

(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2012-138338

(P2012-138338A)

(43) 公開日 平成24年7月19日(2012.7.19)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード(参考)
HO 1 M 8/02 (2006.01)		HO 1 M 8/02		N	5H026
HO 1 M 8/12 (2006.01)		HO 1 M 8/02		Z	
HO 1 M 8/24 (2006.01)		HO 1 M 8/12			
		HO 1 M 8/24		E	

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2011-202756 (P2011-202756)	(71) 出願人	000004064 日本碍子株式会社
(22) 出願日	平成23年9月16日(2011.9.16)		愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
(11) 特許番号	特許第4902013号 (P4902013)	(74) 代理人	110000213 特許業務法人プロスペック特許事務所
(45) 特許公報発行日	平成24年3月21日(2012.3.21)		
(31) 優先権主張番号	特願2010-275222 (P2010-275222)	(72) 発明者	大森 誠 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内
(32) 優先日	平成22年12月10日(2010.12.10)	(72) 発明者	龍 崇 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	Fターム(参考)	5H026 AA06 BB01 CC06 CV02 CV06 EE02 HH05

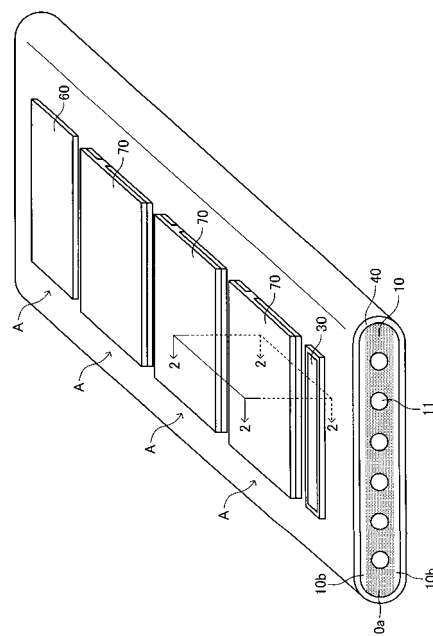
(54) 【発明の名称】 燃料電池セル

(57) 【要約】

【課題】隣り合う燃料極間にて絶縁性を確保しつつ、燃料ガス流路に流入した改質前の残存ガス成分を支持基板内部の多数の気孔を通過する過程にて改質できる「横縞型」の燃料電池セルを提供すること。

【解決手段】ガス流路11が内部に形成された平板状の多孔質の支持基板10の主面上の複数の箇所に、発電素子部A(の燃料極)がそれぞれ配置される。支持基板10は、ガス流路11の壁面に近い部分に存在し且つ触媒成分と電気的絶縁成分とから構成される第1部分10aと、発電素子部Aの燃料極と接触する支持基板10の主面に近い部分に存在し且つ電気的絶縁成分のみから構成される第2部分10bと、からなる。支持基板10のガス流路11には、炭化水素系のガスの改質を行う改質器を通過した後のガス(改質後のガス(例えば、水素ガス)のみならず、改質前の残存ガスも含む)が導入される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料ガスを流すための燃料ガス流路が内部に形成された多孔質の支持基板と、
前記支持基板の外側面における互いに離れた複数の箇所にそれぞれ設けられ、少なくとも燃料極、固体電解質、及び空気極がこの順に積層されてなる複数の発電素子部と、

1組又は複数組の隣り合う前記発電素子部の間にそれぞれ設けられ、隣り合う前記発電素子部の一方の燃料極と他方の空気極とを電氣的に接続する1つ又は複数の電氣的接続部と、

を備えた燃料電池セルにおいて、

前記支持基板を構成する材料において燃料ガスの改質反応を促す触媒成分と電氣的絶縁成分とが含まれていて、前記支持基板の内部において、前記燃料ガス流路の壁面に近い部分の前記触媒成分の体積濃度が前記燃料極と接触する前記支持基板の外側面に近い部分の前記触媒成分の体積濃度より大きい、燃料電池セル。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の燃料電池セルにおいて、

