

(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2004-172125
(P2004-172125A)

(43) 公開日 平成16年6月17日(2004.6.17)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/04	HO 1 M 8/04	5HO26
HO 1 M 8/10	HO 1 M 8/10	5HO27

審査請求 有 請求項の数 20 O L (全 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2003-387016 (P2003-387016)</p> <p>(22) 出願日 平成15年11月17日 (2003.11.17)</p> <p>(31) 優先権主張番号 10/295439</p> <p>(32) 優先日 平成14年11月15日 (2002.11.15)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(71) 出願人 590001407 ゼネラル・モーターズ・コーポレーション GENERAL MOTORS CORPORATION アメリカ合衆国ミシガン州48265-3000, デトロイト, ピー・オー・ボックス 300, ルネッサンス・センター 300, メール・コード 482-シー23-ピー21</p> <p>(74) 代理人 100089705 弁理士 社本 一夫</p> <p>(74) 代理人 100076691 弁理士 増井 忠式</p> <p>(74) 代理人 100075270 弁理士 小林 泰</p>
--	---

最終頁に続く

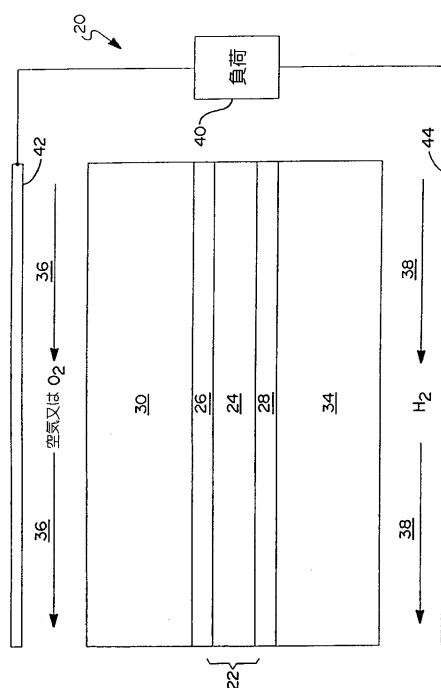
(54) 【発明の名称】 乾燥したカソード供給による燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】 膜電極組み立て体 (MEA) を有する燃料電池システムを提供すること。

【解決手段】 乾燥カソード流による燃料電池システム 20 は、外部加湿された空気を要せずに燃料電池膜 24 の水分制御をもたらし、これによってシステムの複雑性が低減される。システムに対する、および特に燃料電池の膜 24 に対する空気化学量論は電流密度要件に従って調整される。この空気化学量論は負荷要件によって増減する。膜 24 の適正な水分レベルが維持され、許容できるプロトンの伝導度レベルがもたらされる。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水素と酸化剤から電気を発生するための電解質膜を有する燃料電池の水分レベルを制御する方法であって、

前記燃料電池に対する負荷要件レベルを検出するステップと、

検出された前記燃料電池の負荷要件に基づいて該燃料電池に対する空気化学量論を調整し、これによって前記電解質膜の水分レベルを制御するステップと、を含む方法。

【請求項 2】

調整する前記ステップが、前記燃料電池の決定された負荷要件が増加すると前記空気化学量論を増加させるステップを含む、請求項 1 に記載の方法。 10

【請求項 3】

調整する前記ステップが、前記燃料電池の決定された負荷要件が減少すると前記空気化学量論を減少させるステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

決定された前記負荷要件が電流密度要件であり、調整する前記ステップが、前記電流密度要件に基づいて前記空気化学量論を増減させるステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記空気化学量論を制御する空気移動装置を使用するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。 20

【請求項 6】

前記空気移動装置を制御するようコントローラを使用するステップをさらに含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

電解質膜を有する燃料電池の水分レベルを管理する方法であって、

前記燃料電池の負荷要件を決定するステップと、

決定された前記負荷要件に基づいて前記電解質膜に対する空気化学量論を変更するステップと、を含む方法。 30

【請求項 8】

決定された前記負荷要件が増加すると前記電解質膜の前記空気化学量論を増加させるステップをさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

決定された前記負荷要件が減少すると前記電解質膜に対する前記空気化学量論を減少させるステップをさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

前記空気化学量論を変更する空気移動装置を使用するステップをさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 11】

