

(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2019-53925
(P2019-53925A)

(43) 公開日 平成31年4月4日(2019.4.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/0258 (2016.01)	HO 1 M 8/0258	5 H 1 2 6
HO 1 M 8/12 (2016.01)	HO 1 M 8/12 1 O 1	
HO 1 M 8/1231 (2016.01)	HO 1 M 8/12 1 O 2 A	
HO 1 M 8/0265 (2016.01)	HO 1 M 8/1231	
	HO 1 M 8/0265	
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 26 頁)		

(21) 出願番号 特願2017-178148 (P2017-178148)
(22) 出願日 平成29年9月15日 (2017.9.15)

(71) 出願人 000004547
日本特殊陶業株式会社
愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号
(74) 代理人 110001911
特許業務法人アルファ国際特許事務所
(72) 発明者 上松 秀樹
愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号
日本特殊陶業株式会社内
(72) 発明者 大野 猛
愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号
日本特殊陶業株式会社内
(72) 発明者 濱谷 正吾
愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号
日本特殊陶業株式会社内
Fターム(参考) 5H126 AA02 AA08 AA15 BB06 EE11
EE22 EE26 EE29 EE31 JJ02

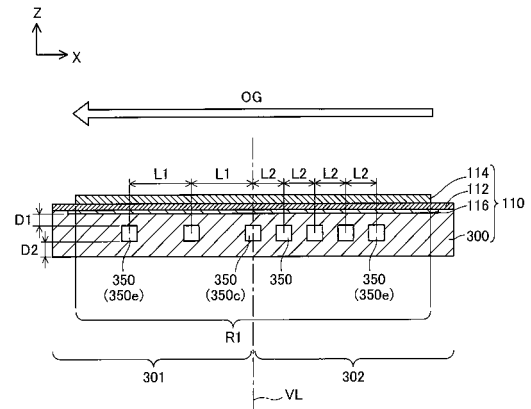
(54) 【発明の名称】 燃料電池スタック

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 燃料電池スタックの発電性能を十分に向上させる。

【解決手段】 燃料電池スタックは、第1の方向に並べて配置された複数の単セルを備える。各単セルは、電解質層112と、第1の電極層116および第2の電極層114と、多孔体により構成された支持体300とを含む。支持体には、第1の電極層に供給される第1のガスが流れる複数のガス流路孔350が形成されている。第2の電極層に供給される第2のガスの流れ方向は、各支持体の各ガス流路孔の延伸方向と交差している。支持体におけるガス流路孔の延伸方向に直交する特定断面を、第1の支持体部分と、第1の支持体部分より第2のガスの流れ方向の上流側に近い第2の支持体部分と、に分けたとき、第2の支持体部分に存在するガス流路孔の断面積の合計は、第1の支持体部分に存在するガス流路孔の断面積の合計より大きい。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

電解質層と、前記電解質層を挟んで互いに対向する第 1 の電極層および第 2 の電極層と、多孔体により構成され、前記第 1 の電極層に対して前記電解質層とは反対側に配置され、前記第 1 の電極層に供給される第 1 のガスが流れる複数のガス流路孔が形成された支持体と、をそれぞれ含み、第 1 の方向に並べて配置された複数の単セルと、

各前記支持体の各前記ガス流路孔に前記第 1 のガスを供給するガス供給路を構成するガス供給部材と、

を備える燃料電池スタックにおいて、

前記第 2 の電極層に供給される第 2 のガスの流れ方向は、各前記支持体の各前記ガス流路孔の延伸方向と交差し、

少なくとも 1 つの前記支持体について、前記ガス流路孔の延伸方向に直交する少なくとも 1 つの断面である特定断面において、前記第 1 の方向視で前記電解質層と前記第 1 の電極層と前記第 2 の電極層とに重なる領域を前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向に 2 等分する仮想直線により、前記支持体の前記特定断面を、第 1 の支持体部分と、前記第 1 の支持体部分より前記第 2 のガスの流れ方向の上流側に近い第 2 の支持体部分と、に分けたとき、前記第 2 の支持体部分に存在する前記ガス流路孔の断面積の合計は、前記第 1 の支持体部分に存在する前記ガス流路孔の断面積の合計より大きいことを特徴とする、燃料電池スタック。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の燃料電池スタックにおいて、

前記特定断面において、互いに隣り合う 2 つの前記ガス流路孔の図心間の距離は、前記第 2 のガスの流れ方向の上流側に近いほど短いことを特徴とする、燃料電池スタック。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の燃料電池スタックにおいて、

前記特定断面において、前記第 2 のガスの流れ方向の最も上流側の前記ガス流路孔の断面積が最も大きいことを特徴とする、燃料電池スタック。

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 までのいずれか一項に記載の燃料電池スタックにおいて、

前記特定断面において、各前記ガス流路孔について、前記第 1 の方向における前記ガス流路孔の縁から前記第 1 の電極層までの最短距離は、互いに略等しいことを特徴とする、燃料電池スタック。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本明細書によって開示される技術は、燃料電池スタックに関する。

【背景技術】**【0002】**

水素と酸素との電気化学反応を利用して発電を行う燃料電池の 1 つとして、固体酸化物形の燃料電池（以下、「SOFC」という）が知られている。SOFC の構成単位である単セルは、電解質層と、電解質層を挟んで所定の方向（以下、「第 1 の方向」という）に互いに対向する空気極層および燃料極層とを含む。

【0003】

また、単セルが、燃料極層に対して電解質層とは反対側に配置された支持体を備える構成が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。支持体は、多孔体により構成されており、燃料極層に供給される燃料ガスが流れる複数のガス流路孔が形成されている。

【0004】

また、SOFC は、一般に、複数の単セルが上記第 1 の方向に並べて配置された燃料電池スタックの形態で利用される。燃料電池スタックは、各単セルの支持体に形成された各ガス流路孔に燃料ガスを供給するガス供給路（一般に、マニホールドと呼ばれる）を構成

10

20

30

40

50

するガス供給部材を備える。ガス供給路（マニホールド）から各単セルの支持体に形成された各ガス流路孔に供給された燃料ガスは、多孔体である支持体の内部を拡散して燃料極層に供給され、燃料極層における電気化学反応に供される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2013-157190号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

燃料電池スタックの1タイプとして、各単セルにおいて、空気極層に供給される酸化剤ガスの流れ方向が、燃料ガスの流れ方向（すなわち、支持体に形成された各ガス流路孔の延伸方向）と交差するタイプの燃料電池スタックが知られている。このタイプの燃料電池スタックでは、各単セルにおける酸化剤ガスの流れ方向の上流側に近い部分において酸化剤ガスの濃度が高くなるため、この部分における潜在的な発電密度が高くなる。

【0007】

しかしながら、従来の燃料電池スタックでは、各単セルに含まれる支持体には、互いに略同一断面形状の複数のガス流路孔が、略均等間隔で形成されている。そのため、各単セルにおける酸化剤ガスの流れ方向の上流側に近い部分では、他の部分に比べて、燃料ガスの供給量が多くなってはいない。従って、従来の燃料電池スタックでは、各単セルにおける酸化剤ガスの流れ方向の上流側に近い部分において酸化剤ガスの供給量に対して燃料ガスの供給量が不足し、この部分における実際の発電密度を潜在的な発電密度に近い値まで高めることができず、その結果、燃料電池スタックの発電性能を十分に向上させることができない、という課題がある。

【0008】

なお、このような課題は、燃料電池スタックに含まれる各単セルにおいて、支持体が空気極層に対して電解質層とは反対側に配置され、支持体に酸化剤ガスが流れる複数のガス流路孔が形成された構成にも共通の課題である。また、このような課題は、SOFCに限らず、他のタイプの燃料電池スタックにも共通の課題である。

【0009】

本明細書では、上述した課題を解決することが可能な技術を開示する。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本明細書に開示される技術は、例えば、以下の形態として実現することが可能である。

【0011】

(1) 本明細書に開示される燃料電池スタックは、電解質層と、前記電解質層を挟んで互いに対向する第1の電極層および第2の電極層と、多孔体により構成され、前記第1の電極層に対して前記電解質層とは反対側に配置され、前記第1の電極層に供給される第1のガスが流れる複数のガス流路孔が形成された支持体と、をそれぞれ含み、第1の方向に並べて配置された複数の単セルと、各前記支持体の各前記ガス流路孔に前記第1のガスを供給するガス供給路を構成するガス供給部材と、を備える燃料電池スタックにおいて、前記第2の電極層に供給される第2のガスの流れ方向は、各前記支持体の各前記ガス流路孔の延伸方向と交差し、少なくとも1つの前記支持体について、前記ガス流路孔の延伸方向に直交する少なくとも1つの断面である特定断面において、前記第1の方向視で前記電解質層と前記第1の電極層と前記第2の電極層とに重なる領域を前記第1の方向に直交する第2の方向に2等分する仮想直線により、前記支持体の前記特定断面を、第1の支持体部分と、前記第1の支持体部分より前記第2のガスの流れ方向の上流側に近い第2の支持体部分と、に分けたとき、前記第2の支持体部分に存在する前記ガス流路孔の断面積の合計は、前記第1の支持体部分に存在する前記ガス流路孔の断面積の合計より大きい。本燃料電池スタックでは、各単セルに含まれる支持体において、第2の支持体部分に存在するガス

10

20

30

40

50

流路孔の断面積の合計が、第1の支持体部分に存在するガス流路孔の断面積の合計より大きい。そのため、本燃料電池スタックでは、各単セルにおける第2のガスの流れ方向の上流側に近い部分（第2の支持体部分に対応する部分）において、第2のガスの流れ方向の下流側に近い部分（第1の支持体部分に対応する部分）と比べて、第1のガスの供給量が多くなる。従って、本燃料電池スタックによれば、各単セルにおける第2のガスの流れ方向の上流側に近い部分において、第2のガスの供給量に対して第1のガスの供給量が不足することを抑制することができ、この部分における実際の発電密度を潜在的な発電密度に近い値まで高めることができ、その結果、燃料電池スタックの発電性能を十分に向上させることができる。

【0012】

(2) 上記燃料電池スタックにおいて、前記特定断面において、互いに隣り合う2つの前記ガス流路孔の図心間の距離は、前記第2のガスの流れ方向の上流側に近いほど短い構成としてもよい。本燃料電池スタックによれば、支持体における第2のガスの流れ方向の上流側に近い位置ほど第1のガスの供給量が多くなる。従って、本燃料電池スタックによれば、各単セルの各位置において、第2のガスの供給量と第1のガスの供給量とのバランスを適切にすることによって単セルの発電密度を効果的に高くすることができ、その結果、燃料電池スタックの発電性能を効果的に向上させることができる。

【0013】

(3) 上記燃料電池スタックにおいて、前記特定断面において、前記第2のガスの流れ方向の最も上流側の前記ガス流路孔の断面積が最も大きい構成としてもよい。本燃料電池スタックによれば、支持体における第2のガスの流れ方向の上流側に最も近いガス流路孔における第1のガスの流量が大きくなる。従って、本燃料電池スタックによれば、各単セルにおける第2のガスの流れ方向の上流側に近い部分において、第2のガスの供給量に対して第1のガスの供給量が不足することを効果的に抑制することができ、この部分における実際の発電密度を潜在的な発電密度に近い値まで高めることができ、その結果、燃料電池スタックの発電性能を効果的に向上させることができる。

【0014】

(4) 上記燃料電池スタックにおいて、前記特定断面において、各前記ガス流路孔について、前記第1の方向における前記ガス流路孔の縁から前記第1の電極層までの最短距離は、互いに略等しいことを特徴とする構成としてもよい。本燃料電池スタックによれば、単セルの各位置における第1の電極層への第1のガスの供給量のばらつきを抑制することができ、その結果、発電量のばらつきを抑制することができ、発電量のばらつきに伴う不具合（例えば単セルの割れ）の発生を抑制することができる。

【0015】

なお、本明細書に開示される技術は、種々の形態で実現することが可能であり、例えば、燃料電池スタックおよびその製造方法等の形態で実現することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本実施形態における燃料電池スタック100の外観構成を示す斜視図である。

