

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4635462号
(P4635462)

(45) 発行日 平成23年2月23日(2011.2.23)

(24) 登録日 平成22年12月3日(2010.12.3)

(51) Int.Cl.

F 1

HO 1 M	8/02	(2006.01)	HO 1 M	8/02	R
HO 1 M	4/86	(2006.01)	HO 1 M	8/02	B
HO 1 M	8/10	(2006.01)	HO 1 M	8/02	E
			HO 1 M	4/86	M
			HO 1 M	8/10	

請求項の数 12 (全 19 頁)

(21) 出願番号

特願2004-91168 (P2004-91168)

(22) 出願日

平成16年3月26日 (2004.3.26)

(65) 公開番号

特開2005-276731 (P2005-276731A)

(43) 公開日

平成17年10月6日 (2005.10.6)

審査請求日

平成18年6月7日 (2006.6.7)

(73) 特許権者 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(74) 代理人 110000028

特許業務法人明成国際特許事務所

(72) 発明者 後藤 莊吾

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 佐野 誠治

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 小林 宣之

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】多孔質のセパレータを備える燃料電池

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料電池であって、

電解質層と、

前記電解質層の一方の側に設けられた第1の電極層と、

前記電解質層の前記一方の側に設けられた第1のガス拡散層であって、前記第1のガス拡散層と前記電解質層との間には、前記第1の電極層が設けられている、前記第1のガス拡散層と、

前記電解質層の前記一方の側に設けられた第1のセパレータであって、前記第1のセパレータと前記第1の電極層との間には、前記第1のガス拡散層が設けられており、前記第1のセパレータの第1の側には、前記第1のガス拡散層を介して前記第1の電極層に反応ガスを供給するための反応ガス通路が形成されている、前記第1のセパレータと、
を備え、

前記第1のセパレータは、

前記第1の側に、前記第1のガス拡散層に接触する接触面と、前記第1のガス拡散層に接觸せずに前記反応ガス通路を形成する通路形成面と、を有する多孔質部と、

前記通路形成面に形成され、前記多孔質部よりも小さな気孔率を有する表層と、
を備え、

前記燃料電池は、さらに、前記第1のガス拡散層上の前記通路形成面に対応する第1の部分領域であって、前記第1のガス拡散層と前記第1のセパレータとの間の前記第1の部

分領域に設けられた第1の撥水層を備えることを特徴とする燃料電池。

【請求項2】

請求項1記載の燃料電池であって、
前記表層は、緻密質層である、燃料電池。

【請求項3】

請求項1または2記載の燃料電池であって、
前記表層が形成される前記通路形成面上の領域は、前記第1のガス拡散層から離れた領域である、燃料電池。

【請求項4】

請求項1ないし3のいずれかに記載の燃料電池であって、さらに、
前記第1の電極層と前記第1のガス拡散層との間の前記通路形成面に対応する第2の部分領域に設けられた第2の撥水層を備える、燃料電池。

【請求項5】

請求項1ないし4のいずれかに記載の燃料電池であって、
前記接触面には、親水処理が施されている、燃料電池。

【請求項6】

請求項1ないし5のいずれかに記載の燃料電池であって、
前記多孔質部の内部には、撥水処理が施されている、燃料電池。

【請求項7】

請求項1ないし6のいずれかに記載の燃料電池であって、
前記多孔質部の第2の側の表面には、親水処理が施されている、燃料電池。

【請求項8】

請求項1ないし7のいずれかに記載の燃料電池であって、さらに、
前記電解質層の他方の側に設けられた第2の電極層と、
前記電解質層の前記他方の側に設けられた第2のガス拡散層であって、前記第2のガス拡散層と前記電解質層との間には、前記第2の電極層が設けられている、前記第2のガス拡散層と、
前記第2の電極層と前記第2のガス拡散層との間に設けられた第3の撥水層と、
を備える、燃料電池。

【請求項9】

請求項1ないし7のいずれかに記載の燃料電池であって、さらに、
前記電解質層の他方の側に設けられた第2の電極層と、
前記電解質層の前記他方の側に設けられた第2のガス拡散層であって、前記第2のガス拡散層と前記電解質層との間には、前記第2の電極層が設けられている、前記第2のガス拡散層と、
前記電解質層の前記他方の側に設けられた第2のセパレータであって、前記第2のセパレータと前記第2の電極層との間には、前記第2のガス拡散層が設けられている、前記第2のセパレータと、

前記第2のガス拡散層と前記第2のセパレータとの間に設けられた第4の撥水層と、
を備える、燃料電池。

【請求項10】

請求項1ないし9のいずれかに記載の燃料電池であって、
前記多孔質部は、前記反応ガス通路の下流側の部位に配置されている、燃料電池。

【請求項11】

請求項1ないし10のいずれかに記載の燃料電池であって、
前記反応ガスは、空気である、燃料電池。

【請求項12】

請求項1ないし11のいずれかに記載の燃料電池であって、
前記多孔質部の第2の側には、冷却ガスが通る冷却ガス通路が形成されており、
前記冷却ガス通路内には、空気が供給され、

10

20

30

40

50

前記燃料電池は、さらに、
前記冷却ガス通路を経由した空気を、前記反応ガス通路に供給するための供給通路を備える、燃料電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池に関し、特に、隣接する2つのセルの間に設けられるセパレータの技術に関する。

【背景技術】

【0002】

燃料電池は、複数のセルを含んでおり、隣接する2つのセルの間には、セパレータが設けられている。

【0003】

特許文献1では、隣接する2つのセルの間には、2つのセパレータが設けられている。各セパレータは、双方の面に複数の凸部を有しており、凹部によって流路が形成されている。第1のセパレータは、第1の面側に形成された複数の凸部において第1のMEA(イオン交換膜電解質/電極組立体)と接触しており、第1のセパレータと第1のMEAとの間には、凹部によって水素ガスが通る水素ガス流路が形成されている。同様に、第2のセパレータは、第1の面側に形成された複数の凸部において第2のMEAと接触しており、第2のセパレータと第2のMEAとの間には、凹部によって空気(酸素ガス)が通る酸素ガス流路が形成されている。また、第1のセパレータの第2の面側に形成された複数の凸部は、第2のセパレータの第2の面側に形成された複数の凸部と接触しており、2つのセパレータの間には、対向する凹部によって冷却水が通る冷却水流路が形成される。

【0004】

カソードで生成された水(生成水)は、多孔質の第2のセパレータを透過して、冷却水流路へ移動する。これにより、酸素ガス流路内におけるフラッディング状態の発生を抑制することができる。なお、生成水の移動は、酸素ガスの圧力と冷却水の圧力との間に、所定の圧力差を発生させることによって、実現されている。

