

(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2007-335114
(P2007-335114A)

(43) 公開日 平成19年12月27日(2007.12.27)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 4/86 (2006.01)	HO 1 M 4/86 B	5HO18
HO 1 M 4/90 (2006.01)	HO 1 M 4/90 M	5HO26
HO 1 M 8/10 (2006.01)	HO 1 M 4/90 X	
	HO 1 M 4/90 B	
	HO 1 M 8/10	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2006-162460 (P2006-162460)	(71) 出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22) 出願日	平成18年6月12日 (2006.6.12)	(74) 代理人	100108800 弁理士 星野 哲郎
		(74) 代理人	100101203 弁理士 山下 昭彦
		(74) 代理人	100104499 弁理士 岸本 達人
		(72) 発明者	ブレント・クレアリー 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	沼田 耕一 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

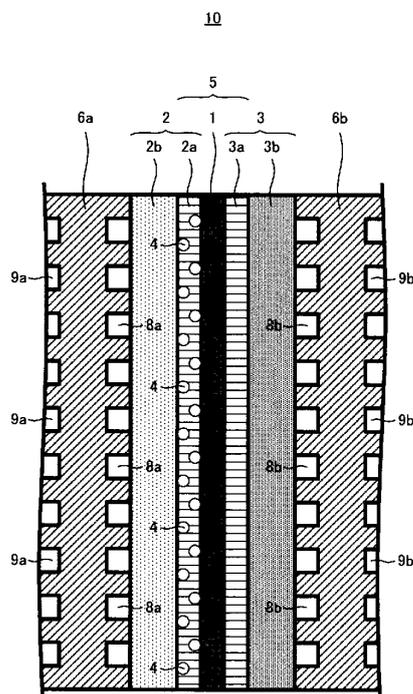
(54) 【発明の名称】 燃料電池

(57) 【要約】

【課題】 燃料欠乏時等における材料劣化を抑制することが可能な燃料電池を提供する。

【解決手段】 触媒層 2 a、3 a 及び拡散層 2 b、3 b を備えるアノード 2 並びにカソード 3 と、アノード 2 とカソード 3 との間に配設される電解質膜 1 と、アノード 2 の外側へ配設される第 1 セパレータ 6 a と、カソード 3 の外側へ配設される第 2 セパレータ 6 b と、を備え、アノード 2 に備えられる拡散層 2 b が導電性セラミック材料で形成され、アノード 2 に水電解触媒 4、4、... が備えられる、燃料電池 10 とする。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

触媒層及び拡散層を備えるアノード並びにカソードと、前記アノードと前記カソードとの間に配設される電解質膜と、前記アノードの外側へ配設される第 1 セパレータと、前記カソードの外側へ配設される第 2 セパレータと、を備え、

前記アノードに備えられる前記拡散層が導電性セラミック材料で形成され、前記アノードに水電解触媒が備えられることを特徴とする、燃料電池。

【請求項 2】

さらに、前記カソードに備えられる前記拡散層が導電性セラミック材料で形成されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の燃料電池。

10

【請求項 3】

さらに、前記カソードに水電解触媒が備えられることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の燃料電池。

【請求項 4】

前記第 1 セパレータと前記アノードに備えられる前記拡散層との間に、第 1 クッション材が備えられることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の燃料電池。

【請求項 5】

前記第 2 セパレータと前記カソードに備えられる前記拡散層との間に、第 2 クッション材が備えられることを特徴とする、請求項 2 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の燃料電池。

【請求項 6】

前記導電性セラミック材料が、非酸化物系セラミックであることを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の燃料電池。

20

【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、燃料欠乏時等における材料劣化を抑制することが可能な燃料電池に関する。

【背景技術】

【0002】

燃料電池は、電解質と、当該電解質の両側に配置される電極（アノード及びカソード）とを備える膜電極接合体（以下において、「MEA（Membrane Electrode Assembly）」と記述する。）における電気化学反応により発生した電気エネルギーを、MEAの両側に配設されるセパレータを介して外部に取り出している。燃料電池の中でも、家庭用コージェネレーション・システムや自動車等に使用される固体高分子型燃料電池（以下において、「PEFC（Polymer Electrolyte Fuel Cell）」と記述する。）は、低温領域での運転が可能である。また、PEFCは、高いエネルギー変換効率を示し、起動時間が短く、かつシステムが小型軽量であることから、電気自動車や携帯用電源の最適な動力源として注目されている。