外部で加湿された空気流を要することなく水素と酸化剤の電気化学反応によって電気を供給する燃料電池システムであって、 40

水素と酸化剤とを反応させて電気を発生する複数の燃料電池と、

負荷要件に基づいて前記複数の燃料電池へ供給する空気化学量論を調整するコントローラと、を備える燃料電池システム。

【請求項 12】

前記負荷要件が電流密度要件であり、前記電流密度要件が減少した場合に前記コントローラが前記空気化学量論を減少させるように構成されている、請求項 11 に記載の燃料電池システム。

【請求項 13】

前記負荷要件が電流密度要件であり、前記電流密度要件が増加した場合に前記コントローラが前記空気化学量論を増加させるように構成されている、請求項 11 に記載の燃料電池システム。

【請求項 14】

空気移動手段をさらに含み、前記コントローラが前記空気移動手段の空気流を制御するように構成されている、請求項 11 に記載の燃料電池システム。

【請求項 15】

乾燥カソード供給で動作して電力を供給するように構成された燃料電池システムであって、

10

水素を受け入れるように構成されたアノードと、

酸素を受け入れるように構成されたカソードと、

前記アノードと前記カソードとの間の電解質膜と、

前記燃料電池システムの電力要件に基づいて前記燃料電池システムに異なる空気化学量論を供給するように構成できる空気供給ユニットと、
を備える燃料電池システム。

【請求項 16】

前記燃料電池システムによって負荷に電力が供給され、前記空気供給ユニットが前記負荷の負荷要件に基づいて前記空気化学量論を増減させるように構成されている、請求項 15 に記載の燃料電池システム。

20

【請求項 17】

前記空気供給ユニットが、前記負荷が要求する電流が増加すると前記空気化学量論を増加させるように構成されている、請求項 16 に記載の燃料電池システム。

【請求項 18】

前記空気供給ユニットが、前記負荷が要求する電流が減少すると前記空気化学量論を減少させるように構成されている、請求項 16 に記載の燃料電池システム。

【請求項 19】

前記前記空気供給ユニットが、前記空気化学量論を制御するプログラム可能なコントローラを備える、請求項 15 に記載の燃料電池システム。

【請求項 20】

30

水素と酸化剤とから電気を発生する燃料電池システムであって、

水素と酸素とを反応させて電気を発生させる複数の燃料電池であって、それぞれがアノードと、カソードと、それらの間の電解質膜とを備える複数の燃料電池と、

前記複数の燃料電池に対する負荷要件に基づいて、前記複数の燃料電池に可変の空気化学量論を供給するように構成された調整可能な空気供給ユニットと、
を備える燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、一般に、電気化学反応により電気を発生する燃料電池システムに関し、さらに、このような燃料電池システムの電解質膜の加湿制御に関する。

40

【背景技術】**【0002】**

燃料電池システムは、一般に、還元剤および酸化剤（たとえば、水素と酸化剤）の反応による電気化学エネルギーを変換して電気を発生する複数の燃料電池を含む。燃料電池は多くの応用において電源として使用されており、他の電気エネルギー源を上回る効率、信頼性、耐久性、経済的および環境的利益の向上をもたらすことができる。他のエネルギー源を上回るこれら燃料電池の運転の改良、特に汚染排気物質の低減（すなわち、實際上ゼロの有害エミッション）の結果、内燃機関に置き換わる燃料電池駆動の電気モータの使用が非常に魅力的なものになっている。

50

【0003】

燃料電池の一般的なタイプの1つとして、プロトンに対しては透過性があるが電子は透過しない薄い高分子膜を用いるプロトン交換膜（PEM）型燃料電池がある。PEM型燃料電池の膜は、膜の一方の面にアノードを有し、反対の面にカソードを有する膜電極組み立て体（MEA）の一部である。この膜は、典型的には、パーフルオロ化（perfluorinated）スルホン酸などのイオン交換樹脂から作られる。MEAは、アノードとカソードに対する電流コレクタとして働く一対の導電性素子の中に挟まれ、アノード触媒とカソード触媒の表面上に燃料電池のガス状反応物を分配する適宜のチャンネルおよび/または開口部を含む。

【0004】

PEM型燃料電池において、水素（ H_2 ）はアノード反応物（すなわち燃料）であり、酸素はカソード反応物（すなわち酸化剤）である。酸素は純粋な形（すなわち、 O_2 ）であっても、空気（すなわち、 O_2 と N_2 の混合物）であっても、他のガスと組み合わせられた O_2 であってもよい。アノードとカソードは、典型的には、炭素粒子上に担持されていてプロトン伝導性樹脂を混合した微細に分割された触媒粒子を含む。この触媒粒子は、典型的には、たとえば白金などの貴金属粒子である。そのため、このタイプのMEAは製造費用が比較的高い。

