

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2022-17724
(P2022-17724A)

(43)公開日 令和4年1月26日(2022.1.26)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 M 8/2465(2016.01)	H 0 1 M 8/2465	5 H 1 2 6
H 0 1 M 8/2432(2016.01)	H 0 1 M 8/2432	
H 0 1 M 8/0273(2016.01)	H 0 1 M 8/0273	
H 0 1 M 8/12 (2016.01)	H 0 1 M 8/12 1 0 1	
	H 0 1 M 8/12 1 0 2 A	
審査請求 有 請求項の数 10 O L (全22頁)		

(21)出願番号 特願2020-120432(P2020-120432)	(71)出願人 519322392
(22)出願日 令和2年7月14日(2020.7.14)	森村S O F Cテクノロジー株式会社 愛知県小牧市大字岩崎2 8 0 8 番地
	(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 森川 哲也 愛知県小牧市大字岩崎2 8 0 8 番地 森 村S O F Cテクノロジー株式会社内
	(72)発明者 堀田 信行 愛知県小牧市大字岩崎2 8 0 8 番地 森 村S O F Cテクノロジー株式会社内
	F ターム (参考) 5H126 AA13 AA22 BB06 DD05 JJ03

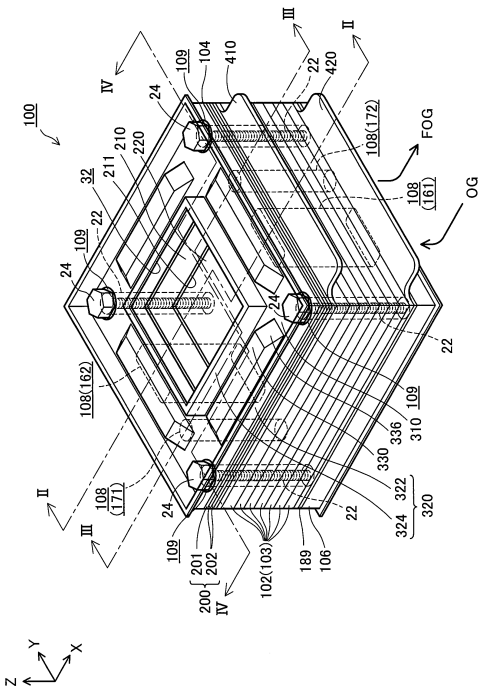
(54)【発明の名称】 電気化学反応セルスタック

(57)【要約】

【課題】コンプレッションシール部材からの反発力に起因してエンド部材が変形することを抑制する。

【解決手段】電気化学反応セルスタックは、電気化学反応ブロックと、一対のエンド部材と、第1の方向において互いに隣り合う電気化学反応単位のフレーム部材同士の間配置されたコンプレッションシール部材と、を備える。一対のエンド部材の少なくとも一方には、第1の方向視でコンプレッションシール部材に重なり、かつ、第1の方向に垂直な面方向に沿った平面部と、面方向に沿って延び、かつ、平面部より第1の方向に突出する凸部とが形成されている。

【選択図】 図1



【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第 1 の方向に互いに対向する空気極および燃料極とを含む単セルと、前記空気極に面する空気室または前記燃料極に面する燃料室を構成するフレーム貫通孔が形成されたフレーム部材と、を備える電気化学反応単位が、前記第 1 の方向に複数並べて配置された電気化学反応ブロックと、

前記電気化学反応ブロックにおける前記第 1 の方向の両側にそれぞれ位置し、前記第 1 の方向視で少なくとも一部が前記フレーム部材に重なるように配置された一対のエンド部材と、

前記第 1 の方向において互いに隣り合う前記電気化学反応単位の前記フレーム部材同士の間

10

に配置されたコンプレッションシール部材と、

を備える電気化学反応セルスタックにおいて、前記一対のエンド部材の少なくとも一方には、前記第 1 の方向視で前記コンプレッションシール部材に重なり、かつ、前記第 1 の方向に垂直な面方向に沿った平面部と、前記面方向に沿って延び、かつ、前記平面部より前記第 1 の方向に突出する凸部とが形成されている、

ことを特徴とする電気化学反応セルスタック。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電気化学反応セルスタックにおいて、

前記エンド部材の前記第 1 の方向に平行な少なくとも 1 つの断面において、前記凸部が複数形成されている、

20

ことを特徴とする電気化学反応セルスタック。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の電気化学反応セルスタックにおいて、

前記エンド部材には、前記第 1 の方向視で、エンド貫通孔が形成されており、

前記エンド部材における外周部と内周部との両方に前記凸部が形成されている、

ことを特徴とする電気化学反応セルスタック。

【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電気化学反応セルスタックにおいて、前記凸部は、前記エンド部材における全周にわたって形成されている、

30

ことを特徴とする電気化学反応セルスタック。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 までのいずれか一項に記載の電気化学反応セルスタックにおいて、前記エンド部材には、さらに、前記エンド部材の前記第 1 の方向に平行な少なくとも 1 つの断面において、前記平面部同士を連結し、前記第 1 の方向に隆起した隆起部が形成されている、

ことを特徴とする電気化学反応セルスタック。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 までのいずれか一項に記載の電気化学反応セルスタックにおいて、前記平面部からの前記凸部の立ち上がり長さは、前記平面部の厚さより大きい、

40

ことを特徴とする電気化学反応セルスタック。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 までのいずれか一項に記載の電気化学反応セルスタックにおいて、前記第 1 の方向視で、前記凸部の少なくとも 1 つは、前記コンプレッションシール部材に重なる位置に配置されている、

ことを特徴とする電気化学反応セルスタック。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 までのいずれか一項に記載の電気化学反応セルスタックにおいて、前記エンド部材の表面には、不動態被膜が形成されている、

ことを特徴とする電気化学反応セルスタック。

50

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 までのいずれか一項に記載の電気化学反応セルスタックにおいて、前記凸部と前記平面部とが R 部を介して連結されており、かつ、前記 R 部の内側面の半径は、前記平面部の厚さより大きい、ことを特徴とする電気化学反応セルスタック。

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 9 までのいずれか一項に記載の電気化学反応セルスタックにおいて、前記凸部の厚さと前記平面部の厚さとは同じである、ことを特徴とする電気化学反応セルスタック。

【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、電気化学反応セルスタックに関する。

【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種類の一つとして、固体酸化物を含む電解質層を備える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 の構成単位である燃料電池単セル（以下、単に「単セル」という）は、電解質層と、電解質層を挟んで所定方向（以下、「第 1 の方向」という）に互いに向向する空気極および燃料極とを含む。

【0003】

SOFC は、一般に、発電単位が、第 1 の方向に複数並べて配置された発電ブロックを備える燃料電池スタックの形態で利用される。発電単位は、例えば、単セルと、フレーム部材と、を備える。フレーム部材は、空気極に面する空気室または燃料極に面する燃料室を構成する貫通孔が形成されている。第 1 の方向において互いに隣り合う発電単位のフレーム部材同士の間には、コンプレッションシール部材が配置されている。また、燃料電池スタックは、さらに、一対のエンド部材を備える。一対のエンド部材は、発電ブロックにおける第 1 の方向の両側にそれぞれ位置し、第 1 の方向視で少なくとも一部がフレーム部材に重なるように配置されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2019-53926 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、上述した燃料電池スタックでは、エンド部材は、単に平板状の部材であり、剛性が低いため、コンプレッションシール部材からの反発力に起因してエンド部材が変形しやすい。その結果、例えば燃料電池スタックの性能が低下するおそれがある。

【0006】

なお、このような課題は、水の電気分解反応を利用して水素の生成を行う固体酸化物形の電解セル（以下、「SOEC」という。）の構成単位である電解セル単位を複数備える電解セルスタックにも共通の課題である。なお、本明細書では、燃料電池単セルと電解単セルとをまとめて電気化学反応単セルと呼び、燃料電池発電単位と電解セル単位とをまとめて電気化学反応単位と呼び、燃料電池スタックと電解セルスタックとをまとめて電気化学反応セルスタックと呼ぶ。また、このような課題は、SOFC や SOEC に限らず、他のタイプの電気化学反応セルスタックにも共通の課題である。

【0007】

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】

【0008】

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。

【0009】

(1) 本明細書に開示される電気化学反応セルスタックは、電解質層と前記電解質層を挟んで第1の方向に互いに対向する空気極および燃料極とを含む単セルと、前記空気極に面する空気室または前記燃料極に面する燃料室を構成するフレーム貫通孔が形成されたフレーム部材と、を備える電気化学反応単位が、前記第1の方向に複数並べて配置された電気化学反応ブロックと、前記電気化学反応ブロックにおける前記第1の方向の両側にそれぞれ位置し、前記第1の方向視で少なくとも一部が前記フレーム部材に重なるように配置された一対のエンド部材と、前記第1の方向において互いに隣り合う前記電気化学反応単位の前記フレーム部材同士の間配置されたコンプレッションシール部材と、を備える電気化学反応セルスタックにおいて、前記一対のエンド部材の少なくとも一方には、前記第1の方向視で前記コンプレッションシール部材に重なり、かつ、前記第1の方向に垂直な面方向に沿った平面部と、前記面方向に沿って延び、かつ、前記平面部より前記第1の方向に突出する凸部とが形成されている。