前記支持基板は、

前記燃料ガス流路の壁面を含む第 1 部分であって、前記電氣的絶縁成分と前記触媒成分とから構成される第 1 部分と、

前記支持基板の外側面を含むとともに前記第 1 部分と接続する第 2 部分であって、前記電氣的絶縁成分から構成される第 2 部分と、

20

からなる、燃料電池セル。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の燃料電池セルにおいて、

前記第 1 部分の前記触媒成分の体積濃度は 5 ~ 50 % である、燃料電池セル。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 の何れか一項に記載の燃料電池セルにおいて、

前記触媒成分は、炭化水素系のガスを水素に改質する改質反応を促す触媒成分である、燃料電池セル。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の燃料電池セルにおいて、

前記触媒成分はニッケルである、燃料電池セル。

30

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 の何れか一項に記載の燃料電池セルにおいて、

前記支持基板は、

前記触媒成分の体積濃度が異なる複数の部分からなる成形体が焼成により一体化されて形成された、燃料電池セル。

【請求項 7】

燃料ガスを流すための燃料ガス流路が内部に形成された平板状の多孔質の支持基板と、

前記平板状の支持基板の外側面における互いに離れた複数の箇所にそれぞれ設けられ、少なくとも燃料極、固体電解質、及び空気極がこの順に積層されてなる複数の発電素子部と、

40

1組又は複数組の隣り合う前記発電素子部の間にそれぞれ設けられ、隣り合う前記発電素子部の一方の燃料極と他方の空気極とを電氣的に接続する1つ又は複数の電氣的接続部と、

を備えた燃料電池セルにおいて、

前記平板状の支持基板の外側面における前記複数の箇所に、前記支持基板の材料からなる底壁と全周に亘って前記支持基板の材料からなる周方向に閉じた側壁とを有する凹部がそれぞれ形成されていて、

前記各凹部に、対応する前記発電素子部の燃料極がそれぞれ埋設され、

前記支持基板を構成する材料において燃料ガスの改質反応を促す触媒成分と電氣的絶縁

50

成分とが含まれていて、前記支持基板の内部において、前記燃料ガス流路の壁面に近い部分の前記触媒成分の体積濃度が前記燃料極と接触する前記支持基板の外側面に近い部分の前記触媒成分の体積濃度より大きい、燃料電池セル。

【請求項 8】

燃料ガスを流すための燃料ガス流路が内部に形成された平板状の多孔質の支持基板と、前記平板状の支持基板の外側面における互いに離れた複数の箇所それぞれに設けられ、少なくとも燃料極、固体電解質、及び空気極がこの順に積層されてなる複数の発電素子部と、

1組又は複数組の隣り合う前記発電素子部の間にそれぞれ設けられ、隣り合う前記発電素子部の一方の燃料極と他方の空気極とを電氣的に接続する1つ又は複数の電氣的接続部と、

を備えた燃料電池セルにおいて、

前記各電氣的接続部は、緻密な材料で構成された第1部分と、前記第1部分と接続され且つ多孔質の材料で構成された第2部分とで構成され、

前記平板状の支持基板の外側面における前記複数の箇所に、前記支持基板の材料からなる底壁と全周に亘って前記支持基板の材料からなる周方向に閉じた側壁とを有する第1凹部がそれぞれ形成され、

