

(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2021-61199

(P2021-61199A)

(43) 公開日 令和3年4月15日(2021.4.15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/2404 (2016.01)	HO 1 M 8/2404	5H018
HO 1 M 8/2418 (2016.01)	HO 1 M 8/2418	5H126
HO 1 M 8/2465 (2016.01)	HO 1 M 8/2465	
HO 1 M 8/0247 (2016.01)	HO 1 M 8/0247	
HO 1 M 8/0206 (2016.01)	HO 1 M 8/0206	

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2019-185350 (P2019-185350)
 (22) 出願日 令和1年10月8日 (2019.10.8)

(71) 出願人 000003609
 株式会社豊田中央研究所
 愛知県長久手市横道41番地の1
 (74) 代理人 100110227
 弁理士 畠山 文夫
 (72) 発明者 鈴木 昌男
 愛知県長久手市横道41番地の1 株式会
 社豊田中央研究所内
 Fターム(参考) 5H018 AA06 DD01 EE02
 5H126 AA11 AA22 AA28 BB06 CC06
 DD05 DD18 JJ03

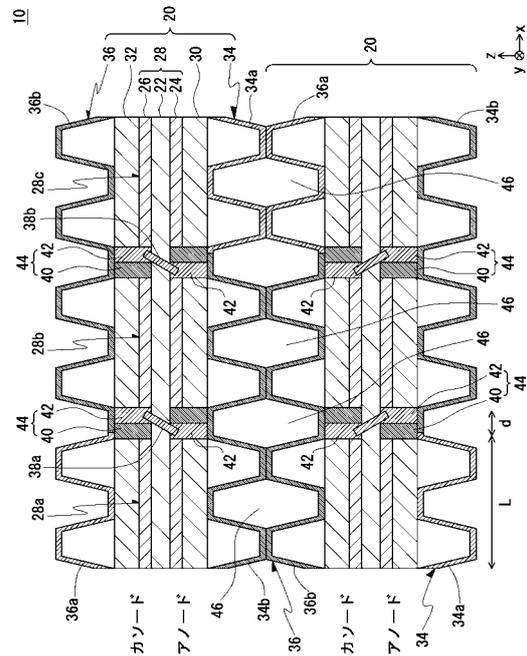
(54) 【発明の名称】 燃料電池スタック

(57) 【要約】

【課題】平面配列型単セルの積層体からなる新規な燃料電池スタックを提供すること。

【解決手段】燃料電池スタック10は、平面配列型単セル20、20の積層体からなる。平面配列型単セル20は、平面配列型MEA28と、アノードガス拡散層30と、カソードガス拡散層32と、アノードセパレータ34と、カソードセパレータ36とを備えている。平面配列型MEA28は、電気的に孤立している複数個のサブMEA28a~28cと、隣接するサブMEA28a~28c間を直列に接続するインターコネクタ38a、38bとをさらに備えている。アノードセパレータ34は、導電領域(A)34aと、絶縁領域(B)34bとを備え、カソードセパレータ36は、導電領域(B)36aと、絶縁領域(A)36bとを備えている。平面配列型単セル20、20は、導電領域(A)34aと導電領域(B)36aとが電気的に接続されるように積層されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

以下の構成を備えた燃料電池スタック。

(1) 前記燃料電池スタックは、複数個の平面配列型単セルの積層体からなる。

(2) 前記平面配列型単セルは、

電解質膜の両面にアノード触媒層及びカソード触媒層が接合された平面配列型膜電極接合体 (MEA) と、

前記アノード触媒層の外側に配置されたアノードガス拡散層と、

前記カソード触媒層の外側に配置されたカソードガス拡散層と、

前記アノードガス拡散層の外側に配置されたアノードセパレータと、

前記カソードガス拡散層の外側に配置されたカソードセパレータと

を備えている。

(3) 前記平面配列型 MEA は、

前記アノード触媒層及び前記アノードガス拡散層、並びに、前記カソード触媒層及び前記カソードガス拡散層をそれぞれ複数個の領域に分割し、前記領域間に絶縁体層及び導体層からなる隔壁を挿入することにより形成された、電氣的に孤立している複数個のサブ MEA と、

隣接する一方の前記サブ MEA のアノード側の前記導体層と、隣接する他方の前記サブ MEA のカソード側の前記導体層とを接続することにより、隣接する前記サブ MEA 間を直列に接続するインターコネクタと

をさらに備えている。

(4) 前記アノードセパレータは、

電流の流入端にあるサブ MEA (A) の前記アノードガス拡散層のみと電氣的に接続するための導電領域 (A) と、

前記サブ MEA (A) 以外の前記サブ MEA の前記アノードガス拡散層との電氣的接続を遮断するための絶縁領域 (A) と

を備えている。

(5) 前記カソードセパレータは、

電流の流出端にあるサブ MEA (B) の前記カソードガス拡散層のみと電氣的に接続するための導電領域 (B) と、

前記サブ MEA (B) 以外の前記サブ MEA の前記カソードガス拡散層との電氣的接続を遮断するための絶縁領域 (B) と

を備えている。

(6) 前記平面配列型単セルは、隣接する一方の前記平面配列型単セルの前記導電領域 (A) と、他方の前記平面配列型単セルの前記導電領域 (B) とが電氣的に接続されるように積層されている。