10

【0010】

本電気化学反応セルスタックによれば、凸部によってエンド部材の剛性が向上するため、エンド部材が凸部を備えない構成に比べて、コンプレッションシール部材からの反発力に起因してエンド部材が変形することを抑制することができる。

20

【0011】

(2) 上記電気化学反応セルスタックにおいて、前記エンド部材の前記第1の方向に平行な少なくとも1つの断面において、前記凸部が複数形成されている構成としてもよい。本電気化学反応セルスタックによれば、エンド部材の断面において、凸部が1つだけ形成された構成に比べて、エンド部材の剛性がさらに向上するため、コンプレッションシール部材からの反発力に起因してエンド部材が変形することを、より効果的に抑制することができる。

【0012】

(3) 上記電気化学反応セルスタックにおいて、前記エンド部材には、前記第1の方向視で、エンド貫通孔が形成されており、前記エンド部材における外周部と内周部との両方に前記凸部が形成されている構成としてもよい。本電気化学反応セルスタックによれば、エンド部材の剛性がさらに向上するため、コンプレッションシール部材からの反発力に起因してエンド部材が変形することを、より効果的に抑制することができる。

30

【0013】

(4) 上記電気化学反応セルスタックにおいて、前記凸部は、前記エンド部材における全周にわたって形成されている構成としてもよい。本電気化学反応セルスタックによれば、凸部の一部が欠けている構成に比べて、エンド部材の剛性がさらに向上するため、コンプレッションシール部材からの反発力に起因してエンド部材が変形することを、より効果的に抑制することができる。

【0014】

(5) 上記電気化学反応セルスタックにおいて、前記エンド部材には、さらに、前記エンド部材の前記第1の方向に平行な少なくとも1つの断面において、前記平面部同士を連結し、前記第1の方向に隆起した隆起部が形成されている構成としてもよい。本電気化学反応セルスタックによれば、エンド部材には、凸部に加えて、隆起部が形成されているため、エンド部材の剛性がさらに向上し、コンプレッションシール部材からの反発力に起因してエンド部材が変形することを、より効果的に抑制することができる。

40

【0015】

(6) 上記電気化学反応セルスタックにおいて、前記平面部からの前記凸部の立ち上がり長さは、前記平面部の厚さより大きい構成としてもよい。本電気化学反応セルスタックによれば、平面部からの凸部の立ち上がり長さが平面部の厚さ以下である構成に比べて、エンド部材の剛性がさらに向上するため、コンプレッションシール部材からの反発力に起因

50

してエンド部材が変形することを、より効果的に抑制することができる。

【0016】

(7) 上記電気化学反応セルスタックにおいて、前記第1の方向視で、前記凸部の少なくとも1つは、前記コンプレッションシール部材に重なる位置に配置されている構成としてもよい。本電気化学反応セルスタックによれば、凸部がコンプレッションシール部材に重ならない位置に配置された構成に比べて、コンプレッションシール部材によるシール性能を向上させることができる。

【0017】

(8) 上記電気化学反応セルスタックにおいて、前記エンド部材の表面には、不動態被膜が形成されている構成としてもよい。本電気化学反応セルスタックによれば、不動態被膜が形成されており、肉厚を厚くすることが難しいエンド部材を備える電気化学反応セルスタックに対して本発明は特に有用である。

10

【0018】

(9) 上記電気化学反応セルスタックにおいて、前記凸部と前記平面部とがR部を介して連結されており、かつ、前記R部の内側面の半径は、前記平面部の厚さより大きい構成としてもよい。本電気化学反応セルスタックによれば、凸部と平面部との間のR面の半径が平面部の厚さ以下である構成に比べて、凸部と平面部との境界部分に応力が集中することに起因して破損等することを抑制することができる。

【0019】

(10) 上記電気化学反応セルスタックにおいて、前記凸部の厚さと前記平面部の厚さとは同じである構成としてもよい。

20

【0020】

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、電気化学反応単セル（燃料電池単セルまたは電解単セル）、電気化学反応単セルを有する電気化学反応単位（燃料電池発電単位または電解セル単位）、複数の電気化学反応単位を備える電気化学反応セルスタック（燃料電池スタックまたは電解セルスタック）、それら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】

【0021】

【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

30

【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

【図3】 図1のIII-III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

【図4】 図1のIV-IV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

【図5】 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

【図6】 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XZ断面構成を示す説明図

40

【図7】 図4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

【発明を実施するための形態】

【0022】

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り、図3は、図1のIII-IIIの位置における燃料電池スタック100のX

50

Z断面構成を示す説明図であり、図4は、図1のIV-IV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。各図には、方向を特定するための互いに直交するXYZ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呼び、Z軸負方向を下方向と呼ぶものとするが、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5以降についても同様である。

【0023】

燃料電池スタック100は、複数の（本実施形態では7つの）燃料電池発電単位（以下、単に「発電単位」という。）102と、末端セパレータ210、上端プレート220、下端プレート189と、一对のターミナルプレート410、420、絶縁部200、一对のエンドプレート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。一对のターミナルプレート410、420のうち的一方（以下、「上側ターミナルプレート410」という。）は、7つの発電単位102から構成される集合体（以下、「発電ブロック103」という。）の上側に配置されており、一对のターミナルプレート410、420のうちの他方（以下、「下側ターミナルプレート420」という。）は、発電ブロック103の下側に配置されている。末端セパレータ210は、上側ターミナルプレート410の上側に配置されており、下端プレート189は、下側ターミナルプレート420の下側に配置されている。絶縁部200は、末端セパレータ210の上側に配置されている。一对のエンドプレート104、106のうち的一方（以下、「上側エンドプレート104」という。）は、絶縁部200の上側に配置されており、一对のエンドプレート104、106のうちの他の（以下、「下側エンドプレート106」という。）は、下端プレート189の下側に配置されている。一对のエンドプレート104、106は、発電ブロック103と、末端セパレータ210と、下端プレート189と、一对のターミナルプレート410、420、絶縁部200と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。

【0024】

図1および図4に示すように、燃料電池スタック100を構成する各層（発電ブロック103と、末端セパレータ210と、下端プレート189と、一对のターミナルプレート410、420、絶縁部200）のZ軸方向回りの外周の4つの角部付近には、各層を上下方向に貫通する孔が形成されている。上側エンドプレート104のZ軸方向回りの外周の4つの角部付近には、孔（ネジ孔）が貫通形成されており、下側エンドプレート106のZ軸方向回りの外周の4つの角部付近には、孔（ネジ孔）が貫通形成されている。これらの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、上下方向に延びるボルト孔109を構成している。以下の説明では、ボルト孔109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、ボルト孔109と呼ぶ場合がある。

【0025】

各ボルト孔109にはボルト22が挿入されている。各ボルト22の上端部は、上側エンドプレート104の孔を介してナット24のネジ孔に螺合しており、各ボルト22の下端部は、下側エンドプレート106の孔を介してナット24のネジ孔に螺合している。このような構成のボルト22およびナット24により、燃料電池スタック100の各層が一体に締結されている。

【0026】

また、図1から図3に示すように、燃料電池スタック100を構成する各層（各発電単位102、下側ターミナルプレート420、下端プレート189、下側エンドプレート106）のZ軸方向回りの周縁部には、各層を上下方向に貫通する4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、最上部の発電単位102から下側エンドプレート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と呼ぶ場合がある。

【0027】

10

20

30

40

50

図 1 および図 2 に示すように、燃料電池スタック 100 の Z 軸方向回りの外周を構成する 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）の付近に位置する 1 つの連通孔 108 は、燃料電池スタック 100 の外部から酸化剤ガス OG が導入され、その酸化剤ガス OG を各発電単位 102 の後述する空気室 166 に供給するガス流路である酸化剤ガス供給マニホールド 161 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）の付近に位置する 1 つの連通孔 108 は、各発電単位 102 の空気室 166 から排出されたガスである酸化剤オフガス OOG を燃料電池スタック 100 の外部へ排出するガス流路である酸化剤ガス排出マニホールド 162 として機能する。なお、酸化剤ガス OG としては、例えば空気が使用される。

【0028】

また、図 1 および図 3 に示すように、燃料電池スタック 100 の Z 軸方向回りの外周を構成する辺の内、上述した酸化剤ガス排出マニホールド 162 として機能する連通孔 108 に最も近い辺の付近に位置する他の 1 つの連通孔 108 は、燃料電池スタック 100 の外部から燃料ガス FG が導入され、その燃料ガス FG を各発電単位 102 の後述する燃料室 176 に供給するガス流路である燃料ガス供給マニホールド 171 として機能し、上述した酸化剤ガス供給マニホールド 161 として機能する連通孔 108 に最も近い辺の付近に位置する他の 1 つの連通孔 108 は、各発電単位 102 の燃料室 176 から排出されたガスである燃料オフガス FOG を燃料電池スタック 100 の外部へ排出するガス流路である燃料ガス排出マニホールド 172 として機能する。なお、燃料ガス FG としては、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。