【図2】図1のII-IIの位置における燃料電池スタック100のXZ断面構成を示す説明図である。

【図3】図1のIII-IIIの位置における燃料電池スタック100のYZ断面構成を示す説明図である。

【図4】図2に示す断面と同一の位置における互いに隣接する2つの発電単位102のXZ断面構成を示す説明図である。

【図5】図3に示す断面と同一の位置における互いに隣接する2つの発電単位102のYZ断面構成を示す説明図である。

【図6】支持体300の詳細構成を示す説明図である。

【図7】支持体300の製造方法の一例を模式的に示す説明図である。

【図8】比較例の燃料電池スタック100に含まれる単セル110Xの構成を示す説明図

10

20

30

40

50

である。

【図 9】単セル 110 の酸化剤ガス O G の流れ方向（X 軸方向）に沿った各位置における発電密度を模式的に示す説明図である。

【図 10】単セル 110 の酸化剤ガス O G の流れ方向（X 軸方向）に沿った各位置における燃料ガス F G の供給量を模式的に示す説明図である。

【図 11】第 1 の変形例における単セル 110 の構成を示す説明図である。

【図 12】第 2 の変形例における単セル 110 の構成を示す説明図である。

【図 13】第 3 の変形例における単セル 110 の構成を示す説明図である。

【図 14】第 4 の変形例における単セル 110 の構成を示す説明図である。

【図 15】性能評価の結果を示す説明図である。

10

【図 16】その他の変形例における単セル 110 の構成を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

A . 実施形態 :

A - 1 . 構成 :

(燃料電池スタック 100 の構成)

図 1 は、本実施形態における燃料電池スタック 100 の外観構成を示す斜視図であり、図 2 は、図 1 の I I - I I の位置における燃料電池スタック 100 の X Z 断面構成を示す説明図であり、図 3 は、図 1 の I I I - I I I の位置における燃料電池スタック 100 の Y Z 断面構成を示す説明図である。各図には、方向を特定するための互いに直交する X Y Z 軸が示されている。本明細書では、便宜的に、Z 軸正方向を「上方向」といい、Z 軸負方向を「下方向」というものとするが、燃料電池スタック 100 は実際にはそのような向きとは異なる向きで設置されてもよい。図 4 以降についても同様である。

20

【0018】

燃料電池スタック 100 は、複数の（本実施形態では 7 つの）発電単位 102 と、一対のエンドプレート 104 , 106 とを備える。7 つの発電単位 102 は、所定の配列方向（本実施形態では上下方向）に並べて配置されている。一対のエンドプレート 104 , 106 は、7 つの発電単位 102 から構成される集合体を上下から挟むように配置されている。なお、上記配列方向（上下方向）は、特許請求の範囲における第 1 の方向に相当する。

30

【0019】

燃料電池スタック 100 を構成する各層（発電単位 102、エンドプレート 104 , 106）の Z 軸方向回りの周縁部には、上下方向に貫通する複数の（本実施形態では 8 つの）孔が形成されており、各層に形成され互いに対応する孔同士が上下方向に連通して、一方のエンドプレート 104 から他方のエンドプレート 106 にわたって上下方向に延びる連通孔 108 を構成している。以下の説明では、連通孔 108 を構成するために燃料電池スタック 100 の各層に形成された孔も、「連通孔 108」という。

【0020】

各連通孔 108 には上下方向に延びるボルト 22 が挿入されており、ボルト 22 とボルト 22 の両側に嵌められたナット 24 とによって、燃料電池スタック 100 は締結されている。なお、図 2 および図 3 に示すように、ボルト 22 の一方の側（上側）に嵌められたナット 24 と燃料電池スタック 100 の上端を構成するエンドプレート 104 の上側表面との間、および、ボルト 22 の他方の側（下側）に嵌められたナット 24 と燃料電池スタック 100 の下端を構成するエンドプレート 106 の下側表面との間には、絶縁シート 26 が介在している。ただし、後述のガス通路部材 27 が設けられた箇所では、ナット 24 とエンドプレート 106 の表面との間に、ガス通路部材 27 とガス通路部材 27 の上側および下側のそれぞれに配置された絶縁シート 26 とが介在している。絶縁シート 26 は、例えばマイカシートや、セラミック繊維シート、セラミック圧粉シート、ガラスシート、ガラスセラミック複合剤等により構成される。

40

【0021】

50

各ボルト 2 2 の軸部の外径は各連通孔 1 0 8 の内径より小さい。そのため、各ボルト 2 2 の軸部の外周面と各連通孔 1 0 8 の内周面との間には、空間が確保されている。図 1 および図 2 に示すように、燃料電池スタック 1 0 0 の Z 軸方向回りの外周における 1 つの辺（Y 軸に平行な 2 つの辺の内の X 軸正方向側の辺）の midpoint 付近に位置するボルト 2 2（ボルト 2 2 A）と、そのボルト 2 2 A が挿入された連通孔 1 0 8 とにより形成された空間は、燃料電池スタック 1 0 0 の外部から酸化剤ガス O G が導入され、その酸化剤ガス O G を各発電単位 1 0 2 に供給するガス流路である酸化剤ガス導入マニホールド 1 6 1 として機能し、該辺の反対側の辺（Y 軸に平行な 2 つの辺の内の X 軸負方向側の辺）の midpoint 付近に位置するボルト 2 2（ボルト 2 2 B）と、そのボルト 2 2 B が挿入された連通孔 1 0 8 とにより形成された空間は、各発電単位 1 0 2 の空気室 1 6 6 から排出されたガスである酸化剤オフガス O O G を燃料電池スタック 1 0 0 の外部へと排出する酸化剤ガス排出マニホールド 1 6 2 として機能する。なお、本実施形態では、酸化剤ガス O G として、例えば空気が使用される。本実施形態における酸化剤ガス O G は、特許請求の範囲における第 2 のガスに相当する。

10

【 0 0 2 2 】

また、図 1 および図 3 に示すように、燃料電池スタック 1 0 0 の Z 軸方向回りの外周における 1 つの辺（X 軸に平行な 2 つの辺の内の Y 軸正方向側の辺）の midpoint 付近に位置するボルト 2 2（ボルト 2 2 D）と、そのボルト 2 2 D が挿入された連通孔 1 0 8 とにより形成された空間は、燃料電池スタック 1 0 0 の外部から燃料ガス F G が導入され、その燃料ガス F G を各発電単位 1 0 2 に供給する燃料ガス導入マニホールド 1 7 1 として機能し、該辺の反対側の辺（X 軸に平行な 2 つの辺の内の Y 軸負方向側の辺）の midpoint 付近に位置するボルト 2 2（ボルト 2 2 E）と、そのボルト 2 2 E が挿入された連通孔 1 0 8 とにより形成された空間は、各発電単位 1 0 2 の燃料室 1 7 6 から排出されたガスである燃料オフガス F O G を燃料電池スタック 1 0 0 の外部へと排出する燃料ガス排出マニホールド 1 7 2 として機能する。なお、本実施形態では、燃料ガス F G として、例えば都市ガスを改質した水素リッチなガスが使用される。本実施形態における燃料ガス F G は、特許請求の範囲における第 1 のガスに相当する。また、本実施形態における燃料ガス導入マニホールド 1 7 1 は、特許請求の範囲におけるガス供給路に相当し、本実施形態において燃料ガス導入マニホールド 1 7 1 を構成する各部材（後述するセパレータ 1 2 0、空気極側フレーム 1 3 0、燃料極側フレーム 1 4 0、インターコネクタ 1 5 0）は、特許請求の範囲におけるガス供給部材に相当する。

20

30

【 0 0 2 3 】

燃料電池スタック 1 0 0 には、4 つのガス通路部材 2 7 が設けられている。各ガス通路部材 2 7 は、中空筒状の本体部 2 8 と、本体部 2 8 の側面から分岐した中空筒状の分岐部 2 9 とを有している。分岐部 2 9 の孔は本体部 2 8 の孔と連通している。各ガス通路部材 2 7 の分岐部 2 9 には、ガス配管（図示せず）が接続される。また、図 2 に示すように、酸化剤ガス導入マニホールド 1 6 1 を形成するボルト 2 2 A の位置に配置されたガス通路部材 2 7 の本体部 2 8 の孔は、酸化剤ガス導入マニホールド 1 6 1 に連通しており、酸化剤ガス排出マニホールド 1 6 2 を形成するボルト 2 2 B の位置に配置されたガス通路部材 2 7 の本体部 2 8 の孔は、酸化剤ガス排出マニホールド 1 6 2 に連通している。また、図 3 に示すように、燃料ガス導入マニホールド 1 7 1 を形成するボルト 2 2 D の位置に配置されたガス通路部材 2 7 の本体部 2 8 の孔は、燃料ガス導入マニホールド 1 7 1 に連通しており、燃料ガス排出マニホールド 1 7 2 を形成するボルト 2 2 E の位置に配置されたガス通路部材 2 7 の本体部 2 8 の孔は、燃料ガス排出マニホールド 1 7 2 に連通している。

40

【 0 0 2 4 】

（エンドプレート 1 0 4，1 0 6 の構成）

一対のエンドプレート 1 0 4，1 0 6 は、略矩形の平板形状の導電性部材であり、例えばステンレスにより形成されている。一方のエンドプレート 1 0 4 は、最も上に位置する発電単位 1 0 2 の上側に配置され、他方のエンドプレート 1 0 6 は、最も下に位置する発電単位 1 0 2 の下側に配置されている。一対のエンドプレート 1 0 4，1 0 6 によって複

50

数の発電単位102が押圧された状態で挟持されている。上側のエンドプレート104は、燃料電池スタック100のプラス側の出力端子として機能し、下側のエンドプレート106は、燃料電池スタック100のマイナス側の出力端子として機能する。

【0025】

(発電単位102の構成)

図4は、図2に示す断面と同一の位置における互いに隣接する2つの発電単位102のXZ断面構成を示す説明図であり、図5は、図3に示す断面と同一の位置における互いに隣接する2つの発電単位102のYZ断面構成を示す説明図である。

【0026】

図4および図5に示すように、発電単位102は、単セル110と、セパレータ120と、空気極側フレーム130と、空気極側集電体134と、燃料極側フレーム140と、発電単位102の最上層および最下層を構成する一対のインターコネクタ150とを備えている。セパレータ120、空気極側フレーム130、燃料極側フレーム140、インターコネクタ150におけるZ軸方向回りの周縁部には、上述したボルト22が挿入される連通孔108に対応する孔が形成されている。

10

【0027】

インターコネクタ150は、略矩形の平板形状の導電性部材であり、例えばフェライト系ステンレスにより形成されている。インターコネクタ150は、発電単位102間の電氣的導通を確保すると共に、発電単位102間での反応ガスの混合を防止する。なお、本実施形態では、2つの発電単位102が隣接して配置されている場合、1つのインターコネクタ150は、隣接する2つの発電単位102に共有されている。すなわち、ある発電単位102における上側のインターコネクタ150は、その発電単位102の上側に隣接する他の発電単位102における下側のインターコネクタ150と同一部材である。また、燃料電池スタック100は一対のエンドプレート104、106を備えているため、燃料電池スタック100において最も上に位置する発電単位102は上側のインターコネクタ150を備えておらず、最も下に位置する発電単位102は下側のインターコネクタ150を備えていない(図2および図3参照)。

20

【0028】

単セル110は、電解質層112と、電解質層112を挟んで上下方向(発電単位102が並ぶ配列方向)に互いに対向する空気極層(カソード)114および燃料極層(アノード)116とを備える。本実施形態における空気極層114は、特許請求の範囲における第2の電極層に相当し、本実施形態における燃料極層116は、特許請求の範囲における第1の電極層に相当する。

