

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5021132号
(P5021132)

(45) 発行日 平成24年9月5日(2012.9.5)

(24) 登録日 平成24年6月22日(2012.6.22)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 M 8/04 (2006.01)

HO 1 M 8/02 (2006.01)

HO 1 M 8/10 (2006.01)

HO 1 M 8/04 K

HO 1 M 8/02 E

HO 1 M 8/10

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2001-559085 (P2001-559085)	(73) 特許権者	502046087
(86) (22) 出願日	平成13年2月8日 (2001.2.8)		ハネウェル インターナショナル, インコ
(65) 公表番号	特表2003-523058 (P2003-523058A)		ーボレーテッド
(43) 公表日	平成15年7月29日 (2003.7.29)		アメリカ合衆国 07962-2245
(86) 国際出願番号	PCT/US2001/004024		ニュージャージー州, モーリスタウン, ピ
(87) 国際公開番号	W02001/059865		ー, オー, ボックス 2245, コロンビ
(87) 国際公開日	平成13年8月16日 (2001.8.16)		ア ロード 101
審査請求日	平成20年2月7日 (2008.2.7)	(74) 代理人	100137545
(31) 優先権主張番号	09/500, 413		弁理士 荒川 聡志
(32) 優先日	平成12年2月8日 (2000.2.8)	(74) 代理人	100093908
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 松本 研一
		(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100106541
			弁理士 伊藤 信和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ポリマー電解質膜燃料電池のウィッキングストランド

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料電池 (11) のポリマー電解質膜 (17) を水和する装置であって、当該装置が、毛管現象により前記ポリマー電解質膜と前記ポリマー電解質膜から離間した場所との間で水を導くためのウィッキングストランド (19, 27) であって、前記ポリマー電解質膜 (17) に当接するウィッキングストランド (19, 27) を具備しており、

前記ウィッキングストランドが複数の対称なローブ (34, 35, 36) を有していて、隣接する対称ローブ (34, 35, 36) の間に部分的に囲まれた流路 (37, 38, 39) を形成しており、水が前記流路 (37, 38, 39) を通して流れることにより、前記ウィッキングストランド (19, 27) が水を導く、水和装置。

10

【請求項 2】

前記ウィッキングストランド (19, 27) が軸方向対称軸を有しており、前記ローブ (34, 35, 36) が前記対称軸から半径方向に延出していて、各ローブ (34, 35, 36) が T 字形に構成されたアーム部とフランジ部とを有する、請求項 1 記載の水和装置。

【請求項 3】

前記流路 (37, 38, 39) の数が前記ローブ (34, 35, 36) の数と等しい、請求項 1 又は請求項 2 記載の水和装置。

【請求項 4】

前記ローブ (34, 35, 36) が少なくとも 3 つのローブ (34, 35, 36) から

20

構成されている、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項記載の水和装置。

【請求項 5】

前記ウィッキングストランド (19, 27) が複数のストランドから構成されていて、前記ウィッキングストランド (19, 27) が前記ポリマー電解質膜 (17) 上に反復パターンを形成する、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項記載の水和装置。

【請求項 6】

前記燃料電池 (11) が触媒層 (21, 29) を含んでおり、前記ウィッキングストランド (19, 27) が前記触媒層 (21, 29) と前記ポリマー電解質膜 (17) との間に配置されている、請求項 5 記載の水和装置。

【請求項 7】

前記パターンが、前記ウィッキングストランド (19, 27) が互いに平行に配置されることにより構成される、請求項 5 又は請求項 6 記載の水和装置。

【請求項 8】

前記流路が、前記場所から前記ポリマー電解質膜 (17) へ水を導く、請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項記載の水和装置。

【請求項 9】

前記燃料電池 (11) が陽極触媒層 (21) を含んでおり、前記ポリマー電解質膜 (17) が陽極側の面を有しており、前記ウィッキングストランド (19) が前記陽極触媒層 (21) と前記ポリマー電解質膜 (17) との間に配置されてそれらと当接しており、前記場所が水を収容した水容器 (53) を具備しており、前記ウィッキングストランド (19) が前記水容器 (53) と流体連通していて、前記水容器 (53) から前記ウィッキングストランド (19) を通して前記ポリマー電解質膜 (17) の陽極側の面へと水が流れる、請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項記載の水和装置。

【請求項 10】

前記燃料電池 (11) が陰極触媒層 (29) を含んでおり、前記ポリマー電解質膜 (17) が陰極側の面を有しており、前記ウィッキングストランド (27) が、前記陰極触媒層 (29) と前記ポリマー電解質膜 (17) との間に配置されてそれらと当接しており、前記場所が水を回収するための第 2 の水容器 (59) をさらに具備しており、前記ウィッキングストランド (27) が前記第 2 の水容器 (59) と流体連通していて、前記ポリマー電解質膜 (17) の陰極側の面から前記ウィッキングストランド (27) を通して前記第 2 の水容器 (59) へと水が流れる、請求項 9 記載の水和装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は燃料電池に関し、特に、燃料電池の電極の間で陽子を伝導するために固体ポリマー電解質膜を含み且つ膜を水和するために複数のウィッキングストランドを含む燃料電池に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、燃料から燃焼プロセスにより仕事が引き出される燃焼プロセスは、膨張する気体の圧力を利用してタービンを回転させるか、又は往復ピストンを移動させ、最終的には、駆動軸にトルクを与える。このトルクは、その後、通常は推進力を得るため又は電力を発生するために使用される。電力を発生させる場合、電力は再び機械的仕事に変換されることが多い。