【0029】

図 2 および図 3 に示すように、燃料電池スタック 100 には、4 つのガス通路部材 27 が設けられている。各ガス通路部材 27 は、中空筒状の本体部 28 と、本体部 28 の側面から分岐した中空筒状の分岐部 29 とを有している。分岐部 29 の孔は本体部 28 の孔と連通している。各ガス通路部材 27 の分岐部 29 には、ガス配管（図示せず）が接続される。図 2 に示すように、酸化剤ガス供給マニホールド 161 の位置に配置されたガス通路部材 27 の本体部 28 の孔は、酸化剤ガス供給マニホールド 161 に連通しており、酸化剤ガス排出マニホールド 162 の位置に配置されたガス通路部材 27 の本体部 28 の孔は、酸化剤ガス排出マニホールド 162 に連通している。また、図 3 に示すように、燃料ガス供給マニホールド 171 の位置に配置されたガス通路部材 27 の本体部 28 の孔は、燃料ガス供給マニホールド 171 に連通しており、燃料ガス排出マニホールド 172 の位置に配置されたガス通路部材 27 の本体部 28 の孔は、燃料ガス排出マニホールド 172 に連通している。なお、各ガス通路部材 27 と下側エンドプレート 106 の表面との間には、絶縁シート 26 が介在している。

【0030】

（エンドプレート 104，106 の構成）

一対のエンドプレート 104，106 は、Z 軸方向視での外形が略矩形の平板状の部材であり、例えばステンレス等の導電材料により形成されている。一対のエンドプレート 104，106 の中央付近には、それぞれ、Z 軸方向に貫通する孔 32，34 が形成されている。Z 軸方向視で、一対のエンドプレート 104，106 のそれぞれに形成された孔 32，34 の内周線は、後述する各単セル 110 の少なくとも一部を内包している。各ボルト 22 およびナット 24 による締結によって生じる Z 軸方向の圧縮力は、主として各発電単位 102 の周縁部（後述する各単セル 110 より外周側の部分）に作用する。なお、エンドプレート 104，106 は、特許請求の範囲における一対のエンド部材に相当する。エンドプレート 104，106 の具体的構成については後述する。

【0031】

（ターミナルプレート 410，420 の構成）

一対のターミナルプレート 410，420 は、Z 軸方向視での外形が略矩形の平板状の部材であり、例えばステンレス等の導電材料により形成されている。上側ターミナルプレート 410 の中央付近には、Z 軸方向に貫通する孔 412 が形成されている。Z 軸方向視で

10

20

30

40

50

、上側ターミナルプレート４１０に形成された孔４１２の内周線は、後述する各単セル１１０を内包している。Ｚ軸方向視で、一対のターミナルプレート４１０，４２０のそれぞれの一方側（Ｘ軸正方向側）の端部は、発電ブロック１０３から側方に張り出している。本実施形態では、上側ターミナルプレート４１０の張り出し部分は、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、下側ターミナルプレート４２０の張り出し部分は、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。

【００３２】

（上端プレート２２０の構成）

上端プレート２２０は、Ｚ軸方向視での外形が略矩形の平板状の部材であり、例えばステンレス等の導電材料により形成されている。上端プレート２２０は、発電ブロック１０３の上側に配置されており、発電ブロック１０３における上端に位置するインターコネクタ１９０に電氣的に接続されている。本実施形態では、上端プレート２２０とインターコネクタ１９０とは、後述の燃料極側集電部材１４４と同一構造の接続部材を介して電氣的に接続されている。下端プレート１８９は、Ｚ軸方向視での外形が略矩形の平板状の部材であり、例えばステンレス等の導電材料により形成されている。

【００３３】

（末端セパレータ２１０の構成）

末端セパレータ２１０は、中央付近に上下方向に貫通する略矩形の貫通孔２１１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。末端セパレータ２１０の板厚は、比較的薄く、例えば０．０５ｍｍ以上、０．２ｍｍ以下程度である。末端セパレータ２１０における貫通孔２１１を取り囲む部分（以下、「貫通孔周囲部」という。）は、上端プレート２２０の周縁部における上側の表面に例えば溶接により接合されている。末端セパレータ２１０は、上端プレート２２０と発電ブロック１０３との間の空間と燃料電池スタック１００の外部空間とを区画する。

【００３４】

末端セパレータ２１０は、末端セパレータ２１０の貫通孔周囲部（貫通孔２１１を取り囲む部分）を含む内側部２１６と、内側部２１６より外周側に位置する外側部２１７と、内側部２１６と外側部２１７とを連結する連結部２１８とを備える。本実施形態では、内側部２１６および外側部２１７は、Ｚ軸方向に略直交する方向に延びる略平板状である。また、連結部２１８は、内側部２１６と外側部２１７との両方に対して下側に突出するように湾曲した形状となっている。連結部２１８における下側（発電ブロック１０３側）の部分は凸部となっており、連結部２１８における上側（上側エンドプレート１０４側）の部分は凹部となっている。このため、連結部２１８は、Ｚ軸方向における位置が内側部２１６および外側部２１７とは異なる部分を含んでいる。

【００３５】

（下端プレート１８９の構成）

下端プレート１８９は、Ｚ軸方向視での外形が略矩形の平板状の部材であり、例えば絶縁材料により形成されている。下端プレート１８９の周縁部は、下側ターミナルプレート４２０と下側エンドプレート１０６との間に挟み込まれており、これにより、各マニホール１６１，１６２，１７１，１７２のシール性と、下側ターミナルプレート４２０と下側エンドプレート１０６との絶縁性とが確保されている。

【００３６】

（絶縁部２００の構成）

絶縁部２００は、中央付近に上下方向に貫通する略矩形の貫通孔が形成されたフレーム状の部材であり、例えば絶縁材料により形成されている。絶縁部２００は、上側エンドプレート１０４と末端セパレータ２１０との間に挟み込まれており、これにより、各マニホール１６１，１６２，１７１，１７２のシール性と、上側エンドプレート１０４と末端セパレータ２１０との絶縁性とが確保されている。なお、絶縁部２００の具体的構成については後述する。

【００３７】

(発電単位102の構成)

図5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6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XZ断面構成を示す説明図であり、図7は、図4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。

【0038】

図5から図7に示すように、発電単位102は、燃料電池単セル（以下、「単セル」という。）110と、単セル用セパレータ120と、空気極側フレーム130と、燃料極側フレーム140と、燃料極側集電部材144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190および一対のIC用セパレータ180とを備えている。単セル用セパレータ120、空気極側フレーム130、燃料極側フレーム140、IC用セパレータ180におけるZ軸方向回りの周縁部には、各マニホールド161、162、171、172として機能する各連通孔108を構成する孔と、各ボルト孔109を構成する孔とが形成されている。

【0039】

単セル110は、電解質層112と、電解質層112のZ軸方向の一方側（上側）に配置された空気極114と、電解質層112のZ軸方向の他方側（下側）に配置された燃料極116と、電解質層112と空気極114との間に配置された反応防止層118とを備える。なお、本実施形態の単セル110は、燃料極116で単セル110を構成する他の層（電解質層112、空気極114、反応防止層118）を支持する燃料極支持形の単セルである。

【0040】

電解質層112は、Z軸方向視で略矩形の平板形状部材であり、固体酸化物（例えば、YSZ（イットリア安定化ジルコニア））を含むように構成されている。すなわち、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114は、Z軸方向視で電解質層112より小さい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））を含むように構成されている。燃料極116は、Z軸方向視で電解質層112と略同じ大きさの略矩形の平板形状部材であり、例えば、Ni（ニッケル）、Niとセラミック粒子からなるサーメット、Ni基合金等により形成されている。反応防止層118は、Z軸方向視で空気極114と略同じ大きさの略矩形の平板形状部材であり、例えばGDC（ガドリニウムドーブセリア）とYSZとを含むように構成されている。反応防止層118は、空気極114から拡散した元素（例えば、Sr）が電解質層112に含まれる元素（例えば、Zr）と反応して高抵抗な物質（例えば、SrZrO₃）が生成されることを抑制する機能を有する。

【0041】

単セル用セパレータ120は、中央付近に上下方向に貫通する略矩形の貫通孔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。単セル用セパレータ120の板厚は、比較的薄く、例えば0.05mm以上、0.2mm以下程度である。単セル用セパレータ120における貫通孔121を取り囲む部分（以下、「貫通孔周囲部」という。）は、単セル110（電解質層112）の周縁部における上側の表面に対向している。単セル用セパレータ120は、その対向した部分に配置されたロウ材（例えばAgロウ）により形成された接合部124により、単セル110（電解質層112）と接合されている。単セル用セパレータ120により、空気極114に面する空気室166と燃料極116に面する燃料室176とが区画され、単セル110の周縁部における一方の電極側から他方の電極側へのガスのリーク（クロスリーク）が抑制される。

【0042】

単セル用セパレータ120は、単セル用セパレータ120の貫通孔周囲部（貫通孔121を取り囲む部分）を含む内側部126と、内側部126より外周側に位置する外側部12

10

20

30

40

50

7と、内側部126と外側部127とを連結する連結部128とを備える。本実施形態では、内側部126および外側部127は、Z軸方向に略直交する方向に延びる略平板状である。また、連結部128は、内側部126と外側部127との両方に対して下側に突出するように湾曲した形状となっている。連結部128における下側（燃料室176側）の部分は凸部となっており、連結部128における上側（空気室166側）の部分は凹部となっている。このため、連結部128は、Z軸方向における位置が内側部126および外側部127とは異なる部分を含んでいる。