【0005】

また、これらのMEAは、動作効率の向上および膜と触媒の劣化防止のために、制御された動作条件を必要とする。これらの動作条件には、適正な水の管理および加湿が含まれる。特に、電解質膜の適正な水分レベルが保持されない場合には、電池性能が影響を受ける（すなわち、プロトン伝導度が減少し、電池が発生する電力が低下する）。膜の水分レベルを制御しないと、膜が水素イオンを適正に伝導する妨げになり得、これによって燃料電池が発生する電力の低下をもたらす。たとえば、電池が乾燥しすぎている場合、プロトン伝導度が低下する。反対に、過剰な水が電池内のカソードに残っていると、酸素が残留水を通り抜けてカソード触媒へ到達することが不可能になり、これによって燃料電池の性能も低下する。

【0006】

典型的には、従来の燃料電池システムは、MEAの膜の適正水分レベルを保持するために、外部で加湿された空気流を用いる。したがって、燃料電池システムに水が連続的に供給され、これによって複雑性やコストがさらに増加する。

【0007】

したがって、システムへ入る空気を加湿してMEAの適正な水分バランスを保持するために外部供給源から純水を供給する必要を無くした燃料電池システムを提供することが望まれる。つまり、乾燥したカソード供給流を有する複雑でないシステムが望まれる。

【0008】

燃料電池システムの設計者は、燃料電池から取り出される電流を保持するのに必要とするよりも多く、燃料電池へ供給することが要求される過剰反応物ガスの量を決定しなければならない。過剰ガスの量が少なければ少ないほど、コンプレッサ負荷（空気側）および燃料効率（燃料側）の向上に起因するシステム利益が大きくなる。しかしながら、スタック効率（すなわち、電圧）自体は減少する。したがって、スタック、コンプレッサおよび燃料効率の間で、最適なトレードオフを求めなければならない。

【0009】

典型的には、大電力設計点によって、必要な過剰ガス量の決定がなされる。この設計点は、典型的には、反応物の質量輸送の制限が著しくなり始める分極曲線の領域で選ばれる。言い換えると、触媒層における反応物ガスの濃度は流れの場のチャンネルでのガス濃度と比較して多少減少する。これが生じるのは、電流密度が高い場合は反応物使用率が大きくて反応物ガスの供給が追いつかず、反応が起きている所で反応物ガス濃度が減少するためである。

【0010】

10

20

30

40

50

燃料電池に供給される過剰ガスの量は種々の方法で表現され、稼働率として言及されることが多い。80%の稼働率は、電気を発生するために燃料電池で消費される反応物のパーセンテージを示す。過剰ガスの量を指す他の一般的な方法は化学量論と呼ばれ、100/稼働率である。80%の稼働率は1.25の化学量論に相当する。この場合、25%過剰ガスが燃料電池に供給されるという言い方もできる。今日のPEM型燃料電池は、典型的には、1.5~2の空気化学量論且つ1.05~1.5の燃料化学量論で動作するように設計されている。

【0011】

従来技術では、反応物化学量論は、電流密度の範囲全体にわたって適用され、または、電流密度の低下に伴って増加されさえする。この動作手法、および、モル分率で表された、流れの場のチャンネルと触媒層とにおける反応物の平均濃度に対する影響が図5に示される。この例では、反応物は入口側モル分率(乾燥状態)が0.21の酸素とされ、化学量論は電流密度の範囲にわたって2(100%過剰ガス)で一定である。1A/cm²のスタック定格点(stack rating point)において、触媒層の反応物モル分率は、質量輸送の制限を反映してチャンネルの反応物モル分率より減少する。電流密度が減少するにつれて質量輸送の制限が軽減され、触媒層の濃度がチャンネル濃度に等しい濃度へ上昇する。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明は、膜電極組み立て体(MEA)を有する燃料電池システムを提供するものであり、このMEAは、たとえば、膜の適正な水分レベルを維持するのに入口空気の外部加湿を必要としない高分子電解質膜(PEM)を備えることができる。広範囲の動作レベル(たとえば、異なる電流密度)にわたる加湿レベル制御が、外部の純水供給源を必要とすることなく設けられる。これらの動作条件下では、電池自体が空気流を加湿する加湿器として作用する。したがって、適正な水分レベルが維持され、カソード流に外部の水を加える必要なしに動作される。