【0003】

燃焼プロセスの副産物は大気を汚染する廃ガスであり、汚染を回避又は少なくとも低減すべきであるならば、廃ガスを触媒と反応させて、害のない化合物を生成する。このプロセスには通常は高いコストがかかり、汚染物質の放出をあらかじめ規定された最大値以下に保持するように保証するために大規模な監視や保守を必要とする作業及び機器が要求される。更に、膨張する気体を利用してタービン又はピストン機関を駆動する場合には、燃焼

10

20

30

40

50

プロセスの効率の悪さと、可動部品の摩擦が原因となるエネルギー損失が避けられない。

【0004】

燃料を燃焼させることにより仕事を発生する場合に固有の上記のような欠点を回避する1つの方法が燃料電池である。燃料電池は、触媒を利用して燃料を酸化させる化学反応から直接に電力を発生する。燃焼のような中間工程は不要であり、また、駆動軸のトルクから電力を発生するための機械も不要である。燃料の化学的エネルギーは、はるかに効率良く利用される。大気を汚染する廃ガスが放出されないため、有害な副産物を中和するために必要とされる付随の工程や機器も不要である。

【0005】

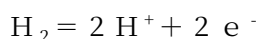
最も単純な燃料電池は、電解質により互いに離間された2つの電極から構成される。電極は外部回路を介して電氣的に接続され、それらの間に抵抗負荷が位置している。固体ポリマー電気化学燃料電池は、2つの電極の間に配置された、陽子交換膜としても知られている固体ポリマー電解質膜、略して「PEM」から構成される膜電極アセンブリ、略して「MEA」を一般に採用している。電極は、気体を拡散させる多孔質の導電性シート材料、通常は炭素繊維から成る紙又は布から形成されている。PEMは電極間で容易に陽子を移動させるが、相対的に気体を透過しにくい。また、PEMは導電率に関しては低いので、電池の内部短絡を防止する。

【0006】

一方の電極である陽極に燃料ガスが供給されると、燃料ガスはそこで酸化されて、陽子及び自由電子を発生する。自由電子の発生によって、陽極に電位、すなわち、電圧が発生する。陽子はPEMを経て他方の電極である正に帯電した陰極へ移動する。陰極に還元剤が供給されると、還元剤はPEMを通り抜けて来た陽子及び外部回路を流れて来た自由電子と反応して、反応生成物を形成する。MEAは、所望の電気化学反応を誘起するために、PEMと各々の電極との間の境界面に、それぞれ、通常はプラチナベースである触媒を含む。

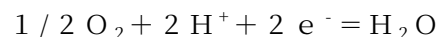
【0007】

燃料電池の一般的な実施例の1つにおいては、燃料が水素ガスであり、酸化剤は酸素である。陽極で水素が酸化されて、以下の化学式に従って H^+ イオン、すなわち、陽子と、電子とを形成する。



【0008】

H^+ イオンはPEMを横断して陰極に到達し、そこで酸素と、外部回路からの自由電子により還元されて、水を形成する。この反応は次の化学式により表される。



【0009】

ある種の燃料電池はポリパーフルオロスルホン酸などのイオン交換ポリマーから形成される固体PEM、例えば、E. I. DuPont de Nemoursにより製造されているNafion(登録商標)膜を使用している。イオンの搬送はポリマー内部に存在する陰イオン(スルホン酸陰イオン)基により確立されたイオンネットワークの経路に沿って行われる。イオン搬送に利用される導電経路を形成するために、ポリマーのイオンサイトの周囲には水が要求される。

【0010】

従って、このようなPEMのイオン伝導度はポリマーにおける含水率の関数である。特に、伝導度は含水率が最小閾値レベルを下回ると低下する。伝導度が低下すると、ポリマーが過剰に乾燥して、燃料電池が導通しなくなるまで、燃料電池の効率は低下する。

【0011】

PEMの陽極表面からの水の排除を引き起こす原因はいくつかある。酸化反応、並びに自由電子の搬送により発生する熱、すなわち、IR型損失は蒸発を引き起こす。また、水素水化合物、例えば、「ヒドロニウムイオン」(H_3O^+)による電気浸透搬送によっても水は失われる。これは、陽極から陰極へ移動する水素陽子によりPEMを通して水分子が「

10

20

30

40

50

引っ張られる」プロセスである。各 H^+ イオンは電気浸透「引っ張り」のメカニズムを経て1つ又は2つの水分子を共に搬送すると考えられている。

【0012】

膜の脱水はPEM燃料電池特有の問題である。 H^+ イオンの還元により生成されるのに加えて、電気浸透によりPEMを通して搬送されるために、陰極には豊富な水が蓄積し、この水の一部は拡散のメカニズムによって自動的にPEMを通して陽極に戻る。しかし、拡散によって陽極に戻る水の割合は、高電流動作条件の下で過剰なPEMの乾燥を防止するのに常に十分であるとは限らず、従って、燃料電池がさらされると予想される範囲の動作条件の下で乾燥を防止するために、拡散のみに依存することは不可能である。