30

【0003】

PEFCの単セルは、電解質膜、少なくとも触媒層を備えるカソード及びアノードを具備し、その理論起電力は1.23Vである。しかし、かかる低起電力では、電気自動車等の動力源として不十分であるため、通常は、単セルを直列に積層して積層体を形成し、この積層体における積層方向の両端にエンドプレート等を配置して形成されるスタック形態のPEFCが使用されている。そして、接触抵抗を低減させる等の観点から、スタック形態のPEFCでは、その両端側から締結圧力が加えられている。

40

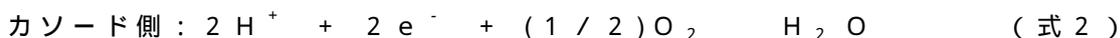
【0004】

PEFCにおける電気発生の源となる電気化学反応は、例えば以下の工程で進行する。まず、アノードへと届けられた水素は、触媒（例えば、白金担持カーボン等）の存在下、水素イオンと電子とに分解される。



50

そして、発生した水素イオン（以下、「プロトン」ということがある。）は、湿潤状態でイオン伝導性能を発現する電解質膜を通過して、カソードへと移動する。電解質膜はイオンのみを通過させる性質を有するため、発生した電子は電解質膜を通過することができず、外部の回路を通過してカソードへと移動する。燃料電池においては、かかる電子の移動により、電気が発生する。一方で、カソードへと届けられた酸素が、カソードへと移動してきたプロトン及び電子と反応することにより、水が生成される。



【0005】

ところで、PEFCを作動させると、セル内部は様々なガス状態となるため、アノードが高電位状態（例えば、1.5V等の電位状態。以下において同じ。）に曝される虞がある。高電位状態になると、アノードの構成材料（例えば、白金、カーボン等）が劣化し、PEFCの性能が低下するため、高電位時における材料劣化を抑制することが望まれる。

10

【0006】

燃料欠乏時における材料劣化等を抑制することにより燃料電池の性能を向上させることを目的とした技術は、これまでにいくつが開示されてきている。例えば、特許文献1には、水素欠乏時にアノード触媒の担体が腐食されるのを防止するため、電極触媒に水電解触媒を混合する技術が開示されており、この技術によれば、燃料電池の電池反転に対する耐性をより強力にすることができる、としている。

【0007】

また、特許文献2には、高分子固体電解質形燃料電池の燃料極において、高分子固体電解質膜に接し、燃料電池反応を進行させる少なくとも1層の反応層と、拡散層に接し、燃料極中の水を電気分解する少なくとも1層の水分解層と、からなることを特徴とする高分子固体電解質形燃料電池の燃料極に関する技術が開示されている。この技術によれば、燃料の欠乏が生じても電極特性の低下を起し難い高分子固体電解質形燃料電池の燃料極を提供できる、としている。なお、特許文献2における「高分子固体電解質形燃料電池」は上記PEFCに相当し、「燃料極」は上記アノードに相当する。

20

【0008】

さらに、特許文献3には、ガス拡散層が電解質と同じセラミック、もしくは電解質、燃料電極あるいは酸化剤電極と熱膨張率が等しいセラミックから構成されていることを特徴とする固体電解質型燃料電池（以下、「SOFC」という。）に関する技術が開示されている。この技術によれば、燃料電極で吸熱反応である燃料ガスの水蒸気改質反応が不均一に起こることによって生じる温度分布の発生を解決し、温度分布によるセルの劣化や電池特性の劣化を生じないSOFCが提供される、としている。

30

【0009】

さらにまた、特許文献4には、ガス拡散層に含まれる非金属マイクロポラス薄膜が高分子又はセラミックマイクロポラス薄膜であるダイレクトメタノール型燃料電池（以下、「DMFC」という。）に関する技術が開示されており、この技術によれば、DMFCの大きさ又は重量を大幅に増加させること無く、DMFCのアノード及びカソードにおける反応物、生成物及び副産物の管理を改良できる、としている。

【特許文献1】特表2003-508877号公報

40

【特許文献2】特開2004-22503号公報

【特許文献3】特開平6-349504号公報

【特許文献4】特開2005-259700号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかし、特許文献1及び特許文献2に開示されている技術により、水の電気分解反応を生じさせても、当該反応と同時に進行し得るアノード構成材料（例えば、カーボン等）の腐食反応を防止できないため、これらの技術では燃料欠乏時等における材料劣化を抑制し難いという問題があった。

