

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3926982号
(P3926982)

(45) 発行日 平成19年6月6日(2007.6.6)

(24) 登録日 平成19年3月9日(2007.3.9)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 M 8/04 (2006.01)

H O 1 M 8/04

P

H O 1 M 8/10 (2006.01)

H O 1 M 8/04

H

H O 1 M 8/04

Z

H O 1 M 8/10

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2000-558585 (P2000-558585)
 (86) (22) 出願日 平成11年6月17日(1999.6.17)
 (65) 公表番号 特表2002-520779 (P2002-520779A)
 (43) 公表日 平成14年7月9日(2002.7.9)
 (86) 国際出願番号 PCT/US1999/013808
 (87) 国際公開番号 W02000/002283
 (87) 国際公開日 平成12年1月13日(2000.1.13)
 審査請求日 平成12年11月29日(2000.11.29)
 審査番号 不服2005-1406 (P2005-1406/J1)
 審査請求日 平成17年1月24日(2005.1.24)
 (31) 優先権主張番号 09/108,667
 (32) 優先日 平成10年7月1日(1998.7.1)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 501117074
 アヴィスタ ラボラトリーズ, インク.
 アメリカ合衆国, ワシントン州 992
 20-3727, スポーケン, ピー.
 オー. ボックス 3727, イースト
 ミッション 1411
 (74) 代理人 100085785
 弁理士 石原 昌典
 (72) 発明者 ファグルバンド, ウィリアム, エイ.
 アメリカ合衆国, ワシントン州 992
 12, スポーケン, ウッドビュー ド
 ライブ イー. 8025

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改良された燃料電池及びその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

アノードとカソードを有し、電気パワー出力を発生する少なくとも一つの陽子交換薄膜を有する燃料電池であって、該燃料電池は、

前記燃料電池のアノードに対して流体移動可能な関係に設けられた燃料ガス供給装置と

前記少なくとも一つの陽子交換薄膜と電氣的に結合された制御装置であって、前記少なくとも一つの陽子交換薄膜のアノードとカソードの間の電流を周期的に短絡し、そしてその後、前記少なくとも一つの陽子交換薄膜によって発生した電気パワー出力の増加を検出するために、前記少なくとも一つの陽子交換薄膜の前記電気パワー出力を測定する制御装置と、

を具備することを特徴とする燃料電池。

【請求項2】

請求項1に記載の燃料電池において、前記燃料ガスの供給装置は、前記制御装置が前記アノードとカソード間の電流を短絡している間、前記陽子交換薄膜のアノードに対して燃料ガスを継続的に供給することを特徴とする燃料電池。

【請求項3】

請求項1に記載の燃料電池において、前記少なくとも一つの陽子交換薄膜は、該薄膜によって発生する電圧及び電流出力からなる特性パラメータを有し、前記制御装置は、前記特性パラメータが低下しているとき、前記少なくとも一つの陽子交換薄膜のアノードとカ

10

20

ソードの間の電流を短絡し、該短絡が、前記少なくとも一つの陽子交換薄膜の特性パラメータを向上させることを特徴とする燃料電池。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の燃料電池において、前記少なくとも一つの陽子交換薄膜は、該薄膜によって発生する動作上任意の電圧及び電流出力からなる特性パラメータを有し、前記アノードとカソード間の電流の短絡は、それが終わったとき、前記少なくとも一つの陽子交換薄膜の電気パワー出力を増加させるものであることを特徴とする燃料電池。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の燃料電池において、前記燃料電池は複数の陽子交換薄膜を有し、前記制御装置は、燃料電池の累積電気パワー出力を増加させるために、個々の陽子交換薄膜の電気パワー出力を短絡するように動作することを特徴とする燃料電池。

10

【請求項 6】

請求項 1 に記載の燃料電池において、前記燃料電池は複数の陽子交換薄膜を有し、更にデューティサイクル及び動作サイクルを有し、前記制御装置は、デューティサイクルの間、前記少なくとも一つの陽子交換薄膜によって発生した電流を短絡し、電気パワー出力を増加させることを特徴とする燃料電池。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の燃料電池において、前記動作サイクルは 0 . 0 1 秒から約 4 分であり、前記燃料電池の電気パワー出力は最終的には 5 % 増加し、デューティサイクル間の短絡の期間は動作サイクルの約 2 0 % より短いことを特徴とする燃料電池。

20

【請求項 8】

請求項 1 に記載の燃料電池において、該燃料電池は、電氣的に互い直列に接続された複数の陽子交換薄膜を有し、前記制御装置は各陽子交換薄膜と電氣的に結合しており、各陽子交換薄膜の各電気パワー出力を所定の繰り返しパターンで短絡させるように動作することを特徴とする燃料電池。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の燃料電池において、前記制御装置は、前記少なくとも一つの陽子交換薄膜に対して電圧及び電流検出可能に設けられる電圧及び電流センサーと、開放電気状態及び閉鎖電気状態を有する電界効果トランジスタと、該電界効果トランジスタが故障したとき、前記少なくとも一つの陽子交換薄膜のアノードとカソードの間の電流を短絡するように動作するパッシブバイパス回路とを有し、前記制御装置は、前記少なくとも一つの陽子交換薄膜が所定の電圧及び電流出力であることの検出に応じて、前記電界効果トランジスタを開放又は閉鎖電気状態にすることを特徴とする燃料電池。

30

【請求項 1 0】

請求項 1 に記載の燃料電池において、該燃料電池は、燃料ガス供給装置から燃料ガスが供給されたときに電気パワー出力を発生する、電氣的に互いに直列に接続された複数の陽子交換薄膜を有し、前記燃料電池は更に、前記燃料ガス供給装置と、前記複数の陽子交換薄膜のそれぞれに対して流量制御可能な関係に設けられたバルブを有し、前記制御装置は個々のバルブに対して制御可能に結合されており、そして、動作中、前記複数の陽子交換薄膜の少なくとも一つの薄膜の電流を短絡した後、そして少なくとも一つの陽子交換薄膜の故障の直ぐ後で、電気パワー出力を増加させるために、前記制御装置は、前記少なくとも一つの陽子交換薄膜への燃料ガスの流れを、残りの陽子交換薄膜への燃料ガスの流れは同時に維持したままで実質的に中断するように、前記少なくとも一つの陽子交換薄膜への燃料ガスの供給を制御する前記バルブを調節するように動作することを特徴とする燃料電池。