30

【0029】

電解質層112は、略矩形の平板形状部材であり、例えば、YSZ(イットリア安定化ジルコニア)、ScSZ(スカンジウム安定化ジルコニア)、CaSZ(カルシア安定化ジルコニア)等の固体酸化物により形成されている。このように、本実施形態の単セル110は、電解質として固体酸化物を用いる固体酸化物形燃料電池(SOFC)である。空気極層114は、略矩形の平板形状部材であり、例えば、ペロブスカイト型酸化物(例えばLSCF(ランタンストロンチウムコバルト鉄酸化物)、LSM(ランタンストロンチウムマンガン酸化物)、LNF(ランタンニッケル鉄))により形成されている。燃料極層116は、略矩形の平板形状部材であり、例えば、Ni(ニッケル)、Niとセラミック粒子とからなるサーメット、Ni基合金等により形成されている。燃料極層116は、主として、電解質層112から供給される酸素イオンと燃料ガスFGに含まれる水素等との反応場として機能する。

40

【0030】

単セル110は、さらに、燃料極層116に対して電解質層112とは反対側(すなわち、燃料極層116の下側)に配置された支持体300を備える。支持体300は、導電性の多孔体により構成された略矩形の平板形状部材であり、例えば、Ni、Niとセラミック粒子とからなるサーメット、Ni基合金等により形成されている。支持体300には

50

、燃料ガスFGが流れる複数のガス流路孔350が形成されている。本実施形態では、複数のガス流路孔350はX軸方向に1列に並ぶように形成されており、各ガス流路孔350はY軸方向に延伸している。支持体300は、主として、単セル110を構成する他の層（燃料極層116、電解質層112、空気極層114）を支持すると共に、燃料ガスFGを燃料極層116側に拡散させる機能を有する。

【0031】

支持体300の下側の表面は、インターコネクタ150の上側の表面に接触している。ただし、上述したように、燃料電池スタック100において最も下に位置する発電単位102は下側のインターコネクタ150を備えていないため、当該発電単位102における支持体300は、下側のエンドプレート106の上側の表面に接触している。支持体300は、このような構成であるため、燃料極層116とインターコネクタ150（またはエンドプレート106）とを電氣的に接続する。支持体300の構成については、後に詳述する。

10

【0032】

なお、燃料極層116の触媒活性を高めるために、燃料極層116におけるNiの含有率（mol%）は、支持体300におけるNiの含有率より高いことが好ましい。また、支持体300の強度を高めるために、支持体300の上下方向（Z軸方向）における厚さは燃料極層116の上下方向における厚さより厚いことが好ましい。また、支持体300のガス拡散性を高めるために、支持体300の気孔率は燃料極層116の気孔率より高いことが好ましい。なお、燃料極層116と支持体300との境界は、例えば、単セル110において、上下方向（Z軸方向）に平行な1つの断面を走査型電子顕微鏡（SEM）によって撮影して得られるSEM画像において、燃料極層116と支持体300とのNiの含有率、Niの平均粒径や気孔率の相違等に基づき特定することができる。

20

【0033】

セパレータ120は、中央付近に上下方向に貫通する略矩形の孔121が形成されたフレーム状の部材であり、例えば、金属により形成されている。セパレータ120における孔121の周囲部分は、電解質層112における空気極層114の側の表面の周縁部に対向している。セパレータ120は、その対向した部分に配置された口ウ材（例えばAg口ウ）により形成された接合部124により、電解質層112（単セル110）と接合されている。セパレータ120により、単セル110に面する空間の内の空気極層114側の空間である空気室166と燃料極層116側の空間である燃料室176とが区画され、単セル110の周縁部における一方の電極層側から他方の電極層側へのガスのリークが抑制される。

30

【0034】

空気極側フレーム130は、中央付近に上下方向に貫通する略矩形の孔131が形成されたフレーム状の部材であり、例えば、マイカ等の絶縁体により形成されている。空気極側フレーム130の孔131は、上述した空気室166を構成する。空気極側フレーム130は、セパレータ120における電解質層112に対向する側とは反対側の表面の周縁部と、インターコネクタ150における空気極層114に対向する側の表面の周縁部とに接触している。また、空気極側フレーム130によって、発電単位102に含まれる一対のインターコネクタ150間が電氣的に絶縁される。また、空気極側フレーム130には、酸化剤ガス導入マニホールド161と空気室166とを連通する酸化剤ガス供給連通孔132と、空気室166と酸化剤ガス排出マニホールド162とを連通する酸化剤ガス排出連通孔133とが形成されている。

40

【0035】

燃料極側フレーム140は、中央付近に上下方向に貫通する略矩形の孔141が形成されたフレーム状の部材であり、例えば、金属により形成されている。燃料極側フレーム140の孔141は、上述した燃料室176を構成する。燃料極側フレーム140は、セパレータ120における電解質層112に対向する側の表面の周縁部と、インターコネクタ150における燃料極層116に対向する側の表面の周縁部とに接触している。また、燃

50

料極側フレーム 140 には、燃料ガス導入マニホールド 171 と燃料室 176 とを連通する燃料ガス供給連通孔 142 と、燃料室 176 と燃料ガス排出マニホールド 172 とを連通する燃料ガス排出連通孔 143 とが形成されている。

【0036】

図 5 に示すように、燃料極側フレーム 140 の孔 141 の内周面と、単セル 110 の外周面との間には、フェルト部材 190 が充填されている。フェルト部材 190 には、燃料極側フレーム 140 に形成された燃料ガス供給連通孔 142 と、支持体 300 に形成された各ガス流路孔 350 の一方側の開口と、を連通する供給側フェルト孔 191 と、燃料極側フレーム 140 に形成された燃料ガス排出連通孔 143 と、支持体 300 に形成された各ガス流路孔 350 の他方側の開口と、を連通する排出側フェルト孔 192 とが形成されている。このような構成により、燃料ガス FG の流路、すなわち、燃料ガス導入マニホールド 171 から燃料極側フレーム 140 の燃料ガス供給連通孔 142 およびフェルト部材 190 の供給側フェルト孔 191 を経て支持体 300 の各ガス流路孔 350 に至り、さらに、各ガス流路孔 350 からフェルト部材 190 の排出側フェルト孔 192 および燃料極側フレーム 140 の燃料ガス排出連通孔 143 を経て燃料ガス排出マニホールド 172 に至るガス流路が確保される。

10

【0037】

空気極側集電体 134 は、空気室 166 内に配置されている。空気極側集電体 134 は、複数の略四角柱状の集電体要素 135 から構成されており、例えば、フェライト系ステンレスにより形成されている。空気極側集電体 134 は、空気極層 114 における電解質層 112 に対向する側とは反対側の表面と、インターコネクタ 150 における空気極層 114 に対向する側の表面とに接触している。ただし、上述したように、燃料電池スタック 100 において最も上に位置する発電単位 102 は上側のインターコネクタ 150 を備えていないため、当該発電単位 102 における空気極側集電体 134 は、上側のエンドプレート 104 に接触している。空気極側集電体 134 は、このような構成であるため、空気極層 114 とインターコネクタ 150 (またはエンドプレート 104) とを電氣的に接続する。なお、空気極側集電体 134 とインターコネクタ 150 とが一体の部材として形成されていてもよい。

20

【0038】

A - 2 . 燃料電池スタック 100 の動作 :

30

図 2 および図 4 に示すように、酸化剤ガス導入マニホールド 161 の位置に設けられたガス通路部材 27 の分岐部 29 に接続されたガス配管 (図示せず) を介して酸化剤ガス OG が供給されると、酸化剤ガス OG は、ガス通路部材 27 の分岐部 29 および本体部 28 の孔を介して酸化剤ガス導入マニホールド 161 に供給され、酸化剤ガス導入マニホールド 161 から各発電単位 102 の酸化剤ガス供給連通孔 132 を介して、空気室 166 に供給され、さらに、空気室 166 に面する空気極層 114 に供給される。また、図 3 および図 5 に示すように、燃料ガス導入マニホールド 171 の位置に設けられたガス通路部材 27 の分岐部 29 に接続されたガス配管 (図示せず) を介して燃料ガス FG が供給されると、燃料ガス FG は、ガス通路部材 27 の分岐部 29 および本体部 28 の孔を介して燃料ガス導入マニホールド 171 に供給され、燃料ガス導入マニホールド 171 から各発電単位 102 の燃料ガス供給連通孔 142 および供給側フェルト孔 191 を介して支持体 300 に形成された各ガス流路孔 350 に供給され、さらに、多孔体である支持体 300 の内部を拡散して燃料極層 116 に供給される。

40

【0039】

各発電単位 102 の単セル 110 の空気極層 114 に酸化剤ガス OG が供給され、単セル 110 の燃料極層 116 に燃料ガス FG が供給されると、単セル 110 において酸化剤ガス OG および燃料ガス FG の電気化学反応による発電が行われる。この発電反応は発熱反応である。各発電単位 102 において、単セル 110 の空気極層 114 は空気極側集電体 134 を介して一方のインターコネクタ 150 に電氣的に接続され、燃料極層 116 は支持体 300 を介して他方のインターコネクタ 150 に電氣的に接続されている。また、

50

燃料電池スタック 100 に含まれる複数の発電単位 102 は、電氣的に直列に接続されている。そのため、燃料電池スタック 100 の出力端子として機能するエンドプレート 104, 106 から、各発電単位 102 において生成された電気エネルギーが取り出される。なお、SOFC は、比較的高温（例えば 700 から 1000）で発電が行われることから、起動後、発電により発生する熱で高温が維持できる状態になるまで、燃料電池スタック 100 が加熱器（図示せず）により加熱されてもよい。

【0040】

各発電単位 102 の空気室 166 から排出された酸化剤オフガス OOG は、図 2 および図 4 に示すように、酸化剤ガス排出連通孔 133 を介して酸化剤ガス排出マニホールド 162 に排出され、さらに酸化剤ガス排出マニホールド 162 の位置に設けられたガス通路部材 27 の本体部 28 および分岐部 29 の孔を経て、当該分岐部 29 に接続されたガス配管（図示せず）を介して燃料電池スタック 100 の外部に排出される。また、各発電単位 102 の支持体 300 に形成された各ガス流路孔 350 から排出された燃料オフガス FOG は、図 3 および図 5 に示すように、排出側フェルト孔 192 および燃料ガス排出連通孔 143 を介して燃料ガス排出マニホールド 172 に排出され、さらに燃料ガス排出マニホールド 172 の位置に設けられたガス通路部材 27 の本体部 28 および分岐部 29 の孔を経て、当該分岐部 29 に接続されたガス配管（図示しない）を介して燃料電池スタック 100 の外部に排出される。

10

【0041】

なお、燃料電池スタック 100 を構成する各単セル 110 において、図 2 および図 4 に示すように、空気極層 114 に供給される酸化剤ガス OOG の流れ方向は概ね X 軸方向であり、図 3 および図 5 に示すように、燃料極層 116 に供給される燃料ガス FG の流れ方向（すなわち、ガス流路孔 350 の延伸方向）は概ね Y 軸方向である。そのため、本実施形態の燃料電池スタック 100 では、酸化剤ガス OOG の流れ方向は、燃料ガス FG の流れ方向（ガス流路孔 350 の延伸方向）と交差していると言える。なお、酸化剤ガス OOG の流れ方向は、燃料ガス FG の流れ方向（ガス流路孔 350 の延伸方向）と略直交していることが好ましい。

20

【0042】

A-3. 支持体 300 の詳細構成：

図 6 は、支持体 300 の詳細構成を示す説明図である。図 6 には、支持体 300 を含む単セル 110 の、ガス流路孔 350 の延伸方向（すなわち、Y 軸方向）に直交する断面（すなわち、XZ 断面であり、以下「特定断面」という）の構成が示されている。

30

【0043】

以下の説明では、支持体 300 の特定断面（XZ 断面）において、Z 軸方向視で電解質層 112 と空気極層 114 と燃料極層 116 とのすべてに重なる領域を、「特定領域 R1」という。また、特定領域 R1 を Z 軸方向に直交する方向（本実施形態では X 軸方向であり、特許請求の範囲における第 2 の方向に相当する）に 2 等分する仮想的な直線を、「仮想直線 VL」という。また、支持体 300 の特定断面を仮想直線 VL により 2 つの部分に分けたとき、酸化剤ガス OOG の流れ方向の下流側（X 軸負方向側）に位置する部分を「下流側支持体部分 301」といい、酸化剤ガス OOG の流れ方向の上流側（X 軸正方向側）に位置する部分を「上流側支持体部分 302」という。本実施形態における下流側支持体部分 301 は、特許請求の範囲における第 1 の支持体部分に相当し、本実施形態における上流側支持体部分 302 は、特許請求の範囲における第 2 の支持体部分に相当する。