【0013】

PEMの適切な水和を維持する方法の1つは、陽極に流入する水素ガス燃料の流れの中へ蒸気又は微細な霧として水を導入するために燃料電池構造の外で給湿器を使用する方法である。もう1つの方法は、燃料電池が動作される温度より高い温度に保持された水を通して燃料ガスを発泡させる方法である。

【0014】

しかし、主に凝縮のメカニズムに固有の制約によって引き起こされる、実現可能な解決方法としての給湿の有効性の限界が存在する。特に、陽極において、水は給湿温度での給湿燃料ガスの飽和蒸気圧力と、電池動作温度での飽和蒸気圧力との差に相当する量で凝縮する。通常、給湿温度と電池動作温度との差はごく小さいため、PEMの過剰脱水を十分に回避できるような凝縮を発生させない。

【0015】

1つの解決方法は、給湿温度を上昇させることにより温度差を大きくする方法であった。しかし、給湿温度を上昇させると、水蒸気の部分圧力が大きくなり、それは付随して起こる燃料ガスの部分圧力の増加を上回る。このような不均等な部分圧力の増加は燃料電池に入る加湿ガス混合物における単位体積当たりの燃料ガスの量を減少させる。これは燃料電池の性能に悪影響を及ぼす。

【0016】

更に、PEMの脱水を防止するのに十分な量で気体状混合物を飽和させたとしても、また、凝縮水の量が同様に適切であると想定しても、陽極の表面に凝縮水が一様に与えられるとは限らない。むしろ、大半の水は陽極の、流入して来る流れに最も近い部分に集中して、PEMのより離れた部分は乾燥しやすくなる。

【0017】

飽和ガスの流量を増加させることにより、飽和ガスにより搬送される水分の量、従って、凝縮水の量を増すことは可能であるが、これには、再循環ポンプと、システムを再循環する未使用のガスに蓄積しがちである不純物を濾過する何らかの手段とを含む再循環ガスシステムが必要である。燃料ガスに給湿すること、特に再循環システムの重大な欠点は、ポンプ、弁、ヒータ及びその他の機器が必要であるために、燃料電池の重量が増すのに加えて燃料電池全体のコストが高くなり、且つ信頼性に悪影響が出ることである。

【0018】

燃料ガスに給湿する方法に代わる方法は、陽極へ水の流れを導く。しかし、液体水がPEM中に吸収される速度に関してのフィードバックがないため、この方法は、通常、吸収されるべき量よりはるかに多い量の水を陽極の面へ送り出すことになる。この過剰な液体水は燃料ガスが陽極上の反応場所へ接近するのを制限し、その結果、燃料電池の性能に悪影響を及ぼす。

【0019】

また、水容器から陽極及びPEMの面へ水を導くためにウィックも使用されている。特に、米国特許第5,534,363号は、多孔質の壁を有する中空の管から構成されるウィッキング構造を開示している。管は、カバーの表面から伸びる多数のごく小さな織物又はフォームのフィンガを有する多孔質の織物又はフォームにより完全に被覆されている。

【0020】

カバーは燃料電池の陽極シートの表面に接着しており、多孔質管及び陽極表面に接合可能な材料から形成されている。従って、陽極シートを形成するために使用される材料を考慮しながらカバーの材料を選択しなければならない。コラム6の38～46行に記載されている通り、適正な陽極ウィック材料を選択するには、陽極の物理的特性及び化学的特性が企業秘密であるために、陽極の被覆を剥がして解析することが必要になるであろう。

【0021】

コラム7の13～28行において、代替実施例は、複数の枝を有する木の幹の形状に成形された髪の毛形の管から構成されるウィックを開示している。この管には小さな穴が複数形成されており、陽極材料の湿潤特性及びPEMの水と条件に応じて多孔質の織物又はフォームから成るカバーが必要である場合と、不要な場合がある。この代替実施例のウィック構造を陽極の面に装着するための代替メカニズムは全く開示されていないので、この管も陽極シートに接合する材料から構成されていなければならないことが示される。

10

【0022】

更に別の、上記の構成に代わる陽極ウィックは、多孔質織物フィンガ又はフォームフィンガの代わりに、親水性の（すなわち、水を吸収する）糸及び疎水性の（すなわち、水をはじく）糸から織り上げられた布を使用する。ニット布は、全ての液体水をほぼ排除し、水素ガスを陽極へ通過させる複数の反復方形疎水性領域を含む。各々の疎水性領域を取り囲むように、水素ガスを排除し、液体水をウィッキングアクションによって中空管から陽極面へ搬送させる親水性ストライプのゾーンが存在する。

20

【0023】

前述のように、上記の特許のウィックは、陽極の面上に位置し、接着により陽極面に装着された中空管を使用する。管又は管カバーを陽極に接合する材料から形成しなければならないため、陽極材料の解析を行う必要がある。そのようなウィックを使用するには、適正な接合を確保するために、様々な燃料電池の外被をそれぞれ剥がし、陽極を解析しなければならない。それぞれ特有の接合特性を有する材料から構成されている陽極を有する燃料電池ごとに、それと組み合わせて使用されるべきウィックを特別に製造しなければならないのである。