【請求項 2】

前記アノードセパレータの少なくとも 1 つは、

導電性材料からなる基材 (A) と、

前記基材 (A) の表面の内、前記絶縁領域 (A) にのみ形成された絶縁コーティング (A) と

を備えている請求項 1 に記載の燃料電池スタック。

【請求項 3】

前記カソードセパレータの少なくとも 1 つは、

導電性材料からなる基材 (B) と、

前記基材 (B) の表面の内、前記絶縁領域 (B) にのみ形成された絶縁コーティング (B) と

を備えている請求項 1 又は 2 に記載の燃料電池スタック。

【請求項 4】

前記アノードセパレータの少なくとも 1 つは、

10

20

30

40

50

表面が絶縁酸化被膜で覆われた金属からなる基材（C）と、
前記基材（C）の表面の内、前記導電領域（A）に形成された導電層（A）と
を備えている請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項に記載の燃料電池スタック。

【請求項 5】

前記カソードセパレータの少なくとも 1 つは、
表面が絶縁酸化被膜で覆われた金属からなる基材（D）と、
前記基材（D）の表面の内、前記導電領域（B）に形成された導電層（B）と
を備えている請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項に記載の燃料電池スタック。

【請求項 6】

前記サブ M E A 間の間隔 d は、 1 mm 以上 L 以下（但し、 L は、前記サブ M E A を構成する触媒層の面内方向のサイズ）である請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項に記載の燃料電池スタック。 10

【請求項 7】

次の式（4）の関係を満たす請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項に記載の燃料電池スタック。

$$R L^2 \geq 0.1 \times 3 V / I \quad \dots (4)$$

但し、

L は、前記サブ M E A を構成する触媒層の面内方向のサイズ、

R は、前記サブ M E A を構成するガス拡散層の面内方向の抵抗 R

V は、最大出力時の電圧、 20

I は、最大出力時の電流密度。

【請求項 8】

前記カソードガス拡散層及び前記アノードガス拡散層は、それぞれ、金属多孔体からなる請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項に記載の燃料電池スタック。

【請求項 9】

前記平面配列型 M E A は、前記電解質膜の x 軸方向に n 個（ $n \geq 2$ ）、 y 軸方向に m 個（ $m \geq 1$ ）の前記サブ M E A が配列している請求項 1 から 8 までのいずれか 1 項に記載の燃料電池スタック。

【請求項 10】

隣接する前記アノードセパレータと前記カソードセパレータとの間の隙間に設けられた冷却水路をさらに備えた請求項 1 から 9 までのいずれか 1 項に記載の燃料電池スタック。 30

【請求項 11】

前記電解質膜は、固体高分子電解質からなる請求項 1 から 10 までのいずれか 1 項に記載の燃料電池スタック。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池スタックに関し、さらに詳しくは、平面配列型単セルの積層体を備えた燃料電池スタックに関する。

【背景技術】 40

【0002】

固体高分子形燃料電池は、電解質膜の両面に触媒層が接合された膜電極接合体（Membrane Electrode Assembly, M E A）を備えている。通常、触媒層の外側には、さらにガス拡散層が配置される。ガス拡散層の両面には、さらに、ガス流路を備えたセパレータ（集電体ともいう）が配置される。固体高分子形燃料電池は、通常、このような M E A、ガス拡散層、及びセパレータを含む単セルが複数個積層された構造（燃料電池スタック）を備えている。

【0003】

燃料電池スタックにおいて、各層を構成する単セルは、通常、1 つの電池を構成する。また、積層された単セルは、電氣的に直列に接続されている。そのため、単セルの積層数 50

が多くなるほど、燃料電池スタックの総電圧は大きくなる。

しかしながら、単セルの積層数が多くなるほど、燃料電池スタックの高さが高くなる。また、積層された多数の単セルにそれぞれ、燃料ガス及び酸化剤ガスを供給する必要があるため、燃料電池スタックの周辺部品も大型化・複雑化しやすい。

【0004】

そこでこの問題を解決するために、従来から種々の提案がなされている。

例えば、特許文献1には、

電解質膜の一方の面には、アノード、絶縁体、及び集電体をこの順で周期的に形成し、電解質膜の他方の面には、カソード、集電体、及び絶縁体をこの順で周期的に形成し、アノード側の集電体とカソード側の集電体とをインターコネクタにより接続した

平面配列型の燃料電池が開示されている。

10

【0005】

同文献には、

(a)このような方法により、1つの電解質膜上に形成された複数のセルを直列に接続することができる点、及び

(b)電極(アノード又はカソード)に隣接して集電体が形成されるため、電極の表面に集電体を接触させる場合に必要とされた締結部材が不要となる点

が記載されている。

【0006】

特許文献2には、

(a)セパレータとして、ガス流路及び接続ラグが形成されたプリント回路基板を用い、

(b)一对のセパレータ間に、複数の燃料電池(MEA)を配置し、

(c)同一面内に配置された複数の燃料電池を接続ラグで直列に接続する

方法が開示されている。

20

【0007】

特許文献1、2に記載されているように、同一平面(x-y平面)内に複数の小面積のセルを並べ、これらのセルを直列に接続した構造(以下、これ「平面配列型単セル」ともいう)を用いると、同一面積を有する通常の単セルに比べて高い総電圧を得ることができる。しかしながら、同一平面内に小面積のセルを配列する方法では、到達可能な総電圧に限界がある。