40

【0044】

本実施形態の燃料電池スタック 100 では、各単セル 110 に含まれる支持体 300 が、以下のような構成となっている。すなわち、支持体 300 には、7 個のガス流路孔 350 が形成されている。支持体 300 の特定断面（XZ 断面）において、各ガス流路孔 350 の断面形状は、互いに略同一である。より具体的には、各ガス流路孔 350 の断面形状は略矩形であり、各ガス流路孔 350 の幅（X 軸方向における大きさ）および高さ（Z 軸方向における大きさ）は互いに略同一である。ただし、各ガス流路孔 350 の間隔は均等

50

ではない。より具体的には、上流側支持体部分 302 における互いに隣り合う 2 つのガス流路孔 350 の図心間の X 軸方向における距離 L2 は、下流側支持体部分 301 における互いに隣り合う 2 つのガス流路孔 350 の図心間の X 軸方向における距離 L1 より短い。その結果、上流側支持体部分 302 に形成されたガス流路孔 350 の個数 (4.5 個) は、下流側支持体部分 301 に形成されたガス流路孔 350 の個数 (2.5 個) より多くなっている。そのため、本実施形態では、上流側支持体部分 302 に存在するガス流路孔 350 の断面積の合計は、下流側支持体部分 301 に存在するガス流路孔 350 の断面積の合計より大きくなっている。なお、本実施形態では、仮想直線 VL 上に 1 つのガス流路孔 350 (以下、「中央部ガス流路孔 350c」という) の中心が位置するため、この中央部ガス流路孔 350c は下流側支持体部分 301 および上流側支持体部分 302 のそれぞれに 0.5 個ずつ存在するものとみなした。また、本実施形態における支持体 300 の上記構成は、換言すれば、上流側支持体部分 302 における電解質層 112 に対向するガス流路孔 350 の断面積の合計は、下流側支持体部分 301 における電解質層 112 に対向するガス流路孔 350 の断面積の合計より大きい構成であると言える。

【0045】

また、本実施形態の燃料電池スタック 100 では、各単セル 110 に含まれる支持体 300 の特定断面 (XZ 断面) において、各ガス流路孔 350 について、Z 軸方向におけるガス流路孔 350 の縁から燃料極層 116 までの最短距離 D1 が互いに略等しい。なお、各ガス流路孔 350 についての上記最短距離 D1 が互いに略等しいとは、各ガス流路孔 350 についての上記最短距離 D1 の内、最大値 $D1_{max}$ と最小値 $D1_{min}$ との差が最大値 $D1_{max}$ の 5% 以下であること (すなわち、 $D1_{max} - D1_{min} \leq 0.05 \times D1_{max}$ の関係を満たすこと) を意味する。また、各ガス流路孔 350 についての上記最短距離 D1 は、Z 軸方向におけるガス流路孔 350 の高さの 1/2 以上であることが好ましい。また、各ガス流路孔 350 についての上記最短距離 D1 は、Z 軸方向におけるガス流路孔 350 の縁から支持体 300 の燃料極層 116 側とは反対側の表面までの最短距離 D2 (図 6 参照) 以下であることが好ましい。

【0046】

A-4. 支持体 300 の製造方法:

上述した構成の支持体 300 は、例えば、以下の方法により製造することができる。図 7 は、支持体 300 の製造方法の一例を模式的に示す説明図である。

【0047】

はじめに、支持体用グリーンシート 410 を作製する。具体的には、NiO 粉末 (50 重量部) と YSZ 粉末 (50 重量部) との混合粉末 (100 重量部) に対して、造孔材である有機ビーズ (混合粉末に対して 15 重量%) と、ブチラール樹脂と、可塑剤である DOP と、分散剤と、トルエン + エタノール混合溶剤とを加え、ボールミルにて混合して、スラリーを調整する。有機ビーズは、例えば、ポリメタクリル酸メチルやポリスチレンなどの高分子により形成された球状粒子である。得られたスラリーをドクターブレード法により薄膜化して、例えば厚さ $125 \mu\text{m}$ の支持体用グリーンシート 410 を作製する。なお、支持体用グリーンシート 410 の NiO 粉末と YSZ 粉末との比率は、その性能を満足する限り適宜変更可能であり、例えば NiO 粉末 : YSZ 粉末が 60 : 40 や 40 : 60 であっても構わない。つまり、NiO 粉末と YSZ 粉末との混合粉末が 100 重量部となるように、NiO 粉末は 40 ~ 60 重量部の間で適宜変更でき、残りを YSZ 粉末とすることができる。

【0048】

次に、1 層目の支持体用グリーンシート 410 (以下、「第 1 の支持体用グリーンシート 410A」という) を配置する。また、2 層目および 3 層目の支持体用グリーンシート 410 のそれぞれを切断して複数の短冊状シート (410B, 410C) を作製する。そして、2 層目の支持体用グリーンシート 410 から作製した短冊状シート 410B を、第 1 の支持体用グリーンシート 410A の上面に配置する。Z 軸方向視で、配置された各短冊状シート 410B のそれぞれの長手方向は、第 1 の支持体用グリーンシート 410A の

一の辺（Y軸に平行な辺）に略平行である。また、短冊状シート410B同士は、当該一の辺に直交する方向において互いに所定の間隔を空けて配置されている。これにより、短冊状シート410B間に溝Mが形成されている。次に、3層目の支持体用グリーンシート410から作製した複数の短冊状シート410Cを、短冊状シート410Bの上面に重ねるように配置する。なお、短冊状シートを重ねる層数は、2層に限定されず、3層以上でもよい。次に、4層目の支持体用グリーンシート410（以下、「第4の支持体用グリーンシート410D」という）を、短冊状シート410Cの上面を跨ぐように配置する。以上の工程により、4層の支持体用グリーンシート410により構成された支持体用グリーンシート積層体412が作製される。

【0049】

次に、支持体用グリーンシート積層体412を、例えば1400にて焼成を行う。これにより、支持体用グリーンシート積層体412の焼成体である支持体300が作製される。なお、予め支持体用グリーンシート積層体412の上記溝M内に可燃性材料ペーストを配置した上で焼成し、可燃性材料ペーストを焼失させてもよい。これによって、可燃性材料ペーストを使用しない場合に比べて、ガス流路孔350の形状が焼成によって変形することを抑制することができる。また、支持体用グリーンシート積層体412の焼成は、他のグリーンシート（例えば、燃料極層用グリーンシートや電解質層用グリーンシート）と同時に行われてもよい。また、支持体300の製造方法としては、上述したグリーンシートを積層する方法に限られず、押し出し成形による方法等の他の方法を採用することができる。

【0050】

なお、単セル110における支持体300以外の構成や、複数の単セル110を備える燃料電池スタック100は、公知の方法により製造することができるため、本明細書においては記載を省略する。

【0051】

A-5. 本実施形態の効果：

以上説明したように、本実施形態の燃料電池スタック100は、Z軸方向に並べて配置された複数の単セル110を備える。各単セル110は、電解質層112と、電解質層112を挟んで互に対向する燃料極層116および空気極層114と、燃料極層116に対して電解質層112とは反対側に配置された支持体300とを含む。支持体300は、多孔体により構成され、燃料極層116に供給される燃料ガスFGが流れる複数のガス流路孔350が形成されている。また、本実施形態の燃料電池スタック100は、各支持体300の各ガス流路孔350に燃料ガスFGを供給する燃料ガス導入マニホールド171を構成するガス供給部材（セパレータ120、空気極側フレーム130、燃料極側フレーム140、インターコネクタ150）を備える。また、本実施形態の燃料電池スタック100では、空気極層114に供給される酸化剤ガスOGの流れ方向は、各支持体300の各ガス流路孔350の延伸方向（Y軸方向）と交差している。また、本実施形態の燃料電池スタック100では、各支持体300について、ガス流路孔350の延伸方向（Y軸方向）に直交する特定断面（XZ断面）において、Z軸方向視で電解質層112と空気極層114と燃料極層116とに重なる特定領域R1をZ軸方向に直交する方向（X軸方向）に2等分する仮想直線VLにより、支持体300の特定断面が、下流側支持体部分301と、下流側支持体部分301より酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に近い上流側支持体部分302とに分けられる。このとき、上流側支持体部分302に存在するガス流路孔350の断面積の合計は、下流側支持体部分301に存在するガス流路孔350の断面積の合計より大きい。本実施形態の燃料電池スタック100は、このような構成であるため、発電性能を十分に向上させることができる。以下、この点について説明する。

【0052】

図8は、比較例の燃料電池スタック100に含まれる単セル110Xの構成を示す説明図である。比較例の単セル110Xでは、上記実施形態の単セル110と同様に、支持体300Xに7個のガス流路孔350が形成されており、各ガス流路孔350の断面形状は

10

20

30

40

50

互いに略同一である。しかしながら、比較例の単セル110Xでは、支持体300Xの各ガス流路孔350の間隔が均等である。すなわち、比較例の単セル110Xでは、上流側支持体部分302における互いに隣り合う2つのガス流路孔350の図心間の距離L2は、下流側支持体部分301における互いに隣り合う2つのガス流路孔350の図心間の距離L1と等しい。その結果、上流側支持体部分302に形成されたガス流路孔350の個数(3.5個)は、下流側支持体部分301に形成されたガス流路孔350の個数(3.5個)と同一となっている。従って、比較例の単セル110Xでは、上流側支持体部分302に存在するガス流路孔350の断面積の合計が、下流側支持体部分301に存在するガス流路孔350の断面積の合計と等しくなっている。

【0053】

ここで、上述したように、本実施形態(および比較例)の燃料電池スタック100では、酸化剤ガスOGの流れ方向(X軸方向)が、燃料ガスFGの流れ方向(ガス流路孔350の延伸方向であり、Y軸方向)と交差している(図6および図8参照)。そのため、燃料電池スタック100に含まれる各単セル110における酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側(X軸正方向側)に近い部分において、酸化剤ガスOGの濃度が高くなり、図9において曲線C12で表すように、この部分における潜在的な発電密度が高くなる。なお、図9は、単セル110の酸化剤ガスOGの流れ方向(X軸方向)に沿った各位置における発電密度を模式的に示す説明図である。

10

【0054】

また、上述したように、本実施形態(および比較例)の燃料電池スタック100では、各単セル110に含まれる支持体300に形成された各ガス流路孔350は、燃料ガス導入マニホールド171に連通している。

20

【0055】

また、燃料ガス導入マニホールド171では、燃料ガス導入マニホールド171の延伸方向(Z軸方向)に直交する方向(X軸方向)の両端部(壁面)付近において、流体抵抗の影響により燃料ガスFGの流速が低下する。そのため、各単セル110の支持体300に形成された複数のガス流路孔350の内、燃料ガス導入マニホールド171の上記両端部に近いガス流路孔350、すなわち、支持体300のX軸方向両端部に近い位置のガス流路孔(以下、「端部ガス流路孔350e」という。図6および図8参照)では、燃料ガスFGの流量が低下しやすい。その結果、単セル110における端部ガス流路孔350e

30

【0056】

上述したように、比較例の燃料電池スタックでは、各単セル110Xに含まれる支持体300Xにおいて、上流側支持体部分302に存在するガス流路孔350の断面積の合計が、下流側支持体部分301に存在するガス流路孔350の断面積の合計と等しくなっている。そのため、各単セル110Xにおける酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に近い部分(すなわち、上流側支持体部分302に対応する部分)において、酸化剤ガスOGの流れ方向の下流側に近い部分(すなわち、下流側支持体部分301に対応する部分)と比べて、燃料ガスFGの供給量が多くない。従って、比較例の燃料電池スタックでは、各単セル110Xにおける酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に近い部分において、酸化剤ガスOGの供給量に対して燃料ガスFGの供給量が不足し、この部分における実際の発電密度(図9において曲線C22で表す)を潜在的な発電密度(図9において曲線C12で表す)に近い値まで高めることができず、その結果、燃料電池スタックの発電性能が十分に向上しない。