前記各第1凹部に、対応する前記発電素子部の燃料極がそれぞれ埋設され、

前記埋設された各燃料極の外側面に、前記燃料極の材料からなる底壁と全周に亘って前記燃料極の材料からなる周方向に閉じた側壁とを有する第2凹部がそれぞれ形成され、

前記各第2凹部に、対応する前記電氣的接続部の前記第1部分がそれぞれ埋設され、

前記支持基板を構成する材料において燃料ガスの改質反応を促す触媒成分と電氣的絶縁成分とが含まれていて、前記支持基板の内部において、前記燃料ガス流路の壁面に近い部分の前記触媒成分の体積濃度が前記燃料極と接触する前記支持基板の外側面に近い部分の前記触媒成分の体積濃度より大きい、燃料電池セル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池セルに関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、「燃料ガスを流すための燃料ガス流路が内部に形成された絶縁性を有する多孔質の支持基板」と、「前記支持基板の外側面における互いに離れた複数の箇所にそれぞれ設けられ、少なくとも燃料極、固体電解質、及び空気極がこの順に積層されてなる複数の発電素子部」と、「1組又は複数組の隣り合う前記発電素子部の間にそれぞれ設けられ、隣り合う前記発電素子部の一方の燃料極と他方の空気極とを電氣的に接続する1つ又は複数の電氣的接続部」と、を備えた燃料電池セルが知られている（例えば、特許文献1を参照）。このような構成は、「横縞型」とも呼ばれる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2008-226789号公報

【発明の概要】

【0004】

ところで、係る燃料電池セルの支持基板内の燃料ガス流路に導入される燃料ガス（発電反応に使用されるガス）としては、通常、改質器を用いて炭化水素系のガス（例えば、都市ガス）を改質して得られた改質後のガス（例えば、水素ガス）が使用される。しかしながら、改質器を通過したガス（即ち、支持基板の燃料ガス流路に導入されるガス）内には、改質器で改質され得なかった改質前のガス成分（例えば、都市ガス）が不可避免的に残存し得る。

10

20

30

40

50

【0005】

燃料ガス流路に流入したガスは、燃料ガス流路の内壁から多孔質の支持基板の内部の多数の気孔を介して燃料極に供給され、発電反応に供される。燃料電池の発電効率を高めるためには、できるだけ多くの改質後のガスを燃料極に供給することが好ましい。このためには、燃料ガス流路に流入した改質前の残存ガス成分を支持基板内部の多数の気孔を通過する過程にて改質することが要求される。

【0006】

この要求を達成するためには、支持基板を構成する材料に燃料ガスの改質反応を促す触媒成分（例えば、ニッケル）を含めることが考えられる。しかしながら、一般に、係る触媒成分は導電性を有する。従って、多量の触媒成分を支持基板の材質内に均一に含めると、支持基板の絶縁性が確保され難くなる。

10

【0007】

他方、「横縞型」の場合、隣り合う燃料極間にて短絡電流が流れることを防止するため、支持基板の絶縁性を確保する必要がある。これは、「横縞型」の場合、複数の燃料極が支持基板の外側面における互いに離れた複数の箇所それぞれ設けられることに起因する。

【0008】

以上より、「横縞型」において、隣り合う燃料極間にて絶縁性を確保しつつ、燃料ガス流路に流入した改質前の残存ガス成分を支持基板内部の多数の気孔を通過する過程にて改質することが望まれていたところである。

20

【0009】

本発明は、上記問題を解決するためになされたものであり、隣り合う燃料極間にて絶縁性を確保しつつ、燃料ガス流路に流入した改質前の残存ガス成分を支持基板内部の多数の気孔を通過する過程にて改質することができる「横縞型」の燃料電池セルを提供することを目的とする。

【0010】

本発明に係る燃料電池セルは、燃料ガスを流すための燃料ガス流路が内部に形成された絶縁性を有する多孔質の支持基板と、前記支持基板の外側面における互いに離れた複数の箇所それぞれ設けられ、少なくとも燃料極、固体電解質、及び空気極がこの順に積層されてなる複数の発電素子部と、1組又は複数組の隣り合う前記発電素子部の間にそれぞれ設けられ、隣り合う前記発電素子部の一方の燃料極と他方の空気極とを電氣的に接続する1つ又は複数の電氣的接続部とを備える。即ち、このセルは、「横縞型」の燃料電池セルである。

30

【0011】

本発明に係る燃料電池セルの特徴は、前記支持基板を構成する材料において燃料ガスの改質反応を促す触媒成分と電氣的絶縁成分とが含まれていて、前記支持基板の内部において、前記燃料ガス流路の壁面に近い部分の前記触媒成分の体積濃度が前記燃料極と接触する前記支持基板の外側面に近い部分の前記触媒成分の体積濃度より大きいことにある。ここにおいて、前記触媒成分としては、導電性を有するものが好ましいが、導電性を有しないものであってもよい。前記触媒成分は、例えば、炭化水素系のガスを水素に改質する改質反応を促す触媒成分であり、導電性を有するものとしては、Fe、Ni、Co、Cu等が挙げられ、特に、Niが好ましい。また、導電性を有しないものとしては、例えば、NiAl₂O₄が挙げられる。NiAl₂O₄については、例えば、特開2005-340164号公報に詳細に記載されている。