【0043】

単セル用セパレータ120における貫通孔121付近には、ガラスを含むガラスシール部125が配置されている。ガラスシール部125は、接合部124に対して空気室166側10に位置しており、単セル用セパレータ120の貫通孔周囲部の表面と、単セル110（本実施形態では電解質層112）の表面との両方に接触するように形成されている。ガラスシール部125により、単セル110の周縁部における一方の電極側から他方の電極側へのガスのリーク（クロスリーク）が効果的に抑制される。

【0044】

インターコネクタ190は、略矩形の平板形状の平板部150と、平板部150から空気極114側に突出した複数の略柱状の空気極側集電部134とを有する導電性の部材であり、金属（例えば、フェライト系ステンレス）により形成されている。本実施形態では、インターコネクタ190の表面（空気室166に面する表面）に、例えばスピネル型酸化物により構成された導電性の被覆層194が形成されている。以下では、被覆層194に覆われたインターコネクタ190を、単にインターコネクタ190という。各発電単位102において、上側のインターコネクタ190（の平板部150）は、単セル110に対して空気室166を挟んで上側に配置されている。上側のインターコネクタ190（の各空気極側集電部134）は、例えばスピネル型酸化物により構成された導電性接合材196を介して、単セル110の空気極114に接合されており、これにより単セル110の空気極114に電氣的に接続されている。また、各発電単位102において、下側のインターコネクタ190は、単セル110に対して燃料室176を挟んで下側に配置されており、後述する燃料極側集電部材144を介して、単セル110の燃料極116に電氣的に接続されている。インターコネクタ190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抑制する。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190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190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190と同一部材である。また、燃料電池スタック100は下側ターミナルプレート420および下端プレート189を備えているため、燃料電池スタック100において最も下側に位置する発電単位102は下側のインターコネクタ190を備えていない（図2から図4参照）。

【0045】

IC用セパレータ180は、中央付近に上下方向に貫通する略矩形の貫通孔181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。IC用セパレータ180の板厚は、比較的薄く、例えば0.05mm以上、0.2mm以下程度である。IC用セパレータ180における貫通孔181を取り囲む部分（以下、「貫通孔周囲部」という。）は、インターコネクタ190の平板部150の周縁部における上側の表面に例えば溶接により接合されている。ある発電単位102に含まれる一対のIC用セパレータ180のうち、上側のIC用セパレータ180は、該発電単位102の空気室166と、該発電単位102に対して上側に隣り合う他の発電単位102の燃料室176とを区画する。また、ある発電単位102に含まれる一対のIC用セパレータ180のうち、下側のIC用セパレータ180は、該発電単位102の燃料室176と、該発電単位102に対して下側に隣り合う他の発電単位102の空気室166とを区画する。このように、IC用セパレータ180により、発電単位102の周縁部における発電単位102間のガスのリ

10

20

30

40

50

ークが抑制される。なお、燃料電池スタック１００において最も上側に位置する発電単位１０２の上側のインターコネクタ１９０に接合されたＩＣ用セパレータ１８０は、上側ターミナルプレート４１０に電氣的に接続されている。

【００４６】

ＩＣ用セパレータ１８０は、ＩＣ用セパレータ１８０の貫通孔周囲部（貫通孔１８１を取り囲む部分）を含む内側部１８６と、内側部１８６より外周側に位置する外側部１８７と、内側部１８６と外側部１８７とを連結する連結部１８８とを備える。本実施形態では、内側部１８６および外側部１８７は、Ｚ軸方向に略直交する方向に延びる略平板状である。また、連結部１８８は、内側部１８６と外側部１８７との両方に対して下側に突出するように湾曲した形状となっている。連結部１８８における下側（空気室１６６側）の部分は凸部となっており、連結部１８８における上側（燃料室１７６側）の部分は凹部となっている。このため、連結部１８８は、Ｚ軸方向における位置が内側部１８６および外側部１８７とは異なる部分を含んでいる。

10

【００４７】

図５から図７に示すように、空気極側フレーム１３０は、中央付近にＺ軸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、空気極１１４に面する空気室１６６を構成する。空気極側フレーム１３０は、単セル用セパレータ１２０の周縁部における上側の表面と、上側のＩＣ用セパレータ１８０の周縁部における下側の表面とに接触しており、両者の間のガスシール性（すなわち、空気室１６６のガスシール性）を確保するシール部材として機能する。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ＩＣ用セパレータ１８０間（すなわち、一対のインターコネクタ１９０間）間が電氣的に絶縁される。また、空気極側フレーム１３０には、酸化剤ガス供給マニホールド１６１と空気室１６６とを連通する酸化剤ガス供給連通流路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流路１３３とが形成されている。なお、空気極側フレーム１３０は、特許請求の範囲におけるコンプレッションシール部材に相当する。

20

【００４８】

図５から図７に示すように、燃料極側フレーム１４０は、中央付近にＺ軸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、燃料極１１６に面する燃料室１７６を構成する。燃料極側フレーム１４０は、単セル用セパレータ１２０の周縁部における下側の表面と、下側のＩＣ用セパレータ１８０の周縁部における上側の表面とに接触している。また、燃料極側フレーム１４０には、燃料ガス供給マニホールド１７１と燃料室１７６とを連通する燃料ガス供給連通流路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流路１４３とが形成されている。

30

【００４９】

図５から図７に示すように、燃料極側集電部材１４４は、燃料室１７６内に配置されている。燃料極側集電部材１４４は、インターコネクタ対向部１４６と、電極対向部１４５と、電極対向部１４５とインターコネクタ対向部１４６とをつなぐ接続部１４７とを備えており、例えば、ニッケルやニッケル合金、ステンレス等により形成されている。電極対向部１４５は、燃料極１１６の下側の表面に接触しており、インターコネクタ対向部１４６は、インターコネクタ１９０（の平板部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において最も下側に位置する発電単位１０２は下側のインターコネクタ１９０を備えていないため、該発電単位１０２における燃料極側集電部材１４４のインターコネクタ対向部１４６は、下側ターミナルプレート４２０に接触している。燃料極側集電部材１４４は、このような構成であるため、燃料極１１６とインターコネクタ１９０（または下端プレート１８９）とを電氣的に接続する。なお、燃料極側集電部材１４４の電極対向部１４５とインターコネクタ対向部１４６との間には、例えばマイカにより形成されたスペーサー１４９が配置されている。そのため、燃料極側集

40

50

電部材 144 が温度サイクルや反応ガス圧力変動による発電単位 102 の変形に追従し、燃料極側集電部材 144 を介した燃料極 116 とインターコネクタ 190（または下側ターミナルプレート 420）との電氣的接続が良好に維持される。

【0050】

A-2. 燃料電池スタック 100 の動作：

図 2 および図 5 に示すように、酸化剤ガス供給マニホールド 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供給マニホールド 161 に供給され、酸化剤ガス供給マニホールド 161 から各発電単位 102 の酸化剤ガス供給連通流路 132 を介して、空気室 166 に供給される。また、図 3 および図 6 に示すように、燃料ガス供給マニホールド 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供給マニホールド 171 に供給され、燃料ガス供給マニホールド 171 から各発電単位 102 の燃料ガス供給連通流路 142 を介して、燃料室 176 に供給される。

10

【0051】

各発電単位 102 の空気室 166 に酸化剤ガス OG が供給され、燃料室 176 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 114 は上側のインターコネクタ 190 に電氣的に接続され、燃料極 116 は燃料極側集電部材 144 を介して下側のインターコネクタ 190（または、下端プレート 189）に電氣的に接続されている。すなわち、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。また、最も上側に位置する発電単位 102 の上側のインターコネクタ 190 および IC 用セパレータ 180 は、上側ターミナルプレート 410 に電氣的に接続されており、最も下側に位置する発電単位 102 の燃料極側集電部材 144 には、下側ターミナルプレート 420 が電氣的に接続されている。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ターミナルプレート 410、420 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。

20

30

【0052】

図 2 および図 5 に示すように、各発電単位 102 の空気室 166 から酸化剤ガス排出連通流路 133 を介して酸化剤ガス排出マニホールド 162 に排出された酸化剤オフガス OOG は、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、図 3 および図 6 に示すように、各発電単位 102 の燃料室 176 から燃料ガス排出連通流路 143 を介して燃料ガス排出マニホールド 172 に排出された燃料オフガス FOG は、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。

40

【0053】

なお、本実施形態の燃料電池スタック 100 では、Z 軸方向視で、酸化剤ガス供給マニホールド 161 に連通する酸化剤ガス供給連通流路 132 と、燃料ガス排出マニホールド 172 に連通する燃料ガス排出連通流路 143 とが、単セルの一の辺に（同じ方向に）対向するように配置されており、かつ、酸化剤ガス排出マニホールド 162 に連通する酸化剤ガス排出連通流路 133 と、燃料ガス供給マニホールド 171 に連通する燃料ガス供給連通流路 142 とが、単セルの一の辺に対して単セル 110 の中心点を挟んで対向する他の

50

辺に（同じ方向に）対向するように配置されている。すなわち、本実施形態の発電単位 102（燃料電池スタック 100）は、空気室 166 における酸化剤ガス OG の主たる流れ方向（X 軸正方向から X 軸負方向へ向かう方向）と燃料室 176 における燃料ガス FG の主たる流れ方向（X 軸負方向から X 軸正方向へ向かう方向）とが略反対方向（互いに対向する方向）である、カウンターフロータイプの SOFC である。

