(19)日本国特許庁(JP)　(12)特 許 公 報(B2)　(11)特許番号
特許第5580991号
(P5580991)

(45)発行日　平成26年8月27日(2014.8.27)　(24)登録日　平成26年7月18日(2014.7.18)

(51)Int.Cl.
H01M 8/04 (2006.01)
H01M 8/00 (2006.01)
H01M 8/10 (2006.01)

ＦＩ
Ｈ０１Ｍ　8/04　Ｋ
Ｈ０１Ｍ　8/04　Ｐ
Ｈ０１Ｍ　8/04　Ｊ
Ｈ０１Ｍ　8/00　Ａ
Ｈ０１Ｍ　8/10

請求項の数 13　(全 13 頁)

(21)出願番号　特願2008-556856(P2008-556856)
(86)(22)出願日　平成19年3月5日(2007.3.5)
(65)公表番号　特表2009-528657(P2009-528657A)
(43)公表日　平成21年8月6日(2009.8.6)
(86)国際出願番号　PCT/GB2007/000760
(87)国際公開番号　WO2007/099360
(87)国際公開日　平成19年9月7日(2007.9.7)
審査請求日　平成22年2月15日(2010.2.15)
(31)優先権主張番号　0604241.0
(32)優先日　平成18年3月3日(2006.3.3)
(33)優先権主張国　英国(GB)

(73)特許権者　504175659
インテリジェント　エナジー　リミテッド
ＩＮＴＥＬＬＩＧＥＮＴ　ＥＮＥＲＧＹ　ＬＩＭＩＴＥＤ
イギリス国　エルイー１１　３ジービー　レスターシャー　ラフバラー　アシュビー　ロード　ホリウェル　パーク　チャーンウッド　ビルディング
(74)代理人　100081606
弁理士　阿部　美次郎
(72)発明者　デイビス，　ダミアン
イギリス，　ＮＧ２４　３ＦＳ，　ニューアーク　ノッティンガムシャー，　フェルンウッド、カーネル　レーン　２５

最終頁に続く

(54)【発明の名称】燃料電池の加湿

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
燃料電池セルスタック（３１）と、スタック電力制御部（３８）とを含む電気化学燃料電池（３０）であって、
前記燃料電池セルスタック（３１）は、所定数の燃料電池セル（３２）と、電気的な出力部（３３）とを含み、
前記燃料電池セル（３２）は、膜電極接合体と、前記膜電極接合体に燃料及び酸化剤を供給するための流体フロープレートとを有し、
前記出力部（３３）は、前記燃料電池セルスタック（３１）からの出力電流を供給するためのものであり、
前記スタック電力制御部（３８）は、
前記出力部（３３）に対して接続切替可能な負荷デバイス（３６）を含み、
高電流時間と、前記高電流時間に続く絶縁時間とを含む加湿時間が設けられるように制御し、
（ｉ）前記高電流時間中、前記燃料電池セルスタック（３１）から前記接続切替可能な負荷デバイス（３６）を介して電流を流すことにより、燃料電池外部の独立した電流需要（４１）に加えて、又は、この電流需要（４１）に代わって、周期的、かつ、一時的に前記燃料電池セルスタック（３１）からの出力電流を増加させる制御を行うことによって、前記燃料電池セル（３２）の保湿レベルを増加させ、
（ｉｉ）前記絶縁時間中、前記燃料電池セルスタック（３１）の出力電流が通常動作

の電流需要より低くなるように、前記燃料電池セルスタック（３１）を前記負荷デバイス（３６）、及び、前記燃料電池外部の独立した電流需要（４１）から絶縁し、前記燃料電池セルスタック（３１）の電圧を回復させる、
電気化学燃料電池。
【請求項２】
請求項１に記載された電気化学燃料電池であって、
さらに電力蓄積部（３９）を含み、
前記電力蓄積部（３９）は、前記出力部（３３）からの電力を、前記燃料電池外部の独立した電流需要（４１）に対して供給する外部出力端子（３５）に接続され、
前記スタック電力制御部（３８）は、前記加湿時間中に、燃料電池セルスタック（３１）の前記出力部（３３）を前記外部出力端子（３５）から絶縁する制御を行う、
電気化学燃料電池。
【請求項３】
請求項１に記載された電気化学燃料電池であって、
さらに電力蓄積部（３９）と負荷制御デバイス（４０）とを含み、
前記電力蓄積部は、燃料電池（３０）の電力の外部出力端子（３５）に接続され、
前記負荷制御デバイス（４０）は、前記電力蓄積部（３９）と前記燃料電池スタック（３１）の何れか一方、又は両方から燃料電池の前記外部出力端子（３５）への電流の供給を制御する、
電気化学燃料電池。
【請求項４】
請求項２又は３に記載された電気化学燃料電池であって、
前記電力蓄積部（３９）は、リチャージ可能なバッテリーである、
電気化学燃料電池。
【請求項５】
請求項１に記載された電気化学燃料電池であって、
前記スタック電力制御部（３８）は、前記加湿時間が規則的な時間で到来するように制御する、
電気化学燃料電池。
【請求項６】
請求項１又は５に記載された電気化学燃料電池であって、
前記スタック電力制御部（３８）は、基準内にある前記燃料電池スタックのパラメータに応じて、前記加湿時間が設けられるように制御する、
電気化学燃料電池。
【請求項７】
請求項３に記載された電気化学燃料電池であって、
前記負荷制御デバイス（４０）は、前記加湿時間の後、前記燃料電池スタックから前記外部出力端子（３５）への電力供給を立ち上げる制御を行う、
電気化学燃料電池。
【請求項８】
請求項１に記載された電気化学燃料電池であって、
前記スタック電力制御部は、前記加湿時間中、前記燃料電池スタック（３１）の前記流体フロープレートに流すエアフローを調節する制御を行う、
電気化学燃料電池。
【請求項９】
燃料電池セルスタック（３１）とスタック制御部（３８）と維持手段とを含む電気化学燃料電池（３０）であって、
前記燃料電池セルスタックは、所定数の燃料電池セル（３２）と、電気的な出力部（３３）とを含み、
前記燃料電池セルは、膜電極接合体と、前記膜電極接合体に燃料及び酸化剤を供給する

