

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4222019号
(P4222019)

(45) 発行日 平成21年2月12日(2009.2.12)

(24) 登録日 平成20年11月28日(2008.11.28)

(51) Int. Cl. F 1
 HO 1 M 8/04 (2006.01) HO 1 M 8/04 Z
 HO 1 M 8/10 (2006.01) HO 1 M 8/10

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2002-364694 (P2002-364694)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成14年12月17日(2002.12.17)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2004-199918 (P2004-199918A)	(74) 代理人	100083091 弁理士 田淵 経雄
(43) 公開日	平成16年7月15日(2004.7.15)	(72) 発明者	濱田 成孝 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
審査請求日	平成17年3月16日(2005.3.16)	(72) 発明者	近藤 政彰 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		審査官	井上 雅博

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池の診断方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料電池のアノードに水素または水素含有ガスを導入するとともに、カソードに不活性ガスを導入するかまたは真空引きし、冷却温度を変えて、各セル電圧を測定することでクロスリーク量を判定する燃料電池の診断方法。

【請求項2】

水素濃淡電池の原理に基づいて生じるセルの電圧から該セルの水素クロスリーク量を求める請求項1記載の燃料電池の診断方法。

【請求項3】

燃料電池のスタック状態で各セル電圧の測定を行う請求項1記載の燃料電池の診断方法

10

【請求項4】

ガス供給圧を変えて各セル電圧を測定する請求項1記載の燃料電池の診断方法。

【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（たとえば、固体高分子電解質型燃料電池などの低温型燃料電池）の診断方法に関し、とくに電解質膜のクロスリークに係る燃料電池の診断方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

20

固体高分子電解質型燃料電池は、膜 - 電極アッセンブリ (M E A : Membrane-Electrode Assembly) とセパレータとの積層体からなる。膜 - 電極アッセンブリは、イオン交換膜からなる電解質膜とこの電解質膜の一面に配置された触媒層からなる電極 (アノード、燃料極) および電解質膜の他面に配置された触媒層からなる電極 (カソード、空気極) とからなる。膜 - 電極アッセンブリとセパレータとの間には、アノード側、カソード側にそれぞれ拡散層が設けられる。セパレータには、アノードに燃料ガス (水素) を供給するための燃料ガス流路が形成され、カソードに酸化ガス (酸素、通常は空気) を供給するための酸化ガス流路が形成されている。また、セパレータには冷媒 (通常、冷却水) を流すための冷媒流路も形成されている。膜 - 電極アッセンブリとセパレータを重ねてセルを構成し、少なくとも1つのセルからモジュールを構成し、モジュールを積層してセル積層体とし、セル積層体のセル積層方向両端に、ターミナル、インシュレータ、エンドプレートを配置し、セル積層体をセル積層方向に締め付け、セル積層体の外側でセル積層方向に延びる締結部材 (たえば、テンションプレート)、ボルト・ナットにて固定して、スタックを構成する。

10

各セルの、アノード側では、水素を水素イオン (プロトン) と電子にする反応が行われ、水素イオンは電解質膜中をカソード側に移動し、カソード側では酸素と水素イオンおよび電子 (隣の M E A のアノードで生成した電子がセパレータを通してくる、またはセル積層方向一端のセルのアノードで生成した電子が外部回路を通して他端のセルのカソードにくる) から水を生成するつぎの反応が行われる。

アノード側 : $H_2 \rightarrow 2 H^+ + 2 e^-$

カソード側 : $2 H^+ + 2 e^- + (1 / 2) O_2 \rightarrow H_2 O$

20

【 0 0 0 3 】

電解質膜はプロトンのみを膜中を膜厚方向に移動させるべきものであるが、極微量の水素がアノード側からカソード側に、または極微量のエアがカソード側からアノード側に、膜中を膜厚方向に移動し (これをクロスリークという)、膜を通過した所で水素が酸素と反応し熱を生じて膜を劣化させ、燃料電池の耐久性、寿命を低下させる。

クロスリークの有無、進行の診断方法は、従来、つぎの2つの方法の何れかで行われている。

(i) アノード側に燃料ガスを流すとともに、カソードに酸化ガスを流した時の、セル電圧の変化からクロスリーク量を判定する方法で、特開平 9 - 2 7 3 3 6 号公報に開示されている。