【0054】

A-3. エンドプレート 104, 106 の詳細構成：

エンドプレート 104, 106 の詳細構成について説明する。

【0055】

（上側エンドプレート 104 の構成）

図 2 から図 4 に示すように、上側エンドプレート 104 は、平面部 310 と、凸部 320 と、隆起部 330 と、を含んでいる。平面部 310 は、Z 軸方向視で燃料極側フレーム 140 に重なり、かつ、Z 軸方向に垂直な面方向（XY 平面に平行な方向）に沿っている。平面部 310 は、所定の領域（例えば締結部材（ボルト 22）が挿入される 2 つ以上のボルト孔 109 同士をつなぐ領域）を有して面方向に平行な平坦部分である。具体的には、平面部 310 の Z 軸方向視での形状は、全体として、矩形枠状である。Z 軸方向視で、平面部 310 の内周部（孔 32 の輪郭線）は、全周にわたって、燃料極側フレーム 140 の孔 141 の輪郭線の内周側に位置している。Z 軸方向視で、平面部 310 の外周部は、全周にわたって、燃料極側フレーム 140 の外周部と同じ位置、または、該外周部の外周側に位置している。すなわち、Z 軸方向視で、平面部 310 の外周側が燃料極側フレーム 140 に重なっており、平面部 310 の内周側が燃料極側フレーム 140 より内側に張り出している。なお、上述したボルト孔 109 を構成する孔は、平面部 310 における Z 軸方向回りの周縁部に形成されている。孔 32 は、特許請求の範囲におけるエンド貫通孔に相当し、燃料極側フレーム 140 は、特許請求の範囲におけるフレーム部材に相当し、孔 141 は、特許請求の範囲におけるフレーム貫通孔に相当する。

【0056】

凸部 320 は、面方向に沿って延び、かつ、平面部 310 より Z 軸方向に突出している。凸部 320 は、所定の長さ（例えば凸部 320 の厚さより大きい長さ）を有して面方向（凸部 320）に平行に延びているリブである。平面部 310 からの凸部 320 の立ち上がり長さ（Z 軸方向の長さ）は、平面部 310 の厚さより大きく、例えば、平面部 310 の厚さの 30 倍以上の長さが好ましく、50 倍以上の長さがより好ましい。なお、凸部 320 は、例えば締結部材（ボルト 22）が挿入される 2 つ以上のボルト孔 109 同士をつなぐ領域（平面部 310）の周縁部に形成されていることが好ましい。

【0057】

具体的には、凸部 320 は、外側凸部 322 と、内側凸部 324 と、を有している。外側凸部 322 は、平面部 310 の外周部から上側（発電ブロック 103 とは反対側 Z 軸正方向側）に向かって突出している。外側凸部 322 は、平面部 310 の外周部の全周にわたって形成されている。Z 軸方向視で、外側凸部 322 は、空気極側フレーム 130 に重なる位置に配置されている。内側凸部 324 は、平面部 310 の内周部から上側（発電ブロック 103 とは反対側 Z 軸正方向側）に向かって突出している。内側凸部 324 は、平面部 310 の内周部の全周にわたって形成されている。すなわち、上側エンドプレート 104 の Z 軸方向に平行な少なくとも 1 つの断面において、凸部 320（外側凸部 322、内側凸部 324）が複数形成されている（図 2 から図 4 参照）。

【0058】

隆起部 330 は、上側エンドプレート 104 の Z 軸方向に平行な少なくとも 1 つの断面において、平面部 310 の部分同士を連結し、Z 軸方向に隆起した部分である。すなわち、隆起部 330 は、上側エンドプレート 104 の周縁部から離間した位置に形成されており、Z 軸方向における位置が平面部 310 とは異なる部分（隆起した先端部分）を有している。隆起部 330 は、所定の長さ（例えば凸部 320 の厚さより大きい長さ）を有して面方向（凸部 320）に平行に延びている。隆起部 330 は、例えば締結部材（ボルト 22

10

20

30

40

50

）が挿入される２つのボルト孔１０９同士の間位置し、かつ、該２つのボルト孔１０９の並び方向に沿って延びていることが好ましい（図１参照）。

【００５９】

具体的には、隆起部３３０は、上側エンドプレート１０４における外側凸部３２２と内側凸部３２４との間に配置されている。各隆起部３３０は、凸部３２０に平行に延びる一対の側壁３３２と、一対の外側凸部３２２同士の上端を連結する連結壁３３４と、隆起部３３０の長手方向の両端を塞ぐ封止壁３３６と、を有している。各側壁３３２は、平面部３１０に対して略垂直であり、連結壁３３４は、平面部３１０に略平行であり、各封止壁３３６は、連結壁３３４から平面部３１０に向かって傾斜している（図１参照）。

【００６０】

（下側エンドプレート１０６の構成）

図２から図４に示すように、下側エンドプレート１０６は、平面部５１０と、凸部５２０と、を含んでいる。平面部５１０は、Ｚ軸方向視で燃料極側フレーム１４０に重なり、かつ、Ｚ軸方向に垂直な面方向（ＸＹ平面に平行な方向）に沿っている。平面部５１０は、所定の領域（例えば締結部材（ボルト２２）が挿入される２つ以上のボルト孔１０９同士をつなぐ領域）を有して面方向に平行な平坦部分である。具体的には、平面部５１０のＺ軸方向視での形状は、全体として、矩形枠状である。Ｚ軸方向視で、平面部５１０の内周部（孔３４の輪郭線）は、全周にわたって、燃料極側フレーム１４０の孔１４１の輪郭線の内周側に位置している。Ｚ軸方向視で、平面部５１０の外周部は、全周にわたって、燃料極側フレーム１４０の外周部と同じ位置、または、該外周部の外周側に位置している。すなわち、Ｚ軸方向視で、平面部５１０の外周側が燃料極側フレーム１４０に重なっており、平面部３１０の内周側が燃料極側フレーム１４０より内側に張り出している。なお、上述したボルト孔１０９を構成する孔は、平面部５１０におけるＺ軸方向回りの周縁部に形成されている。孔３４は、特許請求の範囲におけるエンド貫通孔に相当する。

【００６１】

凸部５２０は、面方向に沿って延び、かつ、平面部５１０よりＺ軸方向に突出している。凸部５２０は、所定の長さ（例えば凸部５２０の厚さより大きい長さ）を有して面方向（凸部５２０）に平行に延びているリブである。平面部５１０からの凸部５２０の立ち上がり長さ（Ｚ軸方向の長さ）は、平面部５１０の厚さより大きく、例えば、平面部５１０の厚さの３０倍以上の長さが好ましく、５０倍以上の長さがより好ましい。なお、凸部５２０は、例えば締結部材（ボルト２２）が挿入される２つ以上のボルト孔１０９同士をつなぐ領域（平面部５１０）の周縁部に形成されていることが好ましい。

【００６２】

具体的には、凸部５２０は、外側凸部５２２と、内側凸部５２４と、を有している。外側凸部５２２は、平面部５１０の外周部から下側（発電ブロック１０３とは反対側　Ｚ軸負方向側）に向かって突出している。外側凸部５２２は、平面部５１０の外周部の全周にわたって形成されている。Ｚ軸方向視で、外側凸部５２２は、燃料極側フレーム１４０に重なる位置に配置されている。内側凸部５２４は、平面部５１０の内周部から下側（発電ブロック１０３とは反対側　Ｚ軸負方向側）に向かって突出している。内側凸部５２４は、平面部５１０の内周部の全周にわたって形成されている。すなわち、上側エンドプレート１０４のＺ軸方向に平行な少なくとも１つの断面において、凸部５２０（外側凸部５２２、内側凸部５２４）が複数形成されている（図２から図４参照）。

【００６３】

上記実施形態では、エンドプレート１０４，１０６のそれぞれの表面には、不動態被膜（例えばアルミナ被膜）が形成されている。また、凸部３２０，５２０と平面部３１０，５１０とがＲ部を介して連結されており、かつ、Ｒ部の内側面の半径は、平面部３１０，５１０の厚さより大きい。また、エンドプレート１０４，１０６は、それぞれ、１枚の板状部材をプレス加工（屈曲）して形成されたものである。したがって、平面部３１０，５１０の厚さと、凸部３２０，５２０の厚さと、隆起部３３０の厚さとは、互いに同じである。エンドプレート１０４，１０６の板厚は、例えば０．５ｍｍ以上、３ｍｍ以下程度であ

10

20

30

40

50

る。

【0064】

なお、本実施形態では、各凸部320, 520の先端部分は、面方向に折り曲げられている。これにより、各エンドプレート104, 106の剛性がさらに向上している。また、各外側凸部322, 522の先端部分は、外周側に折り曲げられており、Z軸方向視で発電ブロック103より外側に突出している。このような構成により、燃料電池スタック100を横向きに配置したときに発電ブロック103が床面に衝突することを抑制できる。

【0065】

A-4. 絶縁部200の詳細構成：

絶縁部200の詳細構成について説明する。図2から図4に示すように、絶縁部200は、第1の絶縁体201と、第2の絶縁体202と、を備えている。第1の絶縁体201と第2の絶縁体202とは、例えばマイカシートや、バーミキュライトシート、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。第1の絶縁体201および第2の絶縁体202のそれぞれのZ軸方向視での形状は、全体として、矩形枠状である。

10

【0066】

(第1の絶縁体201の構成)