ための流体フロープレートとを有し、
　前記出力部は、前記燃料電池セルスタックからの出力電流を前記燃料電池の外部の負荷に供給するためのものであり、
　前記スタック制御部は、燃料電池に対する電流需要とは関係なく、周期的に前記燃料電池セルスタック（３１）に流すエアフローを調節する制御を行うことによって、前記燃料電池セルの保湿レベルを増加させる加湿時間を設け、
　前記加湿時間は、高電流時間と、前記高電流時間に続く絶縁時間とを含み、
　前記スタック制御部は、さらに、前記出力部に対して接続切替可能な負荷デバイス（３６）を含み、
（ｉ）前記高電流時間において、前記負荷デバイスを介して、一時的に前記燃料電池スタックからの出力電流を増加させる制御を行うことによって、前記燃料電池セルの保湿レベルを増加させ、
（ｉｉ）前記絶縁時間において、前記燃料電池スタックの出力電流が通常動作の電流需要より低くなるように、前記燃料電池セルスタックを前記負荷デバイス、及び、前記燃料電池の外部の負荷から絶縁し、前記燃料電池セルスタックの電圧を回復させ、
　前記維持手段は、前記加湿時間中、前記燃料電池外部の負荷の電流需要を支える制御を行う、
電気化学燃料電池。
【請求項１０】
　燃料電池セルスタック（３１）を有する電気化学燃料電池（３０）の動作方法であって、
　前記燃料電池セルスタックは、所定数の燃料電池セル（３２）と、電気的な出力部（３３）とを含み、
　前記燃料電池セルは、膜電極接合体と、前記膜電極接合体に燃料及び酸化剤を供給するための流体フロープレートとを有し、
　前記出力部は、前記燃料電池セルスタックからの出力電流を前記燃料電池の外部の負荷（４１）に供給するためのものであり、
　加湿時間のうち高電流時間中に前記燃料電池セルスタックから燃料電池内部の前記出力部に対して接続切替可能な負荷デバイス（３６）を介して電流を流すことにより、燃料電池外部の電流需要とは関係なく、加湿時間中に、周期的かつ一時的に前記燃料電池スタックからの出力電流を増加させることによって、前記燃料電池セルの保湿レベルを増加させるステップと、
　前記加湿時間中に、前記高電流時間に続く絶縁時間が設けられるように制御し、前記絶縁時間において、前記燃料電池スタックの出力電流が通常動作の電流需要より低くなるように、前記燃料電池セルスタックを前記負荷デバイス、及び、前記燃料電池の外部の負荷から絶縁し、前記燃料電池セルスタックの電圧を回復させるステップと、
　前記加湿時間中、前記燃料電池の外部の負荷の電流需要を支えるステップとを含む、
電気化学燃料電池の動作方法。
【請求項１１】
　請求項１０に記載された電気化学燃料電池の動作方法であって、
　前記加湿時間中の電流需要を支えるステップには、電力蓄積部（３９）の使用が含まれる、
電気化学燃料電池の動作方法。
【請求項１２】
　燃料電池セルスタック（３１）と、負荷デバイス（３６）とを有する電気化学燃料電池（３０）の動作方法であって、
　前記燃料電池セルスタックは、所定数の燃料電池セル（３２）と、電気的な出力部（３３）とを含み、
　前記燃料電池セルは、膜電極接合体と、前記膜電極接合体に燃料及び酸化剤を供給するための流体フロープレートとを有し、

前記出力部は、前記燃料電池セルスタックからの出力電流を前記燃料電池の外部の負荷（４１）に供給するためのものであり、

前記負荷デバイスは、前記出力部に対して接続切替可能であり、

燃料電池に対する電流需要とは関係なく、周期的に前記燃料電池セルスタックに流すエアフローを調節することによって、前記燃料電池セルの保湿レベルを増加させる加湿時間を設け、前記加湿時間中、前記燃料電池外部の負荷の電流需要を支えるステップと、

前記加湿時間中に、高電流時間と、前記高電流時間に続く絶縁時間とが設けられるように制御し、

（ｉ）前記高電流時間において、前記負荷デバイスを介して、一時的に前記燃料電池スタックからの出力電流を増加させる制御を行うことによって、前記燃料電池セルの保湿レベルを増加させ、

（ｉｉ）前記絶縁時間において、前記燃料電池スタックの出力電流が通常動作の電流需要より低くなるように、前記燃料電池セルスタックを前記負荷デバイス、及び、前記燃料電池の外部の負荷から絶縁し、前記燃料電池セルスタックの電圧を回復させる

ステップとを含む、

電気化学燃料電池の動作方法。

【請求項１３】

請求項１２に記載された電気化学燃料電池の動作方法であって、

前記加湿時間中の電流需要を支えるステップには、電力蓄積部（３９）の使用が含まれる、

電気化学燃料電池の動作方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、燃料電池に関する。特に、水素ガスが燃料電池の陽極に供給され、酸化剤が燃料電池の陰極に供給され、そして、燃料電池の陰極において、生成水が生じ、排水される、陽子交換膜型燃料電池に関する。