30

【0008】

一方、総電圧を高くするために、平面配列型単セルを垂直方向(z軸方向)に積層することも考えられる。しかしながら、特許文献1、2には、平面配列型単セルを垂直方向に積層する方法、及び、積層された平面配列型単セル間を直列に接続する方法については、記載も示唆もない。また、平面配列型単セルの接続方法によっては、抵抗損失を増大させ、あるいは、スタックの体格を増大させることがある。

【0009】

さらに、平面配列型単セルが垂直方向に積層されており、かつ、積層された平面配列型単セルが直列に接続された燃料電池スタックが提案された例は、従来にはない。また、抵抗損失の増大及び/又はスタックの体格の増大を生じさせることなく、積層された平面配列型単セルを直列に接続する方法が提案された例は、従来にはない。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2008-293757号公報

【特許文献2】特表2005-527944号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明が解決しようとする課題は、平面配列型単セルの積層体からなる新規な燃料電池

50

スタックを提供することにある。

また、本発明が解決しようとする他の課題は、平面配列型単セルの積層体からなる燃料電池スタックにおいて、抵抗損失の増大及び/又はスタックの体格の増大を抑制することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記課題を解決するために本発明に係る燃料電池スタックは、以下の構成を備えていることを要旨とする。

(1) 前記燃料電池スタックは、複数個の平面配列型単セルの積層体からなる。

(2) 前記平面配列型単セルは、

電解質膜の両面にアノード触媒層及びカソード触媒層が接合された平面配列型膜電極接合体(MEA)と、

前記アノード触媒層の外側に配置されたアノードガス拡散層と、

前記カソード触媒層の外側に配置されたカソードガス拡散層と、

前記アノードガス拡散層の外側に配置されたアノードセパレータと、

前記カソードガス拡散層の外側に配置されたカソードセパレータと

を備えている。

(3) 前記平面配列型MEAは、

前記アノード触媒層及び前記アノードガス拡散層、並びに、前記カソード触媒層及び前記カソードガス拡散層をそれぞれ複数個の領域に分割し、前記領域間に絶縁体層及び導体層からなる隔壁を挿入することにより形成された、電氣的に孤立している複数個のサブMEAと、

隣接する一方の前記サブMEAのアノード側の前記導体層と、隣接する他方の前記サブMEAのカソード側の前記導体層とを接続することにより、隣接する前記サブMEA間を直列に接続するインターコネクタと

をさらに備えている。

(4) 前記アノードセパレータは、

電流の流入端にあるサブMEA(A)の前記アノードガス拡散層のみと電氣的に接続するための導電領域(A)と、

前記サブMEA(A)以外の前記サブMEAの前記アノードガス拡散層との電氣的接続を遮断するための絶縁領域(A)と

を備えている。

(5) 前記カソードセパレータは、

電流の流出端にあるサブMEA(B)の前記カソードガス拡散層のみと電氣的に接続するための導電領域(B)と、

前記サブMEA(B)以外の前記サブMEAの前記カソードガス拡散層との電氣的接続を遮断するための絶縁領域(B)と

を備えている。

(6) 前記平面配列型単セルは、隣接する一方の前記平面配列型単セルの前記導電領域(A)と、他方の前記平面配列型単セルの前記導電領域(B)とが電氣的に接続されるように積層されている。

【発明の効果】

【0013】

本発明は、平面配列型MEAを備えた燃料電池スタックにおいて、

(a) アノードセパレータとして、電流の流入端にあるサブMEA(A)のアノードのみと電氣的に接続するための導電領域(A)を含むものを、

(b) カソードセパレータとして、電流の流出端にあるサブMEA(B)のカソードのみと電氣的に接続するための導電領域(B)を含むものを、

それぞれ用いている。

【0014】

10

20

30

40

50

そのため、導電領域(A)と前記導電領域(B)とが電氣的に接続されるように平面配列型単セルを積層することによって、平面配列型単セル間を容易に直列接続することができる。また、これによって平面配列型単セルを最短距離で接続することができ、かつ、平面配列型単セルを接続するための追加の部品を必要としないので、抵抗損失の増大及びノ又は体格の増大を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明に係る燃料電池スタックの断面模式図である。

【図2】セル間コネクタを用いた平面配列型単セルの接続方法の模式図である。

【図3】隣り合う触媒層間の間隔dとカーボン酸化電流値との関係を示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の一実施の形態について詳細に説明する。

[1. 燃料電池スタック]

図1に、本発明に係る燃料電池スタックの断面模式図を示す。図1において、燃料電池スタック10は、複数個の平面配列型単セル20、20の積層体からなる。

【0017】

[1.1. 平面配列型単セル]

平面配列型単セル20は、それぞれ、

電解質膜22の両面にアノード触媒層24及びカソード触媒層26が接合された平面配列型膜電極接合体(MEA)28と、

アノード触媒層24の外側に配置されたアノードガス拡散層30と、

カソード触媒層26の外側に配置されたカソードガス拡散層32と、

アノードガス拡散層30の外側に配置されたアノードセパレータ34と、

カソードガス拡散層32の外側に配置されたカソードセパレータ36と

を備えている。

なお、図1に示す例では、2個の平面配列型単セル20が記載されているが、これは単なる例示である。平面配列型単セル20の個数は、3個以上であっても良い。

【0018】

[1.2. 平面配列型MEA]