Z軸方向視で、第1の絶縁体201の内周部は、全周にわたって、末端セパレータ210の外側部217より内周側まで延出している。Z軸方向視で、第1の絶縁体201の外周部は、全周にわたって、燃料極側フレーム140の外周部と同じ位置、または、該外周部の外周側に位置している。すなわち、Z軸方向視で、第1の絶縁体201の外周側が燃料極側フレーム140に重なっており、第1の絶縁体201の内周側が燃料極側フレーム140より内側に張り出している。第1の絶縁体201は、上側エンドプレート104の下面全体を覆っている。

20

【0067】

第1の絶縁体201と末端セパレータ210の連結部218とは、Z軸方向において離間している。なお、ここでいう離間距離とは、第1の絶縁体201と、該連結部218の凹形状における底（内周面の最下点）との距離である。また、第1の絶縁体201と末端セパレータ210の連結部218との離間距離は、空気極側フレーム130のZ軸方向の長さより長い。空気極側フレーム130は、特許請求の範囲におけるシール部材に相当する。また、第1の絶縁体201と末端セパレータ210の連結部218との離間距離は、0.5mm以上であることが好ましい。また、上側エンドプレート104と末端セパレータ210における連結部218との離間距離は、末端セパレータ210における内側部216と外側部217との距離より長い。

30

【0068】

(第2の絶縁体202の構成)

Z軸方向視で、第2の絶縁体202の内周部は、全周にわたって、燃料極側フレーム140の内周部と同じ位置、または、該内周部の内周側であって、かつ、第1の絶縁体201の内周部より外周側に位置している。Z軸方向視で、第2の絶縁体202の外周部は、全周にわたって、燃料極側フレーム140の外周部と同じ位置、または、該外周部の外周側に位置している。すなわち、上側エンドプレート104に最も近い第1の絶縁体201だけが、末端セパレータ210の外側部217より内周側に延出している。これにより、不要に多くの絶縁部を使用することなく、末端セパレータ210と上側エンドプレート104との間に介在する第1の絶縁体201を末端セパレータ210から離間させることにより、末端セパレータ210の自由な変位が確保されている。

40

【0069】

A-5. 本実施形態の効果：

(エンドプレート104, 106の剛性)

以上説明したように、本実施形態の燃料電池スタック100では、各エンドプレート104, 106は、3mm以下の薄板により形成されている。このため、従来の厚板のエンド

50

部材を備える形態に比べて、燃料電池スタック１００全体の軽量化を図ることができる。また、燃料電池スタック１００全体の熱容量を低減できるため、燃料電池スタック１００の温度制御の応答遅れに起因する燃料電池スタック１００の起動と停止の動作遅れを抑制することができる。ただし、このような薄板のエンド部材を備える構成では、エンド部材の剛性が低いため、空気極側フレーム１３０等のコンプレッションシール部材からの反発力に起因してエンド部材が変形しやすい。

【００７０】

これに対して、本実施形態では、エンドプレート１０４，１０６には、凸部３２０，５２０が形成されている。凸部３２０は、面方向に沿って延び、かつ、平面部３１０よりＺ軸方向に突出している。このため、エンドプレート１０４，１０６の軽量化および熱容量の低減を図りつつ、エンドプレート１０４，１０６の剛性が向上する。このため、空気極側フレーム１３０等からの反発力に起因してエンドプレート１０４，１０６が変形することを抑制することができる。

10

【００７１】

本実施形態では、各エンドプレート１０４，１０６のＺ軸方向に平行な少なくとも１つの断面において、凸部３２０，５２０（外側凸部３２２，５２２、内側凸部３２４，５２４）が複数形成されている（図２から図４参照）。これにより、同断面において、凸部が１つだけ形成された構成に比べて、各エンドプレート１０４，１０６の剛性がさらに向上するため、コンプレッションシール部材（空気極側フレーム１３０等）からの反発力に起因してエンドプレート１０４，１０６が変形することを、より効果的に抑制することができる。

20

【００７２】

本実施形態では、凸部３２０，５２０は、各エンドプレート１０４，１０６の外周部と内周部との両方に形成されている。これにより、凸部３２０，５２０が各エンドプレート１０４，１０６の外周部と内周部との一方だけに形成された形態に比べて、エンドプレート１０４，１０６の剛性がさらに向上するため、コンプレッションシール部材からの反発力に起因してエンドプレート１０４，１０６が変形することを、より効果的に抑制することができる。

【００７３】

凸部３２０，５２０は、各エンドプレート１０４，１０６の全周にわたって形成されている。これにより、凸部３２０，５２０が、エンドプレート１０４，１０６の外周部の一部分だけに形成された構成に比べて、エンドプレート１０４，１０６の剛性がさらに向上するため、コンプレッションシール部材からの反発力に起因してエンド部材が変形することを、より効果的に抑制することができる。

30

【００７４】

上側エンドプレート１０４には、隆起部３３０が形成されている。隆起部３３０は、上側エンドプレート１０４のＺ軸方向に平行な少なくとも１つの断面において、平面部３１０の部分同士を連結し、Ｚ軸方向に隆起した部分である。これにより、上側エンドプレート１０４の剛性がさらに向上し、コンプレッションシール部材からの反発力に起因して上側エンドプレート１０４が変形することを、より効果的に抑制することができる。

40

【００７５】

平面部３１０，５１０からの凸部３２０，５２０の立ち上がり長さ（Ｚ軸方向の長さ）は、平面部３１０，５１０の厚さより大きい。これにより、該立ち上がり長さが平面部３１０，５１０の厚さ以下である構成に比べて、エンドプレート１０４，１０６の剛性がさらに向上するため、コンプレッションシール部材からの反発力に起因してエンドプレート１０４，１０６が変形することを、より効果的に抑制することができる。

【００７６】

Ｚ軸方向視で、外側凸部３２２，５２２は、空気極側フレーム１３０に重なる位置に配置されている。これにより、いずれの凸部３２０，５２０も空気極側フレーム１３０に重ならない位置に配置された構成に比べて、空気極側フレーム１３０によるシール性能を向上

50

させることができる。

【0077】

本実施形態では、エンドプレート104, 106のそれぞれの表面には、不動態被膜（例えばアルミナ被膜）が形成されている。このような不動態被膜が形成される部材をエンドプレート104, 106に用いる場合、エンドプレート104, 106の肉厚を厚くすることが難しい。しかし、本実施形態のようにエンドプレート104, 106に凸部320, 520等を形成することにより、エンドプレート104, 106の剛性を向上させることができるから特に有用である。

【0078】

凸部320, 520と平面部310, 510とがR部を介して連結されており、かつ、R部の内側面の半径は、平面部310, 510の厚さより大きい。これにより、凸部320, 520と平面部310, 510との間のR面の半径が平面部310, 510の厚さ以下である構成に比べて、凸部320, 520と平面部310, 510との境界部分に応力が集中することに起因して破損等することを抑制することができる。

【0079】

（上側エンドプレート104と末端セパレータ210との短絡抑制）

本実施形態では、上側エンドプレート104の剛性の向上のために104の面方向の幅が広く確保されており、Z軸方向視で、上側エンドプレート104（平面部310）の内周側が燃料極側フレーム140より内側に張り出している。このため、部材間の熱膨張差に起因して変化する末端セパレータ210と上側エンドプレート104とが接触して短絡しやすい。これに対して、本実施形態では、上側エンドプレート104と末端セパレータ210との間に第1の絶縁体201が介在しており、Z軸方向視で、第1の絶縁体201の内周部は、全周にわたって、末端セパレータ210の外側部217より内周側まで延出している。これにより、部材間の熱膨張差に起因して末端セパレータ210が変化しても、上側エンドプレート104と末端セパレータ210とが短絡することを抑制することができる。

【0080】

第1の絶縁体201と末端セパレータ210の連結部218とは、Z軸方向において離間している。これにより、末端セパレータ210の連結部218と第1の絶縁体201とが接触している構成に比べて、第1の絶縁体201の存在に起因して末端セパレータ210の変位が制約されることを抑制することができる。第1の絶縁体201と末端セパレータ210の連結部218との離間距離は、0.5mm以上であることが好ましい。これにより、末端セパレータ210における連結部218と第1の絶縁体201との離間距離が0.5mm未満である構成に比べて、第1の絶縁体201の存在に起因して末端セパレータ210の変位が制約されることを抑制することができる。第1の絶縁体201と末端セパレータ210の連結部218との離間距離は、空気極側フレーム130のZ軸方向の長さより長い。これにより、末端セパレータ210における連結部218と第1の絶縁体201との離間距離が空気極側フレーム130の上下方向の長さ以下である構成に比べて、第1の絶縁体201の存在に起因して末端セパレータ210の変位が制約されることを抑制することができる。末端セパレータ210における連結部218と第1の絶縁体201との離間距離が0.5mm以上である構成でもよいし、該離間距離が空気極側フレーム130の上下方向の長さ以上である構成であってもよい。

【0081】

上側エンドプレート104と末端セパレータ210における連結部218との離間距離は、末端セパレータ210における内側部216と外側部217との距離より長い。これにより、末端セパレータ210における連結部218と第1の絶縁体201との離間距離が末端セパレータ210における内側部216と外側部217との距離以下である構成に比べて、第1の絶縁体201の存在に起因して末端セパレータ210の変位が制約されることを抑制することができる。