40

【0057】

これに対し、本実施形態の燃料電池スタック100では、上述したように、各単セル110に含まれる支持体300において、上流側支持体部分302に存在するガス流路孔350の断面積の合計が、下流側支持体部分301に存在するガス流路孔350の断面積の

50

合計より大きい。そのため、図10において曲線C11で表すように、各単セル110における酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に近い部分（上流側支持体部分302に対応する部分）において、酸化剤ガスOGの流れ方向の下流側に近い部分（下流側支持体部分301に対応する部分）と比べて、燃料ガスFGの供給量が多くなる。従って、本実施形態の燃料電池スタックでは、各単セル110における酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に近い部分において、酸化剤ガスOGの供給量に対して燃料ガスFGの供給量が不足することを抑制することができ、この部分における実際の発電密度を潜在的な発電密度（図9において曲線C12で表す）に近い値まで高めることができ、その結果、燃料電池スタック100の発電性能を十分に向上させることができる。

【0058】

10

また、本実施形態の燃料電池スタック100では、各単セル110に含まれる支持体300の特定断面（XZ断面）において、各ガス流路孔350について、Z軸方向におけるガス流路孔350の縁から燃料極層116までの最短距離D1が互いに略等しい。そのため、本実施形態の燃料電池スタック100では、単セル110の各位置における燃料極層116への燃料ガスFGの供給量のばらつきを抑制することができ、その結果、発電量のばらつきを抑制することができ、発電量のばらつきに伴う不具合（例えば単セル110の割れ）の発生を抑制することができる。

【0059】

A-6. 本実施形態の変形例：

（第1の変形例）

20

図11は、第1の変形例における単セル110の構成を示す説明図である。以下では、第1の変形例の単セル110の構成の内、上述した実施形態の単セル110の構成と同一の構成については、同一の符号を付すことによってその説明を適宜省略する。

【0060】

図11に示す第1の変形例における単セル110では、上述した実施形態における単セル110と同様に、支持体300に7個のガス流路孔350が形成されており、支持体300の特定断面（XZ断面）において、各ガス流路孔350の断面形状は互いに略同一である。また、支持体300の特定断面（XZ断面）において、各ガス流路孔350について、Z軸方向におけるガス流路孔350の縁から燃料極層116までの最短距離D1は、互いに略等しい。また、上流側支持体部分302における互いに隣り合う2つのガス流路孔350の図心間の距離は、下流側支持体部分301における互いに隣り合う2つのガス流路孔350の図心間の距離より短く、その結果、上流側支持体部分302に形成されたガス流路孔350の個数（4.5個）は、下流側支持体部分301に形成されたガス流路孔350の個数（2.5個）より多くなっている。そのため、第1の変形例における単セル110では、上述した実施形態における単セル110と同様に、上流側支持体部分302に存在するガス流路孔350の断面積の合計が、下流側支持体部分301に存在するガス流路孔350の断面積の合計より大きくなっている。

30

【0061】

ただし、図11に示す第1の変形例における単セル110では、上述した実施形態における単セル110と異なり、上流側支持体部分302における互いに隣り合う2つのガス流路孔350の図心間の距離は互いに同一ではなく、かつ、下流側支持体部分301における互いに隣り合う2つのガス流路孔350の図心間の距離も互いに同一ではない。より具体的には、支持体300の全体にわたって、互いに隣り合う2つのガス流路孔350の図心間の距離は、酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に近いほど短くなっている。すなわち、各図心間距離を酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側から下流側に向けて順に、L21, L22, L23, L24, L11, L12とすると、以下の式(1)の関係が成り立っている。

40

$$L21 < L22 < L23 < L24 < L11 < L12 \quad \dots (1)$$

【0062】

以上説明したように、図11に示す第1の変形例における単セル110は、上述した実

50

施形態における単セル 110 と同様に、上流側支持体部分 302 に存在するガス流路孔 350 の断面積の合計が、下流側支持体部分 301 に存在するガス流路孔 350 の断面積の合計より大きい。そのため、第 1 の変形例における単セル 110 によれば、酸化剤ガス OG の流れ方向の上流側に近い部分において、酸化剤ガス OG の供給量に対して燃料ガス FG の供給量が不足することを抑制することができ、この部分における実際の発電密度を潜在的な発電密度に近い値まで高めることができ、その結果、この単セル 110 を複数備える燃料電池スタックの発電性能を十分に向上させることができる。

【0063】

また、図 11 に示す第 1 の変形例における単セル 110 は、上述した実施形態における単セル 110 と同様に、支持体 300 の特定断面 (XZ 断面) において、各ガス流路孔 350 について、Z 軸方向におけるガス流路孔 350 の縁から燃料極層 116 までの最短距離 D1 が互いに略等しい。そのため、第 1 の変形例における単セル 110 によれば、単セル 110 の各位置における燃料極層 116 への燃料ガス FG の供給量のばらつきを抑制することができ、その結果、発電量のばらつきを抑制することができ、発電量のばらつきに伴う不具合 (例えば単セル 110 の割れ) の発生を抑制することができる。

10

【0064】

さらに、図 11 に示す第 1 の変形例における単セル 110 では、互いに隣り合う 2 つのガス流路孔 350 の図心間の距離が、酸化剤ガス OG の流れ方向の上流側に近いほど短くなっているため、支持体 300 における酸化剤ガス OG の流れ方向の上流側に近い位置ほど燃料ガス FG の供給量が多くなる。従って、第 1 の変形例の単セル 110 によれば、単セル 110 の各位置において、酸化剤ガス OG の供給量と燃料ガス FG の供給量とのバランスを適切にすることによって単セル 110 の発電密度を効果的に高くすることができ、その結果、この単セル 110 を複数備える燃料電池スタックの発電性能を効果的に向上させることができる。

20

【0065】

(第 2 の変形例)

図 12 は、第 2 の変形例における単セル 110 の構成を示す説明図である。以下では、第 2 の変形例の単セル 110 の構成の内、上述した実施形態の単セル 110 の構成と同一の構成については、同一の符号を付すことによってその説明を適宜省略する。

【0066】

図 12 に示す第 2 の変形例における単セル 110 では、上述した実施形態における単セル 110 と同様に、支持体 300 に 7 個のガス流路孔 350 が形成されており、支持体 300 の特定断面 (XZ 断面) において、各ガス流路孔 350 の断面形状は略矩形である。

30

【0067】

ただし、図 12 に示す第 2 の変形例における単セル 110 では、上述した実施形態における単セル 110 と異なり、上流側支持体部分 302 における互いに隣り合う 2 つのガス流路孔 350 の図心間の距離 L2 は、下流側支持体部分 301 における互いに隣り合う 2 つのガス流路孔 350 の図心間の距離 L1 と同一であり、その結果、上流側支持体部分 302 に形成されたガス流路孔 350 の個数 (3 . 5 個) は、下流側支持体部分 301 に形成されたガス流路孔 350 の個数 (3 . 5 個) と同一となっている。

40

【0068】

また、図 12 に示す第 2 の変形例における単セル 110 では、上述した実施形態における単セル 110 と異なり、各ガス流路孔 350 の断面積が互いに略同一ではない。より具体的には、7 個のガス流路孔 350 の内、酸化剤ガス OG の最も下流側に位置する 1 つのガス流路孔 350 は、他の 6 個のガス流路孔 350 と比べて、断面の幅 (X 軸方向における大きさ) および高さ (Z 軸方向における大きさ) が小さく、その結果、断面積が小さい。換言すれば、第 2 の変形例における単セル 110 では、支持体 300 の特定断面 (XZ 断面) において、酸化剤ガス OG の流れ方向の最も上流側のガス流路孔 350 の断面積が最も大きい。なお、本明細書では、酸化剤ガス OG の流れ方向の最も上流側のガス流路孔 350 の断面積が最も大きいとは、ガス流路孔 350 に形成された M (M は 2 以上の整数

50

個のガス流路孔 350 の内、酸化剤ガス O G の流れ方向の上流側から数えて N (N は 1 以上の整数 (ただし、 $N < M$)) 個のガス流路孔 350 の断面積が互いに略等しく、かつ、該 N 個のガス流路孔 350 の断面積が他の ($M - N$) 個の) ガス流路孔 350 の断面積よりも大きい場合 (例えば、図 12 に示す場合) を含む。

【0069】

図 12 に示す第 2 の変形例における単セル 110 は、上述した構成であるため、上述した実施形態における単セル 110 と同様に、上流側支持体部分 302 に存在するガス流路孔 350 の断面積の合計が、下流側支持体部分 301 に存在するガス流路孔 350 の断面積の合計より大きい。そのため、第 2 の変形例における単セル 110 によれば、酸化剤ガス O G の流れ方向の上流側に近い部分において、酸化剤ガス O G の供給量に対して燃料ガス F G の供給量が不足することを抑制することができ、この部分における実際の発電密度を潜在的な発電密度に近い値まで高めることができ、その結果、この単セル 110 を複数備える燃料電池スタックの発電性能を十分に向上させることができる。

10

【0070】

また、図 12 に示す第 2 の変形例における単セル 110 では、支持体 300 の特定断面 (X Z 断面) において、酸化剤ガス O G の流れ方向の最も上流側のガス流路孔 350 の断面積が最も大きい。そのため、支持体 300 における酸化剤ガス O G の流れ方向の上流側に最も近いガス流路孔 350 における燃料ガス F G の流量が大きくなる。従って、第 2 の変形例における単セル 110 によれば、酸化剤ガス O G の流れ方向の上流側に近い部分において、酸化剤ガス O G の供給量に対して燃料ガス F G の供給量が不足することを効果的に抑制することができ、この部分における実際の発電密度を潜在的な発電密度に近い値まで高めることができ、その結果、この単セル 110 を複数備える燃料電池スタックの発電性能を効果的に向上させることができる。

20

【0071】

(第 3 の変形例)

図 13 は、第 3 の変形例における単セル 110 の構成を示す説明図である。以下では、第 3 の変形例の単セル 110 の構成の内、上述した実施形態の単セル 110 の構成と同一の構成については、同一の符号を付すことによってその説明を適宜省略する。

【0072】

図 13 に示す第 3 の変形例における単セル 110 では、上述した実施形態における単セル 110 と同様に、支持体 300 に 7 個のガス流路孔 350 が形成されており、支持体 300 の特定断面 (X Z 断面) において、各ガス流路孔 350 の断面形状は略矩形である。

30

【0073】

ただし、図 13 に示す第 3 の変形例における単セル 110 では、上述した実施形態における単セル 110 と異なり、上流側支持体部分 302 における互いに隣り合う 2 つのガス流路孔 350 の図心間の距離 L_2 は、下流側支持体部分 301 における互いに隣り合う 2 つのガス流路孔 350 の図心間の距離 L_1 と同一であり、その結果、上流側支持体部分 302 に形成されたガス流路孔 350 の個数 (3 . 5 個) は、下流側支持体部分 301 に形成されたガス流路孔 350 の個数 (3 . 5 個) と同一となっている。

【0074】

また、図 13 に示す第 3 の変形例における単セル 110 では、上述した実施形態における単セル 110 と異なり、各ガス流路孔 350 の断面積が互いに略同一ではない。より具体的には、7 個のガス流路孔 350 の内、酸化剤ガス O G の最も上流側に位置する 1 つのガス流路孔 350 は、他の 6 個のガス流路孔 350 と比べて、断面の幅 (X 軸方向における大きさ) および高さ (Z 軸方向における大きさ) が大きく、その結果、断面積が大きい。

40

【0075】

図 13 に示す第 3 の変形例における単セル 110 は、上述した構成であるため、上述した実施形態における単セル 110 と同様に、上流側支持体部分 302 に存在するガス流路孔 350 の断面積の合計が、下流側支持体部分 301 に存在するガス流路孔 350 の断面