【0024】

米国特許第5,322,744号は、陽極に水を供給し、最終的にはPEMに水を供給するためのウィックを開示している。特に、コラム10の1～4行において、この特許は「様々な天然繊維、合成繊維又は金属繊維から選択されるのが好ましい繊維状材料からなり、互いに縊り合わされている糸から製造された」ウィックを開示している。縊り合わされた糸は1つの束を形成する。ウィックを形成する束状の糸などの物体が陽極の面又はPEMの上に存在していると、そのような物体がなければ H^+ イオンの搬送のために利用できる表面積が狭くなり、それに比例して燃料電池の電流密度が減少してしまう。従って、個々の糸より太いことは自明である束が太くなるほど、電流密度はますます減少し、燃料電池の性能は劣化する。

30

【0025】

束を形成している個々の繊維の間を、直線状の経路とは対照的な螺旋状の曲がりくねった経路に沿って水は導かれる。このような非直線的な流路では、水分子は陽極の表面のある部分に到達するまでに、特にウィッキング束の水供給源から最も遠い距離にある陽極の領域及びそれに隣接するPEMに関して、より長い経路をたどらなければならない。このため、水分子を押し出す毛管力からより多くの仕事を引き出さなければならず、また、水がその供給源からPEMまでの距離をたどるのにより多くの時間を費やすことになる。

40

【0026】

米国特許第5,358,799号は、水を燃料セルの陽極へ導き、且つ陰極から導くために毛管ウィックを使用することを開示している。コラム5の59～60行で、この特許は毛管ウィックが「多孔質グラファイト又はその他の適切な材料」から構成されると述べている。

【0027】

従来の技術のいくつかの引例は、繊維又はストランドの長さに沿って軸方向に延出し、ス

50

トランドの心で交差する3つのT字形区画により形成される3つの中空内部領域を有する繊維又はストランドを開示している。特に、米国特許第5,759,394号の図3は上記のような繊維を示している。繊維は長手方向領域の内部に固体吸収剤を封入している。吸収剤は通過する空気の流れから望ましくない分子を吸収する。液体のウィッキングは開示又は示唆されていない。

【0028】

米国特許第5,891,221号の図3には、望ましくない臭気の原因となる気相分子に対する親和性を有する液体を搬送し且つ保持することと関連して、上記の繊維構成が示されている。繊維は毛管現象を利用して、内部領域を経て接触した選択された液体を引き出す。液体は、繊維の束の周囲及びその内部を通過する空気から望ましくない気相分子を除去する。

10

【0029】

米国特許第5,704,966号も、上述のような3ローブ構成を有するウィッキング繊維を示す。この特許に開示されている繊維の束は、空気の流れから気体状汚染物質を濾過するために使用される。各々の繊維は、気体状汚染物質を捕獲する液体を含む。繊維は捕獲した汚染物質を含有する液体を別の空気の流れへ搬送し、この空気の流れは繊維から汚染物質を引き剥がして、運び去る。

【0030】

上述の3ローブ構成を有する繊維は米国特許第5,057,368号の図1に示されている。コラム5の20～21行には、その適用用途の1つとして液体のウィッキングが記載されている。米国特許第5,713,971号の図5も、上述のような構成を有する3ローブ繊維を示す。コラム4の58～62行で、この引例は、毛管力を利用して繊維の内部から液体を吸い上げることを開示している。液体は空気の流れから除去すべき望ましくない物質に対する親和性を有する。

20

【0031】

後の4つの引例は、それぞれ、長さに沿って軸方向に延出する3つの中空内部領域を有する繊維又はストランドを有する3ローブ繊維を開示している。これらの引例は、それぞれ、開示されている繊維が液体をウィッキングできると述べている。しかし、それらはいずれも、そのような繊維を使用して、ガス燃料電池のPEMを適切に水和するという以前からの問題を解決することを開示又は示唆していないのである。

【0032】

30

【発明が解決しようとする課題】

以上の説明からわかるように、現在、当該技術分野においては、従来の技術の欠陥、欠点及び限界を克服する一方で、燃料電池のPEMを十分な水和状態に保持する水和装置が必要とされている。本発明は当該技術においてこの必要を満たす。

【0033】

【課題を解決するための手段】

簡単に言えば、燃料電池において、PEMは、サンドイッチ状アセンブリが形成されるように触媒材料から構成される2つの層の間に配置される。燃料電池は更に2つの電極を含み、各電極は液体及び気体を透過する多孔質材料から成る薄いシートから構成されている。2つの電極は、各電極の一方の面が触媒層に当接するようにサンドイッチ状アセンブリの両側に配置される。

40

【0034】

各電極の他方の面はそれぞれ非多孔質の双極極板に当接している。双極極板は気体を流通させるための複数の溝を有し、燃料ガスを当接している電極に分配するためのマニホールドとして作用する。2つの双極極板は導電性であり、電気回路により電氣的に接続されている。

【0035】

各触媒層と、隣接するPEMとの間に複数のウィッキングストランドが配置されている。各ストランドは1本の3ローブ繊維から構成されている。ストランドは互いに交差又は重複しないように反復パターンを描いて配列されている。