20

【課題を解決するための手段】

【0013】

したがって、本発明は、燃料電池に対する負荷要件の減少に伴って、燃料電池に供給する空気の化学量論的流量を減少させることにより、空気流の加湿を概ね低減する燃料電池システムを提供するものである。それゆえ、PEMの水含有量の要件を低減する(すなわち、空気流量が少ないため乾燥力を小さくすることによって、低電流密度において性能が改善され、これによってPEMのプロトン伝導度が増加する。さらに、空気流量に加えて空気化学量論を低減することによって、システムの空気コンプレッサの運転が低減され、これによってシステムの効率が增加する。

30

【0014】

さらに詳細に述べると、本発明は、外部で加湿された空気流を要せずに水素と酸化剤との電気化学反応によって電気を発生する燃料電池を提供する。燃料電池システムは、一般に、水素と酸化剤とを反応させて電気を発生する少なくとも1つの電池と、燃料電池の電気負荷要件に基づいて燃料電池への空気流量を調整するコントローラとを備える。

40

【0015】

燃料電池システムの電気負荷要件は電流密度要件を含み、コントローラは、電流密度要件が減少した場合に空気流量を減少させ、電流密度要件が増加した場合に空気流量を増加させるように構成されている。

【0016】

また、本発明は、水素と酸化剤とから電気を発生する燃料電池システム内の電解質膜の加湿を制御する方法を提供しており、該方法は、燃料電池システムの電気負荷要件に基づいて燃料電池システムに対する空気供給の化学量論を調整し、これによって電解質膜の加湿レベルを制御するステップを含む。

【0017】

50

この方法は、燃料電池システムの電流密度が増加すると空気化学量論を増加させるステップと、燃料電池システムの電流密度が減少すると空気化学量論を減少させるステップとを含む。

【0018】

このように、本発明は外部加湿された空気流なしで動作する燃料電池の性能向上をもたらす。特に、本発明の原理によって製造された燃料電池システムは、カソード空気流に導入される水の外部供給源を必要とせず、これによってシステムの複雑性が低減され、信頼性が増加する。

【0019】

本発明のさまざまな特徴、利点および他の用途は、以下の説明および図面を参照することにより一層明確になるであろう。 10

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

本発明は、外部加湿された空気流なしに（すなわち、乾燥カソード流で）動作する電解質膜（たとえば、PEM）を備えた燃料電池を有する燃料電池システムを提供するものである。本明細書で言及するように、「燃料電池システム」とは、電気化学的方法で電気を供給する燃料電池を含む装置である。さらに、本明細書で言及するように、「燃料電池」は、水素と酸化剤を使用して電気を電気化学的に生成する単一の電池（たとえば、単一PEM燃料電池）であっても、電圧を増すように各電池の直列接続が可能な複数の電池の積重ねまたはその他の構成であってもよい。 20

【0021】

本発明は、膜に対する空気化学量論を変えることによって、外部加湿された空気流を使用せずに燃料電池の膜の適正な水分レベルを維持する。このことは、図1および図2に関して提示、説明される燃料電池を参照すれば、さらによく理解されるであろう。

【0022】

図1は、本発明の原理による乾燥カソード供給による燃料電池スタック10の概略図を示している。燃料電池スタック10は、当技術分野で知られているように、（12において）水素（ H_2 ）が、（14において）酸素（ O_2 ）または空気が供給される。アノードの流れの場から水素欠乏アノード・ガス（すなわち、アノード排出物）を、カソードの流れの場から酸素欠乏水含有カソード・ガス（すなわち、カソード排出物）を除去するために、MEAの燃料の排気ポート13と酸化剤の排気ポート15も設けられている。必要に応じて、両極性のプレートに液体冷媒を供給して排出する冷媒配管が設けられる。可変範囲コンプレッサ（またはブロワ）16は燃料電池スタック10に空気または酸素を供給する。コンプレッサ16ならびに燃料電池システムの他の構成部品の動作制御のために、コントローラ18が設けられる。 30