40

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、改良された燃料電池及び該電池を制御するための方法に関し、より詳しくは、

50

一方で燃料電池が故障した際にその内部要素への損傷を防ぎ、他方で電池の電気パワー出力を増加させるためにも利用することができる電気回路を有した燃料電池に関する。

【 0 0 0 2 】

【 従来の技術 】

燃料電池は、通常周囲の空気から供給される酸素と水素が反応し、電気と水を生成する電気化学装置である。基本的な処理は非常に効率が高く、水素によって直接燃焼される燃料電池は実質的に無公害のものである。さらに、燃料電池は種々の大きさの積層体に組み上げることができるので、広範囲の電気パワー出力レベルを提供するための電力システムが開発されており、従って、これらは数多くの産業部門へ採用することができる。

【 0 0 0 3 】

全ての燃料電池で起こる基本的な電気化学的処理過程は良く理解されてはいるが、ある種の燃料電池ではその信頼性を高めるための技術的解決策が、また他の種類のものでは経済的にするための技術的解決策がまだ見つかっていないことが分かった。ポリマー電解質膜 (P E M) 燃料電池の場合、信頼性はこれまではあまり大きな関心事ではなく、発電容量のワット当りの設置コストの方がむしろ関心事であった。最近になって、ワット当りの P E M 燃料電池コストを更に下げるために、電力出力を高めることに、より多くの注意が向けられてきた。歴史的には、そのことにより、P E M 燃料電池電力出力を最適化し且つ高く維持するのに必要な更に洗練された均衡のとれたプラントシステムをもたらす結果となった。非常に複雑な平衡なシステムとなった結果、小さい容量の適用には容易にはスケールダウンできない。したがって、設置コスト、効率、信頼性、保守に要する出費は全て、

【 0 0 0 4 】

単体 P E M 燃料電池は、負荷が掛けられた状態で、約 0 . 4 5 ~ 約 0 . 7 V の有効電圧を発生することがよく知られている。実際の P E M 燃料電池プラントは、複数のセルを積層し、それらが電氣的に直列に接続されるように従来は組立てられてきた。さらに、補助的な加湿が陽子交換薄膜 (電解質) に施されると、P E M 燃料電池は、より高いパワー出力レベルで動作し得ることが分かっている。この点に関し、加湿は、陽子の流れに対する陽子交換薄膜の抵抗を下げる。この湿度の増加を達成するには、種々の方法で水素又は酸素の流れに補助水を導入するか、より直接的に、例えば “ ウィック (wicking : ろうそくの芯が油分を吸い上げるような作用) ” として知られている物理現象の方法により、陽子交換薄膜に補助水を導入することができる。しかしながら、近年における研究の中心は、稼動中、補助加湿なくして、パワー出力が増加的に改善された薄膜電極アセンブリ (M E A) を開発することであった。自己加湿されたときに M E A を動作させるようにすることが好ましい。なぜならば、関連したコストと共に衡平制御の複雑さを減少するからである。しかしながら、自己加湿は燃料電池を低い電流密度で動作させる結果となり、したがって次にこれは、所定のパワー量を発生させるためには、より多くのアセンブリを必要とする結果となる。

【 0 0 0 5 】

各種設計による P E M 燃料電池がその成功の度合いに差があるものの過去に動作しているものもあるが、それらは、その有用性を損なう欠点も有していた。例えば、P E M 燃料電池電力装置は典型的には、相互に電氣的に直列に接続されること (スタック構造) により出力電圧を増加させるための多数の個別燃料電池を有するものである。この構成では、スタック内の燃料電池の一つがもし故障すれば、もはや電圧と電力を提供することができない。そのような P E M 燃料電池電力装置のより一般的な故障の一つは、ある薄膜電極アセンブリ (M E A) の水和が、同一燃料電池スタック内の他の M E A より、より少なくなったところで起こる。この薄膜水和の損失は、有効に動作する燃料電池の電気抵抗を増加し、したがって、より多くの無駄な熱を発生させることになる。次に、この増加した熱は、薄膜電極アセンブリを乾燥させることになる。この状態は負の水和悪循環を形成することになる。燃料電池の継続的な過熱は、最終的には有効であった燃料電池の極性を反転させ、その結果、スタック内の残りの燃料電池からの電力をここで消費するようになる。もし

10

20

30

40

50

この状態が調整されないと、故障した燃料電池によって発生した過度の熱は、薄膜電極アセンブリを貫通させ、水素が漏洩するようになる。もしこの貫通が発生した場合には、燃料電池スタックは完全に分解され、修理されなければならない。採用される燃料電池スタックの設計にもよるが、この修理又は交換は、コストが高み、そしてその作業には時間が掛かるものである。

【 0 0 0 6 】

さらに、設計者は、自己加湿型 P E M 燃料電池内の電流密度を増強できると共に、同時にこれらの装置の衡平的要件を増やすことのないものを長い間望んでいた。

【 0 0 0 7 】

したがって、従来技術の設計及び実例に関連して分かった問題点に注目すると共に、それら個々に関連した欠点を防ぐための、改良された燃料電池が本明細書に記載されている。

【 0 0 0 8 】

【 発明の概要 】

本発明の一態様は、燃料電池に電氣的に接続され、所定の動作条件のもとでは、燃料電池のアノードとカソードの間の電流を短絡する制御装置を有する燃料電池を提供することである。

【 0 0 0 9 】

本発明の他の態様は、燃料電池に電氣的に接続され、燃料電池のアノードとカソードの間の電流を短絡する制御装置を有し、該制御装置は、第 1 の条件のとき、所定の電圧及び電流を検出したことに応じて、一方で不良燃料電池セルへの燃料ガスの供給を停止すると共に、他方で同時に前記不良燃料セルのアノードとカソードの間の電流を短絡し、よってその不良燃料電池のための電流側路を設ける燃料電池を提供することである。

【 0 0 1 0 】

本発明の他の態様は、燃料電池に電氣的に接続され、所定の動作条件の間、燃料電池のアノードとカソードの間の電流を短絡する制御装置を有し、第 2 の条件のとき、燃料電池はデューティ及び動作サイクルを有し、そして、前記制御装置は、燃料電池のデューティサイクルの間、アノードとカソードの間の電流を周期的に短絡し、その結果、燃料電池の電力出力を増加させる燃料電池を提供することである。