30

(ii) 両極に窒素などの不活性ガスを満たして差圧をつけ、単位時間当たりの圧力変化量をクロスリーク量として測定する。

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】

特開平 9 - 2 7 3 3 6 号公報

【 0 0 0 5 】

【 発明が解決しようとする課題 】

しかし、上記 (i) の方法には、定量性に欠けるという問題があり、上記 (ii) の方法には、積層状態での各セルのクロスリーク量が測定できず、測定しようとする、分解して1セルずつ測定しなければならないという問題がある。

40

本発明の目的は、クロスリーク量を定量的に測定でき、かつスタック状態で各セルのクロスリーク量を測定できる、燃料電池の診断方法を提供することにある。

【 0 0 0 6 】

【 課題を解決するための手段 】

上記目的を達成する本発明はつぎの通りである。

(1) 燃料電池のアノードに水素または水素含有ガスを導入するとともに、カソードに不活性ガスを導入するかまたは真空引きし、冷却温度を変えて、各セル電圧を測定することでクロスリーク量を判定する燃料電池の診断方法。

(2) 水素濃淡電池の原理に基づいて生じるセルの電圧から該セルの水素クロスリーク

50

量を求める(1)記載の燃料電池の診断方法。

(3) 燃料電池のスタック状態で各セル電圧の測定を行う(1)記載の燃料電池の診断方法。

(4) ガス供給圧を変えて各セル電圧を測定する(1)記載の燃料電池の診断方法。

【0007】

上記(1)、(2)、(3)の燃料電池の診断方法では、アノードに水素、カソードに不活性ガス(たとえば、窒素)を導入すると、セルにはアノード側の水素と電解質膜を通過したカソード側の水素の濃淡差(分圧差)に依存した起電力が発生し、その時の各セル電圧をモニタリングすることにより、各セルのクロスリーク量を定量的に求めることができる。それを総和すればスタックのクロスリーク量が求まる。このクロスリーク量の測定は、セルを積層したスタック状態で行うことができる。

10

また、冷却温度を変えて各セル電圧を測定するので、燃料電池運転の各状態でのクロスリーク量を測定でき、予測することができ、かつ、クロスリーク量の温度依存性を測定することができる。

上記(4)の燃料電池の診断方法では、ガス供給圧を変えて各セル電圧を測定するので、燃料電池運転の各状態でのクロスリーク量を測定でき、予測することができる。

【0008】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の燃料電池を図1～図6を参照して説明する。

本発明で対象となる燃料電池は低温型燃料電池であり、たとえば固体高分子電解質型燃料電池10である。該燃料電池10は、たとえば燃料電池自動車に搭載される。ただし、自動車以外に用いられてもよい。

20

【0009】

固体高分子電解質型燃料電池10は、図4、図5に示すように、膜-電極アッセンブリ(MEA: Membrane-Electrode Assembly)とセパレータ18との積層体からなる。膜-電極アッセンブリは、イオン交換膜からなる電解質膜11と、この電解質膜11の一面に配置された触媒層12からなる電極(アノード、燃料極)14および電解質膜11の他面に配置された触媒層15からなる電極(カソード、空気極)17とからなる。膜-電極アッセンブリとセパレータ18の間には、アノード側、カソード側にそれぞれ拡散層13、16が設けられる。

30

膜-電極アッセンブリとセパレータ18を重ねてセル19を構成し、少なくとも1つのセルからモジュールを構成し、モジュールを積層してセル積層体とし、セル積層体のセル積層方向両端に、ターミナル20、インシュレータ21、エンドプレート22を配置し、セル積層体をセル積層方向に締め付け、セル積層体の外側でセル積層方向に延びる締結部材(たとえば、テンションプレート24)、ボルト・ナット25にて固定して、スタック23を構成する。

【0010】

セパレータ18は、カーボン、またはメタル、またはメタルと樹脂フレーム、または導電性樹脂、の何れか、またはその組み合わせからなる。図示例はカーボンセパレータの場合を示している。ただし、セパレータ18は、カーボン製に限るものではない。

40

セパレータ18には、アノード14に燃料ガス(水素)を供給するための燃料ガス流路27が形成され、カソード17に酸化ガス(酸素、通常は空気)を供給するための酸化ガス流路28が形成されている。燃料ガスも酸化ガスも反応ガスである。また、セパレータには冷媒(通常、冷却水)を流すための冷媒流路26も形成されている。冷媒流路26はセル毎に、または1以上のセル毎に(たとえば、モジュール毎に)設けられている。

【0011】

図6に示すように、セパレータ18には、セル積層方向に貫通する、冷媒マニホール29、燃料ガスマニホール30、酸化ガスマニホール31が設けられる。

冷媒マニホール29は入側29aと出側29bを有し、冷媒は入側29aからセル内の冷媒流路26を通過して出側29bへ流れる。

50

燃料ガスマニホールド 30 は入側 30 a と出側 30 b を有し、燃料ガスは入側 30 a からセル内の燃料ガス流路 27 を通って出側 30 b へ流れる。