50

【0011】

また、特許文献3に開示されている技術は、PEFCとは作動環境が異なるSOFCに関するものであり、当該文献には燃料欠乏時の材料劣化について明示も示唆もされていない。さらに、特許文献4に開示されている技術は、PEFCとは作動環境が異なるDMFCに関するものであり、当該文献にも燃料欠乏時の材料劣化については明示も示唆もされていない。したがって、これらの技術によっても、燃料欠乏時等における燃料電池の材料劣化を抑制し難いという問題があった。

【0012】

そこで本発明は、燃料欠乏時等における材料劣化を抑制することが可能な燃料電池を提供することを課題とする。

10

【0013】

なお、特許文献3及び特許文献4には、セラミック材料からなる部材を備える燃料電池に関する技術が開示されているが、上述のように、PEFCは、その両端側から締結圧力が加えられている。それゆえ、PEFCの分野では、当該圧力が加えられる環境で使用しやすい材料（カーボン材料や金属材料等）からなる部材が好まれる。したがって、セラミック材料からなる部材を備えるPEFCは、当業者であっても容易には想到し難い。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記課題を解決するために、本発明は以下の手段をとる。すなわち、

請求項1に記載の発明は、触媒層及び拡散層を備えるアノード並びにカソードと、アノードとカソードとの間に配設される電解質膜と、アノードの外側へ配設される第1セパレータと、カソードの外側へ配設される第2セパレータと、を備え、アノードに備えられる拡散層が導電性セラミック材料で形成され、アノードに水電解触媒が備えられることを特徴とする、燃料電池により、上記課題を解決する。

20

【0015】

ここに、アノードに備えられる拡散層（以下、「アノード拡散層」と記載することがある。）は、導電性セラミック材料によってガス透過性を有するように形成されていれば、その形態は特に限定されない。アノード拡散層を構成する導電性セラミック材料の具体例としては、窒化ケイ素、窒化アルミニウム、窒化ボロン等を挙げることができる。さらに、本発明及び以下の発明において、「水電解触媒」とは、水の電気分解反応が生じ得る電位環境において、上記式1、式2で表わされる電気分解反応の進行に寄与する触媒（例えば、白金等。以下、「通常触媒」という。）よりも水の電気分解反応を生じさせやすい触媒を意味する。通常触媒が白金である場合、水電解触媒の具体例としては、Ir、IrO₂等のIr系材料や、RuO₂等のRu系材料の他、これらの複合物等を挙げることができる。また、アノード及びカソードに備えられる触媒層の形態例としては、上記式1及び式2にかかる反応の進行に寄与する触媒（例えば、白金担持カーボン等）と、プロトン伝導性能を有する電解質成分（例えば、Nafion等。Nafionは米国デュポン社の登録商標。以下単に「電解質成分」ということがある。）と、を具備するもの等を挙げることができる。さらに、電解質膜の具体例としては、上記電解質成分を備える形態等を挙げることができる。加えて、第1セパレータ及び第2セパレータを構成する材料は、良好なガスシール性、導電性、及び耐食性を有するものであれば特に限定されず、その具体例としては、金、白金、ステンレス鋼ベースの合金、及び、チタン合金のほか、カーボン材料等を挙げることができる。

30

40

【0016】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の燃料電池において、さらに、カソードに備えられる拡散層が導電性セラミック材料で形成されていることを特徴とする。

【0017】

ここに、カソードに備えられる拡散層（以下、「カソード拡散層」と記載することがある。）は、導電性セラミック材料でガス透過性を有するように形成されていれば、その形態は特に限定されない。カソード拡散層を構成する導電性セラミック材料の具体例として

50

は、窒化ケイ素、窒化アルミニウム、窒化ボロン等を挙げることができる。

【0018】

請求項3に記載の発明は、請求項1又は2に記載の燃料電池において、さらに、カソードに水電解触媒が備えられることを特徴とする。

【0019】

請求項4に記載の発明は、請求項1～3のいずれか1項に記載の燃料電池において、第1セパレータとアノードに備えられる拡散層との間に、第1クッション材が備えられることを特徴とする。

【0020】

ここに、第1クッション材とは、主に、第1セパレータを介してアノード拡散層へと加えられる締結圧力に代表される応力を、低減するために設けられる部材であり、当該性質に加え、さらに、ガス透過性、導電性、及び、耐食性を備えていれば、その形態は特に限定されない。第1クッション材を構成する材料の具体例としては、高耐食性金属（例えば、金、白金、チタン合金等）からなる発泡金属や焼結金属のほか、カーボン材料等を挙げることができる。