【0023】

次に、図2は、膜電極組み立て体（MEA）22を含む燃料電池組み立て体20の断面図を示している。膜電極組み立て体22は、膜24、カソード26およびアノード28を備えている。膜24は好ましくはプロトン交換膜（PEM）である。膜24はカソード26とアノード28との間に挟まれている。カソード拡散媒体30は、カソード26の、膜24とは反対側に接する層である。アノード拡散媒体34は、アノード28の、膜24とは反対側に接する層である。燃料電池組み立て体20は、さらに、カソード流チャンネル36およびアノード流チャンネル38を含む。カソード流チャンネル36は供給源から酸素または空気（ O_2 ）を受け取ってカソード拡散媒体30に導く。アノード流チャンネル38は供給源から水素（ H_2 ）を受け取ってアノード拡散媒体34に導く。 40

【0024】

燃料電池組み立て体20において、膜24は、移動イオンとして H^+ イオンを有する陽イオン透過性のプロトン伝導性膜である。燃料ガスは水素（ H_2 ）であり、酸化剤は酸素または空気（ O_2 ）である。水素は燃料ガスとして用いられるので、全体的な電池反応の生成物は水（ H_2O ）である。典型的には、生成された水は、酸素側の電気触媒層を含む 50

多孔質電極であるカソード 26 において廃棄される。この水は、形成された際に集められて燃料電池組み立て体 20 の M E A から従来の任意の方法で搬出され得る。

【0025】

電池反応によって、アノード拡散媒体 34 からカソード拡散媒体 30 に向かう方向のプロトン交換が生じる。このようにして、燃料電池組み立て体 20 が電気を発生する。電気負荷 40 は電氣的に M E A 22、第 1 のプレート 42 および第 2 のプレート 44 を通して接続され、電気を受け取る。プレート 42 および / または 44 は、燃料電池が各プレート 42 または 44 に隣接している場合は両極性のプレートであり、燃料電池がそれらに隣接していない場合は終端プレートである。

【0026】

効率的に動作して最大量の電気を発生するために、燃料電池組み立て体 10 は適正に加湿されなければならない。従来技術のシステムでは、当技術分野で知られたいくつかの方法のうちの一つによって、カソード流チャンネルに供給される空気流とアノード流チャンネルに供給される水素流との一方または両方が加湿される。最も一般的なやり方は、水蒸気が水輸送膜（たとえば、N a f i o n）を経由して反応物流に入る膜加湿器を用いる方法である。別法として、参照により本明細書に組み込まれる米国特許第 5935725 号および第 5952119 号に開示されるように、貯水部からの水を M E A 22 に導く水運搬（water wicking）物質を使用して燃料電池の膜 24 を加湿することができる。

【0027】

代わりに、水蒸気または霧状の水（ H_2O ）をカソード流とアノード流とに注入し、燃料電池スタック内部でこれらの流体を加湿してもよい。さらに他の方法においては、アノード流チャンネル 38 の水素流に酸素流を注入して少量の H_2 を反応させ、 H_2O を生成して水素流を加湿してもよい。

【0028】

水素と酸化剤を反応させて電気を発生するように構成され、本発明を実施することができる模範的な燃料電池システム 10 について説明してきたが、本発明は、燃料電池システム 10 に供給される空気の化学量論を制御する方法を含む。本発明は、たとえば、燃料電池システム 10 のコントローラ 18 の一部として実現され得る。本発明は、燃料電池システム 10 に空気を供給するコンプレッサ 16 の制御方法を提供する。図 1 に示すような特定の実施の形態において、コントローラ 18 は、燃料電池スタック 10 への空気流量、特に燃料電池スタック 10 の P E M への空気化学量論を制御するようにプログラムされ得る。さらに詳細に述べると、燃料電池スタック 10 のカソードへの空気流量は、燃料電池スタック 10 の低い電気負荷要件（すなわち、低い電流密度要件）においては低い化学量論的流量で供給され、また燃料電池スタック 10 のカソードへの空気流量は、燃料電池スタック 10 の高い電気負荷要件（すなわち、高い電流密度要件）においては高い化学量論的流量で供給される。この結果、チャンネルにおける反応物平均濃度は負荷とともに減少し、触媒層における反応物平均濃度は一定に保たれる。低負荷要件の期間に空気流量を下げることにより、P E M に対する加湿の要件が低減される。化学量論が一定の場合に比較して、触媒層反応物濃度が低い場合は少量のスタック電圧損失がある。しかしながら、コンプレッサの要件および、特に完全には加湿していない燃料流でスタックを十分に湿った状態に維持するという点から見た全体的な利点は、このコストよりはるかに勝っている。