【0005】

【特許文献1】特表平11-508726号公報

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、従来の技術では、カソードで生成された水を多孔質のセパレータを介して効率よく除去することが困難であるという問題があった。これは、多孔質のセパレータの凸部の頂面から吸収された水分の一部が、該凸部の側面や該凸部の周囲の底面を介して、酸素ガス流路内へ流出してしまうためである。

【0007】

この発明は、従来技術における上述の課題を解決するためになされたものであり、電極で生成された水分をセパレータを介して効率よく除去することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

上述の課題の少なくとも一部を解決するため、本発明の装置は、燃料電池であって、電解質層と、

前記電解質層の一方の側に設けられた第1の電極層と、

前記電解質層の前記一方の側に設けられた第1のガス拡散層であって、前記第1のガス拡散層と前記電解質層との間には、前記第1の電極層が設けられている、前記第1のガス拡散層と、

前記電解質層の前記一方の側に設けられた第1のセパレータであって、前記第1のセパレータと前記第1の電極層との間には、前記第1のガス拡散層が設けられており、前記第

50

1のセパレータの第1の側には、前記第1のガス拡散層を介して前記第1の電極層に反応ガスを供給するための反応ガス通路が形成されている、前記第1のセパレータと、を備え、

前記第1のセパレータは、

前記第1の側に、前記第1のガス拡散層に接触する接触面と、前記第1のガス拡散層に接触せずに前記反応ガス通路を形成する通路形成面と、を有する多孔質部と、

前記通路形成面に形成され、前記多孔質部よりも小さな気孔率を有する表層と、を備え、

前記燃料電池は、さらに、前記第1のガス拡散層上の前記通路形成面に対応する第1の部分領域であって、前記第1のガス拡散層と前記第1のセパレータとの間の前記第1の部分領域に設けられた第1の撥水層を備えることを特徴とする。

【0009】

この装置では、多孔質部の通路形成面には、多孔質部よりも小さな気孔率を有する表層が形成されている。このため、電極（第1の電極層または他の電極層）で生成されて第1のガス拡散層内に存在する水分が、多孔質部の接触面を介して多孔質部に吸収された後に、通路形成面を介して反応ガス通路内へ流出するのを抑制することができる。この結果、電極で生成された水分を第1のセパレータを介して効率よく除去することができる。また、この装置では、水分が第1のガス拡散層を介して反応ガス通路内へ移動するのを抑制することができ、この結果、多孔質部は、接触面を介して水分を効率よく吸収することができる。

【0010】

上記の装置において、

前記表層は、緻密質層であることが好ましい。

【0011】

こうすれば、多孔質部に吸収された水分が通路形成面から流出するのを確実に抑制することができる。

【0012】

上記の装置において、

前記表層が形成される前記通路形成面上の領域は、前記第1のガス拡散層から離れた領域であることが好ましい。

【0013】

この場合には、表層が接触面の近傍領域に形成されていないため、接触面の近傍領域を介して第1の電極層に反応ガスが与えられる。このため、表層が該近傍領域に形成される場合と比較して、前記第1の電極層により多くの反応ガスを供給することができ、この結果、燃料電池の出力電圧の低下を抑制することができる。

【0016】

また、上記の装置において、さらに、

前記第1の電極層と前記第1のガス拡散層との間の前記通路形成面に対応する第2の部分領域に設けられた第2の撥水層を備えるようにしてもよい。

【0017】

上記の装置において、

前記接触面には、親水処理が施されていることが好ましい。

【0018】

こうすれば、多孔質部は、接触面を介して水分を効率よく吸収することができる。

【0019】

上記の装置において、

前記多孔質部の内部には、撥水処理が施されていることが好ましい。

【0020】

こうすれば、多孔質部は、吸収した水分を速やかに移動させることができる。

【0021】

10

20

30

40

50

上記の装置において、

前記多孔質部の第2の側の表面には、親水処理が施されていることが好ましい。

【0022】

こうすれば、多孔質部は、吸収した水分を第2の側から効率よく放出することができる。

【0023】

上記の装置において、さらに、

前記電解質層の他方の側に設けられた第2の電極層と、

前記電解質層の前記他方の側に設けられた第2のガス拡散層であって、前記第2のガス拡散層と前記電解質層との間には、前記第2の電極層が設けられている、前記第2のガス拡散層と、10

前記第2の電極層と前記第2のガス拡散層との間に設けられた第3の撥水層と、
を備えることが好ましい。

【0024】

こうすれば、電解質層の他方の側への水分の移動を抑制することができるため、多孔質部は、接触面を介して水分を効率よく吸収することができる。

【0025】

あるいは、上記の装置において、さらに、

前記電解質層の他方の側に設けられた第2の電極層と、

前記電解質層の前記他方の側に設けられ第2のガス拡散層であって、前記第2のガス拡散層と前記電解質層との間には、前記第2の電極層が設けられている、前記第2のガス拡散層と、20

前記電解質層の前記他方の側に設けられた第2のセパレータであって、前記第2のセパレータと前記第2の電極層との間には、前記第2のガス拡散層が設けられている、前記第2のセパレータと、

前記第2のガス拡散層と前記第2のセパレータとの間に設けられた第4の撥水層と、
を備えるようにしてもよい。

【0026】

上記の装置において、

前記多孔質部は、前記反応ガス通路の下流側の部位に配置されているようにしてもよい。30

【0027】

こうすれば、第1のセパレータは、水分が比較的多い反応ガス通路の下流側の部位から水分を除去することができる。

【0028】

上記の装置において、

前記反応ガスは、空気であることが好ましい。

【0029】

上記の装置において、

前記多孔質部の第2の側には、冷却ガスが通る冷却ガス通路が形成されており、40

前記冷却ガス通路内には、空気が供給され、

前記燃料電池は、さらに、

前記冷却ガス通路を経由した空気を、前記反応ガス通路に供給するための供給通路を備えることが好ましい。

【0030】

こうすれば、冷却ガス通路内で加湿された空気を反応ガス通路に供給することができ、
水分が比較的少ない反応ガス通路の上流側の乾燥を抑制することができる。

【0031】

なお、この発明は、種々の形態で実現することが可能であり、例えば、燃料電池、該燃料電池を備える燃料電池システム、該燃料電池システムを搭載した移動体などの装置等の50

形態で実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0032】

次に、本発明の実施の形態を実施例に基づき以下の順序で説明する。

A . 第1参考例 :

A - 1 . 燃料電池システムの全体構成 :

A - 2 . セルの概略構成 :

A - 3 . セルの具体的な構成 :

B . 実施例 :

C . 第2参考例 :