【背景技術】

【０００２】

このような燃料電池は、膜電極接合体（ＭＥＡ）とともに、２つの多孔質電極の間に挟まれた陽子交換膜（ＰＥＭ）を含む。ＭＥＡ自体は、従来、（ｉ）ＭＥＡの陰極側表面に隣接する第１の面を有する陰極拡散構造と、（ｉｉ）ＭＥＡの陽極側表面に隣接する第１の面を有する陽極拡散構造の間に挟まれている。陽極拡散構造の第２の面は、陽極側流体フローフィールドプレートに接触することにより、集電したり、水素ガスを陽極拡散構造の第２の面に配送する。陰極拡散構造の第２の面は、陰極側流体フローフィールドプレートに接触することにより、集電したり、酸化剤を陰極拡散構造の第２の面に配送し、さらに、ＭＥＡから生じる余剰水を排水する。陽極側及び陰極側流体フローフィールドプレートは、それぞれ、剛性の伝導体からなり、各拡散構造の隣接面に流体フローチャネルを有しており、反応ガス（水素ガスと酸化剤）の供給や、排出ガス（未使用の酸化剤と水蒸気）の除去を行う。

【０００３】

このような燃料電池の動作において考慮すべき重要なことは、ＭＥＡ内の水分の管理である。ＰＥＭ燃料電池セルの動作中、水素ガスと酸化剤の化学反応の生成水は、ＭＥＡの触媒部分に生ずる。この水は、酸化剤がＭＥＡの陰極側表面に送り込まれるのと同時に、陰極側拡散構造を介して、ＭＥＡから排水される。しかしながら、セルの内部電気抵抗を確実に耐久限度内とするには、ＭＥＡが適度に湿っていることも重要である。ＭＥＡの湿度制御を誤ると、ホットスポットの発生や、セルの故障や、セルの電気的性能の低下を招いてしまう。

【０００４】

燃料電池の水素ガスと酸化剤の電気化学反応における鍵となる機能は、ＰＥＭを介した陽子の移動プロセスである。陽子交換プロセスは、固体状態のＰＥＭが十分な保湿状態であるときのみに起こる。水分が不十分であると、膜の水抵抗の特性により陽子移動プロセスが制限を受けて、セルの内部抵抗が増加する。ＰＥＭが過飽和状態であると、余剰水によりＭＥＡの電極部分がフラッディング状態となり、いわゆる３相化学反応インターフェース（three phase reaction interface）へのガスのアクセスが制限を受ける可能性がある。これらのイベントは両方とも、燃料電池セルの全体性能に悪影響を与える。

【０００５】

水は、燃料電池の化学反応の一部として、陰極で生成されるが、ＭＥＡ全体にわたる水分のバランスの維持が不可欠である。乾燥したエアがセルの中へ送り込まれる場所において、インレットポートの周辺領域が他よりも乾燥するような膜では、水分の分布がアンバランスとなる傾向がある。結局、これは、膜に機械的なストレスを与え、不均一な電流分布を招き、ともに早期故障を招くこととなる。これに対処するには、エアストリームを、燃料電池セルのアクティブな部分に送り込む前に予め湿らせておくことである。これによると、システムをより複雑化する上に燃料電池セルのアプリケーションによっては現実的ではないことがある。

【０００６】

開放陰極式燃料電池セル（open cathode fuel cells）では、陰極側流体フローフィールドプレートが周囲のエアに対して開放され、通常、ファンなどの低圧エア発生源により補助されている。低圧エア発生源は、スタックの冷却と、酸化剤の供給という２つの機能を果たす。これによると、通常、圧縮陰極（a pressurised cathode）と加湿サブシステムとを用いるセルスタックに発生する大きな寄生損失（すなわち燃料電池補助システムの電力消耗）を回避して、燃料電池システム設計を非常に単純化することができる。しかしながら、エアフローの２つの目的（酸化剤の供給、並びに冷却の両方）は、エアフローへの要求の対立を招いてしまう。冷却のためには、非常に高い定比(stoichiometric)のエアフローを陰極に流す必要があり、これにより、周囲条件やスタックの温度に依存して、膜含水量が低くなったり（低い性能となる）、極端な場合では、長時間、セルスタックで継続的に水分の純損失が発生し、結局、スタックの機能停止に至る。スタックの電力出力（電流密度）の設定レベルは、セルの高分子膜の含水量とエアフローによる排水率とによって、バランスが成り立つからである。低電流、強いエアフロー、暖かいスタックは、膜含水量を低下させる傾向があり、これとは反対に、高電流、弱いエアフロー、冷たいスタックは、膜含水量を増加させる傾向がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

本発明の目的は、上述した欠点の少なくとも一部を克服する、又は、少なくとも緩和するための、改良された燃料電池及び制御方式を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本発明の第１の態様によると、本発明は、電気化学燃料電池を提供するものであって、この電気化学燃料電池は、

燃料電池セルスタックとスタック電力制御部とを含んでおり、

前記燃料電池セルスタックは、所定数の燃料電池セルと、出力部とを含み、

前記燃料電池セルは、膜電極接合体と、前記膜電極接合体に燃料及び酸化剤を供給するための流体フロープレートとを有し、

前記出力部は、前記燃料電池セルスタックからの出力電流を供給するためのものであり、

前記スタック電力制御部は、燃料電池外部の独立した電流需要に加えて、又は、この電流需要に代わって、加湿時間中に、周期的かつ一時的に前記燃料電池スタックからの出力電流を増加させることによって、前記燃料電池セルの保湿レベルを増加させる。