【 0 0 1 1 】

本発明の更に他の態様は、アノードとカソードを有し、所定の電圧及び電流出力の電気パワーを発生する燃料電池であって、該燃料電池は、

対向する側面を有する薄膜であって、前記アノードが前記薄膜の一方の側面上に設けられ、前記カソードが、前記アノードに対向する薄膜の他方の側面上に設けられる薄膜と、前記アノードに対して流体移動可能関係に設けられた燃料ガス供給部と、前記カソードに対して流体移動可能関係に設けられたオキシダントガス供給部と、前記アノード及びカソードに対して個別に且つ電氣的に結合された電圧及び電流センサーと、

燃料電池への燃料ガスの供給を制御するために、前記燃料ガス供給部に対して、流量測定可能な関係に設けられるバルブと、

前記アノード及びカソードと電氣的に接続され、電氣的な開放及び閉鎖の状態に設定し得る電氣的スイッチと、

前記電氣的スイッチ、バルブ、電圧及び電流センサーに接続された制御装置であって、該制御装置は、前記電圧及び電流センサーで所定の電圧及び電流が検知されることに応じて、前記燃料ガス供給部に対して前記バルブを所定の流量測定可能関係に調整すると共に、前記電氣的スイッチが所定の電氣的な開放又は閉鎖の状態となるようにし、そして前記制御装置は、第 1 の条件において、前記電氣的スイッチが閉鎖電気状態のとき、前記燃料電池のアノードとカソードの間の電流を短絡し、また同時に、前記バルブを前記燃料電池のアノードへの燃料ガスの供給を停止させ、そして前記電氣的スイッチは、それが前記制御装置によって開放電気になっているとき、前記バルブを、前記燃料電池のアノードに対して燃料ガスのほぼ連続的な供給を許容するような状態とし、そして前記制御装置は、第 2

10

20

30

40

50

の条件において、前記電氣的スイッチが閉鎖電氣状態になっているとき、燃料電池のアノードとカソードの間の電流を短絡し、同時に、前記バルブを、前記電氣的スイッチが開放及び閉鎖されている間、燃料電池のアノードに対して燃料ガスのほぼ連続的な供給を許容する状態に維持するようになった制御装置と、を具備するものである。

【 0 0 1 2 】

本発明の更に他の態様は、デューティサイクルの間、燃料電池のアノードとカソードの間の電流を短絡するように動作する制御装置を有する燃料電池であって、第 2 動作条件において、動作サイクルは約 0 . 0 1 秒 ~ 約 4 分であり、燃料電池の電氣パワー出力は少なくとも約 5 % 増加し、デューティサイクルの間の短絡期間は、動作サイクルの約 2 0 % より短い燃料電池に関する。

10

【 0 0 1 3 】

【 好適実施例の説明 】

本発明のこれら及び他の特徴を、以下詳細に説明する。

【 0 0 1 4 】

本発明の改良されたポリマー電解質薄膜 (P E M) 燃料電池は、図 2 を参照することにより最も良く理解され、これは、参照番号 1 0 によって示されている。 P E M 燃料電池は、一般的なこととして、水素供給フレーム 1 1 を有する。水素供給フレームは、可撓率が平方インチ当たり約 500,000 lbs より小さく、圧縮耐圧が平方インチ当たり約 20,000 lbs より小さい基板によって形成される。そのようなものであれば、フレームを形成するにあたって、如何なる数の適当な且つ等価な熱可塑性の材料を利用することもできる。水素供給フ

レーム 1 1 は、図 2 に示される通り、本体 1 2 を有する。本体は対向する端部とハンドル 1 3 を有し、このハンドルは本体の手動操作を可能とするものである。ハンドルは本体 1 2 に一体的に設けられている。さらに、本体 1 2 の対向する端部上には、細長い案内部材又は背骨状突起 1 4 が設けられている。各突起 1 4 は、後に詳細を説明するサブラックの上部部分及び底部部分に形成された細長いチャンネルに合致して受け入れられ、これと協働するようになっている。

20

【 0 0 1 5 】

図 2 に示されている通り、本体 1 2 は、包括的に参照番号 2 0 で示され、且つ個々には参照番号 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 でそれぞれ示された複数の実質的に対向したキャビティをそれぞれ画定する。さらに、複数の開口 2 5 が本体 1 2 の所定の場所に形成されており、

これらは、留め具 2 6 を受け入れるようになっている。本体は更に一組の通路 3 0 を有する。一組の通路は、水素ガス源 (図 3 に見ることができる) からの水素ガスを供給するための第 1 通路 3 1 と、キャビティ 1 2 1 ~ 1 2 4 のそれぞれからの不純物、水、未反応水素ガスを除去する役割を果す第 2 通路 3 2 からなる。連絡通路 3 3 は、第 1、第 2 キャビティ 2 1 , 2 2、及び第 3、第 4 キャビティ 2 3 , 2 4 をそれぞれ互いに流体移動可能に結合し、その結果、第 1 通路 3 1 の手段によって供給された水素ガスは、キャビティ 2 1 ~ 2 4 のそれぞれに入り込んで行く道を自ら見出すことになる。キャビティ 2 1 ~ 2 4 は、その大きさ及び形状ともに実質的に同一である。さらに、各キャビティは、所定の表面領域及び深さを有する窪み領域 3 4 を具備する。窪み領域 3 4 には、そこからほぼ垂直に外側に延びている複数の小さい突起が設けられている。これら個々の突起の機能は後に詳

しく説明することとする。図 2 に見られる通り、第 1 及び第 2 通路 3 1 , 3 2 は、窪み領域 3 4 に対して、流体移動可能に接続されている。本体 1 2 はまた、途中が断続している周囲端を有している。特に、周囲端は、多数のギャップ又は開放口 3 6 をそれに沿って画定する。さらに、各通路 3 1 , 3 2 は、所定の外側直径寸法を有する終端部 3 7 を有する。各通路 3 1 , 3 2 の終端部 3 7 は、後で詳細に説明するバルブに対して流体移動可能な状態で、合致結合されるようになっている。

30

40

【 0 0 1 6 】

各キャビティ 2 1 ~ 2 4 内には、それぞれ薄膜電極アセンブリ 5 0 が設けられる。薄膜電極アセンブリ (M E A) は、固体電解質からなる本体 5 1 を有する。薄膜電極アセンブリは、1997 年 1 1 月 2 0 日出願である米国特許出願第 0 8 / 9 7 9 , 8 5 3 にその詳

