duPont de Nemours and Companyが市販）、Gore-Select（登録商標）（米国W. L. Gore & Associates, Inc.が市販）、Aciplex（登録商標）（日本国Asahi Kasei Kogyo Kabushiki Kaisha Corporationが市販）、Flemion（登録商標）（日本国Asahi Glass Company, Ltd.が市販）などの、過フッ素化スルホン酸膜があるが、当該技術において公知の任意のPEMを利用することができる。

【0028】

本発明のMEA 2は、MEA 2の厚みを貫通する、1つまたは複数のマニホールディング開口9を含み、これによって燃料、酸化剤、および必要な場合には冷却剤を燃料電池カセット1中に出し入れすることができる。このようなマニホールディング開口9は、金型を使用してMEA 2に穿孔するか、MEA 2中にレーザ加工するか、または当該技術において公知のその他の適切な方法で成形する。この開口9の数と寸法は、燃料電池カセット1の設計反応物および冷却剤を燃料電池カセット中に分配するのに必要なアクセスマニホールディング開口の形状と直径に応じて変えることができる。一般に、そのようなマニホールディング開口9は円形をしているが、開口9は、本方法の有用性を限定することなく、任意の形状に形成することができる。

【0029】

図1bに示す好ましい実施態様においては、MEA 2は、燃料アクセスに2つ、酸化剤アクセスに2つ、冷却剤アクセスに2つの合計で6つの円形マニホールディング開口9を有する。しかし、前記のように、当業者であれば、開口9の数と位置は、燃料電池カセット1に用いられる特定の組立体設計に依存することに気づくであろう。例えば図2に示す組立体においては、冷却剤流動場はない。したがって、燃料電池カセット1中の冷却剤アクセスは不要であり、そのような冷却剤アクセス用のマニホールディング開口も不要である。燃料電池カセット1を効率的に動作させるためには、MEA 2の各マニホールディング開口9は、その周囲をシール材によって接合することによって、ガスおよび液体の燃料電池カセット1中への分配を、流動場によって制御できるようにすると共に、マニホールディング開口9からMEA 2への反応物の漏出を防止する。図5は、周囲10を接合された各マニホールディング開口を有するMEA 2を示す。

【0030】

燃料流動場3、酸化剤流動場4、および冷却剤流動場5は、販売業者から購入するか、または当該技術において公知の様々な方法によって製作することができる。好ましい実施態様においては、レーザ加工されたステンレス鋼スクリーンを、これらの流動場として利用している。しかし、グラファイト、チタン、または任意の耐食性合金を使用することもできる。別の好ましい実施態様においては、流動場の1つまたは複数が、複合ポリマー／グラファイト材料で構成されている。各流動場は、その厚みを貫通するマニホールディング開口9を、MEA 2上に含まれるマニホールディング開口9の数と同数含む。しかし、各流動場3、4、5について、反応物または冷却剤を分配するための特定の流動場プレートに使用されるマニホールディング開口9に対応するマニホールディング開口9は、その流動場のその他のマニホー

10

20

30

40

50

ルド開口 9 がその周囲 10 を接合されているのに対して、接合しないままとする。

【0031】

上述のように、様々な組立体設計を、燃料電池カセット 1 に利用可能であり、図 2 および図 3 に示すような、組立体設計では、セパレータプレート 6 を利用することができる。セパレータプレート 6 は、薄く、軽量で、耐久性があり、電気伝導性で、耐食性がなくてはならない。好ましくは、セパレータプレート 6 にステンレス鋼を使用する。しかし、グラファイト、チタン、または任意の耐食性合金も使用することができる。あるいは、セパレータプレート 6 の 1 つまたは複数を、複合ポリマー／グラファイト材料から作製してもよい。

【0032】

燃料電池カセット 1 の多孔質構成要素に含まれる特定のマニホールド開口 9 の周囲接合 10 は、圧力差を使用して達成され、この圧力差によって、シール材が、マニホールド開口 9 周辺の多孔質構成要素の間隙に引き込まれて、その中に含浸される。好ましい実施態様においては、この圧力差は、真空補助式樹脂移行成形によって達成される。