30

[1.2.1. 電解質膜]

本発明において、電解質膜22の材料は、特に限定されない。電解質膜22の材料としては、例えば、固体高分子電解質、イオン伝導性セラミックスなどがある。

【0019】

[1.2.2. アノード触媒層及びカソード触媒層]

電解質膜22の一方の面にはアノード触媒層24が接合され、他方の面にはカソード触媒層26が接合されている。アノード触媒層24及びカソード触媒層26は、電極反応の反応場となる部分である。アノード触媒層24及びカソード触媒層26の材料は、電極反応を進行させることが可能なものである限りにおいて、特に限定されない。

例えば、電解質膜22が固体高分子電解質からなる場合、一般に、アノード触媒層24及びカソード触媒層26には、それぞれ、白金又は白金合金を含む電極触媒と、触媒層アイオノマとの複合体が用いられる。

40

【0020】

[1.2.3. サブMEA]

[A. サブMEAの構造]

平面配列型MEA28は、

電氣的に孤立している複数個のサブMEA28a、28b、28cと、

隣接するサブMEA28a、28b、28c間を直列に接続するインターコネクタ38a、38bと

をさらに備えている。

50

ここで、「サブMEA」とは、同一の電解質膜22の上に形成された複数個の領域の1つであって、それ自体で独立して膜電極接合体(MEA)として機能する領域をいう。

【0021】

電氣的に孤立しているサブMEA28a、28b、28cは、
 (a) アノード触媒層24及びアノードガス拡散層30、並びに、カソード触媒層26及びカソードガス拡散層32をそれぞれ複数個の領域に分割し、
 (b) 領域間に絶縁体層40及び導体層42からなる隔壁44を挿入することにより形成される。

【0022】

隔壁44は、電解質膜22の表面に対して垂直に立設されている。すなわち、電解質膜22の表面において、(触媒層+ガス拡散層)/絶縁体層/導体層/(触媒層+ガス拡散層)...の順にこれらが周期的に配列している。

10

絶縁体層40は、隣接する分割されたアノード触媒層24及びアノードガス拡散層30同士、又は、隣接する分割されたカソード触媒層26及びカソードガス拡散層32同士を、電氣的に絶縁するためのものである。

【0023】

一方、導体層42は、隣接するサブMEA28a、28b、28c同士をインターコネクタ38a、38bで直列に接続するためのものである。

すなわち、隣接するサブMEA28a、28b間の直列接続は、隣接する一方のサブMEA28aのアノード側の導体層42と、隣接する他方のサブMEA28bのカソード側の導体層42とを、インターコネクタ38aで接続することにより行われる。インターコネクタ38bを用いたサブMEA28b、28c間の直列接続も同様である。

20

【0024】

インターコネクタ38a、38bを用いたサブMEA28a、28b、28cの接続方法は特に限定されるものではなく、目的に応じて最適な方法を選択することができる。

接続方法としては、例えば、

(a) 平面配列型MEA28の端面に露出している導体層42間をインターコネクタ38a、38bで接続する方法、

(b) 電解質膜22を貫通させたインターコネクタ38a、38bを用いて、導体層42間を接続する方法、

30

などがある。

【0025】

[B. サブMEAの個数]

図1に示す例では、合計3個のサブMEA28a、28b、28cが記載されているが、これは単なる例示である。サブMEAの個数は、2個でも良く、あるいは、4個以上であっても良い。

また、図1に示す例において、x軸方向(紙面に対して水平方向)に合計3個のサブMEA28a、28b、28cが並んでいるが、x軸方向に加えてy軸方向(紙面に対して垂直方向)にも複数個のサブMEAが配列していても良い。すなわち、平面配列型MEA28は、電解質膜22のx軸方向にn個(2)、y軸方向にm個(1)のサブMEAが配列しているものでも良い。

40

【0026】

[1.3. アノードガス拡散層及びカソードガス拡散層]

アノードガス拡散層30及びカソードガス拡散層32は、アノードセパレータ34及びカソードセパレータ36から供給される反応ガスを、それぞれ、アノード触媒層24及びカソード触媒層26に供給するためのものである。

【0027】

本発明において、アノードガス拡散層30及びカソードガス拡散層32の材料は、反応ガスを触媒層に供給可能な限りにおいて、特に限定されない。

アノードガス拡散層30及びカソードガス拡散層32の材料としては、例えば、金属多

50

孔体、炭素繊維不織布などがある。

アノードガス拡散層30及びカソードガス拡散層32の材料は、特に、金属多孔体が好ましい。金属多孔体は面内電気抵抗が小さいため、これをガス拡散層に用いると、ガス拡散層の面内方向に電流が流れる時の抵抗による損失を小さくすることができる。

【0028】

上述したように、サブMEA28a、28b、28cを互いに電氣的に孤立させるためには、アノードガス拡散層30及びカソードガス拡散層32もまた複数個の領域に分割されている必要がある。そのため、分割されたアノードガス拡散層30及びカソードガス拡散層32の隙間にもまた、隣接するガス拡散層を絶縁するための絶縁体層40と、隣接するサブMEAを直列に接続するための導体層42からなる隔壁44が挿入されている。

10

【0029】

[1.4. アノードセパレータ及びカソードセパレータ]

[1.4.1. 構造]