10

【0021】

請求項5に記載の発明は、請求項2～4のいずれか1項に記載の燃料電池において、第2セパレータとカソードに備えられる拡散層との間に、第2クッション材が備えられることを特徴とする。

【0022】

ここに、第2クッション材とは、主に、第2セパレータを介してカソード拡散層へと加えられる締結圧力に代表される応力を、低減するために設けられる部材であり、当該性質に加えて、ガス透過性、導電性、及び、耐食性を備えていれば、その形態は特に限定されない。第2クッション材を構成する材料の具体例としては、第1クッション材を構成し得る上記材料と同様のものを挙げることができる。

20

【0023】

請求項6に記載の発明は、請求項1～5のいずれか1項に記載の燃料電池において、導電性セラミック材料が、非酸化物系セラミックであることを特徴とする。

【0024】

ここに、非酸化物系セラミックの具体例としては、窒化ケイ素、窒化アルミニウム、窒化ボロン等を挙げることができる。

30

【発明の効果】

【0025】

請求項1に記載の発明によれば、アノードに水電解触媒が備えられ、アノード拡散層が導電性セラミック材料で形成されている。そのため、アノードが高電位状態に曝されても、水の電気分解反応を生じさせてプロトンを生成することができるほか、アノード拡散層が腐食され難いセラミック材料で形成されているので、材料劣化を抑制することができる。したがって、本発明によれば、燃料欠乏時等における材料劣化を抑制することが可能な燃料電池を提供できる。

【0026】

請求項2に記載の発明によれば、アノード拡散層のみならずカソード拡散層も導電性セラミック材料で形成されている。したがって、アノードが燃料欠乏状態から復帰する際にカソードが高電位状態に曝されても、カソード拡散層が腐食され難いセラミック材料で形成されているので、アノード及びカソードの材料劣化を抑制できる。

40

【0027】

請求項3に記載の発明によれば、カソードに水電解触媒が備えられているので、カソードが高電位状態に曝されても、水の電気分解反応を生じさせてプロトンを生成することで、材料劣化を容易に抑制できる。

【0028】

請求項4に記載の発明によれば、第1セパレータとアノード拡散層との間にクッション

50

材が備えられるので、導電性セラミック材料で形成されるアノード拡散層の破損を防止することが可能になる。

【0029】

請求項5に記載の発明によれば、第2セパレータとカソード拡散層との間にクッション材が備えられるので、導電性セラミック材料で形成されるカソード拡散層の破損を防止することが可能になる。

【0030】

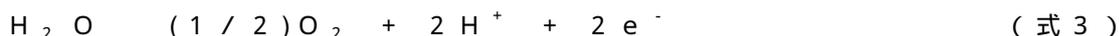
請求項6に記載の発明によれば、導電性セラミック材料が非酸化物系セラミックであるため、拡散層の導電性を容易に確保することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

【0031】

アノードへと供給される水素が不足している状態（以下、「水素欠状態」又は「燃料欠乏状態」という。）で燃料電池を作動させると、アノードが高電位状態に曝される。そして、高電位状態に曝されたアノードでは、上記式2の反応で消費されるプロトン及び電子を供給するため、以下の反応が生じる。



ここで、上記式3は、水の電気分解反応であり、アノード側に水が存在する間は、当該反応によりプロトン及び電子が生成される。このほか、アノードの構成材料としてカーボンが備えられる燃料電池では、以下の反応によってプロトン及び電子が生成される。



20

【0032】

上記式4は、カーボンの酸化反応であり、かかる反応が進むと、触媒を担持しているカーボンや拡散層に含まれるカーボン等が劣化する。高電位状態下では、上記式3の反応とともに上記式4の反応が進行し得るので、アノードの材料劣化を抑制するには、上記式4の反応を抑制することが必要とされる。当該反応を抑制するための方策としては、例えば、「式3の反応を起りやすくすることで、式4においてカーボンと反応する水の量を低減する」という方法や、「アノードに含まれるカーボンを低減することで、式4の反応が生じる可能性を低減する」という方法等を、挙げることができる。前者の方法に対しては、アノードに水電解触媒を備える形態の燃料電池とすることが有効であり、後者の方法に対しては、アノード拡散層をカーボン以外の高耐食性材料により形成することが有効である

30

【0033】

他方、本発明者らは、アノードが水素欠状態から復帰する際等に、カソードが高電位状態に曝される虞があるという知見を得た。カソードが高電位状態に曝されると、カソードの材料が劣化するため、燃料欠乏時等における燃料電池の材料劣化を抑制するには、アノード側のみならずカソード側にも対策を施すことが望ましい。