40

【0012】

以下、NiAl₂O₄について付言する。NiAl₂O₄は、酸化雰囲気（即ち、支持基板内部が酸化雰囲気となるセルの製造段階等）では、NiAl₂O₄として安定して存在する。この形態では絶縁性を示す。しかしながら、NiAl₂O₄は、還元雰囲気（即ち、支持基板内部が還元雰囲気となるセルの稼働段階等）では、NiとAl₂O₄とが分離して存在する方がNiAl₂O₄として存在するより安定となる。従って、NiAl₂

50

O₄ から Ni が析出する。この析出した Ni が「燃料ガス改質を促す触媒」として機能する。以上より、触媒成分として NiAl₂O₄ を支持基板の材質内に均一に含めると、セル稼働時に導電性を有する Ni が析出することによって支持基板の絶縁性が確保され難くなる。即ち、触媒成分として Ni を支持基板の材質内に均一に含ませる場合と同じ問題が発生し得る。このように「酸化雰囲気で安定し、且つ、還元雰囲気で分解して Ni を析出する特性」を示し、且つ、前記触媒成分として使用され得る材料としては、NiAl₂O₄ の他に、「NiO がドーブされた MgO」、「Ni を含むスピネル化合物」等が挙げられる。

【0013】

上記構成によれば、多孔質の支持基板内部における「燃料ガス流路の壁面に近い部分」の触媒成分の体積濃度が大きくされ得る。従って、燃料ガス流路に流入したガス（改質前の残存ガス成分を含む）が多孔質の支持基板の内部の多数の気孔を介して燃料ガス流路から燃料極に供給される過程における初期段階にて、触媒成分の触媒作用によって改質前の残存ガス成分の改質が促される。この結果、改質前の残存ガス成分が十分に改質され得る。

10

【0014】

加えて、上記構成によれば、多孔質の支持基板内部における「燃料極と接触する支持基板の外側面に近い部分」の触媒成分の体積濃度が小さく（例えば、「0」に）され得る。従って、少なくとも支持基板内部における「隣り合う燃料極の間を結ぶ部分」の絶縁性が確保され得る。この結果、隣り合う燃料極間にて絶縁性が確保され得る。以上、本発明によれば、隣り合う燃料極間にて絶縁性を確保しつつ、燃料ガス流路に流入した改質前の残存ガス成分が支持基板内部の多数の気孔を通過する過程にて改質することができる。

20

【0015】

上記本発明に係る燃料電池セルにおいては、具体的には、例えば、前記支持基板は、「前記燃料ガス流路の壁面を含む（且つ、前記支持基板の外側面を含まない）第1部分であって、前記電氣的絶縁成分と前記触媒成分とから構成される第1部分」と、「前記支持基板の外側面を含む（且つ、前記燃料ガス流路の壁面を含まない）とともに前記第1部分と接続する第2部分であって、前記電氣的絶縁成分（のみ）から構成される第2部分」とからなるように構成され得る。この場合、前記第1部分の前記触媒成分の体積濃度は5～50%とされ得る。また、このような支持基板は、前記触媒成分の体積濃度が異なる複数の部分からなる成形体が焼成により一体化されて形成され得る。