10

D . 第3参考例 :

E . 第4参考例 :

F . 第5参考例 :

【0033】

A . 第1参考例 :

A - 1 . 燃料電池システムの全体構成 :

図1は、第1参考例における燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。なお、この燃料電池システムは、車両に搭載されている。

【0034】

燃料電池システムは、燃料電池スタック100と、燃料電池スタックに燃料ガス（水素ガス）を供給するための燃料ガス供給系と、燃料電池スタックに空気を供給するための空気供給系と、燃料電池スタックに冷却液を供給するための冷却液供給系と、を備えている。また、燃料電池システムは、システム全体の動作を制御するためのコントローラ600を備えている。

20

【0035】

燃料電池スタック（以下、単に「スタック」とも呼ぶ）100は、比較的小型で発電効率に優れる固体高分子型燃料電池である。スタック100は、積層された複数のセルを含んでいる。また、スタック100内部には、複数の内部通路が設けられている。具体的には、スタック内部には、燃料ガスが通る内部燃料ガス通路210と、酸化ガス（空気）が通る内部酸化ガス通路220と、冷却液が通る内部冷却液通路230と、冷却ガス（空気）が通る内部冷却ガス通路240と、が設けられている。

30

【0036】

燃料ガス供給系は、水素タンク302と、減圧弁304と、流量制御弁306と、を備えている。水素タンク302は、水素ガス（燃料ガス）を比較的高い圧力で貯蔵している。減圧弁304は、水素タンク302から供給された燃料ガスを所定の圧力に減圧する。流量制御弁306は、燃料ガスの流量を調整する。燃料ガスは、燃料ガス通路310を介してスタック100に供給される。燃料ガスは、内部燃料ガス通路210を通る際に、スタック内部での電気化学反応に利用される。内部燃料ガス通路210を通過した使用済みの燃料オフガスは、燃料オフガス通路390を介して外部に排出される。燃料オフガス通路390には、遮断弁392が設けられている。遮断弁392は、間欠的に開状態に設定され、これにより、燃料オフガスがスタック100から排出される。

40

【0037】

空気供給系は、空気プロワ402を備えている。空気は、空気通路を介してスタック100に供給される。ここで、空気通路は、スタック外部に設けられた第1および第2の外部空気通路410, 420と、内部冷却ガス通路240と、を含んでいる。空気は、内部冷却ガス通路240を通る際には、冷却ガスとして機能し、スタック100を冷却する。また、空気は、内部酸化ガス通路220を通る際には、酸化ガスとして機能し、スタック内部での電気化学反応に利用される。内部酸化ガス通路220を通過した使用済みの空気（酸化オフガス）は、酸化オフガス通路490を介して外部に排出される。

【0038】

50

冷却液供給系は、循環ポンプ 502 と、熱交換器 504 と、を備えている。循環ポンプ 502 は、スタック外部に設けられた循環通路 510 と、内部冷却液通路 230 と、の間で冷却液（例えば水）を循環させる。冷却液は、内部冷却液通路 230 を通る際に、スタック 100 を冷却する。熱交換器 504 は、スタック 100 から排出された比較的温度の高い冷却液を冷却する。

【0039】

なお、本実施例では、内部冷却ガス通路 240 を経由した空気が、内部酸化ガス通路 220 に供給されているが、これに代えて、内部酸化ガス通路 220 と内部冷却ガス通路 240 とには、独立して、空気が供給されるようにしてもよい。

【0040】

また、本実施例では、内部冷却ガス通路 240 を経由した空気は、第 2 の外部空気通路 420 を介して、内部酸化ガス通路 220 に供給されているが、第 2 の外部空気通路 420 に代えて、スタック内部に、内部冷却ガス通路 240 を経由した空気を内部酸化ガス通路 220 に供給するための空気通路を設けるようにしてもよい。この説明から分かるように、本実施例における第 2 の外部空気通路 420 が本発明における供給通路に相当する。

【0041】

A - 2 . セルの概略構成 :

図 2 は、燃料電池スタック 100 内部のセルの構成を模式的に示す説明図である。図示するように、セル 110 は、膜 - 電極アセンブリ（MEA : Membrane-Electrode Assembly）120 と、2つのガス拡散層 130, 140 と、2つのセパレータ 150, 160 と、を備えている。

【0042】

MEA 120 は、電解質膜 122 と、電解質膜の両側に形成された 2 つの電極層（触媒層）124, 126 と、を備えている。第 1 の電極層 124 は、アノード（水素極）であり、第 2 の電極層 126 は、カソード（酸素極）である。なお、電解質膜としては、フッ素系樹脂などの固体高分子材料で形成された膜を用いることができ、例えば、デュポン社製のナフィオン（Nafion）膜を用いることができる。また、電極層としては、カーボン粒子に白金などの触媒を担持させた触媒層を用いることができる。

【0043】

2 つのガス拡散層（以下、単に「拡散層」とも呼ぶ）130, 140 は、MEA 120 を挟む。アノード側拡散層 130 は、外部から供給された燃料ガスを拡散させてアノード 124 に供給する機能を有し、カソード側拡散層 140 は、外部から供給された空気（酸素ガス）を拡散させてカソード 126 に供給する機能を有する。なお、拡散層は、炭素繊維を織成したカーボンクロスや、カーボンペーパ、カーボンフェルトなどの充分なガス拡散性および導電性を有する材料で形成されている。

【0044】

2 つのセパレータ 150, 160 は、MEA 120 および 2 つの拡散層 130, 140 を挟む。アノード側セパレータ 150 とカソード側セパレータ 160 とには、複数の孔や凹部が形成されている。複数の孔や凹部は、内部通路 210, 220, 230, 240（図 1）を形成する。具体的には、各セパレータの一対の孔は、複数のセルを積層したときに、複数のセルを貫くように設けられている。すなわち、各セパレータの一対の孔は、上流側のセル間通路と下流側のセル間通路とを形成する。また、各セパレータの凹部は、一対の孔間を接続するように設けられている。すなわち、各セパレータの凹部は、上流側のセル間通路と下流側のセル間通路との間で流体を流通可能とするセル内通路を形成する。

【0045】

より具体的には、各セパレータ 150, 160 には、上流側および下流側のセル間燃料ガス通路 210a, 210c を構成する一対の孔と、上流側および下流側のセル間酸化ガス通路 220a, 220c を構成する一対の孔と、が形成されている。また、各セパレータ 150, 160 には、上流側および下流側のセル間冷却液通路 230a, 230c を構成する一対の孔と、上流側および下流側のセル間冷却ガス通路 240a, 240c を構成