アノードセパレータ34及びカソードセパレータ36は、それぞれ、反応ガスをアノードガス拡散層30及びカソードガス拡散層32に供給するためのものである。

隣接するアノードセパレータ34とカソードセパレータ36との間の隙間には、冷却水路46が設けられていても良い。

【0030】

本発明において、アノードセパレータ34は、

電流の流入端にあるサブMEA(A)28cのアノードガス拡散層30のみと電氣的に接続するための導電領域(A)34aと、

20

サブMEA(A)28c以外のサブMEA28a、28bのアノードガス拡散層30との電氣的接続を遮断するための絶縁領域(A)34bとを備えている。

【0031】

また、カソードセパレータ36は、

電流の流出端にあるサブMEA(B)28aのカソードガス拡散層32のみと電氣的に接続するための導電領域(B)36aと、

サブMEA(B)28a以外のサブMEA28b、28cのカソードガス拡散層32との電氣的接続を遮断するための絶縁領域(B)36bとを備えている。

30

【0032】

さらに、z軸方向に積層された平面配列型単セル20、20は、隣接する一方の平面配列型単セル20の導電領域(A)34aと、他方の平面配列型単セル20の導電領域(B)36aとが電氣的に接続されるように積層されている。この点が、従来とは異なる。

なお、このような平面配列型単セル20、20の構造、及び、平面配列型単セル20、20間の接続方法は、電解質膜22の材料によらず適用することができる。すなわち、本発明は、固体高分子形燃料電池に対して好適であるが、本発明は他の形式の燃料電池に対しても適用することができる。

【0033】

40

平面配列型単セル20、20を積層する場合、アノードセパレータ34及びカソードセパレータ36として絶縁体を用い、平面配列型単セル20、20間をセル間コネクタで連結することも考えられる(図2参照)。しかし、セル間コネクタは単セルの厚みに相当する長さが必要となるため、抵抗損失が増大しやすい。一方、抵抗損失を軽減するためにセル間コネクタの断面積を大きくすると、スタックが大型化する。これに対し、導電領域と絶縁領域を備えたセパレータを用いて平面配列型単セル20、20間を連結すると、セル間コネクタが不要となり、抵抗損失の増大や体格の増大を抑制することができる。

【0034】

アノードセパレータ34及びカソードセパレータ36の形状は、反応ガスを拡散層に供給可能なものである限りにおいて、特に限定されない。アノードセパレータ34及びカソ

50

ードセパレータ 36 は、平板状であっても良く、あるいは、凹凸があっても良い。

アノードセパレータ 34 及びノ又はカソードセパレータ 36 に凹凸がある場合において、凹凸の振幅及びノ又は周期長を最適化すると、図 1 に示すように、両者を重ね合わせた時に、両者の間に隙間を形成することができる。そのため、この隙間を冷却水路 46 として利用することができ、冷却水路 46 を別途形成する必要がないという利点がある。

【0035】

[1.4.2. 材料]

アノードセパレータ 34 は、導電領域 (A) 34a と、絶縁領域 (A) 34b とを備えている。同様に、カソードセパレータ 36 は、導電領域 (B) 36a と、絶縁領域 (B) 36b とを備えている。アノードセパレータ 34 及びカソードセパレータ 36 を機能が異なる 2 つの領域に分割する方法は、特に限定されるものではなく、目的に応じて最適な方法を選択することができる。

10

【0036】

例えば、アノードセパレータ 34 の少なくとも 1 つは、導電性材料からなる基材 (A) と、基材 (A) の表面の内、絶縁領域 (A) 34b にのみ形成された絶縁コーティング (A) とを備えているものでも良い。

これに代えて又はこれに加えて、カソードセパレータ 36 の少なくとも 1 つは、導電性材料からなる基材 (B) と、基材 (B) の表面の内、絶縁領域 (B) 36b にのみ形成された絶縁コーティング (B) とを備えているものでも良い。

20

【0037】

この場合、基材 (A) (B) としては、例えば、ステンレス鋼、チタン、チタン合金などがある。

また、絶縁コーティング (A) (B) としては、例えば、フッ素樹脂コーティングがある。

【0038】

あるいは、アノードセパレータ 34 の少なくとも 1 つは、表面が絶縁酸化被膜で覆われた金属からなる基材 (C) と、基材 (C) の表面の内、導電領域 (A) 34a に形成された導電層 (A) とを備えているものでも良い。

30

これに代えて又はこれに加えて、カソードセパレータ 36 の少なくとも 1 つは、表面が絶縁酸化被膜で覆われた金属からなる基材 (D) と、基材 (D) の表面の内、導電領域 (B) 36a に形成された導電層 (B) とを備えているものでも良い。

【0039】

この場合、基材 (C) (D) としては、例えば、ステンレス鋼、チタン合金などがある。

40

導電層 (A) (B) は、導電性材料を含み、かつ、導電性材料が絶縁酸化膜を貫通して、基材 (D) を構成する金属と電氣的に接続されているものが好ましい。このような導電層 (A) (B) は、導電領域 (A) (B) の表面に導電処理を施すことで形成することができる。導電処理としては、例えば、窒化チタン粒子を含むスチレンブタジエンゴムを塗布し、面圧を印加する方法がある。

【0040】

[1.5. 各部のサイズ]

[1.5.1. 隣り合う触媒層間の間隔 d]