30

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の実施形態に係る燃料電池セルを示す斜視図である。

【図2】図1に示す燃料電池セルの2-2線に対応する断面図である。

【図3】図1に示す燃料電池セルの作動状態を説明するための図である。

【図4】図1に示す燃料電池セルの作動状態における電流の流れを説明するための図である。

【図5】図1に示す支持基板の第1部分を示す斜視図である。

【図6】図1に示す支持基板の第1、第2部分を含む全体を示す斜視図である。

40

【図7】図1に示す燃料電池セルの製造過程における第1段階における図2に対応する断面図である。

【図8】図1に示す燃料電池セルの製造過程における第2段階における図2に対応する断面図である。

【図9】図1に示す燃料電池セルの製造過程における第3段階における図2に対応する断面図である。

【図10】図1に示す燃料電池セルの製造過程における第4段階における図2に対応する断面図である。

【図11】図1に示す燃料電池セルの製造過程における第5段階における図2に対応する断面図である。

50

【図 1 2】図 1 に示す燃料電池セルの製造過程における第 6 段階における図 2 に対応する断面図である。

【図 1 3】図 1 に示す燃料電池セルの製造過程における第 7 段階における図 2 に対応する断面図である。

【図 1 4】本発明の実施形態の他の変形例に係る燃料電池セルの図 2 に対応する断面図である。

【図 1 5】本発明の実施形態の他の変形例に係る燃料電池セルの図 1 に対応する断面図である。

【図 1 6】本発明の実施形態の他の変形例に係る燃料電池セルの図 6 に対応する斜視図である。

【図 1 7】本発明の実施形態の他の変形例に係る燃料電池セルの図 6 に対応する斜視図である。

【図 1 8】図 1 6 又は図 1 7 に示した支持基板を採用した燃料電池セルの図 2 に対応する断面図である。

【図 1 9】図 1 8 に示す支持基板の凹部に埋設された燃料極及びインターコネクタの状態を示した平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

(構成)

図 1 は、本発明の実施形態に係る固体酸化物形燃料電池 (SOFC) のセルを示す。この SOFC セルは、長手方向を有する平板状の支持基板 10 の上下面 (互いに平行な両側の主面 (平面)) のそれぞれに、電氣的に直列に接続された複数 (本例では、4 つ) の同形の発電素子部 A が長手方向において所定の間隔をおいて配置された、所謂「横縞型」と呼ばれる構成を有する。

【0018】

この SOFC セルの全体を上方からみた形状は、例えば、長手方向の辺の長さが 5 ~ 50 cm で長手方向に直交する幅方向の長さが 1 ~ 10 cm の長方形である。この SOFC セルの全体の厚さは、1 ~ 5 mm である。この SOFC セルの全体は、厚さ方向の中心を通り且つ支持基板 10 の主面に平行な面に対して上下対称の形状を有することが好ましいが、この限りでない。以下、図 1 に加えて、この SOFC セルの図 1 に示す 2 - 2 線に対応する部分断面図である図 2 を参照しながら、この SOFC セルの詳細について説明する。図 2 は、代表的な 1 組の隣り合う発電素子部 A, A のそれぞれの構成 (の一部)、並びに、発電素子部 A, A 間の構成を示す部分断面図である。その他の組の隣り合う発電素子部 A, A 間の構成も、図 2 に示す構成と同様である。

【0019】

支持基板 10 は、多孔質の材料からなる長手方向を有する平板状の焼成体である。支持基板 10 の長手方向に沿った側端部は、外側に (幅方向に) 凸となる曲面状を呈している。支持基板 10 の内部には、長手方向に延びる複数 (本例では、6 本) の燃料ガス流路 11 (貫通孔) が幅方向において所定の間隔をおいて形成されている。

【0020】

支持基板 10 は、電氣的絶縁成分 (電子伝導性を有さない成分) と触媒成分とから構成される第 1 部分 10 a (図 1、図 2、及びその他の図面において微細なドットで示した領域を参照) と、電氣的絶縁成分 (のみ) から構成される第 2 部分 10 b と、からなる。電氣的絶縁成分としては、例えば、CSZ (カルシア安定化ジルコニア)、YSZ (8YSZ) (イットリア安定化ジルコニア)、 Y_2O_3 (イットリア)、 $CaZrO_3$ (カルシウムジルコネート)、MgO (マグネシア)、 $MgAl_2O_4$ (スピネル) 等、或いはこれらの何れか 2 種以上の混合物等が挙げられる。触媒成分としては、Ni (ニッケル)、Ru (ルテニウム) 等が挙げられる。第 1 部分 10 a の触媒成分の体積濃度は 5 ~ 50 % である。なお、「触媒成分の体積濃度」とは、気孔部分を除いた全体積に対する触媒成分の体積の割合を指す。