する一対の孔と、が形成されている。

【0046】

図3は、カソード側セパレータ160を模式的に示す説明図である。図3(A),(B)は、それぞれ、図2に示すカソード側セパレータ160の第1の面Sc1と第2の面Sc2とを示している。図示するように、カソード側セパレータの第1の面Sc1には、セル内酸化ガス通路(カソード側通路)220bを構成する凹部が形成されている。また、第2の面Sc2には、セル内冷却液通路230bを構成する凹部と、セル内冷却ガス通路240bを構成する凹部と、が形成されている。なお、セル内冷却液通路230bを構成する凹部は、セル内酸化ガス通路220bを構成する凹部の上流側部分の背面に形成されており、セル内冷却ガス通路240bを構成する凹部は、セル内酸化ガス通路220bを構成する凹部の下流側部分の背面に形成されている。10

【0047】

アノード側セパレータ150は、カソード側セパレータ160と同様である。ただし、アノード側セパレータの第1の面Sa1には、セル内燃料ガス通路(アノード側通路)を構成する凹部が形成されている。また、第2の面Sa2には、セル内冷却液通路230bを構成する凹部と、セル内冷却ガス通路240bを構成する凹部と、が形成されている。

【0048】

なお、実際には、セル内ガス通路210b, 220b, 240bを構成する各凹部には、複数の凸部が設けられている。

【0049】

図4は、セル110の断面を模式的に示す説明図である。図示するように、セル内燃料ガス通路(アノード側通路)210bは、アノード側セパレータ150の第1の面Sa1に設けられた凹部とアノード側拡散層130との間に形成されており、セル内酸化ガス通路(カソード側通路)220bは、カソード側セパレータ160の第1の面Sc1に設けられた凹部とカソード側拡散層140との間に形成されている。また、セル内冷却液通路230bとセル内冷却ガス通路240bとは、2つのセパレータ150, 160の第2の面Sa2, Sc2に設けられた凹部が組み合わされて形成されている。なお、上流側および下流側のセル間酸化ガス通路220a, 220cは、各セパレータ150, 160に設けられた一対の孔によって形成されている。20

【0050】

ところで、アノード側セパレータ150は、緻密質領域のみを含む部材である。一方、カソード側セパレータ160は、緻密質領域161と多孔質領域162とを含む複合部材である。なお、緻密質領域161と多孔質領域162とは、それぞれ、カソード側セパレータ160の第1の面Sc1側から第2の面Sc2側まで連続する。このため、カソード側セパレータ160の表面には、緻密質領域161と多孔質領域162との双方が現れる。なお、多孔質領域162は、図2, 図3に示す領域Pに設けられている。30

【0051】

2つのセパレータ150, 160に含まれる緻密質領域は、比較的小さな気孔率を有しており、水およびガスを透過させない性質を有している。一方、カソード側セパレータ160に含まれる多孔質領域は、比較的大きな気孔率を有しており、水およびガスが透過可能な性質を有している。40

【0052】

なお、緻密質領域と多孔質領域とは、導電性材料を用いて形成される。具体的には、緻密質領域と多孔質領域とは、それぞれ、カーボン粉末とバインダとの混合物を圧縮成形して得られる緻密質部材と多孔質部材とを用いて形成される。なお、多孔質領域の気孔率は、カーボン粉末の形状やサイズ、カーボン粉末とバインダとの混合比率などを調整することによって変更可能である。カソード側セパレータ160は、例えば、個別に準備された緻密質部材と多孔質部材とを組み合わせ、バインダの溶融温度以上に加熱することによって、形成可能である。

【0053】

50

20

30

40

50

上記のようなセパレータ 150, 160 を用いれば、セル内冷却ガス通路 240b に冷却ガス（空気）を供給することによって、スタックを冷却することができる。また、セル内冷却ガス通路 240b に冷却ガス（空気）を供給することによって、カソード 126 で生成された水分を多孔質領域 162 を介して除去することができる。具体的には、カソード 126 で生成された水分は、カソード側拡散層 140 に蓄えられる。多孔質領域 162 は、毛管吸引力によって、カソード側拡散層 140 に蓄えられた水分を内部に取り込む。水分は、多孔質領域 162 内部を移動して、セル内冷却ガス通路 240b を流れる冷却ガス（空気）中に排出される。

【0054】

また、本実施例では、多孔質領域 162 は、セル内酸化ガス通路 220b の下流側部分と、セル内冷却ガス通路 240b と、の間に設けられているため、スタック内部で発生した水分を多孔質領域 162 を介して効率よく除去することができる。具体的には、スタック内部で発生した水分は、セル内酸化ガス通路 220b を通る酸化ガス中に気化して、該酸化ガスと共に下流に向かう。このため、セル内酸化ガス通路 220b では、上流側部分の水分量が比較的少なく、下流側部分の水分量が比較的多い。したがって、セル内酸化ガス通路 220b の下流側部分に多孔質領域 162 を設けることにより、スタック内部で発生した水分を多孔質領域 162 を介して効率よく除去することが可能となる。

【0055】

さらに、本実施例では、セル内冷却ガス通路 240b を経由して加湿された酸化ガスが、セル内酸化ガス通路 220b に供給されている。このため、加湿された酸化ガスは、水分量が比較的少ないセル内酸化ガス通路 220b の上流側部分に、水分を与えることができ、該上流側部分の乾燥を抑制することができる。

【0056】

A - 3 . セルの具体的な構成 :

図 5 は、第 1 参考例におけるセル 110 の具体的な構造を示す説明図である。図 5 では、図 4 に示すカソード側セパレータ 160 の多孔質領域（多孔質部）162 付近が拡大して描かれている。なお、燃料電池スタックでは、複数のセルは、その両端に設けられた図示しない締付部材によって、両側から加圧される。このため、図示するように、拡散層 130, 140 は、セパレータ 150, 160 の凸部によって押圧されて変形している。このように、セルの積層方向に圧力を加えることによって、アノード 124 とアノード側セパレータ 150 との間、および、カソード 126 とカソード側セパレータ 160 との間の導電性を高めることができる。

【0057】

図 4 で説明したように、カソード側セパレータ 160 は、緻密質部 161 と多孔質部 162 を含んでいる。また、図 5 に示すように、カソード側セパレータ 160 は、緻密質層 163 を含んでいる。緻密質層 163 は、多孔質部 162 の第 1 の面 Sc 1 側の凸部 162a の頂面の周辺領域、より具体的には、凸部 162a の側面と凸部 162a の周囲の底面（すなわち凹部の底面）とに形成されている。

【0058】

なお、凸部 162a の頂面は、カソード側拡散層 140 と接触する接触面であり、凸部 162a の側面と凸部 162a の周囲の底面とは、カソード側拡散層 140 と接触せずに、セル内酸化ガス通路 220b の壁面を構成する通路形成面である。