【0029】

たとえば、電流密度 $1 A / c m^2$ では、2.0 の化学量論的流量（すなわち、電気化学反応で減少する酸素のモル流量の 2 倍）が必要であり、一方、電流密度 $0.1 A / c m^2$ では、ただの 1.3 の化学量論的流量が必要である。燃料電池システムの要件、特に燃料電池スタック 10 の P E M の水分要件に応じて、空気流量を本発明の原理によって調整することができる。低電流密度において化学量論的流量を低減すると、膜を乾燥させる推進力が低下し、P E M におけるプロトン伝導度が高くなって性能が向上する。電流密度の要件が増加するにつれ、酸素の質量移動の制約が一層決定的になり、燃料電池スタック 10 を一層高い化学量論的空気流量で動作させることが必要である。

10

20

30

40

50

【0030】

図3に示すように、電流密度要件が低い場合には、化学量論の低い流量で高い電池電圧が得られる。さらに、図4に示すように、化学量論の低い流量の場合、高周波抵抗も低くなり、膜の良好な加湿性を示す。これらの図は、アノード露点が80であり且つ乾燥カソードの状態80で動作している50cm²の電池に対する結果を示す。アノード供給流は2.0の化学量論の純水素を含んでおり、カソード供給流は1.4又は2.0の化学量論の空気を含んでいる。両方の流体の入口圧力は150kPa（絶対圧）である。なお、図3は本発明の種々の化学量論に対する電流密度と電池電位（単位ボルト）との関係を示し、図4は本発明の種々の空気化学量論に対する電流密度と高周波抵抗との関係を示している。

10

【0031】

下記に例示した式を用いると、低電流密度において化学量論を減少させる（過剰ガスを減少させる）戦略を展開することができる。これらの式は図6のグラフを作成するのに使用された。解析をできるだけ簡単にするために、ガス流のモル分率は乾燥に基づいて表されている。また、流れは十分に加湿され、全圧力は電流密度と無関係に一定に保たれていると仮定する。これらの仮定からかなり逸脱していても解析の結論に影響を与えるほど結果が変わることはない。

【0032】

反応物の出口濃度は、化学量論により入口濃度と関係しており、

【0033】

20

【数1】

$$y_{out} = y_{in} \frac{(S-1)}{(S-y_{in})} \quad (1)$$

【0034】

が成り立つ。上式において、 y は反応物（水素または酸素）のモル分率を示し、 S は反応物化学量論である。電池の平均的な挙動は、流れの場のチャンネルにおける反応物の平均濃度に関係する。反応速度が反応物の濃度にほぼ比例するこの種のシステムでは、対数平均濃度が最も代表的であり、

30

【0035】

【数2】

$$\bar{y}_{channel} = \frac{y_{in} - y_{out}}{\ln\left(\frac{y_{in}}{y_{out}}\right)} = \frac{\left(\frac{1-y_{in}}{S-y_{in}}\right)y_{in}}{\ln\left(\frac{S-y_{in}}{S-1}\right)} \quad (2)$$

【0036】

が成り立つ。

40

ここで、チャンネルと触媒層との間の反応物濃度差を支配する質量輸送について考慮する。電流密度は、反応物の質量輸送係数および反応物の質量輸送の推進力である濃度差に比例する。すなわち、

【0037】

【数3】

$$i = k_{mt} (\bar{y}_{channel} - \bar{y}_{catalyst}) \quad (3)$$

【0038】

が成り立つ。

50

高電流密度設計点（すなわち、定格点）の場合には、

【0039】

【数4】

$$i^* = k_{mt} \left(\overline{y}_{channel}^* - \overline{y}_{catalyst}^* \right) \quad (4)$$

【0040】

のように、上付きの星印で示される。

化学量論を維持しつつ電流密度を減少させると、図5に示すように、触媒層における反応物ガス・モル分率の増加を生じる。しかしながら、本発明は、電流密度の減少に伴って

10

【0041】

【数5】

$\overline{y}_{catalyst}$

【0042】

を一定に保つよう化学量論を下げる戦略を採用する。この手法は、化学量論を低減させることによって質量輸送の制約が緩和されることを利用している。また、この手法は、燃料電池が多くを加湿して過乾燥状態を減らすという必要が無い点で有益な効果を有する。上記の式(3)および(4)を用いると、電流密度と定格電流密度の関係から