図 1 a に示す実施態様においては、多孔質構成要素には、MEA 2 の GDL、および燃料、酸化剤および冷却剤流動場 3、4、5 が含まれるが、セパレータプレート 6 は非多孔質であり、どのマニホールド開口の周囲にも接合を必要としない。当業者に公知のその他の燃料電池カセット設計には、その他の多孔質構成要素を含み、これらを本明細書に記載する方法を用いて接合してもよい。

【0033】

このような周囲接合 10 のための真空補助式樹脂移行成形法は、好ましくは、最初に MEA 2 と同じマニホールド開口形成を備える非多孔質ポリマースペーサ膜 16 を切削することによって達成される。一時に複数の MEA 2 が接合されている場合には、MEA 2 およびスペーサ膜 16 を、互いに積み上げて、MEA 2 のマニホールド開口 9 およびスペーサ膜 16 を位置合わせして、MEA／スペーサ膜組立体 11 を形成する。次いで、この MEA／スペーサ膜組立体 11 は、図 6 に示すように、ポートシール固定具 12 (PSF: port-seal-fixture) 内に配置される。ポートシール固定具 12 は、型 13、上部シール／圧縮プレート 14、ボルト 15 および真空孔 27 とを含む。好ましい実施態様においては、各 MEA 構成要素のマニホールド開口の数および位置は、図 1 b に示すように、6 つのマニホールドチャンネル 29 が、MEA／スペーサ膜組立体内に形成される。次いで、ボルト 15 が、MEA／スペーサ膜組立体 11 の 4 つの角のマニホールドチャンネル 29 を貫通して配置されて、圧縮手段として作用すると共に、MEA／スペーサ膜組立体 11 を、MEA 2 の表面に直角方向のシール材流に対してシールする。しかしながら、当業者であれば、外部プレス、ボルト締め、または帯締めを含む、MEA／スペーサ膜組立体 11 の表面全体にわたって荷重を均一に分布させることのできる任意の圧縮手段は、圧縮手段として利用できることに気づくであろう。

【0034】

システムがいったん、圧縮状態になると、マニホールド開口 9 の接合が始まる。貫通するボルト 15 の入っていない、2 つの中央マニホールド開口 9 をシールするために、自由流動樹脂を、各開口 9 の全容積に導入する。真空孔 27 を適当な取付具と共に使用して、MEA／スペーサ膜組立体 11 上で、所定の時間真空に引き、樹脂を MEA／スペーサ膜組立体 11 の各 MEA 2 内に引き込み、接合されているマニホールド開口 9 の周囲の各 MEA 2 内に含浸させる。組立体 11 の上面および下面に、追加の非多孔質ポリマースペーサ膜 16 層を、上面圧縮プレート 14 内の Oリングガスケットシール 26 と組み合わせて、シーリング手段として追加することによって、MEA／スペーサ膜組立体 11 の縁部に真空を閉じこめる。

【0035】

マニホールド開口 9 の周囲を接合するために利用するシール材は、自由流動して、空隙空間を充填するものを選択する。このシール材は、燃料電池システムの作動において遭遇する条件に必要な化学的および機械的性質の観点からも選択しなくてはならない。例えば

、シール材は反応物および燃料電池システム内の副生成物と非反応性でなくてはならず、燃料電池システムの動作温度に耐えられなくてはならない。さらに、シール材は、収縮してはならず、そうでなくては燃料電池システム中に最少量を超える溶媒が放出される。

本発明において有用なシール材には、熱可塑性樹脂および熱硬化性エラストマーの両方が含まれる。好ましい熱可塑性シール材としては、限定はされないが、Santoprene（登録商標）（米国、Advanced Elastomer Systems, L.P.が市販）などの熱可塑性オレフィンエラストマー、Exact（登録商標）（米国、The Exxon Corporationが市販）などの熱可塑性ポリウレタンまたは熱可塑性プラストマー、ポリプロピレン、ポリエチレン、ポリテトラフルオロエチレン、フッ素化ポリプロピレン、およびポリスチレンがある。しかしながら、当業者であれば、必要な化学的および機械的な性質を有する、その他の熱可塑性樹脂も、利用することができることに気づくであろう。