【0082】

10

20

30

40

50

B．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。

【００８３】

上記実施形態における燃料電池スタック１００の構成や燃料電池スタック１００を構成する各部分の構成は、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、単セル用セパレータ１２０およびＩＣ用セパレータ１８０が、連結部１２８，１８８を有しているが、単セル用セパレータ１２０およびＩＣ用セパレータ１８０が、連結部１２８，１８８を有さなくてもよい。

10

【００８４】

また、上記実施形態では、一対のエンドプレート１０４，１０６に孔３２，３４が形成されているが、一対のエンドプレート１０４，１０６の少なくとも一方について該孔３２，３４が形成されていなくてもよい。各エンドプレート１０４，１０６の孔３２，３４の輪郭線は、燃料極側フレーム１４０における孔１４１の輪郭線の内周側に位置していなくてもよい。また、一対のエンドプレート１０４，１０６の少なくとも一方は、３mmを超える厚さの厚板であってもよい。また、一対のエンドプレート１０４，１０６の少なくとも一方は、凸部３２０，５２０等を備えない全体として平板状であってもよい。また、上記実施形態では、一対のターミナルプレート４１０，４２０を備えていたが、一対のターミナルプレート４１０，４２０を備えずに、一対のエンドプレート１０４，１０６がターミナルプレートとして機能する形態であってもよい。この場合、末端セパレータは、発電ブロック１０３のＺ軸方向の上端に位置するＩＣ用セパレータ１８０であってもよい。

20

【００８５】

上記実施形態では、凸部３２０，５２０は、平面部３１０，５１０からＺ軸方向に突出していたが、凸部３２０，５２０は、平面部３１０，５１０に垂直な方向に対して傾斜していてもよい。平面部３１０，５１０に対する凸部３２０，５２０の傾斜角度は、７０度以上であることが好ましい。また、各凸部３２０，５２０は、各エンドプレート１０４，１０６における全周にわたって形成されていたが、各凸部３２０，５２０は、各エンドプレート１０４，１０６における全周における一部分だけに形成されていてもよい。また、凸部３２０，５２０が各エンドプレート１０４，１０６の外周部と内周部とのいずれか一方だけに形成された形態であってもよい。平面部３１０，５１０からの凸部３２０，５２０の立ち上がり長さ（Ｚ軸方向の長さ）は、平面部３１０，５１０の厚さ以下であってもよい。

30

【００８６】

上側エンドプレート１０４は、隆起部３３０を備えない構成であってもよい。また、下側エンドプレート１０６は、隆起部を備える構成であってもよい。また、いずれの凸部３２０，５２０も空気極側フレーム１３０に重ならない位置に配置された構成であってもよい。

【００８７】

上記実施形態において、エンドプレート１０４，１０６の表面に不動態被膜が形成されていなくてもよい。また、凸部３２０，５２０と平面部３１０，５１０との間のＲ面の半径が平面部３１０，５１０の厚さ以下である構成であってもよい。

40

【００８８】

上記実施形態において、第１の絶縁体２０１と末端セパレータ２１０の連結部２１８とは接触していてもよい。また、末端セパレータ２１０における連結部２１８と第１の絶縁体２０１との離間距離が末端セパレータ２１０における内側部２１６と外側部２１７との距離以下である構成であってもよい。また、上記実施形態において、第２の絶縁体２０２を備えない構成、１枚だけ備える構成、３枚以上備える構成であってもよい。

【００８９】

また、上記実施形態では、インターコネクタ１９０は導電性の被覆層１９４を含んでいる

50

が、インターコネクタ 190 が該被覆層 194 を含んでいなくてもよい。また、上記実施形態では、単セル 110 が反応防止層 118 を有しているが、単セル 110 が反応防止層 118 を有さないとしてもよい。また、上記実施形態において、燃料電池スタック 100 に含まれる単セル 110 の個数（発電単位 102 の個数）は、あくまで一例であり、単セル 110 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、上記実施形態における各部材を構成する材料は、あくまで例示であり、各部材が他の材料により構成されていてもよい。

【0090】

また、上記実施形態の燃料電池スタック 100 は、カウンタフロータイプの SOFC であるが、本明細書に開示される技術は、コフロータイプの SOFC にも同様に適用可能である。なお、コフロータイプの SOFC では、Z 軸方向視で、燃料ガス供給連通流路 142 と酸化剤ガス供給連通流路 132 とは、単セル 110 の一の辺に対向するように配置され、かつ、燃料ガス排出連通流路 143 と酸化剤ガス排出連通流路 133 とは、単セル 110 の該一の辺に対して単セル 110 の中心点を挟んで対向する他の辺に対向するように配置されているような構成を有している。また、本明細書に開示される技術は、クロスフロータイプの SOFC にも同様に適用可能である。

10

【0091】

また、上記実施形態では、燃料ガスに含まれる水素と酸化剤ガスに含まれる酸素との電気化学反応を利用して発電を行う燃料電池スタック 100 を対象としているが、本明細書に開示される技術は、水の電気分解反応を利用して水素の生成を行う固体酸化物形電解セル（SOEC）の構成単位である電解単セルを複数備える電解セルスタックにも同様に適用可能である。なお、電解セルスタックの基本的な構成は、例えば特開 2016-81813 号公報に記載されているように公知であるが、おおよそ以下の通りである。すなわち、電解セルスタックの構成は、上述した実施形態の燃料電池スタック 100 の構成において、「発電単位」を「電解セル単位」と読み替え、「単セル」を「電解単セル」と読み替え、「酸化剤ガス供給マニホールド」を「空気排出マニホールド」と読み替え、「酸化剤ガス排出マニホールド」を「空気供給マニホールド」と読み替え、「燃料ガス供給マニホールド」を「水素排出マニホールド」と読み替え、「燃料ガス排出マニホールド」を「水蒸気供給マニホールド」と読み替え、「酸化剤ガス供給連通流路」を「空気排出連通流路」と読み替え、「酸化剤ガス排出連通流路」を「空気供給連通流路」と読み替え、「燃料ガス供給連通流路」を「水素排出連通流路」と読み替え、「燃料ガス排出連通流路」を「水蒸気供給連通流路」と読み替えた構成である。

20

30

【0092】

電解セルスタックの運転の際には、空気極 114 がプラス（陽極）で燃料極（水素極）116 がマイナス（陰極）となるように、電解セルスタックに電圧が印加される。また、ガス通路部材 27 を介して水蒸気供給マニホールドに原料ガスとしての水蒸気が供給される。なお、供給される水蒸気に、水素ガスが含まれていてもよい。水蒸気供給マニホールドに供給された水蒸気は、水蒸気供給マニホールドから各電解セル単位の水蒸気供給連通流路を介して燃料室 176 に供給され、各電解単セルにおける水の電気分解反応に供される。各電解単セルにおける水の電気分解反応により燃料室 176 で発生した水素ガスは、余った水蒸気と共に水素排出連通流路を介して水素排出マニホールドに排出され、水素排出マニホールドからガス通路部材 27 を経て電解セルスタックの外部に取り出される。

40

【0093】

また、電解セルスタックの運転の際には、電解セルスタックの温度の制御等のために、必要により空気が電解セルスタックの内部に供給される。この場合には、ガス通路部材 27 を介して空気供給マニホールドに供給された空気が、空気供給マニホールドから各電解セル単位の水蒸気供給連通流路を介して、空気室 166 に供給される。空気室 166 に供給された空気は、空気極 114 で生成される酸素とともに空気排出連通流路を介して空気排出マニホールドに排出され、空気排出マニホールドからガス通路部材 27 を経て電解セルスタックの外部に排出される。

50

【0094】

このような構成の電解セルスタックにおいても、上記実施形態における燃料電池スタック100と同様の構成を採用することにより、上記実施形態における燃料電池スタック100の作用効果と同様の作用効果を奏する。

【0095】

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、本明細書に開示される技術は、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（または電解セル）にも適用可能である。

【符号の説明】

【0096】

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 32, 34, 131, 141, 412：孔 100：燃料電池スタック
 102：発電単位 103：発電ブロック 104：上側エンドプレート 106：下側
 エンドプレート 108：連通孔 109：ボルト孔 110：単セル 112：電解質
 層 114：空気極 116：燃料極 118：反応防止層 120：単セル用セパレー
 タ 121, 181, 211：貫通孔 124：接合部 125：ガラスシール部 12
 6, 186, 216：内側部 127, 187, 217：外側部 128, 188, 21
 8：連結部 130：空気極側フレーム 132：酸化剤ガス供給連通流路 133：酸
 化剤ガス排出連通流路 134：空気極側集電部 140：燃料極側フレーム 142：
 燃料ガス供給連通流路 143：燃料ガス排出連通流路 144：燃料極側集電部材 1
 45：電極対向部 146：インターコネクタ対向部 147：接続部 149：スペー
 サー 150：平板部 161：酸化剤ガス供給マニホールド 162：酸化剤ガス排出
 マニホールド 166：空気室 171：燃料ガス供給マニホールド 172：燃料ガス
 排出マニホールド 176：燃料室 180：IC用セパレータ 189：下端プレート
 190：インターコネクタ 194：被覆層 196：導電性接合材 200：絶縁部
 201：第1の絶縁体 202：第2の絶縁体 210：末端セパレータ 220：上端
 プレート 310, 510：平面部 320, 520：凸部 322, 522：外側凸部
 324, 524：内側凸部 330：隆起部 332：側壁 334：連結壁 336：
 封止壁 410：上側ターミナルプレート 420：下側ターミナルプレート FG：燃
 料ガス FOG：燃料オフガス OG：酸化剤ガス OOG：酸化剤オフガス