【0059】

このように、凸部 162a の頂面の周辺領域に緻密質層 163 を設ければ、緻密質層 163 が設けられない場合と比較して、カソード 126 で生成された水分をセル内冷却ガス通路 240b へ効率よく排出することができる。すなわち、前述のように、カソード 126 で生成された水分は、カソード側拡散層 140 内に蓄えられる。また、カソード側拡散層 140 は、セル内酸化ガス通路 220b 中に気化した水分を捕獲して蓄える。多孔質部 162 は、カソード側拡散層 140 と接触する凸部 162a の頂面を介して、カソード側拡散層内に蓄えられた水分を吸収する。そして、吸収された水分は、多孔質部 162 内部

10

20

30

40

50

を移動し、セル内冷却ガス通路 240 b 内に排出される。仮に、緻密質層 163 が設けられていない場合には、凸部 162 a の頂面を介して吸収された水分の一部は、凸部 162 a の頂面の周辺領域（凸部の側面および凸部の周囲の底面）を介して、セル内酸化ガス通路 220 b 内に排出されてしまう。しかしながら、本実施例では、緻密質層 163 が設けられているため、吸収された水分が、凸部 162 a の頂面の周辺領域を介して、セル内酸化ガス通路 220 b 内に排出されるのを抑制することができる。この結果、カソード 126 で生成された水分をセル内冷却ガス通路 240 b へ効率よく排出することができ、セル内酸化ガス通路 220 b におけるフラッディング状態の発生を抑制することができる。

【0060】

また、本実施例では、緻密質層 163 が設けられているため、セル内冷却ガス通路 240 b を通る冷却ガス（空気）が、多孔質部 162 を介して、セル内酸化ガス通路 220 b へ侵入するのを抑制することができる。このため、カソード側セパレータ 160 の設計自由度を高めることができる。例えば、圧力損失が比較的大きな通路を有するカソード側セパレータや、多孔質部の気孔径が比較的大きなカソード側セパレータを利用することができます。また、多孔質部 162 を介した空気の侵入（漏れ）を抑制することによって、セル内冷却ガス通路 240 b およびセル内酸化ガス通路 220 b 内で空気を円滑に流通させることができるために、空気プロワ 402 の消費電力を低減させることができます。

10

【0061】

ところで、本実施例では、緻密質層 163 は、凸部 162 a の側面の一部の領域 VF には形成されていない。具体的には、緻密質層 163 は、凸部 162 a の側面の一部を構成する凸部の頂面の近傍領域 VF には形成されておらず、カソード側拡散層 140 から離れた領域に形成されている。この構成を採用することにより、緻密質層が凸部 162 a の側面の全体に形成される場合と比較して、スタックの出力特性を向上させることができる。すなわち、緻密質層が凸部 162 a の側面の全体に形成される場合には、酸素ガスは、凸部の頂面付近の電極反応場 RF に供給され難く、該電極反応場 RF に供給される酸素ガス量は比較的小さい。このため、カソードの濃度過電圧が大きくなり、この結果、スタックの出力電圧が低くなってしまう。一方、本実施例のように、緻密質層 163 が近傍領域 VF に形成されていない場合には、酸素ガスは、近傍領域 VF を介して、凸部の頂面付近の電極反応場 RF へ供給され易く、該電極反応場 RF に供給される酸素ガス量は比較的大きい。このため、カソードの濃度過電圧を比較的小さくすることができ、この結果、スタックの出力電圧の低下を抑制することが可能となる。

20

【0062】

なお、本実施例では、前述のように、多孔質部 162 は、セル内酸化ガス通路 220 b の下流側部分に設けられているため、多孔質部 162 付近の酸素ガスの分圧は比較的低い。このため、近傍領域 VF に緻密質層が形成されている場合には、酸素ガスは、特に、電極反応場 RF に供給され難い。すなわち、本実施例のように、多孔質部 162 がセル内酸化ガス通路 220 b の下流側部分に設けられる場合には、近傍領域 VF に緻密質層を形成しないことに伴う上記の効果は、顕著となる。

30

【0063】

緻密質層 163 は、種々の方法で作製可能である。第 1 の製法では、多孔質部 162 の第 1 の面 Sc 1 の全体に所定の混合液を塗布することによって、緻密質層が形成される。そして、凸部 162 a の頭部（頂面およびその近傍領域 VF）に形成された一部の緻密質層が削り取られる。これにより、図 5 に示す緻密質層 163 が作製される。第 2 の製法では、多孔質部 162 の第 1 の面 Sc 1 側の凸部 162 a の頭部（頂面およびその近傍領域 VF）にマスクが形成される。その後、多孔質部 162 の第 1 の面 Sc 1 に所定の混合液を塗布することによって、緻密質層が形成される。なお、マスクは、所定の混合液が塗布された後に、除去される。これにより、図 5 に示す緻密質層 163 が作製される。

40

【0064】

なお、上記の所定の混合液としては、炭素材料とバインダとアルコールとを含む混合液を用いることができる。炭素材料としては、例えば、天然黒鉛や、鱗片状黒鉛、カーボン

50

ブラックを用いることができる。バインダとしては、変成スチレンブタジエンゴム（SBR）などのゴムバインダを用いることができる。また、塗布方法としては、エアレス塗装法やエア霧化塗装法を利用することができる。エア霧化塗装法は、エアレス塗装法よりも、噴霧の粒径を小さくすることができるので、より均一な緻密質層を形成可能である。

【0065】

以上説明したように、本実施例では、多孔質部162の凸部162aの頂面の周辺領域には、緻密質層163が形成されている。このため、カソードで生成されてカソード側拡散層140内に存在する水分が、凸部の頂面を介して多孔質部に吸収された後に、凸部の頂面の周辺領域を介して反応ガス通路内へ流出するのを抑制することができる。この結果、カソードで生成された水分をカソード側セパレータ160を介して効率よく除去することが可能となる。10

【0066】

なお、上記の説明から分かるように、本実施例における多孔質部162と緻密質層163とは、拡散層から水分を吸収して除去するための水分除去部として機能する。

【0067】

B. 実施例：

図6は、実施例におけるセル110Bの具体的な構造を示す説明図である。図6は、図5とほぼ同じであるが、セル110Bは、カソード側拡散層140とカソード側セパレータ160との間に設けられた撥水層171を備えている。撥水層171は、カソード側拡散層140上に形成されている。より具体的には、撥水層171は、多孔質部162に対応する矩形領域のうち、凸部162aの周囲の底面（すなわち凹部の底面）に対応する部分領域に形成されている。換言すれば、撥水層171は、多孔質部162の通路形成面に対応する部分領域に形成されている。撥水層171は、水分の透過を抑制しつつ、酸素ガスを透過させる機能を有している。20