10

20

30

40

50

【0021】

この例では、第1部分10aは、上記複数の燃料ガス流路11の全体を内部に包含する単一の平板状の層である。第1部分10aは、複数の燃料ガス流路11の内壁面を含んでいる。第2部分10bは、第1部分10aの層の上下にそれぞれ積層された平板状の層である。各第2部分10bの外表面は、支持基板10の外表面(主面)を構成している。即ち、各第2部分10bは、支持基板10の外表面を含んでいる。後に述べるように、各第2部分10bの外表面には、複数の発電素子部Aの燃料極20がそれぞれ接触している。支持基板10の厚さ(両主面間の距離)は、1~5mmである。以下、説明の簡便化のため、支持基板10の上面側の構成についてのみ説明していく。支持基板10の下面側の構成についても同様である。

10

【0022】

図2に示すように、支持基板10の上面(上側の主面)の上には、直方体状の燃料極20が設けられている。燃料極20は、電子伝導性を有する多孔質の材料からなる焼成体である。燃料極20は、後述する固体電解質膜40に接する燃料極活性部22と、燃料極活性部22以外の残りの部分である燃料極集電部21とから構成される。燃料極活性部22を上方からみた形状は、燃料極集電部21が存在する範囲に亘って幅方向に延びる長方形である。

【0023】

燃料極活性部22は、例えば、酸化ニッケルNiOとイットリア安定化ジルコニアYSZ(8YSZ)とから構成され得る。或いは、酸化ニッケルNiOとガドリニウムドープセリアGDCとから構成されてもよい。燃料極集電部21は、例えば、酸化ニッケルNiOとイットリア安定化ジルコニアYSZ(8YSZ)とから構成され得る。或いは、酸化ニッケルNiOとイットリア Y_2O_3 とから構成されてもよいし、酸化ニッケルNiOとカルシア安定化ジルコニアCSZとから構成されてもよい。燃料極活性部22の厚さは、5~30 μm であり、燃料極集電部21の厚さは、50~500 μm である。

20

【0024】

このように、燃料極集電部21は、電子伝導性を有する物質を含んで構成される。燃料極活性部22は、電子伝導性を有する物質と酸素イオン伝導性を有する物質とを含んで構成される。燃料極活性部22における「気孔部分を除いた全体積に対する酸素イオン伝導性を有する物質の体積割合」は、燃料極集電部21における「気孔部分を除いた全体積に対する酸素イオン伝導性を有する物質の体積割合」よりも大きい。

30

【0025】

各燃料極20(より具体的には、各燃料極集電部21)の上面の所定箇所には、インターコネクタ30が形成されている。インターコネクタ30は、電子伝導性を有する緻密な材料からなる焼成体である。インターコネクタ30を上方からみた形状は、燃料極20が存在する範囲に亘って幅方向に延びる長方形である。インターコネクタ30は、例えば、 $LaCrO_3$ (ランタンクロマイト)から構成され得る。或いは、 $(Sr, La)TiO_3$ (ストロンチウムチタネート)から構成されてもよい。インターコネクタ30の厚さは、10~100 μm である。

40

【0026】

複数の燃料極20が設けられた状態の支持基板10における長手方向に延びる外周面において複数のインターコネクタ30が形成された部分を除いた全面は、固体電解質膜40により覆われている。固体電解質膜40は、イオン伝導性を有し且つ電子伝導性を有さない緻密な材料からなる焼成体である。固体電解質膜40は、例えば、 Y_2O_3 (イットリア)を含有したYSZ(イットリア安定化ジルコニア)から構成され得る。或いは、LSGM(ランタンガレート)から構成されてもよい。固体電解質膜40の厚さは、3~50 μm である。