電解質膜 22 を分割しない平面配列型単セル 20 においては、隣接する触媒層の間の膜内にはプロトン電位の勾配が付くため、面内電流が流れる。この電流がある程度以上大き

50

くなると、カソードにおいて担体カーボンが酸化し、不可逆的に劣化するおそれがある。これを抑制するためには、隣り合う触媒層間の間隔（すなわち、サブMEAの間隔） d は、大きいほど良い。カーボン酸化を抑制するためには、 d は、1 mm以上が好ましい。

一方、 d を必要以上に大きくしても、効果に差が無く、実益がない。また、 d が過度に大きくなると、面積利用率（セルの総面積に対する、発電に利用されている面積の割合）が低下する。従って、 d は、 L 以下（但し、 L は、サブMEAを構成する触媒層の面内方向のサイズ）が好ましい。

【0041】

[1 . 5 . 2 . $R L^2$]

燃料電池スタック10は、次の式(4)の関係を満たしているものが好ましい。

$$R L^2 \leq 0.1 \times 3 V / I \quad \dots (4)$$

但し、

L は、前記サブMEAを構成する触媒層の面内方向のサイズ、

R は、前記サブMEAを構成するガス拡散層の面内方向の抵抗

V は、最大出力時の電圧、

I は、最大出力時の電流密度。

【0042】

式(4)は、損失(η_{loss})を10%以下にするための L と R の条件を表す。「損失(η_{loss})」とは、発電エネルギーに対する、ガス拡散層の面内方向に電流が流れる時の抵抗による損失エネルギーの比率をいう。

例えば、 $I = 2 \times 10^4 \text{ A} / \text{cm}^2$ 、 $V = 0.6 \text{ V}$ である場合、式(4)の右辺は、 $90 \text{ m} \cdot \text{cm}^2$ となる。すなわち、式(4)は、最大出力時の電流密度が $2 \times 10^4 \text{ A} / \text{cm}^2$ 、電圧が 0.6 V である場合に $L^2 \times R \leq 90 \text{ m} \cdot \text{cm}^2$ となるように、ガス拡散層の L 及び R を選択すると、 η_{loss} を10%以下にできることを表す。

【0043】

I 、 V 、 η_{loss} が上記の値とは異なる場合であっても、 $R L^2$ を $90 \text{ m} \cdot \text{cm}^2$ 以下にすることは、相対的に η_{loss} を小さくすることに相当する。 $R L^2$ は、好ましくは、 $80 \text{ m} \cdot \text{cm}^2$ 以下、さらに好ましくは、 $70 \text{ m} \cdot \text{cm}^2$ 以下である。

【0044】

[2 . 作用]

[2 . 1 . 平面配列型単セル]

現状、固体高分子形燃料電池においては、積層型セル（燃料電池スタック）が一般的に使用されている。燃料電池スタック内の総発電面積は、システムの要求出力から設定されている。また、総発電面積は、単セル発電面積と単セルの積層枚数との積により決まる。しかし、単セルの積層枚数が増えると、発電に使用できない部分（ガス供給口やシール部材領域など）の総面積が増える。そのため、スタック原価の低減の観点からは、単セル発電面積を増やして積層枚数を減らす設計が望ましい。

【0045】

他方、燃料電池スタックでは、単セル発電面積を増やすと出力電流が増えるため、抵抗起因の損失が増加する。これは、損失が電流値の二乗に比例するためである。そのため、燃料電池スタックでは、単セル発電面積を一定以上大きくできないという課題があった。

この課題は、燃料電池の性能が向上して面積当たりの電流密度が大きくなると、より重要な課題となる。すなわち、電流密度が大きくなると、出力電流を一定にするためには単セル発電面積を小さくする必要がある。しかし、ガス供給口やシール部材領域が占める面積は大きく変わらないため、単に単セル発電面積を小さくすると、相対的にガス供給口やシール部材領域が占める面積の割合が増えるという問題がある。

【0046】

これに対し、平面配列型単セルを用いると、個々のサブMEAの発電面積を小さくすることができる。また、同一面内にサブMEAが配列しているため、個々のサブMEA間でガス供給口を共有することができる。そのため、面積当たりの電流密度が大きい燃料電池

10

20

30

40

50

に対して本発明を適用すると、ガス供給口やシール部材領域が占める面積の割合を増加させることなく、単セル（サブMEA）の発電面積を小さくすることができる。

【0047】

[2.2. 絶縁領域と導電領域の双方を有するセパレータを用いた積層構造]

従来の平面配列型単セルでは、平面方向の接続のみを考慮しており、積層方向の接続を考慮していない。従来の平面配列型単セルを積層する場合において、セパレータとして電気伝導体を用いると、単セル間にショート電流が流れる。そのため、従来の平面配列型単セルを積層するためには、セパレータとして絶縁体を用い、セル間コネクタを用いて単セル間を接続する必要があった（図2参照）。

【0048】

しかし、圧力損失の制約があるため、セパレータに設けられる流路の厚みを小さくするのに限界がある。そのため、セル間コネクタは、セル内のインターコネクタに比べて長さが長くなり、損失が大きくなる。

損失を低減するには、セル間コネクタを太くすることも考えられる。例えば、膜厚みを $10\ \mu\text{m}$ 、流路厚みを $1\ \text{mm}$ とする。また、インターコネクタの長さは電解質膜の厚さと同等であり、かつ、セル間コネクタの長さは流路厚みの2倍と同等であるとする。この場合、セル間コネクタがインターコネクタと同等の抵抗になるためには、セル間コネクタの断面積は、インターコネクタの200倍にする必要がある。また、セル間コネクタを設けるためのシール部も新たに必要となる。