50

【0036】

水素燃料ガスは陽極双極極板の溝を通して流れ、陽極電極を介して拡散し、触媒と反応して自由電子と、 H^+ イオンとを生成する。電子は外部回路によって陰極電極へ流れ、 H^+ イオンはPEMを通して陰極電極へ移動する。陽極電極に面するPEMの面に当接しているウィッキングストランドは水容器からそのPEM面へ液体水を流通させて、PEMの適切な水和を維持する。

【0037】

酸素ガスは陰極双極極板の溝を通して流れ、 H^+ イオン及び自由電子と反応して、液体水を形成する。陰極電極に面するPEMの面に当接しているウィッキングストランドはそのPEM面から排水容器へ液体水を流通させる。

10

【0038】

本発明の上記の特徴、面及び利点、並びにその他の特徴、面及び利点は、添付の図面、以下の説明及び特許請求の範囲を参照することにより更に良く理解されるであろう。

【0039】

【発明の実施の形態】

図1に、燃料電池11の展開図を示す。燃料電池11は陽極側13と、陰極側15とから構成されており、ポリパーフルオロスルホン酸などの固体イオン交換ポリマー、例えば、E. I. DuPont de Nemoursにより製造されているNafion(登録商標)膜から形成されたPEMを更に含む。PEM17は陽極側と陰極側を電子的に分離するが、それらの間の陽子の導通を行わせる。その重要性については後に説明する。陽極側13はウィッキングストランド19と、陽極触媒層21と、陽極電極23と、陽極双極極板25とから構成されている。陰極側15はウィッキングストランド27と、陰極触媒層29と、陰極電極31と、陰極双極極板33とから構成されている。

20

【0040】

触媒層21及び29はPEM17の2つのほぼ平坦な面と向かい合ってそれぞれ配置され、サンドイッチ状アセンブリを形成している。触媒層21及び29は多孔質であり、 H^+ イオン及び自由電子を形成するための水素ガスの解離を促進する、当業者には良く知られたいくつかのプラチナベース化合物のいずれか1つから構成されている。電極23及び31は、それぞれ、液体及び気体を透過させる多孔質材料の薄いシートから構成されている。この目的では一般に炭素繊維から成る紙又は布が使用されている。

30

【0041】

ストランド19は、各ストランドがその長さの大部分でPEM17と接触するように触媒層21とPEM17との間に配置されている。ストランド27は、各ストランドがその長さの大部分でPEM17と接触するように触媒層29とPEM17との間に配置されている。ウィッキングストランド19及び27はそれぞれ全く同じである。1本のストランド19の斜視図を図2に示す。

【0042】

図2に示すように、ストランド19は軸方向対称軸を有していて、該対称軸から半径方向に突出する対称なローブ34、35及び36を含んでおり、各ローブはT字形に構成されたアーム部とフランジ部とを有する。各対のローブはその間に水を流通させるための流路を形成している。特に、ローブ34とローブ35との間に流路37が形成され、ローブ35とローブ36との間に流路38が形成され、ローブ34とローブ36との間に流路39が形成されている。

40

【0043】

水は流路37、38及び39を通してストランド19の軸方向軸40に沿って流通される。例えば、流路37を流れる水の分子はローブ34及び35により横方向へ移動するのを抑止される。その代わりに、最も抵抗の小さい経路は流路37に沿った軸方向の流れとなる。流動する水に作用する毛管力は、水が局所的に存在しないことによって、ローブ34とローブ35との間にある水面の表面張力に十分勝るほどの毛管力が発生するようなPEM17の1つの領域に突き当たるまで水を流路37内で強制的に軸方向に流れさせる。表

50

面張力に勝るこの毛管力は流路 37 の水を強制的に軸 40 に対して横方向に流動させ、PEM17 の当接面に到達させる。

【0044】

流路 37 から PEM17 の当接面に至る水の横方向流れは、当接面が十分に水和されて、等価化学ポテンシャルに達するまで続く。この等価化学ポテンシャルはローブ 34 及び 35 と組み合わされて、水の横方向への移動を抑止し、流路 37 が再び PEM17 の乾燥した表面領域に突き当たるまで水の軸方向の動きを継続させる。流路 38 及び 39 を流れる水に関しても同じメカニズムが機能する。ストランド 19 は PEM17 の面を横切るにつれてねじれているため、3つの平行な軸方向流路が存在することによって、それらの流路のうち少なくとも 1つはほぼ常時確実に PEM17 に当接し、水を先に説明したように PEM17 の様々な領域へ導く。

10

【0045】

各々のストランド 27 も同じように機能して、水を PEM17 の表面から遠ざけるように導く。Honeywell International, Inc. 製造の Triad(商標)繊維は図 2 に示す好ましい 3 ロープ構造の横断面を有しており、従って、ストランド 19 及び 27 として使用するのに適している。

【0046】

ストランド 19 は反復パターンを描いて配列されているのが好ましい。これにより、PEM17 の表面は必要最小限の長さのストランド 19 のみを使用して適切に水和される。不必要な長さのストランド 19 の使用を回避することで、ストランド 19 により覆われ、それにより妨げられて、 H^+ イオンの伝達に利用不可能な状態にされる PEM17 の表面積は最小となる。