50

積の合計より大きい。そのため、第3の変形例における単セル110によれば、酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に近い部分において、酸化剤ガスOGの供給量に対して燃料ガスFGの供給量が不足することを抑制することができ、この部分における実際の発電密度を潜在的な発電密度に近い値まで高めることができ、その結果、この単セル110を複数備える燃料電池スタックの発電性能を十分に向上させることができる。

【0076】

また、図13に示す第3の変形例における単セル110では、支持体300の特定断面(XZ断面)において、酸化剤ガスOGの流れ方向の最も上流側のガス流路孔350の断面積が最も大きい。そのため、支持体300における酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に最も近いガス流路孔350における燃料ガスFGの流量が大きくなる。従って、第3の変形例における単セル110によれば、酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に近い部分において、酸化剤ガスOGの供給量に対して燃料ガスFGの供給量が不足することを効果的に抑制することができ、この部分における実際の発電密度を潜在的な発電密度に近い値まで高めることができ、その結果、この単セル110を複数備える燃料電池スタックの発電性能を効果的に向上させることができる。

10

【0077】

(第4の変形例)

図14は、第4の変形例における単セル110の構成を示す説明図である。以下では、第4の変形例の単セル110の構成の内、上述した実施形態の単セル110の構成と同一の構成については、同一の符号を付すことによってその説明を適宜省略する。

20

【0078】

図14に示す第4の変形例における単セル110では、上述した実施形態における単セル110と同様に、支持体300に7個のガス流路孔350が形成されており、支持体300の特定断面(XZ断面)において、各ガス流路孔350の断面形状は略矩形である。また、支持体300の特定断面(XZ断面)において、各ガス流路孔350について、Z軸方向におけるガス流路孔350の縁から燃料極層116までの最短距離D1は、互いに略等しい。

【0079】

ただし、図14に示す第4の変形例における単セル110では、上述した実施形態における単セル110と異なり、上流側支持体部分302における互いに隣り合う2つのガス流路孔350の図心間の距離L2は、下流側支持体部分301における互いに隣り合う2つのガス流路孔350の図心間の距離L1と同一であり、その結果、上流側支持体部分302に形成されたガス流路孔350の個数(3.5個)は、下流側支持体部分301に形成されたガス流路孔350の個数(3.5個)と同一となっている。

30

【0080】

また、図14に示す第4の変形例における単セル110では、上述した実施形態における単セル110と異なり、各ガス流路孔350の断面積が互いに略同一ではない。より具体的には、7個のガス流路孔350の内、酸化剤ガスOGの最も上流側に位置する1つのガス流路孔350は、他の6個のガス流路孔350と比べて、断面の幅(X軸方向における大きさ)が大きく、その結果、断面積が大きい。なお、ガス流路孔350の高さ(Z軸方向における大きさ)に関しては、7個のガス流路孔350の高さは互いに略同一である。

40

【0081】

図14に示す第4の変形例における単セル110は、上述した構成であるため、上述した実施形態における単セル110と同様に、上流側支持体部分302に存在するガス流路孔350の断面積の合計が、下流側支持体部分301に存在するガス流路孔350の断面積の合計より大きい。そのため、第4の変形例における単セル110によれば、酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に近い部分において、酸化剤ガスOGの供給量に対して燃料ガスFGの供給量が不足することを抑制することができ、この部分における実際の発電密度を潜在的な発電密度に近い値まで高めることができ、その結果、この単セル110を複数

50

備える燃料電池スタックの発電性能を十分に向上させることができる。

【0082】

また、図14に示す第4の変形例における単セル110は、上述した実施形態における単セル110と同様に、支持体300の特定断面(XZ断面)において、各ガス流路孔350について、Z軸方向におけるガス流路孔350の縁から燃料極層116までの最短距離D1が互いに略等しい。そのため、第4の変形例における単セル110によれば、単セル110の各位置における燃料極層116への燃料ガスFGの供給量のばらつきを抑制することができ、その結果、発電量のばらつきを抑制することができ、発電量のばらつきに伴う不具合(例えば単セル110の割れ)の発生を抑制することができる。

【0083】

また、図14に示す第4の変形例における単セル110では、支持体300の特定断面(XZ断面)において、酸化剤ガスOGの流れ方向の最も上流側のガス流路孔350の断面積が最も大きい。そのため、支持体300における酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に最も近いガス流路孔350における燃料ガスFGの流量が大きくなる。従って、第4の変形例における単セル110によれば、酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に近い部分において、酸化剤ガスOGの供給量に対して燃料ガスFGの供給量が不足することを効果的に抑制することができ、この部分における実際の発電密度を潜在的な発電密度に近い値まで高めることができ、その結果、この単セル110を複数備える燃料電池スタックの発電性能を効果的に向上させることができる。

【0084】

A-7.性能評価:

上述した実施形態および変形例の単セル110を複数備える燃料電池スタック100の複数のサンプル(S1~S6)を用いて、性能評価を行った。図15は、性能評価の結果を示す説明図である。

【0085】

A-7-1.各サンプルについて:

性能評価に用いられた6つのサンプル(S1~S6)の内、サンプルS1は、上述した実施形態の単セル110(図6参照)に対応するものである。すなわち、サンプルS1では、上流側支持体部分302における互いに隣り合う2つのガス流路孔350の図心間の距離L2は、下流側支持体部分301における互いに隣り合う2つのガス流路孔350の図心間の距離L1より短い。その結果、上流側支持体部分302に形成されたガス流路孔350の個数(4.5個)は、下流側支持体部分301に形成されたガス流路孔350の個数(2.5個)より多くなっている。また、サンプルS1では、各ガス流路孔350の断面形状は略矩形であり、各ガス流路孔350の幅および高さは互いに略同一である。サンプルS1は、このような構成であるため、上流側支持体部分302に存在するガス流路孔350の断面積の合計が、下流側支持体部分301に存在するガス流路孔350の断面積の合計より大きい。

【0086】

また、サンプルS2は、上述した第1の変形例の単セル110(図11参照)に対応するものである。すなわち、サンプルS2では、支持体300の全体にわたって、互いに隣り合う2つのガス流路孔350の図心間の距離が、酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に近いほど短くなっている。すなわち、 $L21 < L22 < L23 < L24 < L11 < L12$ という関係が成り立っている。その結果、上流側支持体部分302に形成されたガス流路孔350の個数(4.5個)は、下流側支持体部分301に形成されたガス流路孔350の個数(2.5個)より多くなっている。また、サンプルS2では、各ガス流路孔350の断面形状は略矩形であり、各ガス流路孔350の幅および高さは互いに略同一である。サンプルS2は、このような構成であるため、上流側支持体部分302に存在するガス流路孔350の断面積の合計が、下流側支持体部分301に存在するガス流路孔350の断面積の合計より大きい。

【0087】

また、サンプル S 3 は、上述した第 2 の変形例の単セル 1 1 0 (図 1 2 参照) に対応するものである。すなわち、サンプル S 3 では、上流側支持体部分 3 0 2 における互いに隣り合う 2 つのガス流路孔 3 5 0 の図心間の距離 L_2 は、下流側支持体部分 3 0 1 における互いに隣り合う 2 つのガス流路孔 3 5 0 の図心間の距離 L_1 と同じである。その結果、上流側支持体部分 3 0 2 に形成されたガス流路孔 3 5 0 の個数 (3 . 5 個) は、下流側支持体部分 3 0 1 に形成されたガス流路孔 3 5 0 の個数 (3 . 5 個) と同一となっている。また、サンプル S 3 では、各ガス流路孔 3 5 0 の断面形状はすべて略矩形であるが、酸化剤ガス O G の最も下流側に位置する 1 つのガス流路孔 3 5 0 は、他の 6 個のガス流路孔 3 5 0 と比べて、断面の幅および高さが小さく、その結果、断面積が小さい。サンプル S 3 は、このような構成であるため、上流側支持体部分 3 0 2 に存在するガス流路孔 3 5 0 の断面積の合計が、下流側支持体部分 3 0 1 に存在するガス流路孔 3 5 0 の断面積の合計より大きい。

10

【 0 0 8 8 】

また、サンプル S 4 は、上述した第 3 の変形例の単セル 1 1 0 (図 1 3 参照) に対応するものである。すなわち、サンプル S 4 では、上流側支持体部分 3 0 2 における互いに隣り合う 2 つのガス流路孔 3 5 0 の図心間の距離 L_2 は、下流側支持体部分 3 0 1 における互いに隣り合う 2 つのガス流路孔 3 5 0 の図心間の距離 L_1 と同じである。その結果、上流側支持体部分 3 0 2 に形成されたガス流路孔 3 5 0 の個数 (3 . 5 個) は、下流側支持体部分 3 0 1 に形成されたガス流路孔 3 5 0 の個数 (3 . 5 個) と同一となっている。また、サンプル S 4 では、各ガス流路孔 3 5 0 の断面形状はすべて略矩形であるが、酸化剤ガス O G の最も上流側に位置する 1 つのガス流路孔 3 5 0 は、他の 6 個のガス流路孔 3 5 0 と比べて、断面の幅および高さが大きく、その結果、断面積が大きい。サンプル S 4 は、このような構成であるため、上流側支持体部分 3 0 2 に存在するガス流路孔 3 5 0 の断面積の合計が、下流側支持体部分 3 0 1 に存在するガス流路孔 3 5 0 の断面積の合計より大きい。

20

【 0 0 8 9 】

また、サンプル S 5 は、上述した第 4 の変形例の単セル 1 1 0 (図 1 4 参照) に対応するものである。すなわち、サンプル S 5 では、上流側支持体部分 3 0 2 における互いに隣り合う 2 つのガス流路孔 3 5 0 の図心間の距離 L_2 は、下流側支持体部分 3 0 1 における互いに隣り合う 2 つのガス流路孔 3 5 0 の図心間の距離 L_1 と同じである。その結果、上流側支持体部分 3 0 2 に形成されたガス流路孔 3 5 0 の個数 (3 . 5 個) は、下流側支持体部分 3 0 1 に形成されたガス流路孔 3 5 0 の個数 (3 . 5 個) と同一となっている。また、サンプル S 5 では、各ガス流路孔 3 5 0 の断面形状はすべて略矩形であるが、酸化剤ガス O G の最も上流側に位置する 1 つのガス流路孔 3 5 0 は、他の 6 個のガス流路孔 3 5 0 と比べて、断面の高さは同じであるが幅が大きく、その結果、断面積が大きい。サンプル S 5 は、このような構成であるため、上流側支持体部分 3 0 2 に存在するガス流路孔 3 5 0 の断面積の合計が、下流側支持体部分 3 0 1 に存在するガス流路孔 3 5 0 の断面積の合計より大きい。

30

【 0 0 9 0 】

また、サンプル S 6 は、上述した比較例の単セル 1 1 0 X (図 8 参照) に対応するものである。すなわち、サンプル S 6 では、上流側支持体部分 3 0 2 における互いに隣り合う 2 つのガス流路孔 3 5 0 の図心間の距離 L_2 は、下流側支持体部分 3 0 1 における互いに隣り合う 2 つのガス流路孔 3 5 0 の図心間の距離 L_1 と同じである。その結果、上流側支持体部分 3 0 2 に形成されたガス流路孔 3 5 0 の個数 (3 . 5 個) は、下流側支持体部分 3 0 1 に形成されたガス流路孔 3 5 0 の個数 (3 . 5 個) と同一となっている。また、サンプル S 6 では、各ガス流路孔 3 5 0 の断面形状は略矩形であり、各ガス流路孔 3 5 0 の幅および高さは互いに略同一である。サンプル S 6 は、このような構成であるため、上流側支持体部分 3 0 2 に存在するガス流路孔 3 5 0 の断面積の合計が、下流側支持体部分 3 0 1 に存在するガス流路孔 3 5 0 の断面積の合計と同一である。