50

細が記載されており、その出願の内容は、本件出願に参照によって組み入れられるものである。M E Aの本体5 1は、アノード側5 2と反対側のカソード側5 3とを有する。アノード側5 2は、複数の突起3 5によって、各キャビティ2 1～2 4を形成する水素供給フレーム1 1に対して間隔を置いた関係に保持される。この関係により、それぞれのキャビティに、より具体的にはアノード側に供給された水素が、M E Aのアノード側5 2の全ての部分に行き渡ることが確実となる。触媒アノード及びカソード電極からなる電極5 4は、本体5 2上に形成される。これらの電極に関しては、先に記した米国出願に更に詳しく説明されており、その内容も、本願明細書に参照によって組み入れられるものである。さらに、非触媒性で電氣的導電拡散層（図示せず）がアノード電極及びカソード電極に付着されており、これらは所定の多孔性を有する。これらの非触媒性電氣的導電層のことも、先の米国出願の中に記載されているが、ここでは、説明を簡単にするために、更に詳細には述べないこととする。

10

【0017】

図2に更に示されている通り、本発明のP E M燃料電池1 0は更に、キャビティ2 1～2 4にそれぞれ受け入れられる一対の電流コレクタを有する。各電流コレクタはそれぞれ、各M E A5 0の対向したアノード5 2及びカソード5 3と並列状の電氣的接触状態を保って配置される。各電流コレクタは、それに複数の開口6 2を有する本体6 1を有する。導体部材又は部分6 3は本体から外側に向かって伸び出しており、そして水素供給フレーム1 1内のギャップ又は開口部3 6を通して伸び出るように設計されている。このことは、図1を検討することにより理解できる。各導体部材6 3は、以下に詳細を説明するサブラックの背面壁に設けられた一対の導電コンタクトの間に受容され、そして一旦受容されると、これと電氣的な結合が保たれる。電流コレクタの製造方法は先の米国特許出願内に詳しく説明されており、その内容は、本願明細書に参照によって組み入れられる。

20

【0018】

更に詳しく図2に示されている通り、本発明のP E M燃料電池1 0は更に、電流コレクタ6 0のそれぞれと、それらの間に挟まれたM E A5 0に対して所定の力を与えるための個別力付与アセンブリ7 0を有する。この点に関し、個別力付与アセンブリは、水素供給フレーム1 1のそれぞれのキャビティを部分的に覆うカソードカバー7 1を有する。図1及び図2に示されている通り、カソードカバーそれぞれは個別に且つ脱着可能に、相互にそして水素供給フレーム1 1に対して共働するか、さもなければ嵌り合う。複数の金属製波型スプリングとして示されているバイアスアセンブリ7 2は、カソードカバーと共働すると共に、近傍の圧力伝達アセンブリ7 3に力を伝達するように動作する。カソードカバーのそれぞれは、水素供給フレーム1 1によって画定された各キャビティ2 1～2 4のうちの一つに、それぞれ入れ込まれるか、さもなければ、合致結合又は係合する。カソードカバーが好ましい状態で入れ込まれると、カソードカバーの外側面7 4によって画定される個別の開口7 5は、薄膜電極アセンブリ5 0のカソード側に空気を循環させる通路7 6を画定する。各電流コレクタ6 0を関連したM E Aに対して良好な抵抗電氣接触を維持するために十分な所定の力を出させるために、留め具2 6が、各カソードカバーを通して、そしてカソードカバーによって挟まれた水素供給フレームを通して受け入れられる。燃料電池1 0を通した空気の循環、及び関連したサブラックとのその作用的共働作用のことは、上記の先に出願した特許明細書内に記載されており、その内容は本願明細書内に参照によって組み入れられる。

30

40

【0019】

図1に示されている通り、そして先に記した米国特許出願により完全に開示されている通り、P E M燃料電池1 0は、参照番号9 0で一般的に示されているサブラックという方法により、複数の他の燃料電池（図3）に直列に電氣的に接続されるようになっている。サブラック9 0は、上部部分9 2及び底部部分9 3をそれぞれ有する本体9 1を有する。上部部分と底部部分は背面壁9 4によって互いに接続されている。細長いチャンネル9 5が上部部分及び底部部分にそれぞれ設けられ、これらは、水素供給フレーム1 1に形成された個別の突起をスライド状に受け入れるようになっている。図1の分解図に最も明確に示

50

されている通り、サブラック 90 は、互いに接続されたとき、本体 91 を形成する多数の鏡像部分 96 からなっている。これらの鏡像部分 96 は、成型絶縁基板で形成されている。サブラック 90 の機能的特性は、先の特許出願に詳しく説明されており、その内容は参照によって本願明細書に組み入れられる。図 1 に最も良く表されている通り、サブラック 90 の背面壁 94 上には、DC (直流) バス 100 が設けられている。背面壁上には、繰り返しパターンの 8 組の導体コンタクト 101 が設けられている。さらに、背面壁上には、第 1 バルブ 102 及び第 2 バルブ 103 が設けられており、これらは、水素供給フレームと流体移動可能な状態で合致結合されるようになっている。第 1 及び第 2 バルブはそれぞれ背面壁を通過して延び、適当な管 (図示せず) と接続される。第 1 バルブ 102 は、水素源 105 (図 3 参照) と流体移動可能に接続される。さらに、第 2 バルブ 103 は、外気に排気するか、または、先の特許出願に開示されているような水素回収及びリサイクル装置のような他の装置に流体移動可能に接続されても良い。最後に、燃料電池 10 は、図 3 に示すように第 3 バルブ 104 を有し、このバルブ 104 は、水素源 105 と第 1 バルブ 102 との間に流量計測可能な状態に設けられている。サブラック 90 はまた、空気供給装置 (図示せず) を有し、これは、周囲空気を燃料電池 10 内を所定のパターンで移動させる。この空気供給装置は先の特許出願明細書に詳しく説明されているが、簡略にするために、ここでは更に詳細には説明しないこととする。