10

【0036】

好ましい熱可塑性エラストマーシール材には、限定はされないが、9223-2（米国、the Minnesota Mining and Manufacturing Companyが市販）およびAY105/HY991（米国、Ciba Specialty Chemical Corporationが市販）などのエポキシレジン、Araldite（登録商標）2018（米国、Ciba Specialty Chemical Corporationが市販）などのPUR樹脂、FEC2234（米国、Morton International, Inc.が市販）などのALIPS樹脂、SYLGARD（登録商標）170A/B（米国、Dow Corning Corporationが市販）、Fluorel（登録商標）樹脂（米国、the Minnesota Mining and Manufacturing Companyが市販）、Fluorolast（登録商標）樹脂（米国、Lauren International, Incが市販）、ウレタン、シリコン、フルオロシリコン、およびビニルエステルが含まれる。

20

【0037】

真空化が完了すると、マニホールド開口9の縁部内に含浸されなかった余剰のシール材が排出される。PSF12全体を、シール材が完全に凝固し、それぞれの中間MEA2マニホールド開口9がその周囲10で接合されるまで放置する。MEA2のすべてのマニホールド開口9を接合するために、MEA/スペーサ膜組立体11を、再びPSF12内に配置して、ボルト15を、先に接合した2つの中間マニホールド開口9内に配置し、残りのマニホールド開口9を空にする。前記のステップを、残りのマニホールド開口9を接合するまで繰り返す。

30

当業者であれば、本明細書に示す順序は、図5に示すMEA2のマニホールド開口9構成の接合に好適であることに気づくはずである。したがって、本発明の範囲から逸脱することなく、MEA2上にある任意の数のマニホールド開口9を、任意の順番で、その周囲10で接合することができる。

【0038】

燃料電池カセット1を効率的に動作させるためには、マニホールド開口9は、燃料電池カセット1全体に分布するガスおよび液体を制御するために、流動場3、4、5などの燃料電池カセット1内で使用する様々な多孔質構成要素上でも接合しなくてはならない。前述のように、MEA2では、燃料/酸化剤のスタック中への分配が、反応物流動場3、4を介して生じるときに、すべてのマニホールド開口9を接合10することを必要とする。MEA2とは異なり、各流動場3、4、5では、反応物または冷却剤が、流動場に分布することが必要であり、そのような反応物または冷却剤が誤った流動場に漏出するのを防止することが望ましい。例えば、酸化剤流動場4において、酸素（純酸素または空气中酸素）が燃料電池カセット1に進入するためのマニホールド開口9は開放したままにして、酸化剤がMEA2を横断して拡散できるようにしなくてはならない。これらの多孔質構成要素は、追加のマニホールド開口9を有して、燃料電池カセット1を介しての、他の流動場への分配のためのマニホールドアクセスを可能にし、これらの残りのマニホールド開口9は、ガスまたは冷却剤が誤った流動場に拡散するのを防止するために接合しなくてはならない。したがって、各流動場3、4、5は、接合または非接合マニホールド開口9の配置が異なることになる。各流動場構成要素に対してマニホールド開口9接合を達成するため

40

50

に、M E A 2 上にマニホールディング開口 9 を接合するための、上記の好ましい方法を使用するが、ボルト 1 5 は、そのような流動場 3、4、5 上で接合しないままにするマニホールディング開口 9 を貫通して配置する。

【0039】

燃料電池カセット 1 のすべての多孔質構成要素が、いったん、反応物または冷却剤の分布に必要とされないマニホールディング開口 9 の周囲で接合されると、多孔質および非多孔質を含めたすべての構成要素が、最終燃料電池カセット 1 設計組立体に組み立てられる。再び図 1 a を参照すると、好ましい一実施態様において、最終燃料電池カセット 1 設計組立体は、（次に示す順序の）次の構成要素からなる。それは、セパレータプレート 6、燃料流動場 3、M E A 2、および酸化剤流動場 4、セパレータプレート 6、冷却剤流動場 5、セパレータプレート 6、燃料流動場 3、M E A 2、酸化剤流動場 4、およびセパレータプレート 6 である。