20

【0047】

PEM17 に当接するストランド 19 の重複部分のみが所期の通りに PEM17 の当接面へ水を導くように機能すると考えられるため、ストランドは互いに交差したり、あるいは重なり合わないのが好ましい。水を導けるか否かは乾燥した表面領域との接触の有無によって決まるので、PEM17 に当接しない、すなわち、下方に位置するストランドと触媒層 21 との間に位置するストランド 19 の重複部分はその場所で PEM17 へ水を導くことができず、下方に位置するストランドが水和されるであろう。従って、上方に位置するストランドは PEM17 を適切に水和するために必要なストランドの長さを更に増すだけになるであろう。

30

【0048】

ストランド 27 も、同じ理由により、重なり合わずに反復パターンを描いて配列されるのが好ましい。図 1 に示すように、ストランド 19 及び 27 は互いに平行に配置されており、各対の隣接するストランドの間の間隔はそれぞれほぼ等しい。

【0049】

双極極板 25 及び 33 は、気体及び液体を透過しない導電性非多孔質材料から形成されている。電気回路 41 は双極極板 25 及び 33 を電氣的に接続している。陽極双極極板 25 は面 42 と、平行な溝 43 と、入口 44 と、出口 45 とを含む。溝 43 はその他の部分は平坦である面 42 に形成されている。溝 43 は互いに流体連通していると共に、入口 44 及び出口 45 とともに流体連通している。陽極双極極板 25 は、陽極電極 23 が溝 43 に対して露出され、そこを気体が流通できるように陽極電極 23 に当接している。

40

【0050】

陰極双極極板 33 は面 46 と、平行な溝 47 と、入口 48 と、出口 49 とを含む。溝 47 はその他の部分は平坦である面 46 に形成されている。溝 47 は互いに流体連通していると共に、入口 48 及び出口 49 とともに流体連通している。陰極双極極板 33 は、陰極電極 31 が溝 47 に対して露出され、そこを気体が流通できるように陰極電極 31 に当接している。

【0051】

図 3 は、燃料電池 11 の概略横断面図である。図 4 は、燃料電池 11 の部分拡大横断面図

50

である。図 3 に特に示されている通り、ストランド 19 は水容器 53 内の水 51 と連通し、入口 44 は水素ガス供給源（図示せず）からの水素燃料ガス 55 と流体連通し、出口 45 は排気ガス容器（図示せず）との間で排気ガス 57 を流体連通させている。水素ガス供給源からのガスが溝 43（図 3 には図示せず）を通して確実に排気ガス容器に流入するように、水素ガス供給源の圧力は排気ガス容器の圧力より十分高い値に維持されている。水素燃料ガス 55 の水容器 53 内への漏れを防止する又は減少させるために、水容器 53 の圧力は溝 43 における圧力よりわずかに高いレベルに維持されている。

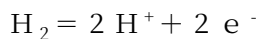
【0052】

燃料電池 11 の陰極側 15 に関しては、ストランド 27 は水容器 59 と連通し、入口 48 は酸素ガス供給源（図示せず）からの酸素ガス 61 と流体連通し、出口 49 は排気ガス容器（図示せず）との間で排気ガス 63 を流体連通させている。酸素ガス 61 が溝 47 を通って確実に流れるようにするために、酸素ガス供給源の圧力は排気ガス容器内の圧力より高い圧力に維持されている。

10

【0053】

溝 43 に流入した水素燃料ガス 55 は陽極電極 23 を通って流れ、触媒層 21 と接触し、その後に解離して、下記の化学式に従って H^+ イオンと、自由電子とを形成する。



自由電子の発生により、陽極双極極板 25 と陰極双極極板 33 との間に電圧が発生する。回路 41 は負荷 65 を含む。負荷 65 がこの電圧を供給されると、回路 41 は閉成し、陰極双極極板 33 に電流が流れる。

20

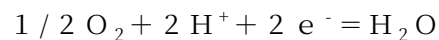
【0054】

PEM17 が蒸発及び電気浸透搬送によって水和するにつれて、水 51 は水容器 53 からストランド 19 を通って、毛管現象により PEM17 の陽極側の面へ引き込まれる。ストランド 19 と PEM17 との間の平衡は毛管現象により維持されて、PEM17 を水和状態に保持する。逆に、PEM17 が水分によって飽和されたときには、毛管現象の駆動力は消滅し、水 51 の PEM17 への誘導を抑制する。

【0055】

H^+ 陽子は PEM17 を横断して陰極電極 31 に達し、そこで、触媒層 29 により促進されて、酸素ガス 61 と、陽極双極極板 25 から回路 41 により誘導された自由電子とにより還元され、水を形成する。上記の反応は次の化学式により表される。

30



【0056】

余分な水は PEM17 からストランド 27 を通って毛管現象により除去されて、水容器 59 に入る。

【0057】

陽極双極極板 25 の他方の面は隣接する燃料電池の陰極に当接していることもある。そのような構成においては、この面は先に陰極双極極板 33 に関連して説明した溝と、酸素ガス入り口と、排気口とを有し、全く同じように機能すると考えられる。そのような極板は 1 つの燃料電池の陽極電極と、隣接する燃料電池の陰極電極とに当接しているために、双極極板と呼ばれる。互いに隣接する燃料電池は電氣的に直列に接続されている。これは「積み重ね」燃料電池構成として知られている。