【０００９】
本発明の他の態様によると、本発明は、電気化学燃料電池を提供するものであって、この電気化学燃料電池は、
燃料電池セルスタックとスタック制御部と維持手段とを含んでおり、
前記燃料電池セルスタックは、所定数の燃料電池セルと、電気的な出力部とを含み、
前記燃料電池セルは、膜電極接合体と、前記膜電極接合体に燃料及び酸化剤を供給するための流体フロープレートとを有し、
前記出力部は、前記燃料電池セルスタックからの出力電流を供給するためのものであり、
前記スタック制御部は、燃料電池に対する電流需要とは関係なく、周期的に前記燃料電池セルスタックに流すエアフローを調節することによって、前記燃料電池セルの保湿レベルを増加させる加湿時間を設け、
前記維持手段は、前記加湿時間中、燃料電池外部の負荷の電流需要を支える。
【００１０】
本発明の他の態様によると、本発明は、電気化学燃料電池の動作方法を提供するものであって、この電気化学燃料電池の動作方法は、
燃料電池セルスタックを有する電気化学燃料電池の動作方法であり、
前記燃料電池セルスタックは、所定数の燃料電池セルと、電気的な出力部とを含み、
前記燃料電池セルは、膜電極接合体と、前記膜電極接合体に燃料及び酸化剤を供給するための流体フロープレートとを有し、
前記出力部は、前記燃料電池セルスタックからの出力電流を供給するためのものであり、
燃料電池外部の電流需要とは関係なく、加湿時間中に、周期的かつ一時的に前記燃料電池スタックからの出力電流を増加させることによって、前記燃料電池セルの保湿レベルを増加させるステップと、
前記加湿時間中、燃料電池外部の負荷の電流需要を支えるステップとを含む。
【００１１】
本発明の他の態様によると、本発明は、電気化学燃料電池の動作方法を提供するものであって、この電気化学燃料電池の動作方法は、
燃料電池セルスタックを有する電気化学燃料電池の動作方法であり、
前記燃料電池セルスタックは、所定数の燃料電池セルと、電気的な出力部とを含み、
前記燃料電池セルは、膜電極接合体と、前記膜電極接合体に燃料及び酸化剤を供給するための流体フロープレートとを有し、
前記出力部は、前記燃料電池セルスタックからの出力電流を供給するためのものであり、
燃料電池に対する電流需要とは関係なく、周期的に前記燃料電池セルスタックに流すエアフローを調節することによって、前記燃料電池セルの保湿レベルを増加させる加湿時間を設けるとともに、
前記加湿時間中、燃料電池外部の負荷の電流需要を支えるステップとを含む。
【００１２】
一般的な見地から、本発明によれば、加湿時間中に、装置内の燃料電池セルスタックからの電流出力やセルスタックへのエアフローのような１以上の動作パラメータを、燃料電池に対する燃料電池外部の負荷の電流需要とは関係なく、周期的に調節することによって燃料電池セルの保湿レベルを周期的に増加させる燃料電池を提供する。加湿時間中、外部負荷への電流供給は維持される。
【００１３】
以下、本発明の実施例について、例及び添付図面を参照して説明する。
【発明を実施するための最良の形態】
【００１４】
本発明は、より高いスタック効率及びシステム効率を実現するために、膜含水量及び排

水率の平衡状態（セルスタックの現動作条件により決定される）を一時的に崩すことを提案するものである。その方法は、短時間で燃料電池セルの陰極において過剰水を生成し、次に、含水量が徐々に低くなっていく間に、より高いパフォーマンスでスタックを動作させるものである。この処理は、要求に従った一定間隔周期で繰り返し行なわれる。

【００１５】

過剰水が生成される短い時間のことを、本明細書では「加湿時間」として参照する。この表現は、燃料電池セル外部の電気的負荷と、温度のような動作環境条件とに基づく一般的なレベル以上に、保湿レベルを目的に従って増加させるために、燃料電池がその動作環境を能動的に制御する一定の時間を示すものである。加湿処理は、以下の技術の一方、又は両方により実現される。

ａ）燃料電池の外部負荷によって決まる「通常動作状態」よりも高い電力出力での燃料電池セルの動作と、これに伴う電気化学反応による過剰水の生成。

ｂ）排水処理を最小化するための、燃料電池セルに流すエアの量（フローレート）の調節、又は短時間の停止。

【００１６】

この方法の主な利点は、エネルギー変換効率が改善され、高いセル電圧のおかげで通常動作状態での性能が改善されることである。これにより、動作中のスタック温度を低下させることができるため、膜の寿命を延ばすことができる。ここで述べる加湿方法の有利な効果は、燃料電池の始動中に顕著に見られる。これは、とりわけ、新たに増設した燃料電池の調整を行う場合であって、突然の大きな負荷に対する未調整の燃料電池セルスタックの応答性を、加湿処理が改善するところにある。

【００１７】

二番目の利点は、空冷式（開放陰極式）燃料電池セルスタックを、幅広い環境下、特に暑く、乾燥した周囲条件において動作させることができる点にある。開放陰極式セルスタックを活用した燃料電池システムにおいて、燃料電池の膜含水量を調節する唯一の方法は、従来、冷却用ファンから流れてくるエアフローを変化させることである。これによると、エアフローを強めるとスタック温度が低下し、逆にエアフローを弱めるとスタックが熱くなる。しかしながら、実際には、周囲のエアの湿度によっては、これらの動作のいずれも、さらなる水分の損失という結果になる。本発明は、燃料電池スタックを、動作周囲条件や外部負荷の状態に直接依存しない加湿処理のために備えられたハードウェア及び動作制御部とともに、システムに構築することによって、より最適な性能を維持することを提案するものである。