酸化ガスマニホールド 31 は入側 31 a と出側 31 b を有し、酸化ガスは入側 31 a からセル内の酸化ガス流路 28 を通って出側 31 b へ流れる。

【 0 0 1 2 】

図 1 に示すように、冷媒マニホールド 29 には冷媒（冷却水）配管 32 が接続されている。

燃料ガスマニホールド 30 には燃料ガス配管 33 が接続されている。

酸化ガスマニホールド 31 には酸化ガス配管 34 が接続されている。

【 0 0 1 3 】

図 1 に示すように、セル 19 には、セル電圧モニター 40 が取付けられている。セル電圧モニター 40 は、スタック 23 に積層された各セル 19 毎に、または複数のセル 19 毎に、セル 19 に取付けられ、セル電圧モニター 32 が取付けられたセル 19 の電位を検出する。セル電圧モニター 32 は、セル 19 のセパレータ 18 に取り付けられる。

セル 19 を積層したスタック 23、冷媒配管 32、燃料ガス配管 33、酸化ガス配管 34、セル電圧モニター 40 は、燃料電池運転時に必要なものであるが、そのまま、クロスリークテスト時にも使用される。

【 0 0 1 4 】

クロスリークテストのために、つぎの測定装置、コンピュータ（データロガー）が設けられる。

冷媒配管 34 には、冷却水温度測定用の温度検出器、たとえば熱電対 35 が設けられる。燃料ガス配管 33 には、燃料ガス配管 33 中のガス圧力（クロスリークテスト時の水素圧力）を測定する圧力計 36 が設けられる。

酸化ガス配管 34 には、酸素ガス配管 34 中のガス圧力（クロスリークテスト時の窒素圧力）を測定する圧力計 37 が設けられるとともに、マスフローコントローラ（ N_2 用）が設けられる。

熱電対 35 の測定値、圧力計 36 の測定値、圧力計 37 の測定値、セル電圧モニター 40 の検出値は、コンピュータ（データロガー）39 に送信され、入力される。

【 0 0 1 5 】

データロガー 33 に入力された各セル 19 の電位の差から、各セル 19 の起電力 E が算出される。

たとえば、図 1 において、スタックの一端のセル 19 のセパレータ 18 の、セル電圧モニター 32 によって検出された電位が、たとえば $0.07V$ とし、つぎのセル 19 のセパレータ 18 の検出電位が $0.14V$ とし、さらにつぎのセル 19 のセパレータ 18 の検出電位が $0.21V$ とすると、スタック一端のセル 19 の膜 11 の両側のセパレータ 18 の電位差、すなわちスタック一端のセル 19 の起電力 E は、 $0.07V$ であり、つぎのセル 19 の起電力は $0.14V - 0.07V = 0.07V$ であり、さらにつぎのセル 19 の起電力は $0.21V - 0.14V = 0.07V$ であるといった具合である。

【 0 0 1 6 】

上記の装置において実行される本発明の燃料電池の診断方法は、燃料電池 10 のアノード 14 に水素または水素含有ガスを導入するとともに、カソード 17 に不活性ガス（たとえば、窒素）を導入するかまたは真空引きし、各セル電圧を測定することでクロスリーク量を判定する燃料電池の診断方法からなる。

クロスリーク量の測定、判定は、セル 19 を積層してスタック 23 とした状態で行なわれる。

【 0 0 1 7 】

アノード 14 側に水素または水素含有ガスを流し、カソード 17 側に不活性ガス（たとえば、窒素）を流すかまたは真空引きすると、セル 19 には、アノード 14 側の水素と電解質膜 11 を通過したカソード 17 側の水素の濃淡差（分圧差）に依存した起電力 E が発生する。

10

20

30

40

50

その起電力 E は、つぎのネルンストの式 (1) に従う。

$$E = 2.3026 \times \{ (R T) / (2 F) \} \times \log_{10} \{ P_{H_2} (a) / P_{H_2} (c) \} \dots \dots (1)$$

ここで、

E : セルの起電力 (セル電圧モニター 3 2 により検出された電位の差)

R : 気体定数 $8.31 (J / m o l \cdot K)$

F : ファラデー定数

T : 温度 (° K) (熱電対 3 5 で計測)

$P_{H_2} (a)$: アノード側の水素圧力 (K P a abs) (圧力計 3 6 で計測)