10

【0020】

図 3 を参照すると、複数の燃料電池 10 が示されており、これらは、所定の電圧及び電流出力を有する電気を発生するために、直列に電氣的に接続されている。短絡制御回路 120 が示されている。短絡制御回路 120 は、燃料電池の一つのアノード 52 とカソード 53 とを電氣的に結合する電気通路 121 を有する。この電気回路は図 3 に示される燃料電池のそれぞれに設けられるか、さもなければ関連していると理解すべきである。すなわち、個別の短絡制御回路 120 が、直列に接続された燃料電池のそれぞれのアノードとカソードとを個別に電氣的に結合するものである。しかしながら、図 3 では、簡略化のために、これら回路のうちの一つのみが示されている。短絡回路のそれぞれは、参照番号 122 で一般的に示されている単一の短絡制御部に電氣的に接続されている。上に記した通り、短絡制御部は、一つだけの短絡制御回路に接続されているものとして図示されている。しかしながら、短絡制御部は、実際には、直列に接続された燃料電池のそれぞれに対応して、多数の短絡制御回路に接続されても良い。上に記した通り、図 3 は本発明を図示するために極めて簡略化して示したものである。

20

30

【0021】

短絡制御部 122 は、一組の電圧センサー 123 を含む多数の個別部品からなっており、その電圧センサー 123 は、各燃料電池 10 のアノード 52 とカソード 53 の電圧を検知するために、アノード 52 とカソード 53 に電氣的に接続されている。さらに、短絡制御部は、ここでは従来技術の設計による電界効果トランジスタとして示されている、電氣的なスイッチ 124 に電氣的に接続されている。商業的に好ましい MOSFET は、商品記号 FS100UMJ として三菱から入手することができる。短絡制御部 122 は、従来からある一般販売ルートを通して購入することができる。本願のための好ましい制御部 122 は、MC68HC705P6A を商品記号として有するプログラム可能なマイクロコントローラチップである。このチップは、図 4 に示すようなプログラムロジックを実行するのに利用され且つプログラムされるものであり、また、以下に詳細に説明する通り、短絡制御回路を、燃料電池 10 の第 1 及び第 2 動作条件に反応させる。短絡制御部 122 は更に、燃料ガス 105 の供給に対して流量測定可能 (“燃料ガス遮断制御” と図面内に記載) に設けられたバルブ 104 に対して制御可能に電氣的に接続されている。短絡制御回路 120 は更に、各燃料電池のアノード 52 とカソード 53 を電氣的に結合するバイパス電気回路 126 を有する。このバイパス電気回路はダイオード 127 からなる。電流センサー 128 は更に、燃料電池 10 に、そこを流れる電流を検出するために電氣的に接続されている。電流センサーは短絡制御部 122 と一体的に構成されている。上に記した通り、短絡制御回路 120 は、図 4 に詳しく記載され、その図に参照番号 130 として示されて

40

50

いるプログラムロジックによって制御される。バイパス電気回路は、短絡制御部 122 が故障したとき、燃料電池 10 のアノードとカソードの間の電流を短絡するように動作する。

【0022】

図 3 の検討により最も良く理解される通り、燃料電池 10 は、所定電流及び電圧出力の電気パワーを発生するアノード 52 とカソード 53 を有する。短絡制御部 122 は燃料電池 10 に電氣的に接続され、所定動作条件のもとで、燃料電池のアノードとカソードの間の電流を短絡するように動作する。前に述べた通り、短絡制御部 122 は電圧センサー 123 と電流センサー 128 を有し、これらは、燃料電池 10 の電圧出力及び電流出力に対して、電圧検出及び電流検出可能に設けられると共に、更に、燃料電池 10 のアノード 52 とカソード 53 と電氣的に接続されている。さらに、短絡制御部 122 は更に、ここでは電界効果トランジスタとして図示されている電氣的スイッチを有する。電界効果トランジスタ 124 は状態として、開放電気状態と閉鎖電気状態とを有する。以下において更に詳しく説明する通り、短絡制御部 122 は、電圧センサー 123 及び電流センサー 128 の手段により、燃料電池 10 の所定電圧及び電流を検出すると、燃料ガスの供給に関して、バルブ 104 を所定の燃料計測関係となるように調節する。さらに、短絡制御部 122 は、燃料電池 10 それぞれの所定特性パラメータに基づいて、電界効果トランジスタを“開放”又は“閉鎖”の電気状態に設定する。

【0023】

この点に関し、ある燃料電池が、その出力電圧が約 0.4 V より低くなるような場合である、所定の特性、パラメータ及び期待値を下回って動作している第 1 の動作条件においては、短絡制御部 122 は、燃料電池 10 への燃料ガス 105 の供給を停止するような位置にバルブ 104 をすると同時に、電氣的スイッチ 124 を閉鎖電気状態にし、こうすることにより、負の水和降下現象が発生したときに起こるであろう、燃料電池 10 への加熱に関連した損傷が生じることを実質的に防止するために、アノード 52 からカソード 53 への電流を短絡するものである。このことは、本明細書において既に述べた通りである。さらに、電氣的スイッチ 124 がその後開放状態にされれば、短絡制御部 122 は、バルブ 104 を、燃料電池に燃料ガスの供給をほぼ連続的に行う状態にするように動作する。

【0024】

ここで説明した第 1 及び第 2 の動作条件においては、個別の及び直列に電氣的に接続された燃料電池 10 の所定の特性パラメータは、燃料電池 10 の選択された電流及び電圧出力からなる。これらの所定閾値特性パラメータは、限定的なものではないが、実験を含む種々の方法によって決定してもよく、その例として、動作履歴又は電氣的な負荷によって決定することができる。さらに、第 1 の動作条件における所定特性パラメータには、例えば、所定期間を経て燃料電池の特性パラメータが単に又は概して低下するようなもの、約 0.4 V より低い範囲に低下する場合、または、当該燃料電池と直列に接続されている他の燃料電池 10 の動作特性に対して相対的に特性が低下又は劣化するようなものを含めることができる。可能性のあるパラメータのリストは、必ずしも全てを含む必要はなく、そしてその他の多くの物理的な特性パラメータを監視することもできる。こうすることにより、選択された燃料電池が故障しそうになっていること、そしてその欠陥が重大である場合には、修理又は交換のためにスタックから取り外すべきであること、または、他方で、燃料電池 10 が選択された所定の特性パラメータに回復できるか否かを決定するために、短絡を増加させることを示唆するものである。このことは、図 4 を参照することによって最も良く示されている。