【００１８】

図１に、基本負荷以上の燃料電池セルの出力電流を、周期的かつ一時的に増加させたことによる効果を示す。ここで、スタックは、基本負荷である３２０（mA/cm^2）で動作している。基本負荷は、燃料電池そのものによって燃料電池セルスタックに与えられる継続的な寄生負荷（すなわち制御回路やファンなど）とともに、燃料電池に対する外部の電流需要により決定されるものとする。燃料電池セルスタックへの周期的かつ一時的な電流需要の増加は、電流パルスとして現れる。このとき、スタック電流は、それぞれ２分間隔及び５分間隔で到来する約５秒間の加湿時間によって９００（mA/cm^2）まで増加した。全体的な効率改善は、５０℃のH_2の低位発熱量（ＬＨＶ）に基づいており、高負荷における５秒間の加湿パルスの間は、ゼロ効率と仮定している。

【００１９】

３２０（mA/cm^2）の定常状態の基本負荷では、図１の線分１０で示すように、セル電圧は０．６５（Ｖ）をやや上回り、低位発熱量は５２．４（％）となる。２分間ごとに５秒間継続する加湿時間で動作したときのセル電圧は、図１の線分１１で示される。これは、約４．２（％）の加湿のデューティーサイクル(duty cycle)に対応し、５７．６（％）のＬＨＶとなる。５分間ごとに５秒間継続する加湿時間で動作したときのセル電圧は、図１の線分１２で示される。これは、約１．７（％）の加湿のデューティーサイクルに対応し、５７．２（％）のＬＨＶとなる。

【００２０】
　加湿時間後のセル電圧の急激な上昇及びその後の下降の程度は、図１から明らかである。性能改善は、燃料電池セルの水分維持の要素、特に、温度と、セルスタックに流れるエアフローとともに、高分子膜と、これに備わるガス拡散層の特性に依存する。加湿時間は、ＭＥＡに隣接して膜の保水レベルの制御及び維持を補助する高度拡散媒体（advanced diffusion media）とともに用いると、特に効果的である。すなわち、本発明は、ＵＫ特許出願０５０１５９８．７と、対応する国際特許出願ＰＣＴ／ＧＢ２００６／０００７４に記載された開放陰極式スタックの構成のような、水流の停止に役立つ複数層の拡散層の構成とともに用いると、特に有効である。図５に、（ｉ）単層の陰極側拡散層を有する燃料電池セルと、（ｉｉ）複数層の陰極側拡散層を有する燃料電池セルとにおけるパルス電流動作について、燃料電池の性能改善を比較して示す。上部の軌跡は、（ｉｉ）の形態のセル電圧を示し、下部の軌跡は、（ｉ）の形態のセル電圧を示す。加湿パルスは、１０分ごとに発生している。

【００２１】
　図２に、加湿電流パルスが有る場合及び無い場合における、燃料電池セルのリアルタイムなセル電圧と平均セル電圧に対する影響を表している。セル電圧の軸は、スタック全体の平均セル電圧、つまり、スタック電圧をスタック内のセル数で割った値を表している。上部の直線２０はセル電圧の時間平均であって、０．６９（Ｖ）をやや上回っており、また、上部の軌跡２１は瞬間セル電圧であり、ともに加湿時間を設けてスタックを動作させたときのものである。下部の直線２２はセル電圧の時間平均であって、０．６５（Ｖ）をやや上回っており、また、下部の軌跡２３は瞬間セル電圧であり、ともに加湿時間を設けないでスタックを動作させたときのものである。下部の軌跡２３には、上部の軌跡２１とは異なる周波数の周期性が見られることに留意されたい。これは、両方の場合において、他の閉鎖式陽極の形態(closed-ended anode configuration)にある水構造体(water build up)を取り除くため、周期的に陽極の浄化が行われており、この浄化が下部の軌跡２３では支配的だからである。周期的に閉鎖式陽極は、約１秒間で陽極から水分を除去するために無制限形態(open-ended configuration)へと切替えられる。しかしながら、平均電圧及び瞬間電圧２０，２１は、加湿時間の無い場合の等価電圧２２，２３を上回って、顕著な増加をみせていることから、加湿時間の効果は非常に明確である。

【００２２】
　燃料電池セルシステムにおいて加湿時間の効果を利用するためには、図３に示すような制御システムを追加する必要がある。

【００２３】
　燃料電池３０は、直列接続された所定数の燃料電池セル３２を有する燃料電池セルスタックを含む。各燃料電池セル３２は、従来の燃料電池セルスタックの設計に従って、膜電極接合体と、膜電極接合体に燃料及び酸化剤を供給するための流体フロープレートとを有している。出力部３３は、燃料電池セルスタックからの出力電流を供給するため備えられている。冷却システム３４は、例えばファンであり、冷却用エアフロー及び酸化剤をともにフロープレートへ供給する。燃料電池３０からの電力は、リレー４２，４３を介して、電力の外部出力端子３５により外部負荷４１へと供給される。

【００２４】
　内部の電気的負荷３６は、電力制御部３８の制御下にあるスイッチ３７によって接続切替可能であって、周期的かつ一時的に燃料電池スタック３１からの出力電流を増加させる。予備電源、すなわち電力「蓄積」部３９は、リレー４３を介して、出力端子３５に接続され、燃料電池スタック３１から内部負荷３６に電力供給するように接続切替えが行われたときに、出力端子３５に電力供給する。また、負荷制御回路４０と冷却システム３４は、電力制御部３８の制御下にある。電力蓄積部３９は、リチャージ可能なバッテリーであると好適であるが、スーパーキャパシタのような他の適当なチャージ式蓄積デバイスの類であってもよい。負荷制御回路４０としては、ＤＣ－ＤＣコンバータを用いるのが好ましい。