【0068】

撥水層171は、カソード側拡散層140上に撥水処理が施された撥水処理層であってもよいし、撥水処理層よりも高い撥水能力を有する撥水フィルムであってもよい。撥水処理層は、例えば、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）などの樹脂とカーボンとを混練したペースト状の混合材料を、スプレー法などをを利用して、カソード側拡散層140上に塗布することによって作製される。また、撥水フィルムは、例えば、PTFEとカーボンとを含むフィルムである。撥水フィルムは、通常、ホットプレス法によって、カソード側拡散層140に接合される。30

【0069】

図6の構成を採用すれば、カソード126で生成された水分の一部が、カソード側拡散層140を介してセル内酸化ガス通路220b内へ移動するのを抑制することができ、この結果、多孔質部162は、凸部162aの頂面を介して水分を効率よく吸収することができる。

【0070】

C. 第2参考例：

図7は、第2参考例におけるセル110Cの具体的な構造を示す説明図である。図7は、図6とほぼ同じであるが、撥水層172の配置が変更されている。具体的には、撥水層172は、カソード126とカソード側拡散層140との間に設けられている。また、撥水層172は、凸部162aの周囲の底面（すなわち凹部の底面）に対応する部分領域、換言すれば、多孔質部162の通路形成面に対応する部分領域に形成されている。40

【0071】

なお、本実施例では、撥水層172は、撥水フィルムであるが、これに代えて、カソード側拡散層140上に撥水処理が施された撥水処理層であってもよい。

【0072】

図7の構成を採用すれば、カソード126で生成された水分がカソード側拡散層140の全体に拡散するのが抑制され、水分を凸部162aの頂面に対応する領域に選択的に集50

合させることができる。このため、カソード 126 で生成された水分の一部が、カソード側拡散層 140 を介して、セル内酸化ガス通路 220b 内へ移動するのを抑制することができる、この結果、多孔質部 162 は、凸部 162a の頂面を介して水分を効率よく吸収することができる。

【0073】

D. 第3参考例：

図 8 は、第3参考例におけるセル 110D の具体的な構造を示す説明図である。図 8 は、図 6 とほぼ同じであるが、撥水層 173 の配置および形状が変更されている。具体的には、図 8 では、撥水層 173 は、アノード 124 とアノード側拡散層 130 との間に設けられている。また、図 8 では、撥水層 173 は、アノード側拡散層 130 に対応する領域に形成されている。なお、撥水層 173 は、多孔質部 162 に対応する矩形領域のみに形成されていてもよい。

10

【0074】

なお、本実施例では、撥水層 173 は、撥水フィルムであるが、これに代えて、アノード側拡散層 130 上に撥水処理が施された撥水処理層であってもよい。

【0075】

図 8 の構成を採用すれば、カソード 126 で生成された水分が、電解質膜 122 を介して、セル内燃料ガス通路 210b へ移動するのを抑制することができる。このため、多孔質部 162 は、凸部 162a の頂面を介して水分を効率よく吸収することができる。また、セル内燃料ガス通路 210b 内におけるフラッディング状態の発生を防止することができる。

20

【0076】

E. 第4参考例：

図 9 は、第4参考例におけるセル 110E の具体的な構造を示す説明図である。図 9 は、図 8 とほぼ同じであるが、撥水層 174 の配置が変更されている。具体的には、図 9 では、撥水層 174 は、アノード側拡散層 130 とアノード側セパレータ 150 との間に設けられている。

【0077】

なお、本実施例では、撥水層 174 は、撥水フィルムであるが、これに代えて、アノード側拡散層 130 上に撥水処理が施された撥水処理層であってもよい。

30

【0078】

図 9 の構成を採用しても、カソード 126 で生成された水分が、電解質膜 122 を介して、セル内燃料ガス通路 210b へ移動するのを抑制することができる。このため、多孔質部 162 は、凸部 162a の頂面を介して水分を効率よく吸収することができる。また、セル内燃料ガス通路 210b 内におけるフラッディング状態の発生を防止することができる。

【0079】

F. 第5参考例：

図 10 は、第5参考例におけるセル 110F の具体的な構造を示す説明図である。図 10 は、図 5 とほぼ同じであるが、多孔質部 162F が変更されている。

40

【0080】

具体的には、多孔質部 162F の第 1 の面 Sc1 側の凸部 162a の頂面には、親水処理が施された第 1 の親水処理層 HL1 が形成されている。また、多孔質部 162F の内部には、撥水処理が施された撥水処理領域 RA が形成されている。そして、多孔質部 162F の第 2 の面 Sc2 側の表面には、親水処理が施された第 2 の親水処理層 HL2 が形成されている。

【0081】

多孔質部 162F は、例えば、以下の方法で作製可能である。まず、多孔質部を、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) を含む溶液に含浸させる。これにより、多孔質部に撥水処理が施される。次に、撥水処理済みの多孔質部の第 1 の面 Sc1 側の凸部 162a

50

の頂面に、ナフィオン液とカーボンとを含む混合液が塗布される。これにより、第1の面S c 1側の凸部162aの頂面に親水処理が施される。また、撥水処理済みの多孔質部の第2の面S c 2の表面に、ナフィオン液とカーボンとを含む混合液が塗布される。これにより、第2の面S c 2の表面に親水処理が施される。

【0082】

なお、本実施例では、多孔質部の第2の面S c 2側の表面全体に親水処理層H L 2が形成されている。しかしながら、第2の面S c 2側の凸部162bの頂面は、緻密質のアノード側セパレータ150の凸部と接触する。このため、凸部162bの頂面には、親水処理層は形成されていなくてもよい。この場合には、例えば、凸部162bの頂面に形成された一部の親水処理層を削り取ればよい。あるいは、凸部162bの頂面にマスクを形成した後に、親水処理を施せばよい。10

【0083】

図10の構成を採用すれば、多孔質部162Fは、カソード126で生成された水分をセル内冷却ガス通路240bへ効率よく排出することができる。具体的には、第1の面S c 1側の凸部162aの頂面には第1の親水処理層H L 1が形成されているため、多孔質部162Fは、凸部162aの頂面を介して、水分を効率よく吸収することができる。また、多孔質部162Fの内部には撥水処理領域R Aが形成されているため、多孔質部162Fは、吸収した水分を速やかに第2の面S c 2側へ移動させることができる。さらに、多孔質部162Fの第2の面S c 2には第2の親水処理層H L 2が形成されているため、多孔質部162Fは、水分をセル内冷却ガス通路240b内へ効率よく放出することができる。20