40

【 0 0 9 1 】

50

なお、いずれのサンプルも、酸化剤ガスOGの流れ方向がガス流路孔350の延伸方向に略直交するような構成である。

【0092】

A-7-2. 評価項目および評価方法：

本性能評価では、燃料電池スタックの発電性能の評価を行った。具体的には、各サンプルを用いた燃料電池スタックについて、約700で空気極層114に酸化剤ガスOGを供給し、燃料極層116に燃料ガスFGを供給し、電流密度が 0.55 A/cm^2 のときの単セル110の出力電圧を測定し、その測定値を、初期電圧（定格発電運転前の出力電圧）とした。初期電圧が 0.920 V 以上である場合に「秀（ ）」と判定し、初期電圧が 0.9175 V 以上、 0.920 V 未満である場合に「優（○）」と判定し、初期電圧が 0.9150 V 以上、 0.9175 V 未満である場合に「良（ ）」と判定し、初期電圧が 0.9150 V 未満である場合に「不良（×）」と判定した。

10

【0093】

A-7-3. 評価結果：

図15に示すように、サンプルS6は、発電性能が「不良（×）」であると判定された。サンプルS6では、上流側支持体部分302に存在するガス流路孔350の断面積の合計が、下流側支持体部分301に存在するガス流路孔350の断面積の合計と等しい。そのため、各単セル110Xにおける酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に近い部分（すなわち、上流側支持体部分302に対応する部分）において、酸化剤ガスOGの流れ方向の下流側に近い部分（すなわち、下流側支持体部分301に対応する部分）と比べて、燃料ガスFGの供給量が多くない。従って、サンプルS6では、各単セル110Xにおける酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に近い部分において、酸化剤ガスOGの供給量に対して燃料ガスFGの供給量が不足し、この部分における実際の発電密度を潜在的な発電密度に近い値まで高めることができず、その結果、燃料電池スタックの発電性能が十分に向上しなかったものと考えられる。

20

【0094】

これに対し、サンプルS1～S5は、いずれも発電性能が「良（ ）」以上であると判定された。サンプルS1～S5では、上流側支持体部分302に存在するガス流路孔350の断面積の合計が、下流側支持体部分301に存在するガス流路孔350の断面積の合計より大きい。そのため、各単セル110における酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に近い部分（上流側支持体部分302に対応する部分）において、酸化剤ガスOGの流れ方向の下流側に近い部分（下流側支持体部分301に対応する部分）と比べて、燃料ガスFGの供給量が多くなる。従って、サンプルS1～S5では、各単セル110における酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に近い部分において、酸化剤ガスOGの供給量に対して燃料ガスFGの供給量が不足することを抑制することができ、この部分における実際の発電密度を潜在的な発電密度に近い値まで高めることができ、その結果、燃料電池スタック100の発電性能を十分に向上させることができたものと考えられる。

30

【0095】

このように、本性能評価により、酸化剤ガスOGの流れ方向がガス流路孔350の延伸方向と交差する燃料電池スタックにおいて、上流側支持体部分302に存在するガス流路孔350の断面積の合計が、下流側支持体部分301に存在するガス流路孔350の断面積の合計より大きい構成を採用すれば、燃料電池スタックの発電性能を十分に向上させることができることが確認された。

40

【0096】

なお、サンプルS2では、サンプルS6と比較して、支持体300（下流側支持体部分301および上流側支持体部分302）に形成されたガス流路孔350の断面積の総計が小さいが、発電性能の評価結果はサンプルS6の結果（不良（×））より良かった（「良（ ）」であった）。このことから、上流側支持体部分302に存在するガス流路孔350の断面積の合計が、下流側支持体部分301に存在するガス流路孔350の断面積の合計より大きい構成を採用することが、燃料電池スタックの発電性能の向上に極めて有効で

50

あることが確認された。

【0097】

また、サンプルS2では、最も高い評価である「秀()」と判定された。このことから、支持体300の全体にわたって、互いに隣り合う2つのガス流路孔350の図心間の距離が、酸化剤ガスOGの流れ方向の上流側に近いほど短くなっている構成を採用すれば、燃料電池スタックの発電性能を効果的に向上させることができることが確認された。

【0098】

B. その他の変形例：

本明細書で開示される技術は、上述の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形態に変形することができ、例えば次のような変形も可能である。

【0099】

上記実施形態における単セル110、発電単位102または燃料電池スタック100の構成は、あくまで一例であり、種々変形可能である。例えば、上記実施形態では、支持体300の下側の表面が、インターコネクタ150(またはエンドプレート106)の上側の表面に接触しているとしているが、支持体300とインターコネクタ150(またはエンドプレート106)との間に導電性の集電体が設けられ、該集電体を介して両者が電気的に接続されるとしてもよい。

【0100】

また、上記実施形態では、燃料極側フレーム140の孔141の内周面と単セル110の外周面との間に、フェルト部材190が充填されているが、必ずしもフェルト部材190が充填されている必要はない。フェルト部材190が充填されていない構成では、燃料ガスFGは、燃料ガス導入マニホールド171から燃料極側フレーム140の燃料ガス供給連通孔142を経て燃料室176内に供給され、燃料室176から支持体300の各ガス流路孔350内に供給される。あるいは、フェルト部材190が充填されていない構成において、燃料極側フレーム140の孔141の内周面と単セル110の外周面との間に隙間が存在せず、燃料ガスFGが、燃料ガス導入マニホールド171から燃料極側フレーム140の燃料ガス供給連通孔142を経て、直接、支持体300の各ガス流路孔350内に供給されるとしてもよい。

【0101】

また、上記実施形態では、支持体300に7個のガス流路孔350が形成されているが、支持体300に形成されるガス流路孔350の個数は7個以外であってもよい。また、上記実施形態では、支持体300の特定断面(XZ断面)における各ガス流路孔350の断面形状は略矩形であるが、各ガス流路孔350の断面形状は他の形状(例えば略円形や略楕円形)であってもよい。

【0102】

また、上記実施形態の単セル110では、ガス流路孔350の並ぶ方向(Y軸方向)において、空気極層114と電解質層112と燃料極層116とが連続的に形成されているが、図16に示す変形例のように、空気極層114と電解質層112と燃料極層116との内の少なくとも1つの層(例えば、図16の例では空気極層114)が不連続に形成されているとしてもよい。なお、この場合には、支持体300の特定断面(YZ断面)における特定領域R1は、Z軸方向視で、電解質層112と空気極層114と燃料極層116とのそれぞれの不連続部分を含むY軸方向の一方の端から他方の端に至る領域のすべてに重なる領域である。

【0103】

また、上記実施形態では、支持体300における任意の特定断面において、上述した構成(例えば、上流側支持体部分302に存在するガス流路孔350の断面積の合計が、下流側支持体部分301に存在するガス流路孔350の断面積の合計より大きくなっている構成)が採用されているが、少なくとも1つの特定断面において上述した構成が採用されていけばよい。

10

20

30

40

50

【0104】

また、上記実施形態において説明した支持体300の構成は、燃料電池スタック100に含まれるすべての単セル110において採用されていてもよいし、燃料電池スタック100に含まれる一部の単セル110のみにおいて採用されていてもよい。

【0105】

また、上記実施形態において、燃料電池スタック100に含まれる発電単位102の個数(すなわち、単セル110の個数)は、あくまで一例であり、発電単位102の個数は燃料電池スタック100に要求される出力電圧等に応じて適宜決められる。また、上記実施形態では、各ボルト22の軸部の外周面と各連通孔108の内周面との間の空間を各マニホールドとして利用しているが、これに代えて、各ボルト22の軸部に軸方向の孔を形成し、その孔を各マニホールドとして利用してもよい。また、各マニホールドを各ボルト22が挿入される各連通孔108とは別に設けてもよい。

10

【0106】

また、上記実施形態では、燃料電池スタック100に含まれる各単セル110が、燃料極層116に対して電解質層112とは反対側に配置され、燃料ガスFGが流れる複数のガス流路孔350が形成された支持体300を有するが、本願発明は、燃料電池スタック100に含まれる各単セル110が、空気極層114に対して電解質層112とは反対側に配置され、酸化剤ガスOGが流れる複数のガス流路孔が形成された支持体を有する構成にも同様に適用可能である。なお、本願発明がこのような構成に適用される場合には、空気極層114が特許請求の範囲における第1の電極層に相当し、燃料極層116が特許請求の範囲における第2の電極層に相当し、酸化剤ガスOGが特許請求の範囲における第1のガスに相当し、燃料ガスFGが特許請求の範囲における第2のガスに相当する。

20

【0107】

また、上記実施形態では、複数の略平板状の単セル110を備える燃料電池スタック100を例に説明したが、本願発明は、複数の扁平筒状の単セルを備える燃料電池スタックといった他の構成の燃料電池スタックにも同様に適用可能である。

【0108】

また、上記実施形態では、固体酸化物形燃料電池(SOFC)を例に説明したが、本願発明は、固体高分子形燃料電池(PEFC)、リン酸型燃料電池(PAFC)、熔融炭酸塩形燃料電池(MCFC)といった他のタイプの燃料電池スタックにも適用可能である。

30

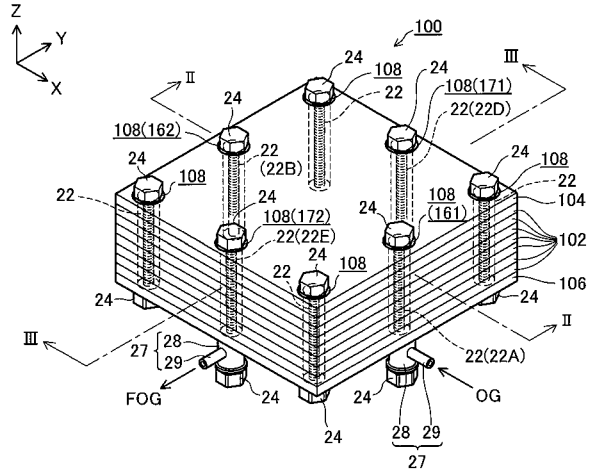
【符号の説明】

【0109】

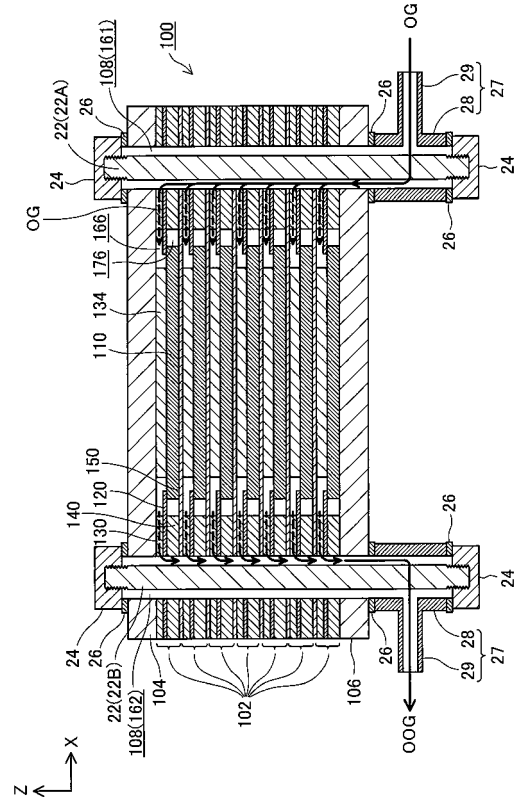
22：ボルト 24：ナット 26：絶縁シート 27：ガス通路部材 28：本体部
 29：分岐部 100：燃料電池スタック 102：発電単位 104：エンドプレート
 106：エンドプレート 108：連通孔 110：単セル 112：電解質層 114：空気極層
 116：燃料極層 120：セパレータ 121：孔 124：接合部
 130：空気極側フレーム 131：孔 132：酸化剤ガス供給連通孔 133：酸化剤ガス排出連通孔
 134：空気極側集電体 135：集電体要素 140：燃料極側フレーム 141：孔
 142：燃料ガス供給連通孔 143：燃料ガス排出連通孔 150：インターコネクタ
 161：酸化剤ガス導入マニホールド 162：酸化剤ガス排出マニホールド
 166：空気室 171：燃料ガス導入マニホールド 172：燃料ガス排出マニホールド
 176：燃料室 190：フェルト部材 191：供給側フェルト孔 192：排出側フェルト孔
 300：支持体 301：下流側支持体部分 302：上流側支持体部分 350：ガス流路孔
 410：支持体用グリーンシート 412：支持体用グリーンシート積層体