【0027】

即ち、複数の燃料極20が設けられた状態の支持基板10における長手方向に延びる外周面の全面は、インターコネクタ30と固体電解質膜40とからなる緻密層により覆われ

50

ている。この緻密層は、緻密層の内側の空間を流れる燃料ガスと緻密層の外側の空間を流れる空気との混合を防止するガスシール機能を発揮する。ここで、緻密材料からなる「インターコネクタ30及び固体電解質膜40」が、「ガスシール部」に対応する。

【0028】

固体電解質膜40における各燃料極活性部22と接している箇所の上には、反応防止膜50を介して空気極60が形成されている。反応防止膜50は、緻密な材料からなる焼成体であり、空気極60は、電子伝導性とイオン伝導性を有する多孔質の材料からなる焼成体である。反応防止膜50及び空気極60を上方からみた形状は、燃料極活性部22と略同一の長方形である。

【0029】

反応防止膜50は、例えば、 $GDC = (Ce, Gd)O_2$ (ガドリニウムドープセリア) から構成され得る。反応防止膜50の厚さは、 $3 \sim 50 \mu m$ である。空気極60は、例えば、 $LSCF = (La, Sr)(Co, Fe)O_3$ (ランタンストロンチウムコバルトフェライト) から構成され得る。或いは、 $LSF = (La, Sr)FeO_3$ (ランタンストロンチウムフェライト)、 $LNf = La(Ni, Fe)O_3$ (ランタンニッケルフェライト)、 $LSC = (La, Sr)CoO_3$ (ランタンストロンチウムコバルタイト) 等から構成されてもよい。また、空気極60は、 $LSCF$ からなる第1層(内側層)と LSC からなる第2層(外側層)との2層によって構成されてもよい。空気極60の厚さは、 $10 \sim 100 \mu m$ である。

【0030】

なお、反応防止膜50が介装されるのは、 $SOFC$ 作製時又は作動中の $SOFC$ 内において固体電解質膜40内の YSZ と空気極60内の Sr とが反応して固体電解質膜40と空気極60との界面に電気抵抗が大きい反応層が形成される現象の発生を抑制するためである。

【0031】

ここで、燃料極20と、固体電解質膜40と、反応防止膜50と、空気極60とが積層されてなる積層体が、「発電素子部A」に対応する(図2を参照)。即ち、支持基板10の上には、複数(本例では、4つ)の発電素子部Aが、長手方向において所定の間隔をおいて配置されている。

【0032】

各組の隣り合う発電素子部A, Aについて、一方の(図2では、左側の)発電素子部Aの空気極60と、他方の(図2では、右側の)発電素子部Aのインターコネクタ30とを跨ぐように、空気極60、固体電解質膜40、及び、インターコネクタ30の上面に、空気極集電膜70が形成されている。空気極集電膜70は、電子伝導性を有する多孔質の材料からなる焼成体である。空気極集電膜70を上方からみた形状は、長方形である。

【0033】

空気極集電膜70は、例えば、 $LSCF = (La, Sr)(Co, Fe)O_3$ (ランタンストロンチウムコバルトフェライト) から構成され得る。或いは、 $LSC = (La, Sr)CoO_3$ (ランタンストロンチウムコバルタイト) から構成されてもよい。或いは、 Ag (銀)、 $Ag-Pd$ (銀パラジウム合金) から構成されてもよい。空気極集電膜70の厚さは、 $50 \sim 500 \mu m$ である。

【0034】

このように各空気極集電膜70が形成されることにより、各組の隣り合う発電素子部A, Aについて、一方の(図2では、左側の)発電素子部Aの空気極60と、他方の(図2では、右側の)発電素子部Aの燃料極20(特に、燃料極集電部21)とが、電子伝導性を有する「空気極集電膜70及びインターコネクタ30」を介して電氣的に接続される。この結果、支持基板10の上面に配置されている複数(本例では、4つ)の発電素子部Aが電氣的に直列に接続される。ここで、電子伝導性を有する「空気極集電膜70及びインターコネクタ30」が、「電氣的接続部」に対応する。