【0025】

第 2 の動作条件においては、短絡回路 120 は、燃料電池 20 の結果としての電気パワー出力を増加させるように作動する。上で述べた通り、燃料電池 10 は、燃料電池 10 の選択された電流及び電圧出力を含む所定の特性パラメータを有する。第 2 の動作条件においては、特性パラメータが単純に低下し、且つ最低閾値以下には低下していない場合、上で説明した通り、短絡回路 120 は、個々のそしてグループとしての燃料電池 10 が所定の

10

20

30

40

50

特性パラメータにまで回復させるためのものとして用いられている。例えば、選択的又はグループとしての燃料電池 10 は、時間の経過で、その電圧及び電流出力が低下し始めるかも知れない。この低下は短絡制御部 122 によって検出されるので、短絡制御部 122 は、特性が劣化した燃料電池 10 のアノードとカソードの間の電流を、その燃料電池の所定特性パラメータを回復させるのに有効な個々に区別される速度で、直列に反復して短絡するように動作する。他の実施例では、特性パラメータが単に低下するような場合、短絡制御部 122 は、当該燃料電池の低下する特性パラメータを、その他の燃料電池の特性パラメータと比較し、その電気的特性を改善するように、参照することにより、個々の燃料電池 10 のデューティサイクルを調節することが有効的である。理解される通り、用語“デューティサイクル”は、ここでは、装置を動作させる時に占める“オンタイム”期間の 10
1 動作サイクルの全時間に対する比（パルス繰返し期間に対するパルス継続時間の比）を意味する。用語デューティサイクルを定義するもう一つの方法は、断続的に動作する装置においては、動作時間の全作動時間に対する比である。このデューティサイクルは、全動作サイクル時間の百分率として表わされる。本発明においては、したがって、短絡制御部 122 は、選択した燃料電池に関して、その燃料電池が選択された所定の特性パラメータ以上に回復又は維持するように、短絡の持続時間と動作サイクル時間の双方を調節するように動作する。

【0026】

上に記した通り、我々発明者は、第 2 の動作条件において、燃料電池の特性強化が、燃料電池 10 のアノード 52 とカソード 53 の間の電流を調節的に繰返して直列に短絡することによって達成し得ることを発見した。この点、第 2 の動作条件においては、図 4 に参照番号 130 で示されるプログラムロジックが、燃料電池 10 のそれぞれに電氣的に個別に接続され且つ関連する各電氣的スイッチ 124 を、個別に調節的に且つ周期的に開放又は閉鎖するために、短絡制御部 122 によって利用される。これらの電氣的スイッチ 124 は、要求される所定の電圧及び電流出力を得るために、任意のグループ又はパターンで、または如何なる方法において、個別に且つ直列的に活性化しても良い。この点に関し、好ましい動作サイクル時間は約 0.01 秒から約 4 分であると決められた。この周期的な短絡が実行された場合、燃料電池 10 の電圧出力は少なくとも約 5 % 増加することが分かった。さらに、短絡制御回路 120 は、動作サイクルの約 20 % 以下の期間、電流を短絡する 20
ように動作する。 30

【0027】

第 2 の動作条件の間、短絡制御部 122 は、バルブ 104 を、燃料電池 10 への燃料ガス 105 の実質的に連続的な供給を許容する状態に維持する。この繰返し且つ周期的な短絡は、燃料電池のそれぞれを“条件付け”されたものと推測され、即ち、そのような短絡は、MEA 50 に利用し得る水の量を増加し、これに応じて MEA の特性を向上させるものと思われる。短絡はまた、MEA 上に設けられた拡散層から過剰な水を蒸発させるのに十分な熱消費の短時間増加をもたらすものと考えられる。この水の蒸発は、外気空気からより多くの酸素を、MEA のカソード側に利用可能なものとする。原因が何であれ、短絡が、MEA の陽子伝導性を高めるものと思われる。陽子伝導性のこの増加は、時間の経過によりゆっくりと消失する燃料電池のパワー出力の瞬間的な増加をもたらす。燃料電池 10 の電気パワー出力の全体増加は、個々の燃料電池 10 及びグループの燃料電池 10 を調節的に順次、且つ周期的な短絡によって制御されるので、全体が直列に接続された燃料電池のグループの、全体的パワー発生能力を増加させる結果となる。上に記した通り、それぞれの短絡制御回路 120 は、直列に接続された各燃料電池 10 と個別に作動的に接続されており、単一の燃料電池及びグループとしての燃料電池のために動作可能とすることができる。これに加えて、それぞれの燃料電池のデューティ及び動作サイクルは、個々の燃料電池の特性によりその特性を向上させること、または、任意グループの燃料電池又は個々の燃料電池の低下した特性を、ケース毎に違うが、安定させる目的で、如何なる数の異なる組み合わせ及びそれぞれ個別の期間に調節することができる。 40

【0028】

【作用】

本発明の、上に説明した実施例の動作は以下の説明で容易に明らかになるであろう。ここで、その動作を簡単に説明する。

【0029】

最も広い意味では、本発明は、アノード52とカソード53とを有すると共に、任意の電流及び電圧出力を有する電気パワーを発生する燃料電池10に関する。燃料電池10は制御部122を有し、該制御部122は燃料電池に電氣的に接続されており、燃料電池のアノードとカソードの間の電流を短絡する。既に記した通り、制御部122は電圧センサー123と電流センサー128を有し、これらは、燃料電池10の電気パワー出力に対して電圧及び電流検出可能な状態に設けられている。制御部122は更に、開放及び閉鎖電気状態を有する電氣的なスイッチを有する。制御部122は、第1の動作条件において、電圧及び電流センサーによって燃料電池10の任意電気パワー出力を検出することに基づき、バルブ104を、燃料ガス105の供給に対して所定量の阻止関係となるようにする。この第1の動作条件においては、電氣的スイッチは、燃料電池10の所定特性パラメータ如何によって、開放電気状態又は閉鎖電気状態の何れかに設定されれば良い。上に記した通り、第1の動作条件においては、特性パラメータが一致しない場合、制御部122はこれに応じて電氣的スイッチを閉鎖する。この閉鎖されたスイッチは、燃料電池のアノードとカソードの間の電流を短絡する。これとほぼ同時に、制御部122は、この状態にあるときは、バルブ104を燃料電池への燃料ガスの供給を停止するようにする。既に記した通り、燃料電池10の電圧出力が約0.4Vより低いときは、電氣的スイッチは閉鎖位置となり、アノードとカソードの間の電圧を短絡し、また同時に、バルブを燃料ガスの供給を停止するようにする。本願で既に説明した通り、負の水和降下は過度の熱を生じ、これはMEAへ損傷を与えることになる。第1の動作条件において、短絡制御回路120は、電流を短絡し、これによりこの損傷を防ぐように動作する。勿論、第1の動作条件の引き金となる特性パラメータには、特性パラメータの低下、または他の燃料電池によって達成されている特性パラメータとの比較による特性パラメータの低下が含まれる。ここに挙げられていない更に他のパラメータを用いることもできる。