【0034】

本発明は、かかる観点からなされたものであり、その要旨は、少なくともアノード拡散層を導電性セラミック材料で形成するとともに、アノードに水電解触媒が備えられる構成とすることで、燃料欠乏時等における材料劣化を抑制することが可能な、燃料電池を提供

40

【0035】

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施形態について具体的に説明する。

【0036】

1. 第1実施形態

図1は、第1実施形態にかかる本発明の燃料電池に備えられる単セル（以下、単に「燃料電池」という。）の一部構成例を概略的に示す断面図であり、図の左右方向が、セルの積層方向である。

【0037】

図示のように、第1実施形態にかかる本発明の燃料電池10は、電解質膜1と、その一

50

方の側に配設されるアノード触媒層 2 a 及び他方の側に配設されるカソード触媒層 3 a と、を備える M E A 5 と、M E A 5 の一方の側に配設されるアノード拡散層 2 b 及び他方の側に配設されるカソード拡散層 3 b と、アノード拡散層 2 b の外側へ配設される第 1 セパレータ 6 a と、カソード拡散層 3 b の外側へ配設される第 2 セパレータ 6 b と、を備えている。アノード 2 には、アノード触媒層 2 a 及びアノード拡散層 2 b が、カソード 3 には、カソード触媒層 3 a 及びカソード拡散層 3 b が、それぞれ備えられている。アノード触媒層 2 a には、白金担持カーボンと、電解質成分と、 $I r O_2$ 等からなる水電解触媒 4、4、... と、が備えられ、アノード拡散層 2 b は、窒化ケイ素等の導電性セラミック材料を多孔質状に焼成することにより形成されている。また、電解質膜 1 は電解質成分を、カソード触媒層 3 a は白金担持カーボン及び電解質成分を、それぞれ備え、カソード拡散層 3 b はカーボンペーパー等により構成されている。さらに、第 1 セパレータ 6 a 及び第 2 セパレータ 6 b は、チタン合金等により構成され、第 1 セパレータ 6 a には第 1 反応ガス流路 8 a、8 a、...、及び、第 1 熱媒体流路 9 a、9 a、... が、第 2 セパレータ 6 b には第 2 反応ガス流路 8 b、8 b、...、及び、第 2 熱媒体流路 9 b、9 b、... が、それぞれ形成されている。そして、上記形態の燃料電池 10 は、第 1 反応ガス流路 8 a、8 a、... に加湿された水素含有ガス（以下、「水素」という。）が、第 2 反応ガス流路 8 b、8 b、... に加湿された酸素含有ガス（以下、「空気」という。）が、それぞれ供給されるとともに、第 1 熱媒体流路 9 a、9 a、... 及び第 2 熱媒体流路 9 b、9 b、... に L L C 等の熱媒体を流通させた状態で、作動される。

10

【0038】

第 1 反応ガス流路 8 a、8 a、... を経て供給された水素は、アノード拡散層 2 b を経て、アノード触媒層 2 a へ達し、白金上でプロトンと電子とに分解される（上記式 1）。このようにして生成されたプロトンは、電解質成分を備える電解質膜 1 を通過して、カソード触媒層 3 b へと達する。これに対し、電子は電解質膜 1 を通過できないので、外部回路を経由してカソード触媒層 3 a へと達する。他方、第 2 反応ガス流路 8 b、8 b、... を経て供給された空気は、カソード拡散層 3 b を経て、カソード触媒層 3 a へと達する。そして、カソード触媒層 3 a に備えられる白金上で、酸素と、アノード触媒層 2 a から移動してきたプロトン及び電子とが反応することにより、水が生成される（上記式 2）。アノード触媒層 2 a 及びカソード触媒層 3 a へ十分な量の反応ガスが供給されている間は、上記式 1 及び式 2 の反応により水が生成され、電気エネルギーを取り出すことができる。

20

30

【0039】

ところで、P E F C は通常、多数のセルが積層されたスタック形態で使用され、当該スタック形態の P E F C から電気エネルギーが取り出される。そのため、水素が十分に供給されない等の理由によりスタックに備えられる一部のセルが発電不能の状態に陥っても、その他のセルが通常に作動していれば、スタックから電気エネルギーを取り出すことができる。このように、発電不能セルを備えるスタックから電気エネルギーを取り出すと、当該発電不能セルではアノードが高電位状態に曝され、上記式 3 及び式 4 の反応が生じ、材料が劣化する。