40

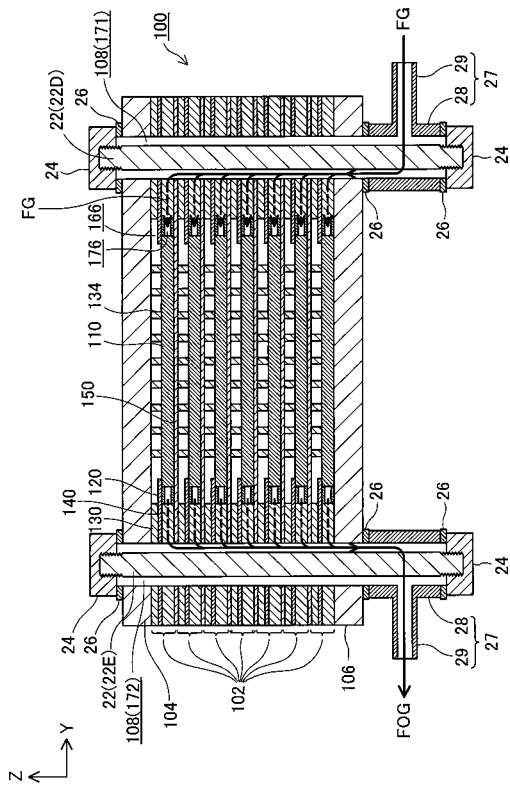
【 図 1 】



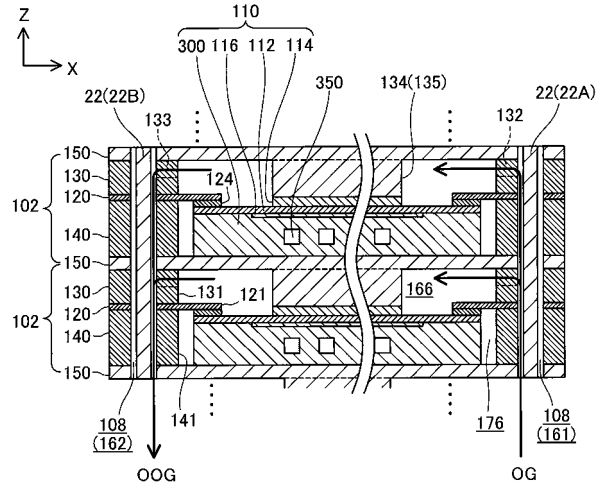
【 図 2 】



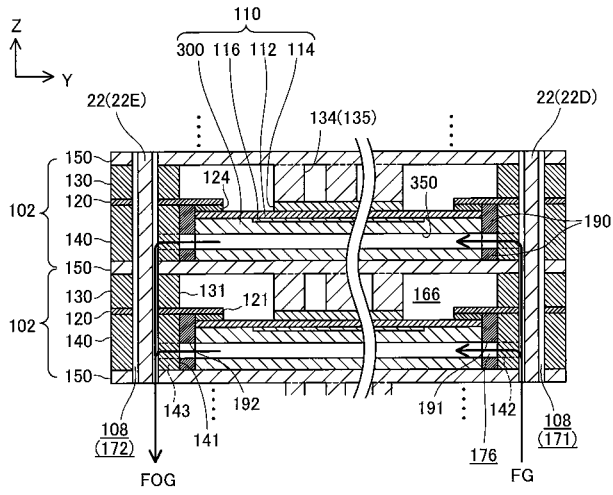
【 図 3 】



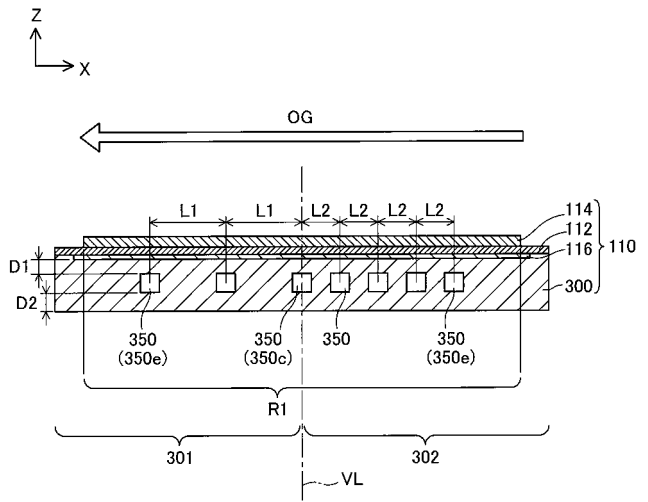
【 図 4 】



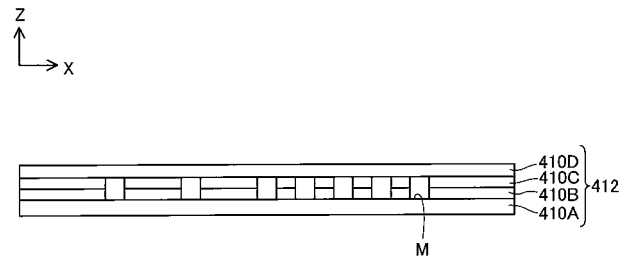
【 図 5 】



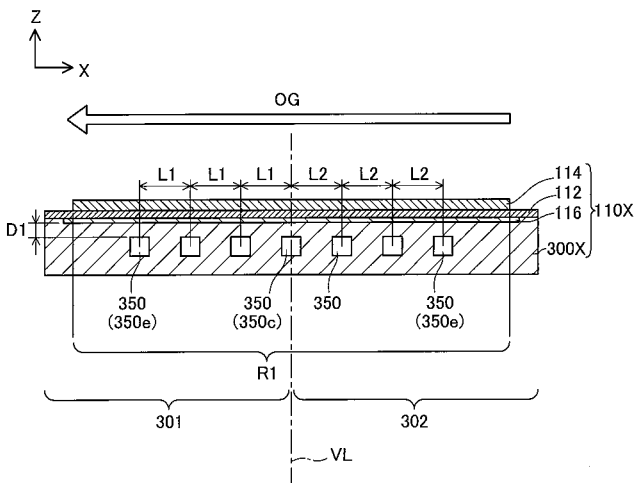
【 図 6 】



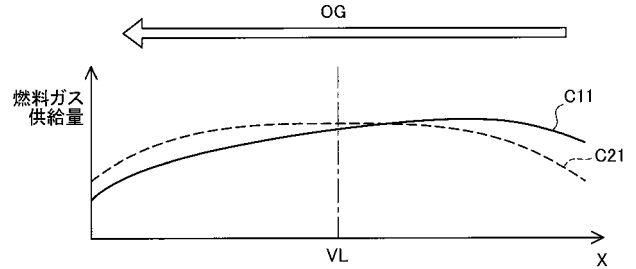
【 図 7 】



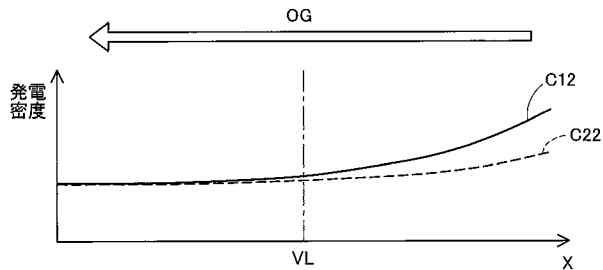
【 図 8 】



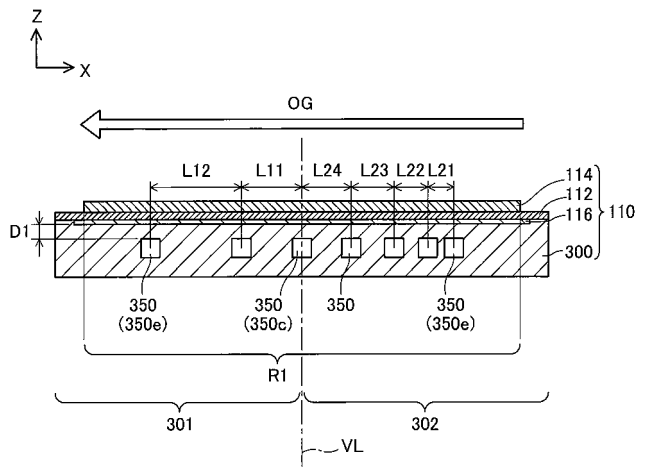
【 図 10 】



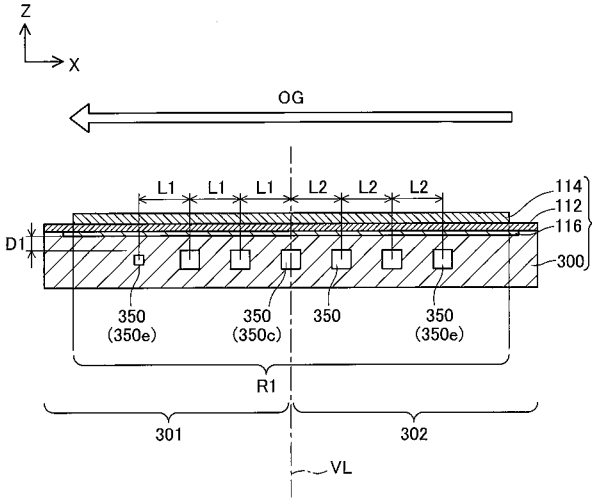
【 図 9 】



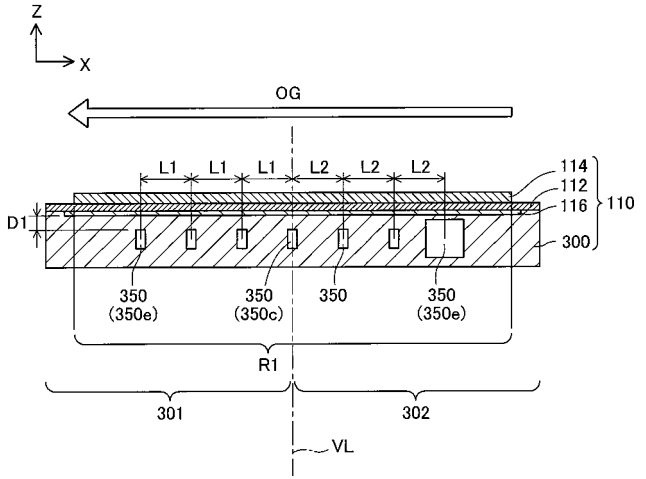
【 図 11 】



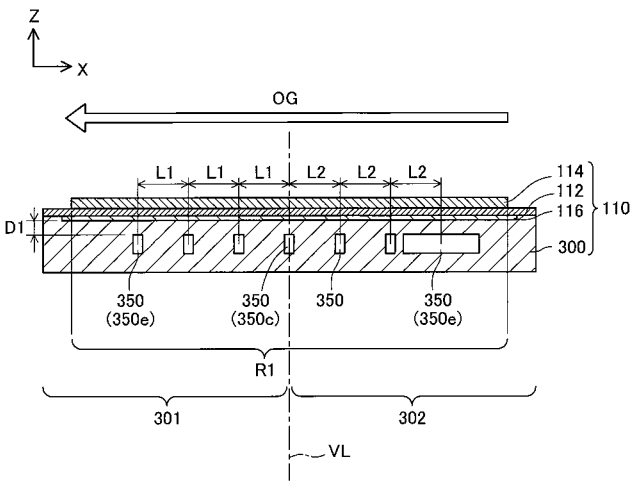
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】

ガス流路孔350の断面積の合計 (μm^2)	ガス流路孔350の大きさ(μm) および個数				ガス流路孔350の 図心間距離(μm)		発電 性能
	下流側 支持体部分 301	上流側 支持体部分 302	幅	高さ	個数	個数	
S1	156250	281250	250	250	2.5	15000	○
S2	156250	281250	250	250	2.5	(L12) 16000 (L11) 14000	◎
S3	171875	218750	125	125	1	10000	△
S4	109375	328125	125	250	3.5	10000	○
S5	109375	328125	125	250	3.5	10000	○
S6	218750	218750	250	250	3.5	10000	×

【 図 1 6 】