40

【0058】

陰極双極極板 33 に当接するように別の隣接燃料電池を追加することによっても、更に積み重ねを得ることができるであろう。図 5 は、積み重ね構成 67 の本発明による 3 つの燃料電池 11 を示す。

【0059】

本発明は、PEM の陽極側の水和レベルが低すぎて、完全乾燥の危険があるときに水を供給するために毛管ウィッキングストランドを使用し、且つ PEM の陰極側から余分な水を除去する燃料電池である。本発明は、燃料電池の性能を制限したり、あるいは性能に悪影響を及ぼしたりすることなくそれを実現する。本発明は水素燃料ガスを湿潤させるため、

50

又は湿潤水素燃料ガスを再循環させるために必要とされる大規模な機器を使用せずに適正な水和を保証するので、従来の装置と比較して信頼性の向上、保守作業の軽減、軽量化及び費用の節約を実現する。

【0060】

更に、本発明のウィッキングストランドは陽極又は陰極、あるいはPEMに接合する必要がなく、従って、ウィッキングストランドをそれらの燃料電池構成要素に接合可能な材料から構成する必要がないため、それらの構成要素の組成の解析が不要である。本発明のウィッキングストランドは、実質的にどのような材料で構成された燃料電池の電極及びPEMと共に使用されても良い。

【0061】

加えて、本発明の各ウィッキングストランドはウィッキング材料から成る1本の繊維から構成されている。導かれるべき水は、繊維の束から構成されていた従来のウィックで必要とされていた曲がりくねった経路より短いほぼ直線状の経路に沿って流れる。このほぼ直線状の経路を通して水を移動させるために必要な毛管力は従来の曲がりくねった経路の場合より小さい。PEMの陽極側では、これにより、本発明のウィッキングストランドはPEMの乾燥により急速に応答でき、従来の繊維束ウィックと比較してより低い水和レベルに対して応答できる。また、PEMの陰極側では、本発明のウィッキングストランドはPEMの湿潤により急速に応答でき、従来の繊維束ウィックと比較してより高い水和レベルに対して応答できる。

【0062】

本発明の各々のウィッキングストランドを構成している1本の繊維は従来の束状の繊維ウィックよりかなり幅が狭いが、より大きな流量で水を導く。更に、本発明のウィッキングストランドは多孔質織物又はフォームによって被覆されていない。従って、本発明のウィッキングストランドは従来のウィックと比較してPEMの表面積を遮断することが少なく、それにより、 H^+ イオンの伝達に利用できる面積が従来より広がっている。その結果、電流密度が増加すると共に、燃料電池の性能が向上する。

【0063】

言うまでもなく、以上の説明は本発明の好ましい実施例に関し、特許請求の範囲に記載されている本発明の趣旨から逸脱せずに変形を実施できることを理解すべきである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 固体PEMを有し、本発明の平行ウィッキングストランドを複数含む燃料電池の概略展開図。

【図2】 本発明の3ローブウィッキングストランドの斜視図。

【図3】 PEMを有し、本発明のウィッキングストランドを複数含む燃料電池の側断面図を示す概略図。

【図4】 PEMを有し、本発明のウィッキングストランドを複数含む燃料電池の部分拡大側断面図を示す概略図。

【図5】 各々がPEMを有し、本発明のウィッキングストランドを複数含むいくつかの燃料電池の積み重ね構造の側断面図を示す概略図。

【符号の説明】

11…燃料電池、13…両極側、15…陰極側、17…PEM、19…ウィッキングストランド、21…陽極触媒層、23…陽極電極、25…陽極双極極板、27…ウィッキングストランド、29…陰極触媒層、31…陰極電極、33…陰極双極極板、34、35、36…ローブ、37、38、39…流路、41…電気回路、43…溝、44…入口、45…出口、47…溝、48…入口、49…出口