【0040】

図示のように、本発明の燃料電池 10 には、アノード 2 に水電解触媒 4、4、... が備えられている。そのため、水素欠状態になってアノード 2 が高電位状態に曝されても、上記式 3 の反応を進行させることで、上記式 4 の発生を抑制し、アノード 2 の材料劣化を抑制できる。さらに、燃料電池 10 のアノード拡散層 2 b は、導電性セラミック材料である窒化ケイ素により形成されているので、上記式 4 の発生頻度を低減でき、窒化ケイ素は上記高電位状態下であっても腐食され難い。そのため、燃料電池 10 によれば、燃料欠乏時等における材料劣化を抑制することができる。

40

【0041】

2. 第 2 実施形態

図 2 は、第 2 実施形態にかかる本発明の燃料電池の一部構成例を概略的に示す断面図であり、図の左右方向が、セルの積層方向である。図 2 において、図 1 に示す部材・物質と

50

同様の構成を採るものには、図 1 にて使用した符号と同符号を付し、その説明を適宜省略する。

【0042】

図 2 に示すように、第 2 実施形態にかかる本発明の燃料電池 20 は、アノード触媒層 2a 及びアノード拡散層 2b を備えるアノード 2 と、カソード触媒層 23a 及びカソード拡散層 23b を備えるカソード 23 と、アノード 2 とカソード 23 との間に配設される電解質膜 1 と、第 1 セパレータ 6a 及び第 2 セパレータ 6b と、を備えている。カソード触媒層 23a には、白金担持カーボンと、電解質成分と、 IrO_2 等からなる水電解触媒 4、4、... と、が備えられ、カソード拡散層 23b は、窒化ケイ素等の導電性セラミック材料を多孔質状に焼成することにより形成されている。

10

【0043】

上述のように、水素欠状態になるとアノードが高電位状態に曝されるが、高電位状態に曝されたアノードへ水素が供給されてアノードの水素欠状態が徐々に回復してくると、単セル内に内部電池が形成され、カソード側が高電位状態に曝される虞がある。カソードが高電位状態に曝されると、カソードの構成材料（例えば、白金やカーボン等）が腐食され劣化するので、燃料欠乏時の材料劣化を抑制するには、アノード側のみならずカソード側へも対策を施すことが望まれる。

【0044】

燃料電池 20 は、かかる点を考慮して構成されており、アノード拡散層 2b 及びカソード拡散層 23b が導電性セラミック材料である窒化ケイ素により形成されている。そのため、水素欠状態時にアノードの材料劣化を抑制でき、水素欠状態からの復帰時にカソードの材料劣化を抑制できる。したがって、燃料電池 20 によれば、燃料欠乏時等の材料劣化を抑制することができる。

20

【0045】

本発明の第 2 実施形態に関する上記説明では、カソード 23 に水電解触媒 4、4、... が備えられるとともに、カソード拡散層 23b が導電性セラミック材料により形成されている形態を例示したが、第 2 実施形態にかかる本発明の燃料電池は上記形態に限定されず、カソード側の材料劣化対策として、水電解触媒を含有させることのみを選択しても良い。かかる場合には、カソードが高電位状態に曝されても水の電気分解反応を生じさせることができるので、カソードにおいて上記式 4 の反応を抑制することができる。さらに、カソード側の材料劣化対策として、カソード拡散層を導電性セラミック材料により形成させることのみを選択しても良い。この場合には、高電位状態下であっても腐食し難い導電性セラミック材料によりカソード拡散層を形成することで、カソードが当該高電位状態に曝された場合に腐食し得るカーボン量を低減でき、カソードの材料劣化を抑制することができる。

30

【0046】

3. 第 3 実施形態

図 3 は、第 3 実施形態にかかる本発明の燃料電池の一部構成例を概略的に示す断面図であり、図の左右方向が、セルの積層方向である。図 3 において、図 2 に示す部材・物質と同様の構成を採るものには、図 2 にて使用した符号と同符号を付し、その説明を適宜省略する。

40

【0047】

図 3 に示すように、第 3 実施形態にかかる本発明の燃料電池 30 は、アノード触媒層 2a、アノード拡散層 2b、及び、第 1 クッション材 37a を備えるアノード 32 と、カソード触媒層 23a、カソード拡散層 23b、及び、第 2 クッション材 37b を備えるカソード 33 と、アノード 32 とカソード 33 との間に配設される電解質膜 1 と、第 1 セパレータ 6a 及び第 2 セパレータ 6b と、を備えている。そして、アノード拡散層 2b と第 1 セパレータ 6a との間に配設される第 1 クッション材 37a、及び、カソード拡散層 23b と第 2 セパレータ 6b との間に配設される第 2 クッション材 37b は、カーボンクロス、カーボンペーパー等により構成されている。