【0043】

20

【数6】

$$\frac{i}{i^*} = \frac{\overline{y}_{channel}^* - \eta_{transport}^*}{1 - \eta_{transport}^*} \quad (5)$$

【0044】

が与えられる。ただし、

【0045】

30

【数7】

$$\eta_{transport}^* = \frac{\overline{y}_{catalyst}^*}{\overline{y}_{channel}^*} \quad (6)$$

【0046】

である。

この、定格点における輸送効率は、高電流密度条件における反応物の減少を反映している。

40

【0047】

図6は、 $i^* = 1 \text{ A/cm}^2$ 、 $\eta_{transport}^* = 0.5$ 、 $y = 0.21$ に対して式(5)を用いてプロットしたグラフである。

図3および図6に示すような最適化曲線に従って最適な空気化学量論を維持するために、本発明のコントローラ18は、燃料電池スタックに対する電流密度（または負荷要件）を決定し、それに従って可変範囲コンプレッサを調整する。当業者であれば理解できるように、図3に示すようなグラフが作成できる様々なレベルの空気化学量論を利用することにより、また、その時の電流密度条件に対して最大電池電位を与える空気化学量論のレベルを選択することにより、制御法を作成することができる。低電流密度において空気化学量論を低減すると、膜を乾燥させる推進力が減少し、膜および触媒層におけるプロトンの

50

伝導度が高くなるので、性能が向上する。

【0048】

燃料電池スタック10の動作の様々な態様を、記憶装置に記憶された制御プログラムとデータとを実行することができる中央処理装置を有する、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、パーソナル・コンピュータ等を含み得るコントローラ18で制御することが好ましい。たとえば、本発明の空気制御戦略は、参照によって本明細書に全体が組み込まれ且つ本願の譲受人に譲渡された米国特許第6376111号に教示されるように、高周波抵抗の監視制御と組み合わせることができる。コントローラ18は、(たとえば、空気流量制御のための)構成部品のどれかに特有の専用コントローラでもよく、あるいは、制御モジュール(たとえば、主車両電子制御モジュール)に格納されたソフトウェアで実現されてもよい。さらに、ソフトウェアに基づく制御プログラムは、本明細書で説明したように様々な動作モードにおいてシステム構成部品を制御するのに使用できるが、この制御を専用電子回路によって部分的にまたは全体的に実施することもできることを理解すべきである。

10

【0049】

本明細書で説明した例および実施の形態は例示的なものであって、本発明の範囲を限定するものではない。本発明の特許請求の範囲にしたがって、特定の実施の形態の均等な変更、修正および変形が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】本発明の原理に係る乾燥カソード供給による燃料電池システムの概略図である。