【図 1】

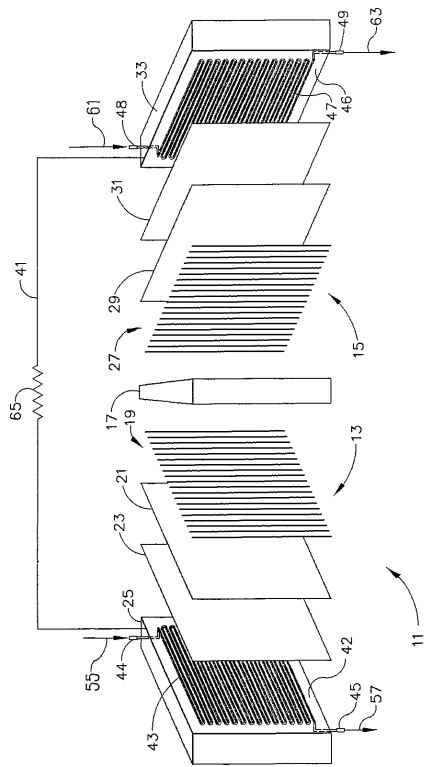


FIG. 1

【図 2】

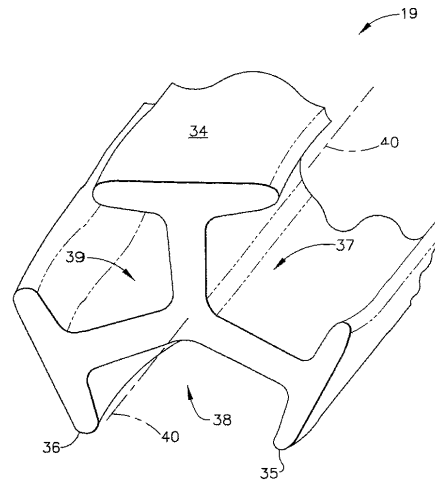


FIG. 2

【図 3】

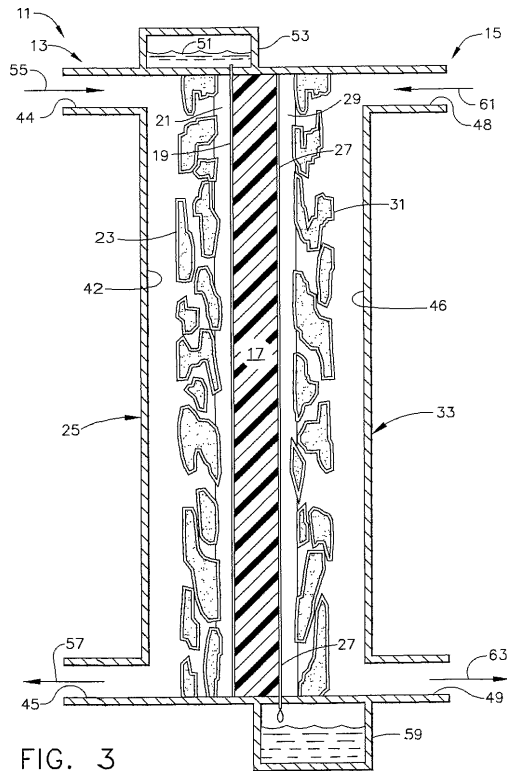


FIG. 3

【図 4】

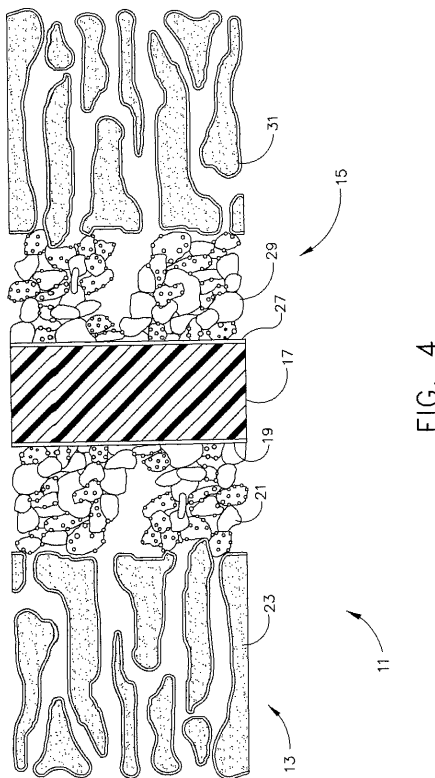
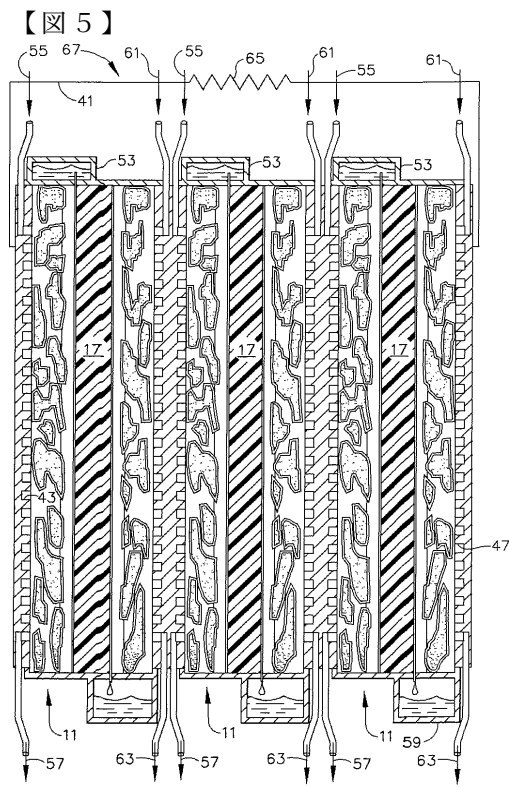


FIG. 4



フロントページの続き

- (72)発明者 カイザー, マーク
アメリカ合衆国、60004、イリノイ州、アーリントン・ハイツ、エス・フェルプス・エーブイ
イー、323番
- (72)発明者 レーグ, ティモシー・ジェイ
アメリカ合衆国、90275、カリフォルニア州、ランチョ・パロス・ヴェルデス、バスウッド、
26756番

審査官 清水 康

- (56)参考文献 特開平04-259759 (JP, A)
特開平05-041230 (JP, A)
特開平05-283094 (JP, A)
特開平11-097041 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 8/04
H01M 8/02
H01M 8/10