50

【0048】

上述のように、スタック形態で使用されるPEFCは、接触抵抗を低減する等の理由により、その両端側から締結圧力が加えられている。上記燃料電池10及び燃料電池20の形態とすることで、燃料欠乏時における材料劣化を抑制することが可能になるが、アノード拡散層2b、又は、アノード拡散層2b及びカソード拡散層23bを導電性セラミック材料（例えば、窒化ケイ素等）により形成すると、アノード拡散層2bやカソード拡散層23bが締結圧力等の応力によって破損する虞がある。

【0049】

燃料電池30は、かかる点を考慮して構成されており、アノード拡散層2bと第1セパレータ6aとの間に第1クッション材37aが、カソード拡散層23bと第2セパレータ6bとの間に第2クッション材37bが、それぞれ配置されており、第1クッション材37a及び第2クッション材37bは、カーボクロス、カーボンペーパー等により構成されている。このような構成にすれば、アノード拡散層2b及びカソード拡散層23bへと加えられる応力を、第1クッション材37a及び第2クッション材37bによって緩和することができるので、導電性セラミック材料により形成されるアノード拡散層2b及びカソード拡散層23bの破損を抑制することができる。したがって、燃料電池30によれば、燃料欠乏時における材料劣化抑制効果を長期間に亘って持続させることが可能になる。

【0050】

本発明の第3実施形態に関する上記説明では、アノード拡散層2bと第1セパレータ6aとの間に第1クッション材37aが配設されるとともに、カソード拡散層23bと第2セパレータ6bとの間に第2クッション材37bが配設されている形態を例示したが、第3実施形態にかかる本発明の燃料電池は上記形態に限定されない。導電性セラミック材料から形成される拡散層がアノード側にのみ備えられる場合には、当該アノード拡散層と第1セパレータとの間にのみクッション材が配設される形態の燃料電池とすることも可能である。このほか、拡散層へと加えられる応力を緩和する機能をも有するセパレータがアノード側及び/又はカソード側に備えられる場合には、上記第1クッション材及び/又は第2クッション材が備えられない形態の燃料電池とすることができる。

【0051】

さらに、上記説明では、アノード触媒層2a、又は、アノード触媒層2a及びカソード触媒層23aにのみ水電解触媒4、4、...が備えられる形態の燃料電池10、20、30を例示したが、本発明は当該形態に限定されない。アノードにのみ水電解触媒が備えられる場合、当該水電解触媒は、導電性セラミック材料により形成されるアノード拡散層にのみ備えられていても良く、当該アノード拡散層及びアノード触媒層に水電解触媒が備えられていても良い。本発明にかかるアノード拡散層に水電解触媒が備えられる形態とする場合、当該アノード拡散層は、導電性セラミック材料に水電解触媒を分散した後に、多孔質形状に焼成する等の方法により作製することが可能である。一方、カソードにも水電解触媒が備えられる場合、カソードの水電解触媒は、従来と同様の材料（例えば、カーボンペーパー等）又は導電性セラミック材料により形成されるカソード拡散層にのみ備えられていても良く、当該カソード拡散層及びカソード触媒層に水電解触媒が備えられていても良い。導電性セラミック材料により形成されるカソード拡散層に水電解触媒が備えられる形態とする場合、当該カソード拡散層の作製方法の具体例としては、水電解触媒を備える上記アノード拡散層の作製方法と同様の方法を挙げることができる。

【0052】

加えて、上記説明では、窒化ケイ素により形成されたアノード拡散層2b、又は、アノード拡散層2b及びカソード拡散層23bが備えられる形態の燃料電池10、20、30を例示したが、本発明において、アノード拡散層、又は、アノード拡散層及びカソード拡散層を形成し得る導電性セラミック材料は、これに限定されない。本発明にかかる導電性セラミック材料は、導電性、ガス透過性及び耐食性を備えるものであればよく、窒化ケイ素以外の具体的な材料例としては、窒化アルミニウム、窒化硼素等の非酸化物系セラミック等を挙げることができる。