【図2】本発明の原理に係る燃料電池組み立て体の膜電極組み立て体の概略断面図である。

20

【図3】本発明に係る種々の化学量論的空気流量に対する電流密度と電池電位のグラフである。

【図4】本発明に係る種々の空気化学量論的空気流量に対する電流密度と高周波抵抗のグラフである。

【図5】化学量論が一定の場合の電流密度に対する反応物化学量論および反応物平均モル分率のグラフである。

【図6】化学量論が変化する場合の電流密度に対する反応物化学量論および反応物平均モル分率のグラフである。

30

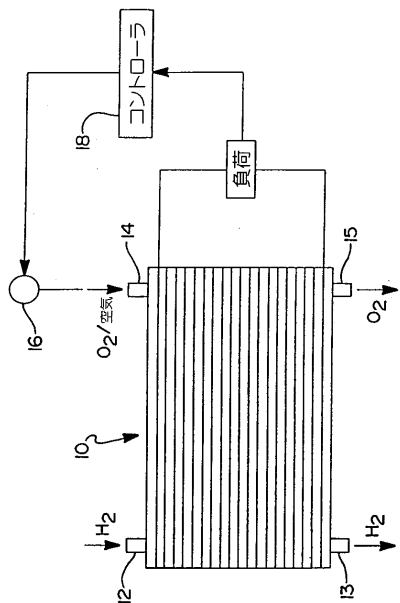
【符号の説明】

【0051】

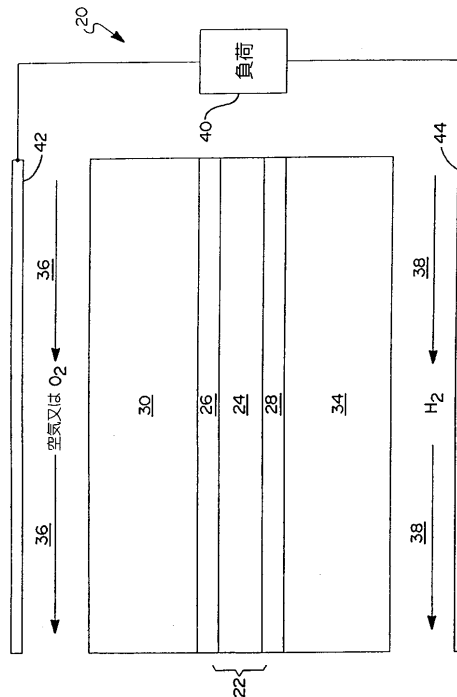
- 10 燃料電池スタック
- 13、15 排気ポート
- 16 可変範囲コンプレッサ
- 18 コントローラ
- 20 燃料電池組み立て体
- 22 膜電極組み立て体(MEA)
- 24 膜
- 26 カソード
- 28 アノード
- 30 カソード拡散媒体
- 34 アノード拡散媒体
- 36 カソード流チャンネル
- 38 アノード流チャンネル

40

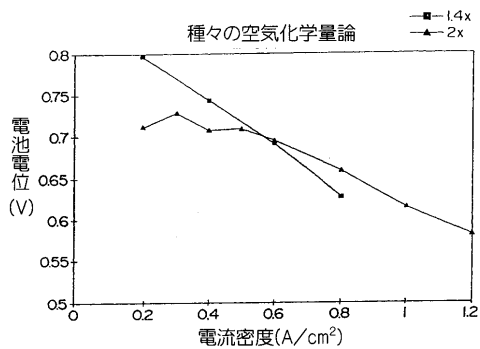
【 図 1 】



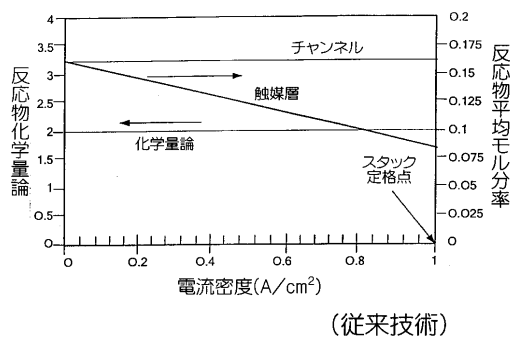
【 図 2 】



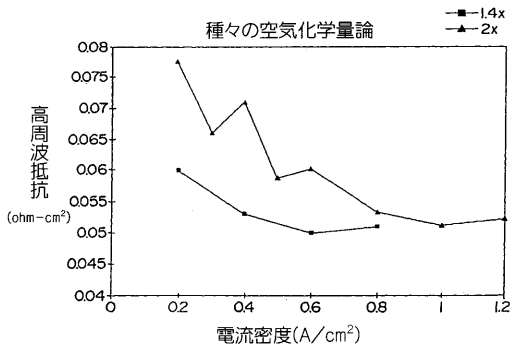
【 図 3 】



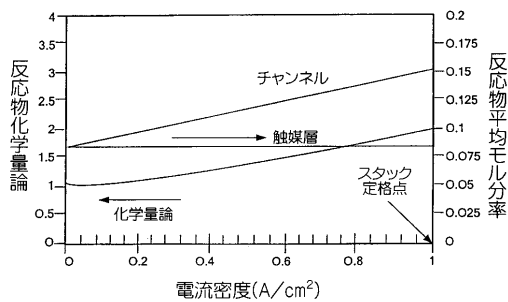
【 図 5 】



【 図 4 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(74)代理人 100080137

弁理士 千葉 昭男

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100091063

弁理士 田中 英夫

(72)発明者 ロバート・エム・ダーリン

アメリカ合衆国ニューヨーク州 1 4 4 5 0 , フェアポート , サンバースト・サークル 3 4

(72)発明者 マーク・エフ・マティアス

アメリカ合衆国ニューヨーク州 1 4 5 3 4 , ピッツフォード , ライダー・カップ・サークル 1 2

Fターム(参考) 5H026 AA06 CX05

5H027 AA06 KK52 KK56 MM03