10

20

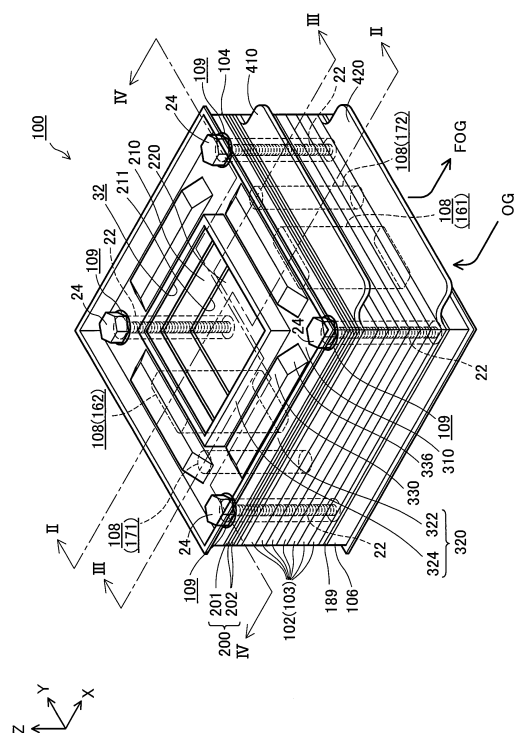
30

40

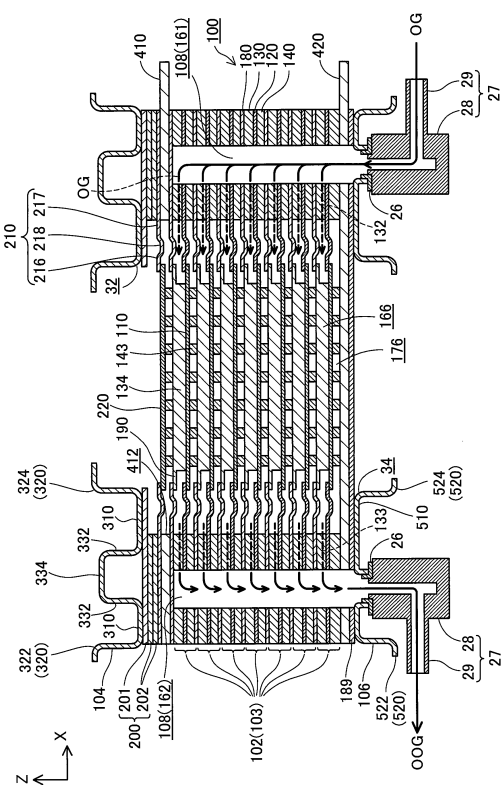
50

【図面】

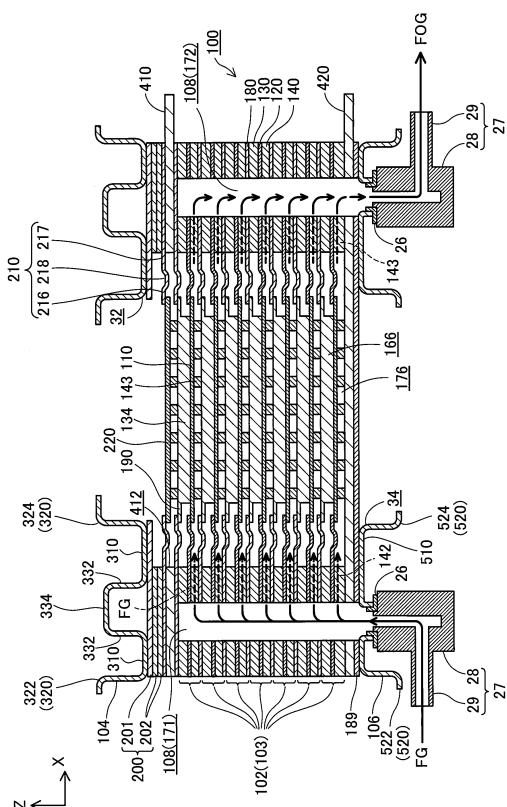
【図 1】



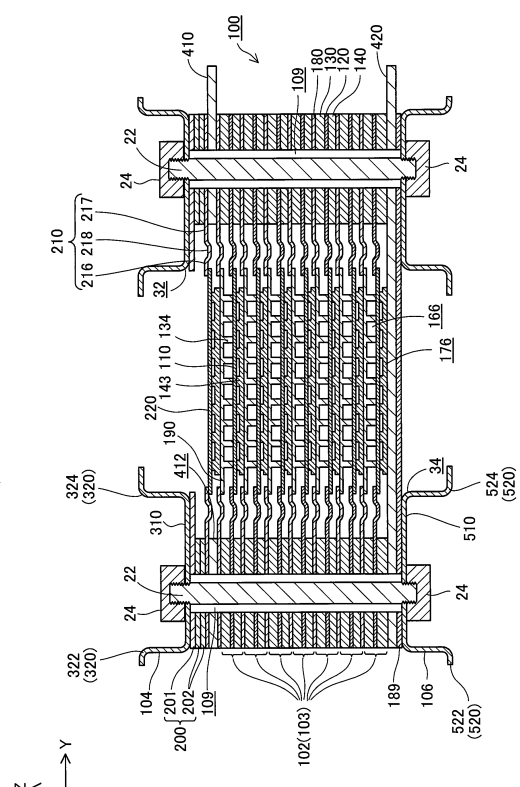
【圖 2】



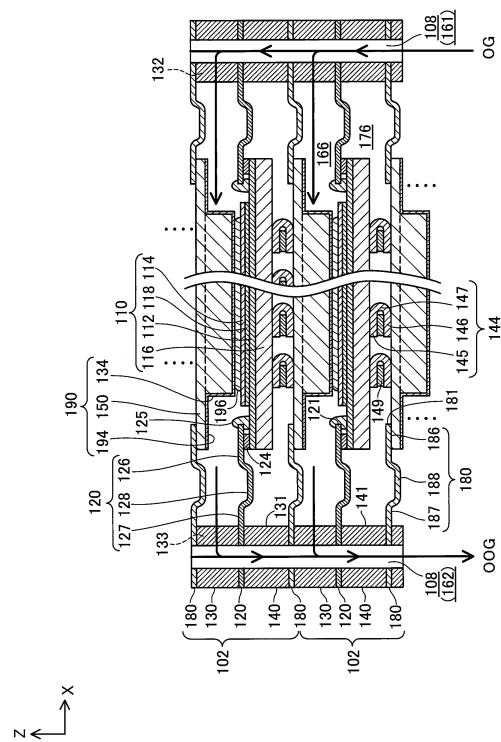
【圖 3】



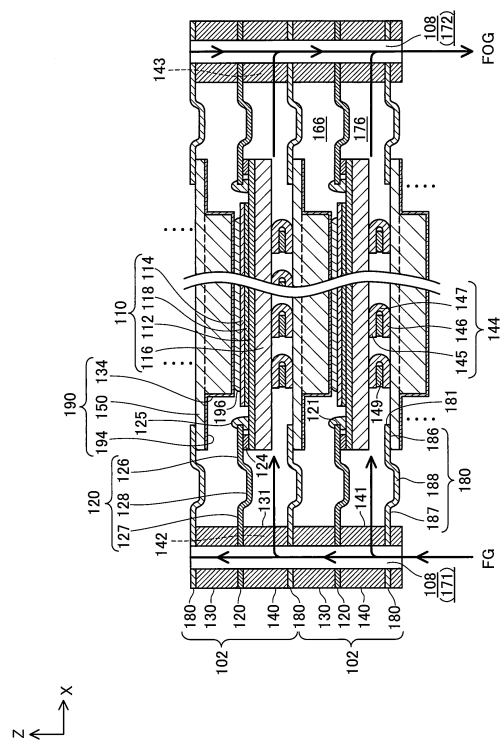
【圖 4】



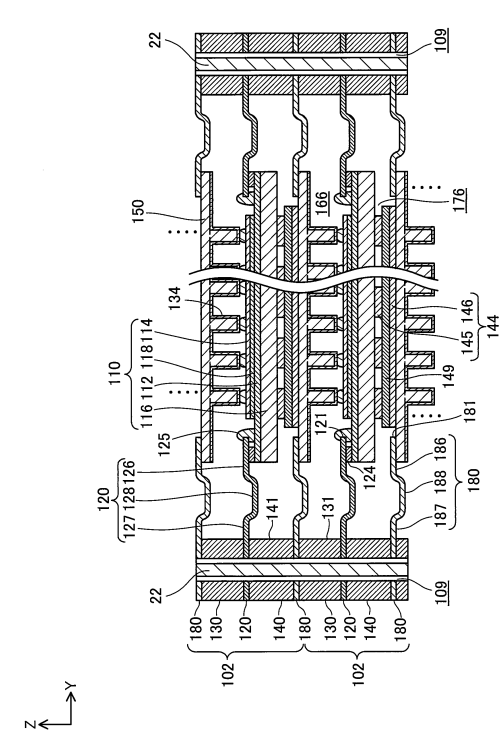
【図 5】



【図 6】



【図 7】



10

20

30

40

50