10

【0040】

最終燃料電池カセット設計組立体は、すべての構成要素が、互いに関係して組み立てられて、各構成要素上にあるマニホールディング開口 9 が、その他の構成要素上にあるマニホールディング開口 9 と位置合わせされたスタック形成物を形成し、燃料電池カセット組立体の厚みを貫通する複数のマニホールディングチャンネル 2 9 を画定する。図 2 および図 3 に示すような、その他の組立体設計を使用する場合は、構成要素は同様に位置合わせされる。燃料電池カセット設計組立体の構成要素のそれぞれは、本発明の完成燃料電池カセット 1 を形成するために、燃料電池カセット設計組立体内のその他の構成要素と、その周縁 1 8 に沿って接合されて、燃料電池カセット 1 に、燃料電池カセット構成要素を外部環境から分離する完全カプセル化された周縁 1 8 を与え、それによって外気への暴露による膜の乾燥を防ぐと共に、燃料電池カセット 1 に構造的な支持を提供する。

20

【0041】

周縁カプセル化は、圧力差を使用することによって実施し、この圧力差によって樹脂をすべての多孔質構成要素の間隙と、構成要素どうしを分離している空間内に、引き込み、その間に樹脂を含浸させる。好ましい一実施態様においては、この圧力差は、真空補助樹脂移行成形によって達成される。好ましくは、組立体に覆いをするために、一片の非多孔質ポリマースペース 1 6 膜を、燃料電池カセット 1 の最終設計組立体の上面側および底面側の両方に配置する。

30

次いで、カセット／膜組立体 2 0 は、図 7 に示すような、縁部カプセル化固定具（E E F）1 9 内に配置する。E E F 1 9 は、型 3 0、上面シール／真空プレート 2 1、マニホールディングチャンネル 2 9 への真空取付具 3 1 および圧縮手段からなる。この上面シール／真空プレート 2 1 は、2 つの機能を果たす。すなわち、荷重をカセット／膜組立体 2 0 に均一に分布させると共に、各マニホールディングチャンネル 2 9 に均一に真空を導入するための取付具 3 1 を収容する。

【0042】

圧縮手段は、流動可能樹脂が、最少量の樹脂を使用しながら、非多孔質構成要素を完全にカプセル化することを確実にするために必要である。カセット／膜組立体 2 0 には、その表面全体に荷重を均一に分布させるために十分なコンプライアンスがなくてはならない。いくつかの技術を使用して、必要な荷重と、外部プレス、ボルト締め、帯締めを含む圧縮手段とを提供することができる。好ましくは、誘導機構を使用して、上面シール／真空プレート 2 1 が、E E F 1 9 の基台に平行になるようにする。

40

好ましい一方法においては、トルクボルト 1 5 またはハンドプレスを用いて、最初にカセット／膜組立体 2 0 に圧縮荷重が加えられる。カセット／膜組立体 2 0 を完全にカプセル化するために、自由流動樹脂 1 7 を、カセット／膜組立体 2 0 の周辺外側の、型 3 0 内に注ぐ。多孔質構成要素のマニホールディング開口 9 の周囲接合に有用な任意の樹脂を、燃料電池カセット 1 の周辺のカプセル化に使用することができる。

【0043】

いったん圧縮荷重を加えると、真空取付具 3 1 を介して E E F 1 9 に真空が導入される

50

。この圧縮荷重によって、マニホール開口 9 内のみが、マニホールチャンネル 2 9 を介して、真空に引かれることが保証される。樹脂 1 7 は、燃料電池カセット／膜組立体 2 0 の外縁内に流入し、これによって、燃料電池カセット 1 の多孔質および非多孔質構成要素の周縁をカプセル化する。これによって、燃料電池カセット 1 周辺全体を、外部環境から分離することによってすべての流動場およびその他の多孔質構成要素に対する 2 次シールを提供し、同時にそのようなすべての多孔質構成要素が、大気環境に暴露されて乾燥するのを防止する。さらに、カプセル化された周辺 1 8 は、燃料電池カセット 1 に対する構造支持と共に、反応物、冷却剤、および電流分配に必要な取付具およびその他の器具を固定することのできる、出来上がった燃料電池カセット上の表面領域を提供する。