【００２５】

実際には、通常、燃料電池スタック３１から外部負荷４１に電力供給するように接続が切替えられており、内部負荷３６と電力蓄積部３９は、両方とも、燃料電池スタック３１及び外部出力端子３５から絶縁されている。

【００２６】

しかしながら、電力制御部３８は、加湿時間中に、リレー４２を開き、スイッチ３７を操作して、電力蓄積部３９を燃料電池スタック３１から絶縁させ、燃料電池スタック３１からの電流を、内部負荷３６へと方向転換させる。電力制御部３８は、同時に、外部負荷４１への電力供給を阻害しないように、リレー４３を閉じた状態に維持し、電力蓄積部３９と出力端子３５との電気的接続を保ち、そこから外部負荷４１へ電力供給がなされる。加湿時間の最後に、電力制御部３８は、スイッチ３７とリレー４２とを操作して、内部負荷３６を燃料電池スタック３１から絶縁させ、燃料電池スタックを出力端子４１に再接続する。このとき、電力蓄積部３９は、燃料電池スタック３１との接続を維持し、燃料電池スタック３１からの電流によってリチャージされるようにするとよい。適当なチャージ時間の後、負荷制御回路４０は、３番目のリレー４４を用いて、電力蓄積部３９を絶縁させる動作を行う。これに代わり、電力蓄積部３９を、単純に、常時、接続させたままでもよい。

【００２７】

上述した内容から、燃料電池スタック３１が主電源であるが、加湿時間中には、電力蓄積部３９が、外部負荷４１への唯一の電力供給源であることがわかる。燃料電池スタック３１が供給ライン(on line)に戻ると、バッテリー３９を満タンにリチャージすることができ、バッテリーが満タン状態に近づくにつれて、バッテリーに流れ込む電流は小さくなる。

【００２８】

この構成は、様々な変形が可能である。例えば、加湿時間中に燃料電池スタック３１及び内部負荷３６を外部負荷４１から絶縁させる必要がないのであれば、スイッチ３７は、２方向スイッチである必要はない。言い換えると、加湿時間中でも外部負荷４１に所要電力が供給されるとすれば、原理上、加湿時間中、内部負荷３６を外部負荷４１に単純に並列接続できる。この場合、加湿時間中でも燃料電池スタック３１から外部負荷４１への電流は維持されるから、電力蓄積部３９は、厳密には必要がない。同様に、出力端子３５を燃料電池スタック３１に直接接続することができる。つまり、第１の並列回路の内部負荷３６は、要求に従い、接続状態と非接続状態に切り替わり、また、第２の並列回路の電力蓄積部は、要求に従い、チャージ制御によって接続状態と非接続状態に切り替わる。

【００２９】

上述したように、一般的な見地から、スタック電力制御部３８は、内部負荷３６を用いて、加湿時間中に、燃料電池外部の独立した電流需要に加えて、又は、この電流需要に代わって、周期的かつ一時的に燃料電池スタックからの出力電流を増加させる。必要であれば、スイッチング時の大きな過渡電流を避けるために、パワーコントロールデバイスを用いて、制御に基づくスイッチングにより内部負荷３６を接続してもよい。

【００３０】

また、加湿時間は、燃料電池セルスタック３１の陰極に流すエアフローを周期的に弱めることによって設けることもできる。すなわち、電力制御部３８によって、加湿時間中に冷却用ファン３４への供給電力を低下させればよい。好ましくは、加湿時間中に冷却用ファンのスイッチを切るのがよい。

【００３１】

すなわち、一般的な見地から、スタック電力制御部３８は、燃料電池セルスタックに対する電流需要とは関係なく、周期的に燃料電池セルスタック３１に流すエアフローを調節することによって、燃料電池セルの保湿レベルを増加させる加湿時間を設ける。ここでいう「関係なく」という表現は、燃料電池３０の外部負荷４１の急な変化、又は一時的な変化とは無関係であることを示すものである。