【0084】

なお、本実施例では、多孔質部162Fは、2つの親水処理層H L 1, H L 2と撥水処理領域R Aとを備えているが、これに代えて、これらのうちの少なくとも1つを備えるようにしてよい。例えば、多孔質部は、第1の親水処理層H L 1のみを備えるようにしてもよいし、第1の親水処理層H L 1と撥水処理領域R Aとを備えるようにしてもよい。

【0085】

なお、この発明は上記の実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様で実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。30

【0086】

(1) 上記実施例では、各セパレータの成形材料は、カーボン粉末とバインダとを含んでいるが、他の成形材料を利用してもよい。例えば、成形材料は、金属材料(金属粉末)とバインダとを含んでいてもよい。また、各セパレータを構成する緻密質領域は、金属部材であってもよい。さらに、緻密質層に代えて、金属層が利用されてもよい。

【0087】

(2) 上記実施例では、多孔質部は、凸部が略矩形の断面形状を有する凹凸面を備えているが、これに代えて、凸部が波形(すなわち山形)の断面形状を有する凹凸面を備えてもよい。

【0088】

一般には、多孔質部は、一方の側に、カソード拡散層に接触する接触面と、カソード拡散層に接触せずにセル内酸化ガス通路を形成する通路形成面と、を有していればよい。

【0089】

(3) 上記実施例では、緻密質層163は、凸部162aの側面と凸部162aの周囲の底面との双方に形成されているが、緻密質層163は、いずれか一方の面のみに形成されてもよい。ただし、凸部162aの側面のみに緻密質層が形成される場合には、凸部162aの周囲の底面のみに緻密質層が形成される場合よりも、吸収された水分がセル内酸化ガス通路220b内へ流出するのを抑制することができると考えられる。したがって、緻密質層は、少なくとも凸部の側面に形成されていることが望ましい。

【0090】

50

20

30

40

50

また、上記実施例では、緻密質層 163 は、凸部 162a の頂面の近傍領域 VF には形成されていないが、緻密質層は、該近傍領域 VF に形成されてもよい。ただし、上記実施例の構成を採用すれば、前述したように、スタックの出力電圧の低下を抑制することができるという利点がある。

【0091】

さらに、上記実施例では、緻密質層 163 が利用されているが、これに代えて、緻密質ではないが多孔質部よりも小さな気孔率を有する層が利用されてもよい。この場合にも、水分が凸部の頂面の周辺領域からセル内酸化ガス通路内へ流出するのを抑制することができる。ただし、上記実施例の構成を採用すれば、水分が凸部の頂面の周辺領域から流出するのを確実に抑制することができるという利点がある。

10

【0092】

一般には、多孔質部の一方の面に形成される表層は、通路形成面の少なくとも一部の領域に形成され、多孔質部よりも小さな気孔率を有していればよい。

【0093】

(4) 上記実施例では、カソード側セパレータが、多孔質部と表層とを備えているが、これに代えて、あるいは、これと共に、アノード側セパレータが多孔質部と表層とを備えるようにしてもよい。

【0094】

一般には、セパレータは、多孔質部と表層とを備え、ガス拡散層に存在する水分を吸収して除去すればよい。

20

【0095】

(5) 上記実施例では、セルの種々の構成を説明したが、これらの構成のうちの 2 以上を任意に組み合わせたセルを利用することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【0096】