【0044】

樹脂 1 7 は、E E F 1 9 の型 3 0 内に置かれて、凝固する。いったん硬化が完了すると、上面シール／真空プレート 2 1 を除去し、続いて非多孔質膜 1 6 層を燃料電池カセット 1 の両側から取り外す。次いで、余剰樹脂を除去するため、燃料電池カセット 1 の上面および底面をトリミングし、かつ縁部を削る。次に図 8 は、本発明の燃料電池カセット 1 を 2 つ含む、燃料電池スタック 2 2 を示す。このような燃料電池スタック 2 2 においては、エンドプレート 2 3 および、ボルト 1 5 などのさらなる圧縮手段を追加して、燃料電池スタック 2 2 内の接触を確実にする。通常、エンドプレート 2 3 は、反応物および冷却剤の流れのための内部チャンネルと共に、圧縮用のボルトおよびガスケットを備える、重量のある金属構造である。いくつかのエンドプレート構成が、当業者には周知である。また、電極 2 8 が、動作中の燃料電池スタックから電気エネルギーを取り出すために提供される。

【0045】

図 8 には燃料電池カセット 1 を 2 つ含む燃料電池スタック 2 2 を示してあるが、その他任意の数の燃料電池カセット 1 を、燃料電池システムの最終出力要件に応じて、燃料電池スタック 2 2 に使用することができる。より低い出力要件で十分である場合には、燃料電池スタックは、エンドプレートまたはその他の圧縮手段を追加した、ただ一つの燃料電池カセットで構成することもできる。図 8 のように燃料電池スタックに複数の燃料電池カセット 1 を利用する場合には、各燃料電池カセットは、すべての燃料電池カセット 1 のマニホール開口が、燃料電池スタック 2 2 を貫通するマニホールチャンネル 2 9 を形成するように位置合わせしなくてはならない。

代替案として、本発明のさらなる実施態様においては、燃料電池スタック 2 2 は、本発明の燃料電池カセット 1 を、図 9 に示すように 2 つのハウジング部品 2 4 内に収容して、製造することができる。この実施態様によれば、図 8 に示す燃料電池スタック 2 2 内の圧縮手段に必要な、高価でかさばる器具の多くが不要となり、またエンドプレート 2 3 もボルト 1 5 も必要としない。

【0046】

ハウジング部品 2 4 は、金属、熱硬化樹脂または従来型のエンジニアリング熱可塑性樹脂で形成することができる。好ましい熱可塑性樹脂には、ポリエステルスルホン、ポリフェニレンスルホン、ポリフェニレンスルフィド、ポリスルホン、ポリフェニレンオキシド、ポリフェニレンエーテル、ポリプロピレン、ポリエチレン、ポリテトラフルオロエチレン、およびフッ素化ポリプロピレン、またはそれらの混合物がある。さらに、熱可塑性材料は、ガラス繊維、グラファイト繊維、アラミド繊維、セラミック繊維、シリカ、タルク、炭酸カルシウム、炭化ケイ素、グラファイト粉末、窒化ホウ素、ポリテトラフルオロエチレン、および金属粉末または繊維などの充填材料を含んでもよい。好ましい一実施態様では、ハウジング部品は、ガラス繊維充填ポリスルホンで形成される。好ましい熱硬化性樹脂としては、エポキシ類またはポリウレタン類がある。

【0047】

図 9 には、燃料電池スタック 2 2 の好ましい一実施態様を示してあり、このスタックは、開口形成体基部と、開口形成体基部から延びて第 1 の収容区画を画定する、開口形成体側壁とを有し、かつ開口形成体基部の厚みを貫通する、少なくとも 1 つの反応物マニホール開口 9 を有する、第 1 のハウジング部品 2 4 を含む。図に示された第 2 のハウジング

部品 24 は、開口形成体上部と、開口形成体上部から延びて第 2 の収容区画を画定する開口形成体側壁とを有すると共に、さらに、開口形成体上部の厚みを貫通する少なくとも 1 つの反応物マニホールド開口 9 を有する。