圧力計 3 6、熱電対 3 5、セル電圧モニター 3 2 で計測した値を (1) 式に代入することにより、カソード側の水素分圧 $P_{H_2} (c)$ を求めることができる。

10

【 0 0 1 8 】

一方、カソード側の水素分圧 $P_{H_2} (c)$ と、そのセルの膜のクロスリーク量との間には、つぎの (2) 式の関係が成立する。

$$P_{H_2} (c) = \{ (\text{クロスリーク量}) / (\text{カソード側ガス量}) \} \times P_{全} (c) \dots \dots (2)$$

ここで、

$P_{全} (c)$: カソード側の不活性ガスの全圧 (K P a abs) (圧力計 3 7 で計測)

(2) 式で、

(カソード側ガス量) = (窒素流量) + (クロスリーク量) (窒素流量)

と近似して、(カソード側ガス量) をマスフローコントローラ 3 8 により計測する。

【 0 0 1 9 】

20

(2) 式において、 $P_{H_2} (c)$ には (1) 式で演算された値を用い、 $P_{全} (c)$ には圧力計 3 7 で計測された値を用い、カソード側ガス量にはマスフローコントローラ 3 8 により計測された値を用いることにより、各セルのクロスリーク量を演算し求めることができる。各セルのクロスリーク量を総和するとスタック 2 3 のセル全体のクロスリーク量が求まる。

これによって、従来測定ではできなかったセル積層状態での各セルのクロスリーク量を定量的に求めることができる。

【 0 0 2 0 】

図 2 はセル電圧モニター 4 0 で測定されたセル電位の差として求めた各セル 1 9 の、セル電圧 (各セル起電力) E / 時間のグラフである。図 2 において、セル電圧 (各セル起電力) E が山状となっているのは、燃料電池の通常運転で燃料電池のカソード側にあったエアが残っているのでその影響が出ているためであるが、すぐにエアが窒素で置換されてセル電圧 (各セル起電力) E は時間に対してほぼ一定値に収斂する。この一定値に収斂したセル電圧 (各セル起電力) E は、通常、各セルで異なっている。

30

【 0 0 2 1 】

図 3 は、図 1 の E を用いて式 (1) から $P_{H_2} (c)$ を演算し、その $P_{H_2} (c)$ を用いて式 (2) から演算して求めた各セルのクロスリーク量を示している。図 2 において、セル No は、スタック一端から他端に向かって順に付したセル番号である。

図 3 に示すように、各セル 1 9 でクロスリーク量が定量的に求められる。このクロスリーク量はセルを積層したスタック状態で求められたものである。

40

【 0 0 2 2 】

上記ではカソード側に導入される不活性ガスを窒素の場合を例にとったが、不活性ガスは窒素に限るものではなく、ヘリウムやアルゴンに変えてもよいし、あるいは真空引きしてもよい。

また、圧力計 3 6、3 7 の数を増やして、ガス入口と出口にそれぞれつけるようにすれば、セル面内のリーク位置を、ガス入口に近い所かガス出口に近い所かまで特定できるようになる。

【 0 0 2 3 】

また、アノード 1 4 とカソード 1 7 の圧力を変化させることで、たとえば差圧をつけて測定することで、膜 1 1 の劣化度 (孔あき具合) を把握することが可能である。たとえば

50

、差圧をかえて測定した場合に、一部のセルのクロスリーク量が大きく変わるようであれば、そのセルの膜の孔あきが予想される。

また、冷媒（冷却水）温度を変化させることで、クロスリーク量の温度依存性を測定することができる。

また、圧力と温度の何れか少なくとも一方を変えて測定し、それを燃料電池の通常運転領域の圧力、温度範囲で変化させることにより、通常運転領域でのクロスリーク量と膜劣化を予想でき、膜 1 1、燃料電池 1 0 の耐久信頼性を把握できる。

【 0 0 2 4 】

【発明の効果】

請求項 1、2、3 の燃料電池の診断方法によれば、アノードに水素、カソードに不活性ガス（たとえば、窒素）を導入し、その時の各セル電圧をモニタリングするので、各セルのクロスリーク量を定量的に求めることができる。それを総和すればスタックのクロスリーク量が求まる。このクロスリーク量の測定は、セルを積層したスタック状態で行うことができる。

また、冷却温度を変えて各セル電圧を測定するので、燃料電池運転の各状態でのクロスリーク量を予測することができ、かつ、クロスリーク量の温度依存性を測定することができる。