【図 1】第 1 参考例における燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。

【図 2】燃料電池スタック 100 内部のセルの構成を模式的に示す説明図である。

【図 3】カソード側セパレータ 160 を模式的に示す説明図である。

【図 4】セル 110 の断面を模式的に示す説明図である。

【図 5】第 1 参考例におけるセル 110 の具体的な構造を示す説明図である。

30

【図 6】実施例におけるセル 110B の具体的な構造を示す説明図である。

【図 7】第 2 参考例におけるセル 110C の具体的な構造を示す説明図である。

【図 8】第 3 参考例におけるセル 110D の具体的な構造を示す説明図である。

【図 9】第 4 参考例におけるセル 110E の具体的な構造を示す説明図である。

【図 10】第 5 参考例におけるセル 110F の具体的な構造を示す説明図である。

【符号の説明】

【0097】

100 … 燃料電池スタック

110, B, C, D, E, F … セル

120 … MEA

40

122 … 電解質膜

124 … 電極層（アノード）

126 … 電極層（カソード）

130 … アノード側拡散層

140 … カソード側拡散層

150 … アノード側セパレータ

160 … カソード側セパレータ

161 … 純密質領域（純密質部）

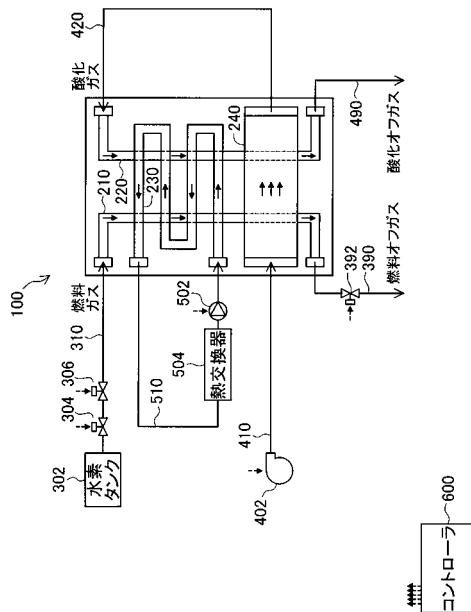
162, F … 多孔質領域（多孔質部）

162a … 凸部

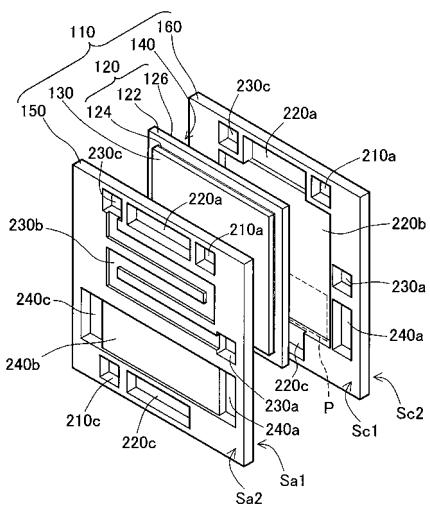
50

1 6 2 b ... 凸部	
1 6 3 ... 織密質層	
1 7 1 ~ 1 7 4 ... 摲水層	
2 1 0 ... 内部燃料ガス通路	
2 1 0 a , 2 1 0 c ... セル間燃料ガス通路	
2 1 0 b ... セル内燃料ガス通路 (アノード側通路)	
2 2 0 ... 内部酸化ガス通路	
2 2 0 a , 2 2 0 c ... セル間酸化ガス通路	
2 2 0 b ... セル内酸化ガス通路 (カソード側通路)	
2 3 0 ... 内部冷却液通路	10
2 3 0 a , 2 3 0 c ... セル間冷却液通路	
2 3 0 b ... セル内冷却液通路	
2 4 0 ... 内部冷却ガス通路	
2 4 0 a , 2 4 0 c ... セル間冷却ガス通路	
2 4 0 b ... セル内冷却ガス通路	
3 0 2 ... 水素タンク	
3 0 4 ... 減圧弁	
3 0 6 ... 流量制御弁	
3 1 0 ... 燃料ガス通路	20
3 9 0 ... 燃料オフガス通路	
3 9 2 ... 遮断弁	
4 0 2 ... 空気ブロワ	
4 1 0 , 4 2 0 ... 外部空気通路	
4 9 0 ... 酸化オフガス通路	
5 0 2 ... 循環ポンプ	
5 0 4 ... 熱交換器	
5 1 0 ... 循環通路	
6 0 0 ... コントローラ	

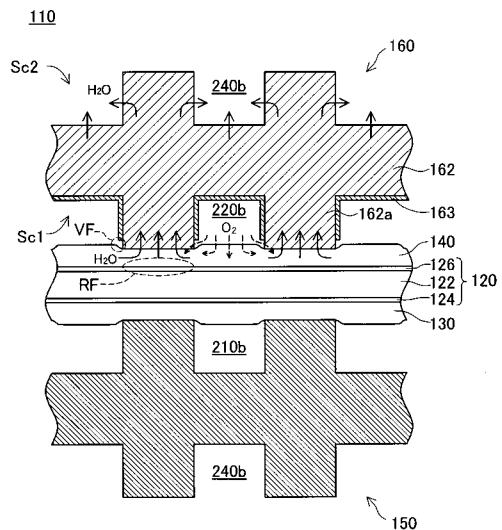
【図1】



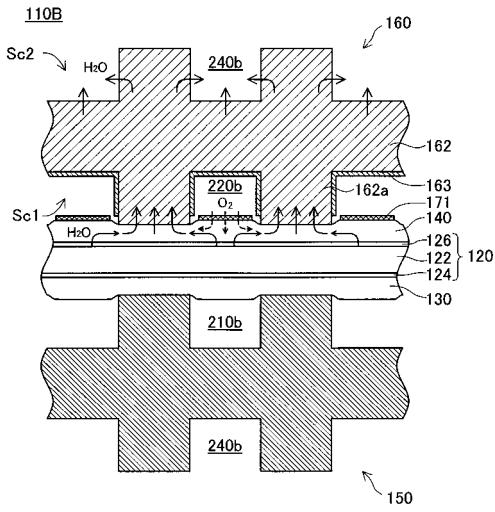
【図2】



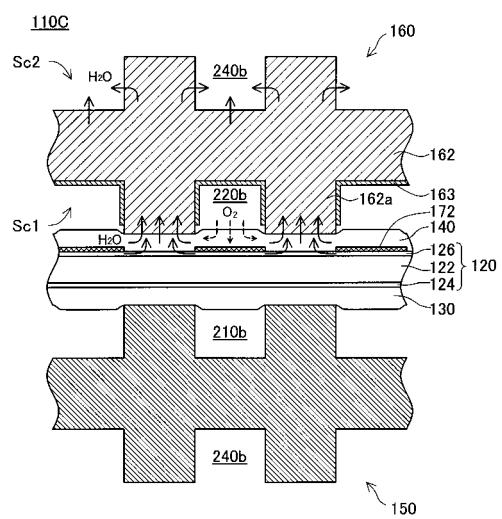
【図5】



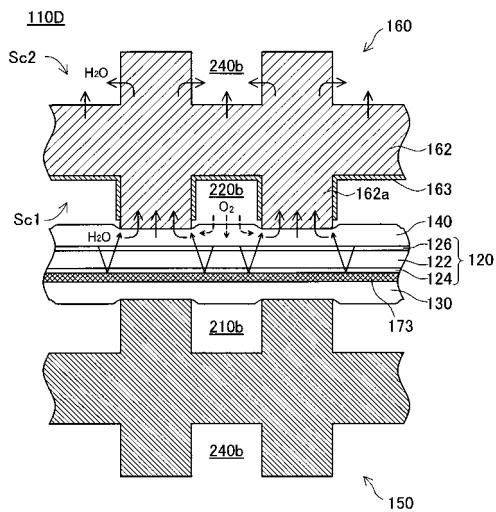
【図6】



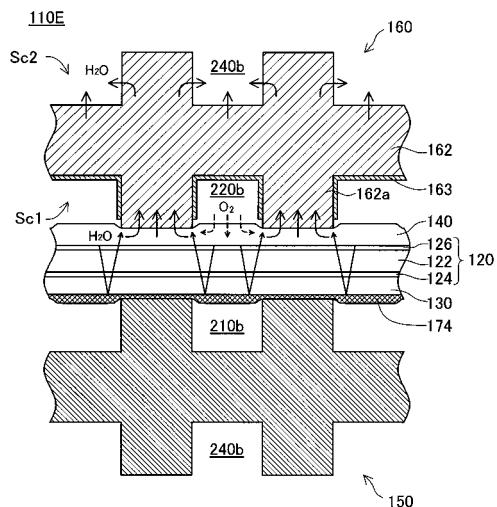
【図7】



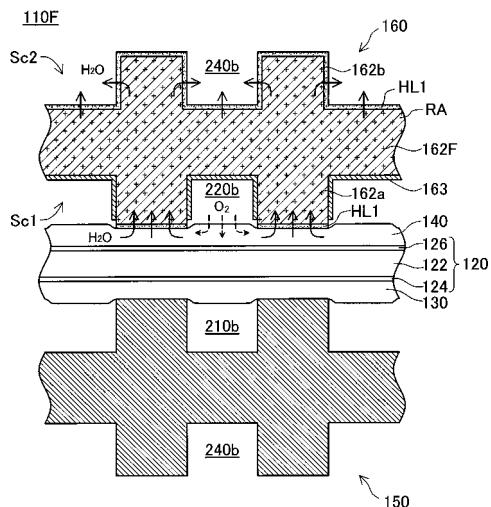
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 小林 雅史
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 原 賢一

(56)参考文献 特開平08-138691(JP,A)
特開平08-130025(JP,A)
特開2003-142121(JP,A)
特開2003-109603(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01M 8/02, 8/10, 4/86, 4/96