【0048】

本発明の 1 つまたは複数の燃料電池カセット 1 は、第 1 のハウジング部品 24 の基礎部分の収容区画内に配置される。図 9 に示す実施態様では、3 つのそのような燃料電池カセット 1 が、燃料電池スタック 22 に使用されている。複数の燃料電池カセット 1 を積み重ねる場合には、すべての燃料電池カセット 1 のマニホールド開口 9 が位置合わせされるように、燃料電池カセット 1 を積み重ねなくてはならない。次いで、第 2 のハウジング部品 24 の上部を、第 2 のハウジング部品 24 の側壁部分が、第 1 のハウジング部品 24 の側壁部分上に載るように配置することができる。第 1 および第 2 のハウジング部品 24 の両方が、図 9 の実施態様に示すような、マニホールド開口 9 を包含する場合には、第 1 のハウジング部品 24 の反応物マニホールド開口 9 を、第 2 のハウジング部品 24 のマニホールド開口 9 および燃料電池カセット 1 のマニホールド開口と位置合わせして、燃料電池スタック 22 および両ハウジング部品 24 の厚みを通過するマニホールドチャンネル 29 を形成する。しかしながら、実施態様によっては、ハウジング部品 24 の一方だけがマニホールド開口 9 を包含し、かつマニホールドチャンネル 29 は、燃料電池カセット 1 と、ハウジング部品 24 の 1 つだけを通すだけにしてすることができる。マニホールドチャンネル 29 がいったん形成されると、ボルトまたはその他の機械的な結合手段を用いることもできるが、好ましくはシール材 25 によって 2 つのハウジング部品 24 が結合される。

【0049】

図 9 の好ましい実施態様においては、シーリングは、最初に 2 つのハウジング部品 24 に圧縮手段を適用することによって達成される。圧縮手段は、圧盤プレス、締結具または当該技術において周知の他の圧縮手段でよい。次いで、注入成型法によって、シール材 25 が、第 1 および第 2 のハウジング部品 24 の側壁部分の接続部に注入される。シール材 25 は、燃料電池システム内の作動温度に耐える能力などの、作動中の燃料電池システムで遭遇する状態に対して必要とされる化学的および機械的な性質に関して選択される。シール材 25 はポリプロピレンが好ましいが、ウレタンまたはエポキシなどの当該技術で公知のその他のポリマーシール材も使用することができる。使用できるシール材には、限定はされないが、Araldite (登録商標) 2018 (米国、Ciba Specialty Chemical Corporation が市販) などの PUR 樹脂、FEC2234 (米国、Morton International, Inc. が市販) などの ALIPS 樹脂、SYLGARD (登録商標) 170A/B (米国、Dow Corning Corporation が市販)、Fluorel (登録商標) 樹脂 (米国、the Minnesota Mining and Manufacturing Company が市販)、Fluorolast (登録商標) 樹脂 (米国、Lauren International, Inc が市販)、シリコン、フルオロシリコン、およびビニルエステルがある。いったんシール材 25 が凝固すると、燃料電池スタック 22 の圧縮は、2 つのシール付きハウジング部品 24 によって本質的に提供されるので、圧縮手段は取り外す。

【0050】

本発明の燃料電池カセット 1 からなる燃料電池スタック 22 形成物は、2 つの結合ハウジング部品 24 の収容区画内にカプセル化され、同時に燃料電池スタック 22 への反応物アクセスは、マニホールドコネクタ 32 を経て、マニホールドチャンネル 29 を介して提供される。

好ましい実施態様を示して、記述したが、本発明の趣旨と範囲を逸脱することなく、様々な変更および代替を行うことができる。したがって、本発明は例として記述したものであり、限定されるものではないことを理解すべきである。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図 1a】 本発明の燃料電池カセットの一実施態様を示す、横断面図である。

【図 1b】 本発明の燃料電池カセットの一実施態様を示す、上面図である。

【図 2】 本発明の燃料電池カセットの第 2 の実施態様を示す、横断面図である。

【図 3】 本発明の燃料電池カセットの第 3 の実施態様を示す、横断面図である。

【図 4】 本発明の燃料電池カセットのさらに別の実施態様を示す、横断面図である。

【図 5】 各マニホールポートがその周囲で接合されている、本発明に使用する M E A の上面図である。

【図 6】 M E A とスペーサ膜の組立体を包含する、本発明の製造に使用する、ポートシール固定具を示す断面図である。

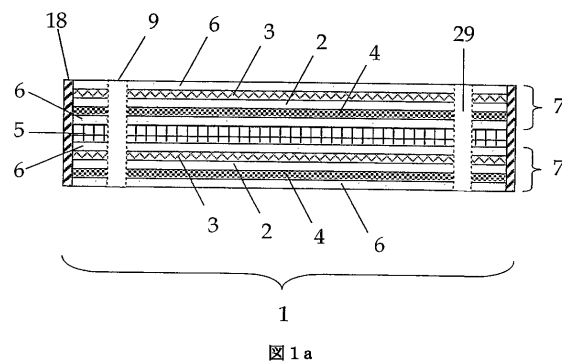
【図 7】 燃料電池カセット組立体設計を包含する、本発明の製造に使用する、縁部カプセル化固定具を示す断面図および上面図である。