【0049】

これに対し、絶縁領域と導電領域の双方を有するセパレータを用いると、平面配列型単セルを簡便に直列積層することができる。また、損失を低減するための太いセル間コネクタが不要となる。

【0050】

[2.3. 表面処理による絶縁領域及び導電領域の形成]

セパレータは、導電領域と絶縁領域を別々の部材で作製することもできる。しかし、この場合、接続部のガスシール性を担保する必要があり、追加のコスト増加が懸念される。

これに対し、

(a) セパレータを導電性材料で作製した後、表面の一部を絶縁処理する方法、又は、
(b) 金属製セパレータの表面を酸化処理することにより、金属製セパレータの表面を絶縁酸化被膜で被覆し、表面の一部に導電処理を施す方法
を用いると、低コストで絶縁領域及び導電領域を有するセパレータを得ることができる。

【0051】

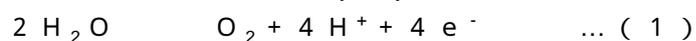
[2.4. 隣り合う触媒層間の間隔]

電解質膜を分割しない平面配列型単セルにおいては、電解質膜の面内プロトン輸送による損失及び劣化が懸念される。特に、OCV保持中（電圧： V_{OCV} 、電流： $0\ \text{A}$ ）の劣化に関する制約が厳しいと考えられる。

隣接する触媒層間の間隔を d とすると、隣接する触媒層の間の膜内には、プロトン電位の勾配（ $= V_{OCV} / d$ ）がつくため、面内電流が流れる。この電流がある程度以上大きいと、カソードでプロトン生成反応が誘発される可能性がある。

【0052】

カソードには水素が存在しないため、プロトン生成反応は、式(1)に示す「水から酸素が生じる反応」か、式(2)に示す「カーボンが酸化する反応」かのどちらかである。



【0053】

これらの内、カーボンが酸化する反応が生じると、触媒層に含まれる担体カーボンが消失して不可逆的に劣化する。この消失速度は、プロトン電位の勾配（ V_{OCV} / d ）を低減すること、すなわち、 d を増加することで低減することができる。

図3に、隣り合う触媒層間の間隔とカーボン酸化電流値との関係を示す。系を単純化し

10

20

30

40

50

て計算した場合、 d が 1 mm 未満の時にカーボン消失速度が顕著に増加すると試算された。このことから、 d は、1 mm 以上が好ましいことが分かった。

【0054】

[2.5. RL^2]

触媒層及びガス拡散層が分割された平面配列型単セルにおいて、分割された触媒層及びガス拡散層の面内を電流が流れる。一般に、触媒層よりガス拡散層の方が厚いため、ガス拡散層を流れる電流の方が大きいと考えられる。

【0055】

均一な発電分布を仮定したモデルを用いた場合、損失 η_{loss} (= 発電エネルギーに対する、ガス拡散層を面内方向に電流が流れる時の抵抗による損失エネルギーの比率) は、次の式(3)で表される。但し、 R はガス拡散層の面内電気抵抗 [Ω]、 I は電流密度 [A/cm^2]、 W は触媒層の奥行き方向 (図1の y 軸方向) の長さ [m]、 L は触媒層の面内方向 (図1の x 軸方向) の長さ [m]、 V はセル電圧 [V] である。

【0056】

【数1】

$$\eta_{loss} = \frac{\int_0^L R (Ix)^2 W dx}{IVWL} = \frac{RL^2}{3} \cdot \frac{I}{V} \quad \dots (3)$$

【0057】

η_{loss} を 10% に抑えることを考えると、式(3)より、次の式(4)が得られる。

$$RL^2 \leq 0.1 \times 3V / I \quad \dots (4)$$

最大出力時の電流密度が $2 \times 10^4 A/cm^2$ 、電圧が 0.6 V である場合、式(4)の右辺は、 $90 m^2/cm^2$ となる。すなわち、式(4)は、 $I = 2 \times 10^4 A/cm^2$ 、 $V = 0.6 V$ である場合において、 RL^2 が $90 m^2/cm^2$ 以下となるように、ガス拡散層の材料 (面内電気抵抗 R) に応じて面内方向の長さ L を選択すると、 η_{loss} を 10% 以下にすることができることを示している。

【0058】

[2.6. 金属多孔体からなるガス拡散層]

R が大きい場合、 RL^2 を所定の値以下にするためには、 L を小さくする必要がある。例えば、 R が 0.2 Ω/cm である場合において、 RL^2 を $90 m^2/cm^2$ 以下にするためには、 L を 7 mm 以下にする必要がある。一方、カーボン酸化反応を抑制するには、 d は 1 mm 以上である必要がある。この場合、電解質膜の面積利用率は 87.5% となる。面積利用率の低下は、コスト増に繋がる。

これに対し、金属多孔体は、他の電気伝導性材料に比べて、 R が小さい。そのため、ガス拡散層として金属多孔体を用いると、 L を相対的に大きくすることができ、面積利用率を向上させることができる。

【0059】

以上、本発明の実施の形態について詳細に説明したが、本発明は上記実施の形態に何ら限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の改変が可能である。