【0030】

短絡制御回路120は、既に説明した通り、ダイオード127からなる受動バイパス電気回路126を有する。燃料電池が故障したことに伴って短絡制御回路121が故障した場合、バイパス電気回路は、短絡制御回路を、上に述べた損傷が起こらないようにさせる。選択されたダイオード127は、燃料電池10がパワーを発生しているときは、通常は逆バイアスとなっており、通常の動作条件のもとでは、短絡制御回路121に何ら影響を与えない。しかしながら、燃料電池10が故障し、電圧出力が0に近づき、または負になると、ダイオード127は順方向バイアスとなる。電圧は燃料電池10に代わってダイオード127を通して流れることになる。負電圧の最大値は、選択されるダイオードの形式によって異なる。型番85CNQ015として商業的に入手可能なショットキーバリアダイオードが好ましい。これらのダイオードは、約0.3Vで大きな電流を流すことができる。この電圧制限は、燃料電池の最大正負電圧を制限するものであり、これにより、過熱及びこれに伴う損傷を防止することができる。

【0031】

第2の動作条件において、短絡制御部122は、図4に参照番号130で示されるロジックを実行することにより、電氣的スイッチ124が閉鎖状態のとき、燃料電池のアノード52とカソード53の間の電流を短絡し、また同時に、短絡制御部が電氣的スイッチを周期的に開放及び閉鎖することにより、燃料電池に対してほぼ連続的な燃料の供給を許容するような状態にバルブ104を維持する。既に記した通り、燃料電池10はデューティサイクルと、約0.01秒から約4分の動作サイクルを有する。我々発明者は、デューティサイクルの間の電氣的スイッチの開放及び閉鎖による周期的短絡が、燃料電池10の全体的な電気パワー出力を増加させることを発見した。これは、直列に接続された燃料電池の電圧及び電流出力を、少なくとも約5%増加させる結果をもたらす。デューティサイクル

の短絡期間は、動作サイクルの約 20 % より短い。

【0032】

本願燃料電池 10 とこれに関連した回路 121 は、アノード 52 とカソード 53 を有し、更に任意の電圧及び電流出力を有する燃料電池 10 を制御するための便利な方法を提供する。その方法は、

燃料電池のアノード 52 に対して流体移動可能な関係で、燃料ガス 105 の供給手段を提供する過程と、

燃料ガス 105 の供給手段に対して、調節可能で流量測定可能な関係に設けられたバルブ 104 を提供する過程と、

アノード 52 及びカソード 53 に対して電流及び電圧検出可能に電氣的に接続され、アノードとカソードの間の電流を短絡するようになっており、更に、バルブ 104 に対して制御可能に結合されている制御部 122 を提供する過程と、

制御部 122 の手段によって、燃料電池 10 の電圧と電流が所定値より低い電圧及び電流出力であるか否かを決定する過程と、

電圧及び電流出力を決定する過程の後の、もし電圧及び電流出力が所定値より低いなら、制御部 122 によりアノード 52 への燃料ガス 105 の流れを停止するようにバルブ 104 を調節する過程と、

もし電圧及び電流出力が所定値より低いなら、制御部 122 により燃料電池 10 のアノード 52 とカソード 53 の間の電流を短絡する過程とを有する。既に説明した通り、上に記した方法は、燃料電池の特性低下（予め決められた所定の特性パラメータに関する特性低下、あるいは、他の燃料電池の特性パラメータとの比較による特性低下、さらにはその他の特性低下）が、熱蓄積の増加又は燃料電池 10 内の他の好ましくない環境条件による燃料電池の損傷を引き起こす第 1 の動作条件において有益である。

【0033】

さらに、本発明は、アノード 52、カソード 53、任意の電圧及び電流出力、及びデューティサイクル及び動作サイクルを有する燃料電池 10 を、第 2 の動作条件において制御する方法を提供するものである。該方法は、

燃料電池のアノード 52 に流体移動可能な状態で燃料ガス 105 の供給手段を提供する過程と、

燃料ガス 105 の供給手段に対して、調節可能で流量測定可能な関係に設けられたバルブ 104 を提供する過程と、

アノード 52 及びカソード 53 に対して電流及び電圧検出可能に電氣的に接続され、燃料電池のアノードとカソードの間の電流を短絡するようになっており、更に、バルブ 104 に対して制御可能に結合されている制御部 122 を提供する過程と、

燃料電池の電圧及び電流出力を決定した後で、且つ燃料電池のアノードに燃料ガスのほぼ連続的な供給を確実にする位置にバルブを維持したままで、デューティサイクルの間に、電気パワー出力を増加させるように、アノードとカソードの間の電流を周期的に短絡する過程であって、動作サイクルが約 0.01 秒から約 4 分であり、また、デューティサイクルにおける短絡期間が動作サイクルの約 20 % より短い、周期的に短絡する過程とを有する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 図 1 は本発明による PEM 燃料電池モジュール及びこれと合致するサブラックの関連部分の部分的斜視分解側面図である。