【図 8】 追加のエンドプレートおよび圧縮手段を備えた、本発明の燃料電池カセットからなる燃料電池スタックの横断面図である。

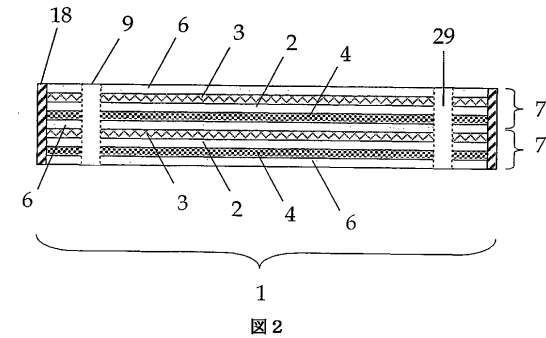
10

【図 9】 燃料電池カセットが、2つのシールされたハウジング部品に、通常の燃料電池スタックとしての使用のために包含されている、本発明の燃料電池カセットの切欠側面図である。

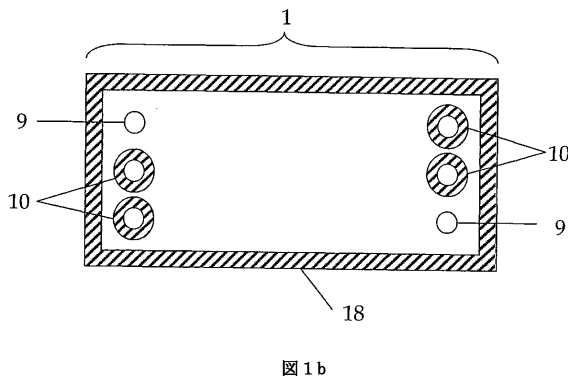
【図 1 a】



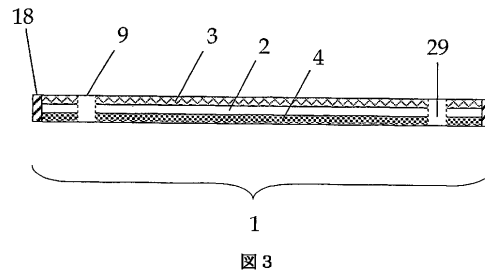
【図 2】



【図 1 b】



【図 3】



【図 4】

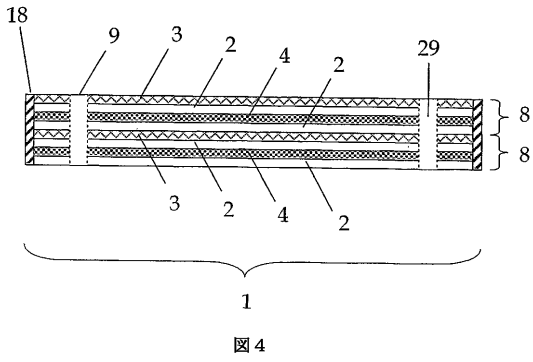


図 4

【図 5】

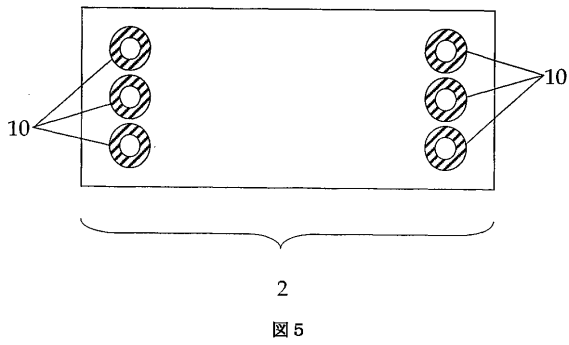


図 5

【図 6】

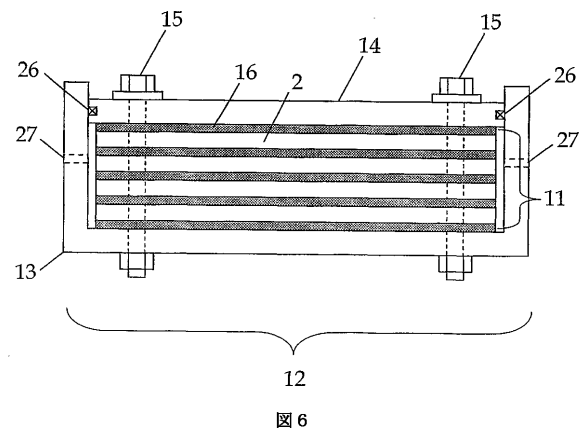


図 6

【図 7】

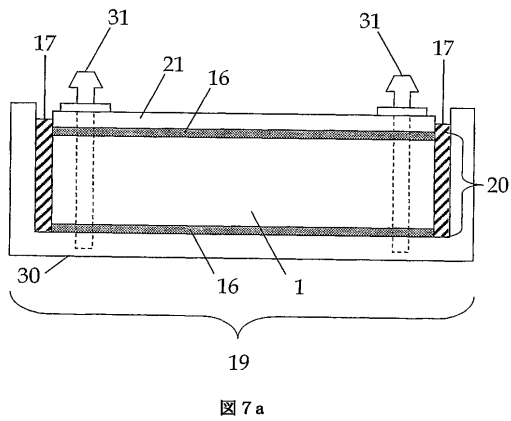


図 7 a

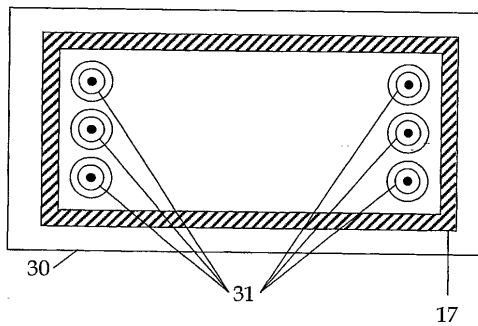