10

20

30

40

50

【0053】

さらに、上記説明では、水電解触媒4、4、...として IrO_2 が備えられる形態を例示したが、本発明の燃料電池に備えられ得る水電解触媒は、これに限定されない。本発明の燃料電池に備えられる水電解触媒は、水の電気分解反応が生じ得る電位環境において、通常触媒よりも水の電気分解反応を生じさせやすい触媒であれば特に限定されるものではなく、通常触媒が白金である場合、水電解触媒の他の具体例としては、Ir等のIr系材料や、 RuO_2 等のRu系材料の他、これらの複合物等を挙げることができる。

【0054】

また、上記説明では、触媒として白金担持カーボンが備えられる形態について例示したが、本発明は当該形態に限定されない。上述のように、高電位状態に曝されると、白金を担持しているカーボンも腐食するため、燃料欠乏時の材料劣化を抑制するという観点からは、当該高電位状態下で腐食し難い材料（例えば、導電性金属酸化物等）に通常触媒を担持させて構成される触媒が備えられる形態の燃料電池としても良い。

10

【0055】

さらに、上記説明では、チタン合金等の緻密材料（ガスの透過を防止可能な材料）により構成される第1セパレータ6a及び第2セパレータ6bを備える形態の燃料電池10、20、30を例示したが、本発明はかかる形態に限定されない。当該形態のほか、例えば、第1セパレータのアノード拡散層側の一部、及び/又は、第2セパレータのカソード拡散層側の一部がガスを透過可能な多孔質材料（例えば、ポーラスカーボン、発泡金属、焼結金属等）により構成されていても良い。ただし、この場合には、アノード触媒層及びカ

20

【図面の簡単な説明】

【0056】

【図1】第1実施形態にかかる本発明の燃料電池の一部構成例を概略的に示す断面図である。

【図2】第2実施形態にかかる本発明の燃料電池の一部構成例を概略的に示す断面図である。

【図3】第3実施形態にかかる本発明の燃料電池の一部構成例を概略的に示す断面図である。

30

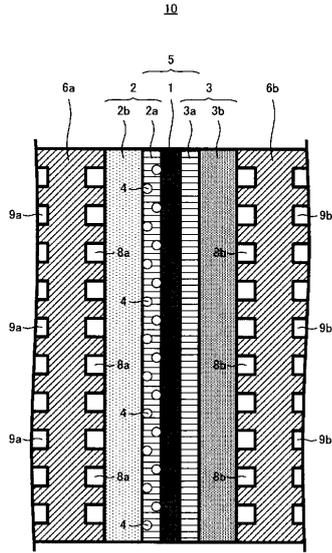
【符号の説明】

【0057】

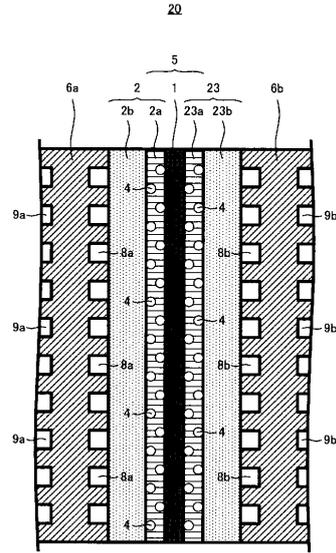
- 1 電解質膜
- 2、3 2 アノード
- 2 a アノード触媒層
- 2 b アノード拡散層
- 3、2 3、3 3 カソード
- 3 a、2 3 a カソード触媒層
- 3 b、2 3 b カソード拡散層
- 4 水電解触媒
- 5 M E A
- 6 a 第1セパレータ
- 6 b 第2セパレータ
- 1 0、2 0、3 0 燃料電池
- 3 7 a 第1クッション材
- 3 7 b 第2クッション材

40

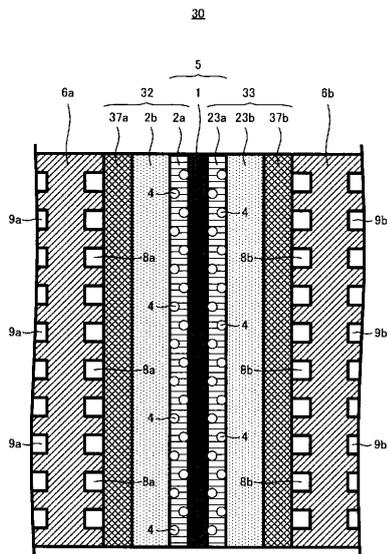
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

- (72)発明者 関澤 好史
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 中田 圭一
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- Fターム(参考) 5H018 AA06 AS02 AS03 EE02 EE11 EE12
5H026 AA06