【図 2】 図 2 は本発明で用いられる PEM 燃料電池モジュールの部分的分解斜視図である。

【図 3】 図 3 は本発明に用いられる電気回路を極めて簡略化して示した図である。

【図 4】 図 4 は図 3 の電気回路の動作を示すコンピュータプログラムのフローチャートである。

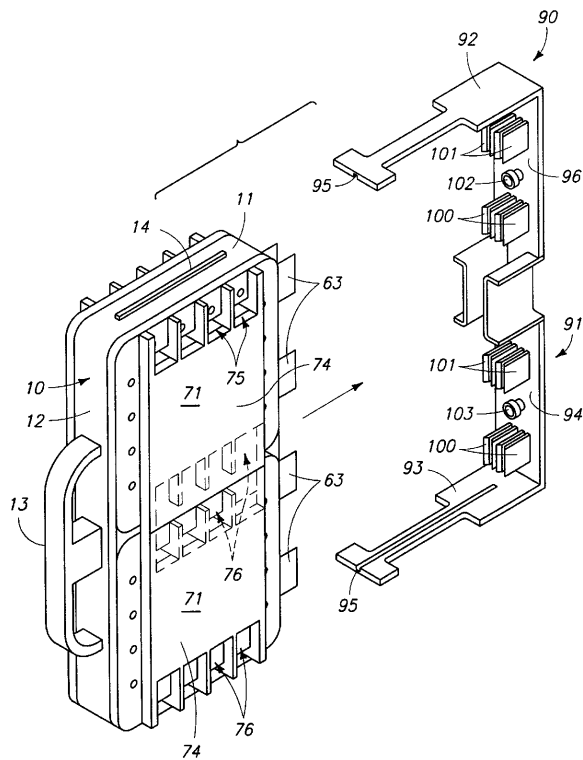
10

20

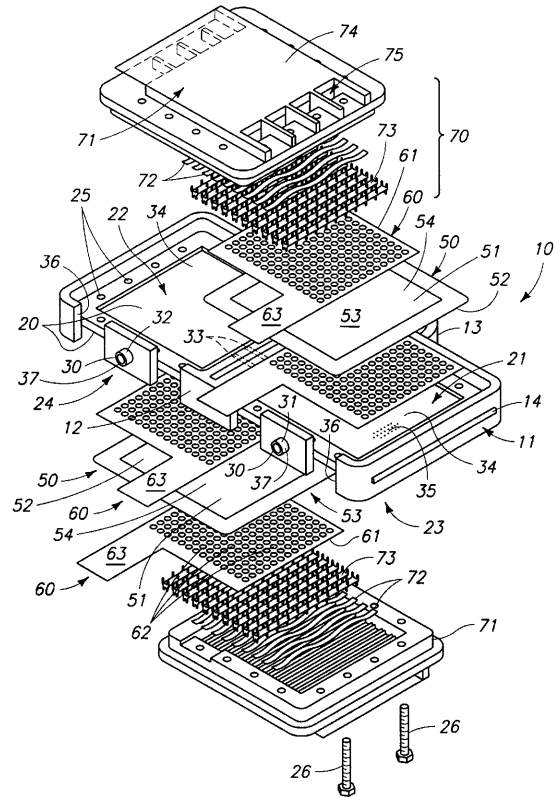
30

40

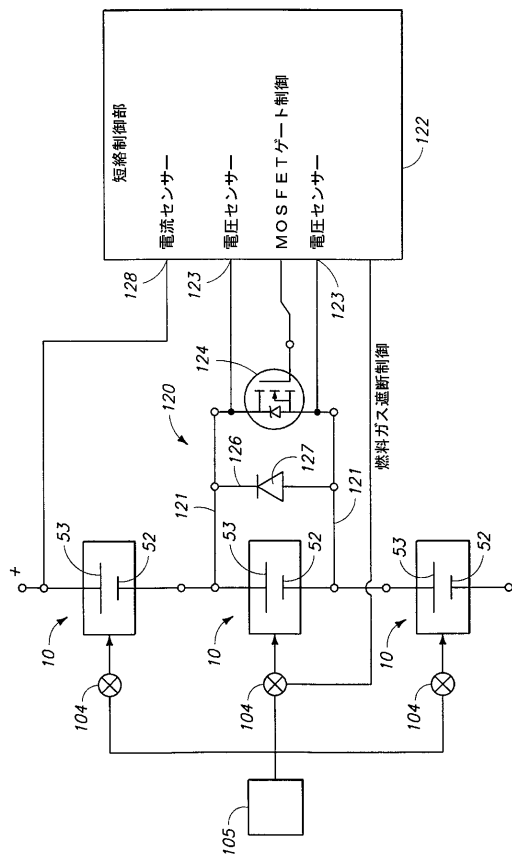
【図 1】



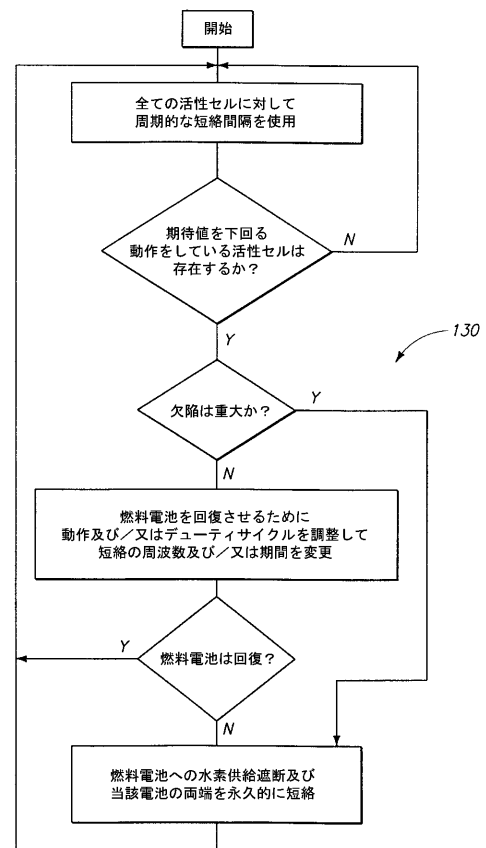
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 デブリーズ, ピータ, ディー.
アメリカ合衆国, ワシントン州 99204, スポーケン, ジャクソン アベニュー ダブ
リュウ. 832
- (72)発明者 ロイド, グレグ, エイ.
アメリカ合衆国, ワシントン州 99216, スポーケン, 23アールディー アベニュー
, イー. 12822
- (72)発明者 ロット, デビット, アール.
アメリカ合衆国, ワシントン州 99205, スポーケン, ワシントン 2215 エヌ.
- (72)発明者 スカルトジー, ジョン, ピー.
アメリカ合衆国, ワシントン州 99216, スポーケン, 25ティーエイチ アベニュー
イー. 13721

合議体

審判長 吉水 純子

審判官 高木 康晴

審判官 平塚 義三

- (56)参考文献 特開昭61-225773号公報
実開昭62-193673号公報
特開平11-219715号公報
特開平11-40178号公報

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01M8/00-H01M8/24