図 7 b

【図 8】

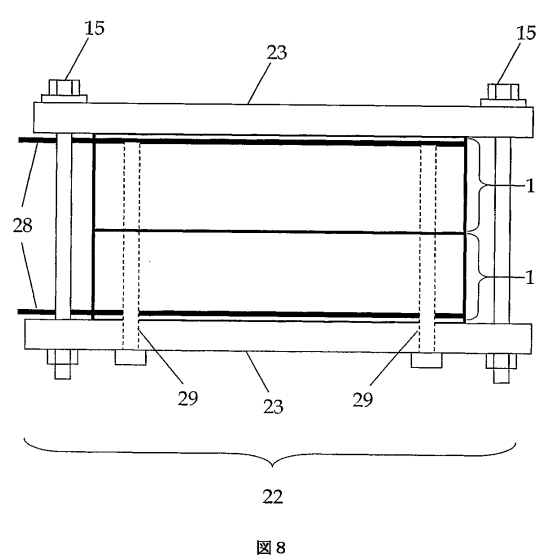


図 8

【図 9】

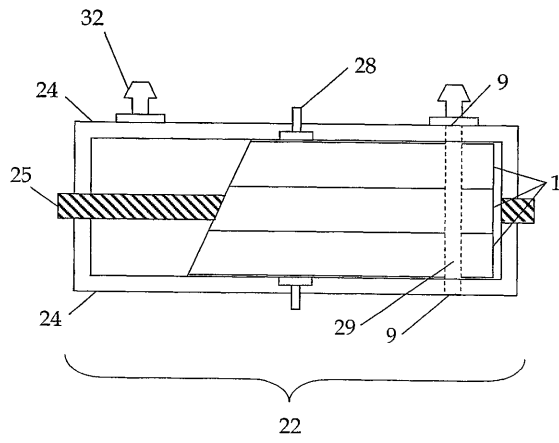


図 9

フロントページの続き

- (72)発明者 フォーマト, リチャード エム.
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01519、グラフトン、ショーン マイケル ウェー
13
- (72)発明者 ヘルツェク, アッティラ イー.
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01772、サウスボロー、ヤコブズ レーン 4
- (72)発明者 エナイェトゥラ, モハマド
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02067、シャロン、ハワード ファーム ロード 1
8

審査官 前田 寛之

(56)参考文献 特開2000-067886 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 8/24

H01M 8/10