【００３２】
エアフローの調節と負荷の増加は、ともに加湿時間を設けるという目的のために行われる。図４のグラフは、この動作における電流及び電圧特性である。上部の軌跡５０は、スタック電圧を時間関数として示しており、下部の軌跡５１は、スタック電流を時間関数として示している。
【００３３】
時間５２（ｔ＝０－６秒）では、燃料電池の通常動作を示している。次の時間５３（ｔ＝６－１０秒）では、陰極のエアフローを生成する冷却用ファン３４のスイッチが切られ、スタック温度が上昇する。多くの移動制限のために、この時間の終わりに近づくにつれて、セル電圧に若干の低下が見られ、これに対応して、一定の電力を維持するように、電流に若干の上昇が見られる。ＤＣ－ＤＣコンバータ４０への入力電圧がバッテリー３９の終端電圧に近づくところでは、燃料電池セルからの出力電流が０に向かって低下している。ここでは、バッテリー３９が、出力端子３５への電力供給を支えて補っている。
【００３４】
そして、燃料電池セルスタック３１からの出力を、最小の電気的負荷のもとでリレー４２を開いて絶縁し、バッテリー３９からアプリケーション（例えば外部負荷４１）に継続的に電力供給させておく。これは、時間５４（ｔ＝１０－１１秒）で、電流が０に落ちていることからわかる。時間ｔ＝１１秒では、スパイク５５からわかるように、内部負荷抵抗３６が、燃料電池セルスタック３１の両端子３３に接続切替されている。これにより、燃料電池セルスタック３１には、さらに制御時間、言い換えると高電流時間５６（ｔ＝１１－１２秒）でも電気的負荷が与えられる。
【００３５】
この高電流時間５６中、燃料電池セルスタック３１の流体フローチャネルに残った酸化剤は消費されて、スタックの端子電圧は０（Ｖ）に低下する。生成水を除去するファン３４がなければ、各セル３１のＭＥＡ－ガス拡散層インターフェースに過剰水が滞留してしまう。高電流時間５６の後、絶縁時間（ｔ＝１２－１６秒）では、燃料電池セルスタック３１は、全ての電気的負荷から絶縁される。この絶縁時間中、電流は０であり、スタック電圧は、ポイント５８（ｔ＝１６秒）にあるピークまで回復する。再接続時間（ｔ＝１６－１８秒）では、ＤＣ－ＤＣコンバータ４０のデジタル制御により電流の限界設定点を徐々に上げていき、制御された方法によってスタック３１の出力電力が供給ラインに戻される。ポイント６０では、燃料電池セルは、完全に供給ラインにあり、バッテリー３９のリチャージを始めている（ｔ＝１８秒）。燃料電池セルは、バッテリーのリチャージとともに、次の時間６１中に外部負荷４１に電力供給する。バッテリー３９が、チャージにより満タンに近づくにつれ、電流は徐々に低下する。
【００３６】
次の加湿時間は、適当な間隔（例えば２－５秒）をおいてから始まる。間隔は、有効にセル電圧の平均を十分に上昇させるのであれば、いくらでもよい。温度及び湿度のような周囲条件と、燃料電池セルが一定の固定負荷、又は可変負荷のどちらで動作しているかとに依存して、例えば、ほんの１分間という短い間隔とすることができるし、２時間もの長い間隔とすることもできる。
【００３７】
加湿処理の理想的な周期は、温度及び湿度のような周囲条件を含む多くの要素に依存する。複数層の陰極側ガス拡散層を用いると、単層のガス拡散層の構成と比較して、電気化学的性能が格段に増加し、燃料電池セルの性能が同等レベルにまで戻るには長い時間がかかる。これは、従来の圧縮陰極とは反対に、開放陰極のスタックを用いる技術を使う場合でもある。圧縮陰極の場合は、強制的にエアフローを流すことにより即時に過剰水が除去される。
【００３８】
加湿処理は、自動的に固定周期で実行されるのがよい。しかしながら、燃料電池３０を、加湿処理が行なわれない通常モードと、周期的かつ一時的に加湿処理を行う加湿モード

の間で切替えるためには、さらなる制御アルゴリズムが用られることを理解されたい。加湿処理の周期は、平均温度、湿度、電圧特性、電流特性、電力需要などのような、スタックの測定可能な動作パラメータに従って制御される。加湿時間のデューティーサイクルは、平均温度、湿度、電圧特性、電流特性、電力需要などのような、スタックの測定可能な動作パラメータに従って制御される。絶縁時間５７中の出力電流は０であるのがよいが、低電流が出力されうることを理解されたい。具体例によっては、絶縁時間は不要である。

【００３９】

他の実施例が添付の特許請求の範囲に記載されている。

【図面の簡単な説明】

【００４０】

【図１】異なる２つのパルス反復間隔の燃料電池セルのパルス電流動作と、従来の燃料電池セルの定常状態動作を比較して、セル電位を時間関数として示すグラフである。

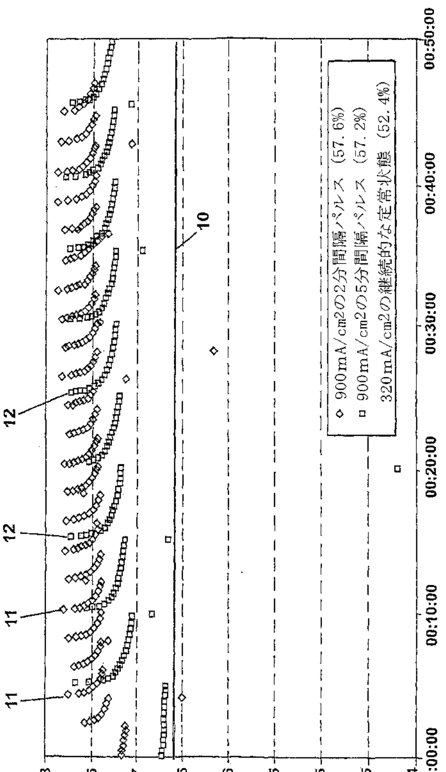
【図２】燃料電池セルのパルス電流動作と、従来の燃料電池セルの定常状態動作を比較して、瞬間セル電位及び平均セル電位を時間関数として示すグラフである。

【図３】パルス電流動作方式を実施するための電気化学燃料電池のパワーユニットの概念図である。

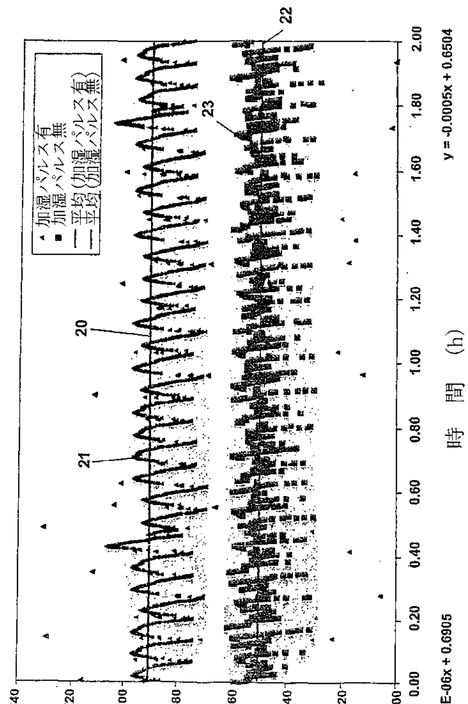
【図４】スタックの加湿パルスの間、又はその前後のスタック電圧及び電流を、時間関数として示すグラフである。