【産業上の利用可能性】

【0060】

本発明に係る燃料電池スタックは、車載動力源、定置型発電機などに用いることができる。

【符号の説明】

【0061】

- 10 燃料電池スタック
- 20 平面配列型単セル
- 22 電解質膜

10

20

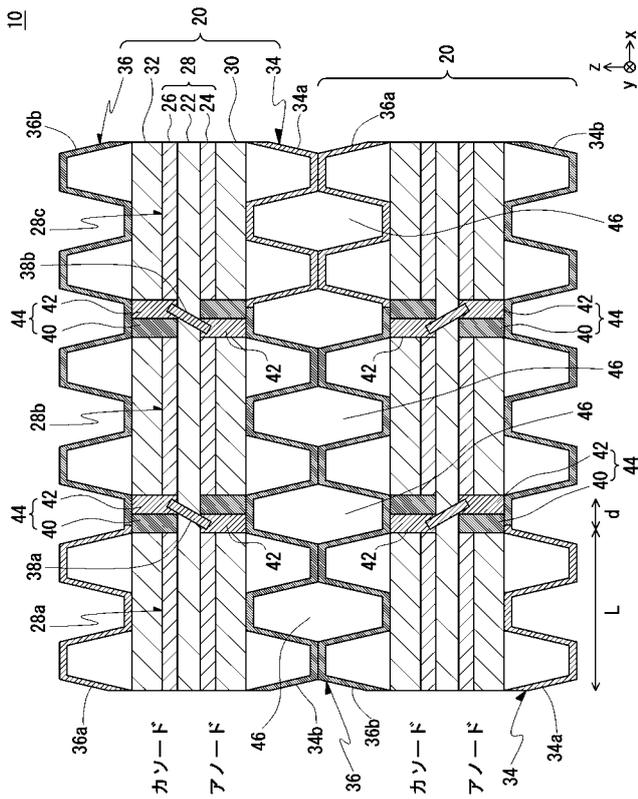
30

40

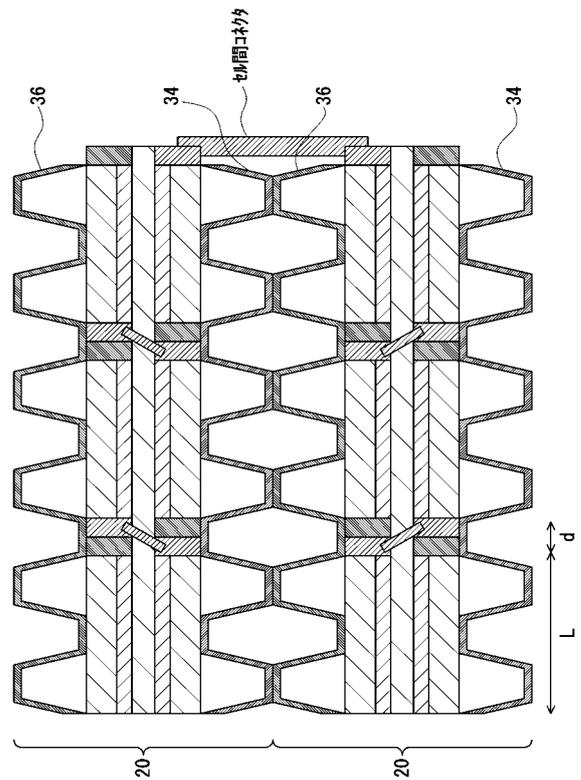
50

- 2 4 アノード
- 2 6 カソード
- 2 8 平面配列型 M E A
- 2 8 a ~ 2 8 c サブ M E A
- 3 0 アノードガス拡散層
- 3 2 カソードガス拡散層
- 3 4 アノードセパレータ
- 3 4 a 導電領域 (A)
- 3 4 b 絶縁領域 (A)
- 3 6 カソードセパレータ
- 3 6 a 導電領域 (B)
- 3 6 b 絶縁領域 (B)
- 3 8 a、3 8 b インターコネクタ
- 4 0 絶縁体層
- 4 2 導体層
- 4 4 隔壁

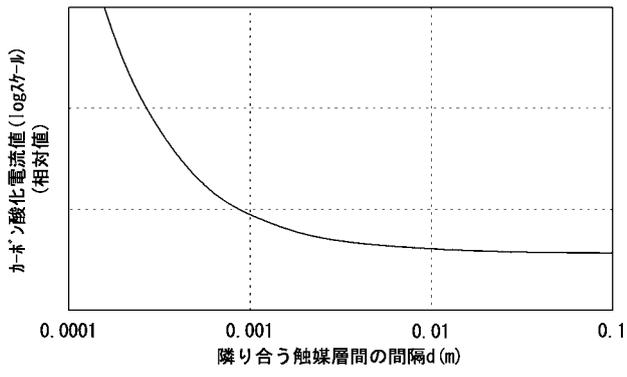
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)
<i>H 0 1 M</i>	<i>4/86</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 1 M</i>	<i>4/86</i>		<i>M</i>
<i>H 0 1 M</i>	<i>8/0267</i>	<i>(2016.01)</i>	<i>H 0 1 M</i>	<i>8/0267</i>		
<i>H 0 1 M</i>	<i>8/10</i>	<i>(2016.01)</i>	<i>H 0 1 M</i>	<i>8/10</i>	<i>1 0 1</i>	