請求項 4 の燃料電池の診断方法によれば、ガス供給圧を変えて各セル電圧を測定するので、燃料電池運転の各状態でのクロスリーク量を予測することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の燃料電池の診断方法を実行する装置の系統図である。

【図 2】 本発明の燃料電池の診断方法におけるセル電圧（各セル起電力）/時間のグラフである。

【図 3】 本発明の燃料電池の診断方法におけるクロスリーク量/セル No の棒グラフである。

【図 4】 本発明の燃料電池を含む燃料電池スタックの側面図である。

【図 5】 図 4 の燃料電池スタックの一部の拡大断面図である。

【図 6】 図 4 のうちセルの正面図である。

【符号の説明】

1 0 （固体高分子電解質型）燃料電池

1 1 電解質膜

1 2、1 5 触媒層

1 3、1 6 拡散層

1 4 電極（アノード、燃料極）

1 7 電極（カソード、空気極）

1 8 セパレータ

1 9 セル

2 0 ターミナル

2 1 インシュレータ

2 2 エンドプレート

2 3 スタック

2 4 締結部材（テンションプレート）

2 5 ボルト

2 6 冷媒流路（冷却水流路）

2 7 燃料ガス流路

2 8 酸化ガス流路

2 9 冷媒マニホールド

2 9 a 入側

2 9 b 出側

3 0 燃料ガスマニホールド

10

20

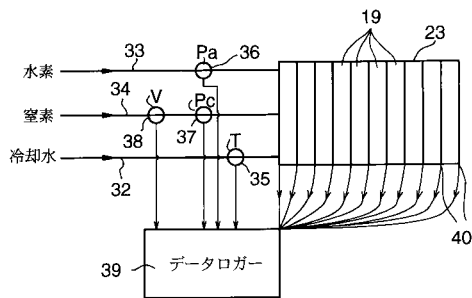
30

40

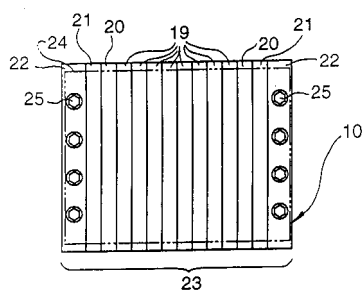
50

- 30 a 入側
- 30 b 出側
- 31 酸化ガスマニホールド
- 31 a 入側
- 31 b 出側
- 32 冷媒配管
- 33 燃料ガス配管
- 34 酸化ガス配管
- 35 熱電対
- 36 圧力計（水素または水素含有ガス測定用）
- 37 圧力計（不活性ガス測定用）
- 38 マスフローコントローラ（不活性ガス用）
- 39 データロガー
- 40 セル電圧モニター

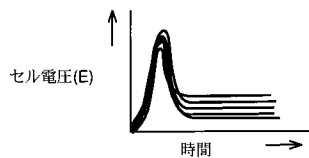
【図1】



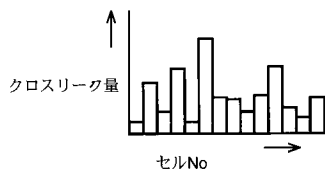
【図4】



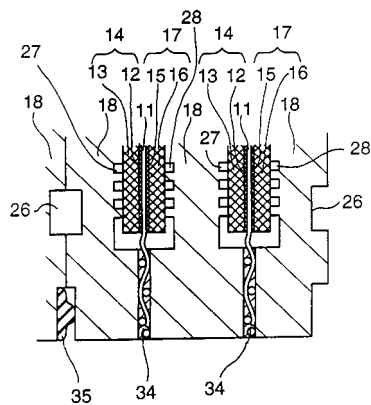
【図2】



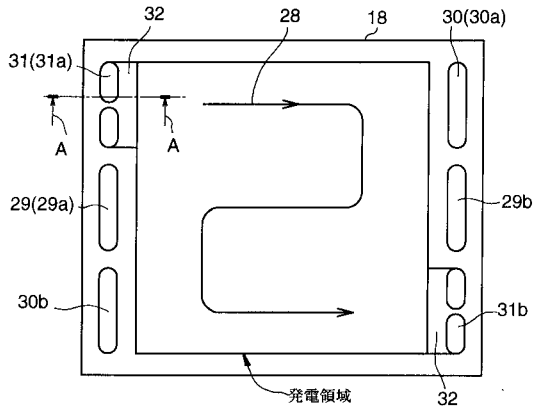
【図3】



【図5】



【 図 6 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平09-027336(JP,A)
特開平11-067255(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01M 8/04- 8/06