【図５】（ｉ）単層の陰極拡散層を有する燃料電池セルと、（ｉｉ）複数層の陰極拡散層を有する燃料電池セルとにおけるパルス電流動作について、燃料電池の性能改善を比較して示すグラフである。

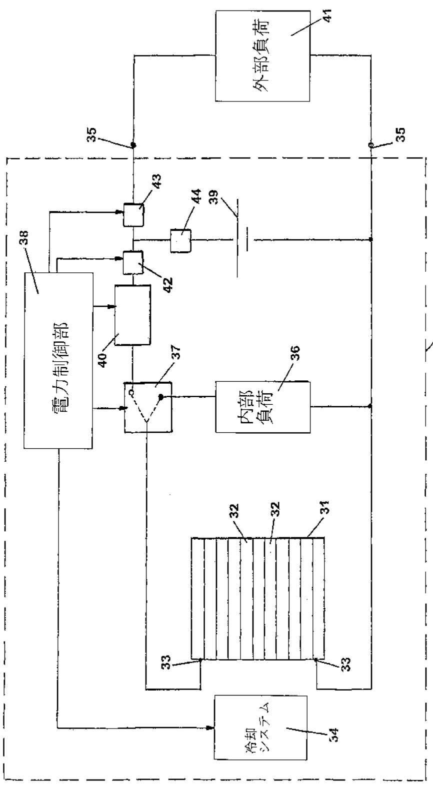
【図１】



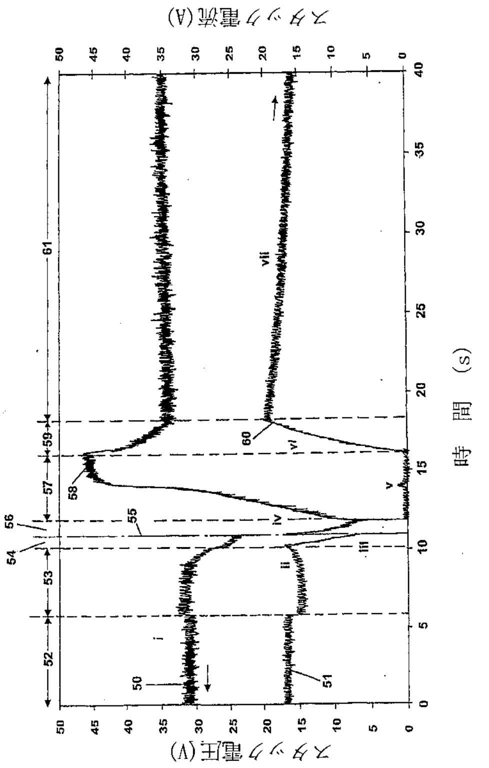
【図２】



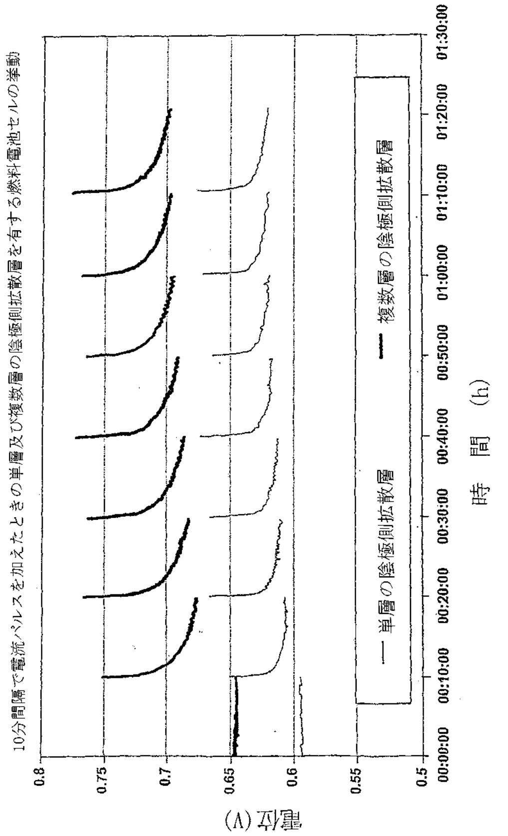
【図３】


外部負荷
41
35
35
43
44
39
38
42
電力制御部
40
37
36
内部負荷
30
32
32
31
33
33
冷却システム
34

【図４】


スタック電流(A)
スタック電圧(V)
時間 (s)
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
i
ii
iii
iv
v
vi
vii

【図５】


10分間隔で電流パルスを加えたときの単層及び複数層の陰極側拡散層を有する燃料電池セルの挙動
電位(V)
時間 (h)
単層の陰極側拡散層
複数層の陰極側拡散層
0.8
0.75
0.7
0.65
0.6
0.55
0.5
00:00:00
00:10:00
00:20:00
00:30:00
00:40:00
00:50:00
01:00:00
01:10:00
01:20:00
01:30:00

フロントページの続き

(72)発明者　グランジ，　ネイサン
イギリス，ＤＥ７４　２ＦＦ，ダービシャー，ケグワース，ボローストリート　１
(72)発明者　ベンソン，ポール　アラン
イギリス，ＬＥ１１　２ＥＢ，　レセスターシャー，　ローボロー，　メイフィールド　ドライブ　３２

審査官　相羽　昌孝

(56)参考文献　特開２００４－０４７４２７（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－２２９９４３（ＪＰ，Ａ）
特表２００１－５１３９４０（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－２６５８６２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｍ　８／００－　８／２４