【0035】

10

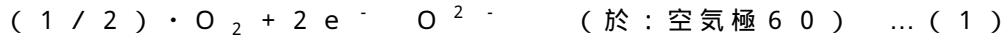
20

30

40

50

以上、説明した「横縞型」のSOFCセルに対して、図3に示すように、支持基板10の燃料ガス流路11内に燃料ガスが流されるとともに、支持基板10の上下面（特に、各空気極集電膜70）が「酸素を含むガス」（空気等）に曝される（或いは、支持基板10の上下面に沿って酸素を含むガスが流される）。これにより、固体電解質膜40の両側面に生じる酸素分圧差によって起電力が発生する。更に、この構造体を外部の負荷に接続すると、下記（1）、（2）式に示す化学反応が起こり、電流が流れる（発電状態）。



【0036】

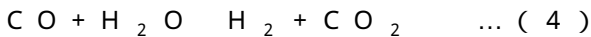
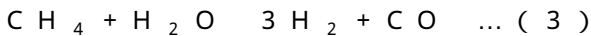
発電状態においては、図4に示すように、各組の隣り合う発電素子部A，Aについて、電流が、矢印で示すように流れる。この結果、図3に示すように、このSOFCセル全体から（具体的には、図3において最も手前側の発電素子部Aのインターコネクタ30と最も奥側の発電素子部Aの空気極60とを介して）電力が取り出される。

10

【0037】

燃料ガス流路11に導入される燃料ガスとしては、改質器（図示せず）を用いて炭化水素系のガス（都市ガスCH₄等）を改質して得られた改質後のガス（水素ガスH₂等）が使用される。改質器内では、例えば、下記（3）、（4）式に示す化学反応が起こることにより、改質前のガス（CH₄）がSOFCの発電反応に使用されるガス（H₂）に改質される。

【0038】



【0039】

（製造方法）

次に、図1に示した「横縞型」のSOFCセルの製造方法の一例について図5～図13を参照しながら簡単に説明する。図5～図13において、各部材の符号の末尾の「g」は、その部材が「焼成前」であることを表す。

20

【0040】

まず、図5に示す薄板状の形状を有する支持基板の第1部分の成形体10agが作製される。この成形体10agは、例えば、支持基板の第1部分10aの材料（例えば、CSZとNi）の粉末を所謂押し出し成形法等を利用して成形・固化することによって作製され得る。

30

【0041】

次いで、図6に示すように、上述のように得られた成形体10agの上下面にそれぞれ、支持基板の第2部分の成形体10bgの成形体が形成される。これにより、支持基板の成形体10gが得られる。成形体10bgの形成は、支持基板の第2部分10bの材料（例えば、CSZのみ）の粉末にバインダー等が添加されて得られるスラリーを用いたテープ成形法、印刷法等を利用してなされ得る。以下、図6に示す支持基板の成形体10gの部分断面を表す図7～図13を参照しながら説明を続ける。

【0042】

図7に示すように、支持基板の成形体10gが作製されると、次に、図8に示すように、支持基板の成形体10g（より具体的には、第2部分10bg）の上下面の所定位置に、燃料極の成形体（21g+22g）が形成される。各燃料極の成形体（21g+22g）は、例えば、燃料極20の材料（例えば、NiとYSZ）の粉末にバインダー等が添加されて得られるスラリーを用いて、印刷法等を利用して形成される。

40

【0043】

次に、図9に示すように、各燃料極の成形体21gの外側面の所定箇所に、インターコネクタの成形膜30gが形成される。各インターコネクタの成形膜30gは、例えば、インターコネクタ30の材料（例えば、LaCrO₃）の粉末にバインダー等が添加されて得られるスラリーを用いて、印刷法等を利用して形成される。

50

【 0 0 4 4 】

次に、図 1 0 に示すように、複数の燃料極の成形体 (2 1 g + 2 2 g) が形成された状態の支持基板の成形体 1 0 g における長手方向に延びる外周面において複数のインターコネクタの成形体 3 0 g が形成された部分を除いた全面 (支持基板の成形体 1 0 g の側端面の表面を含む) に、固体電解質膜の成形膜 4 0 g が形成される。固体電解質膜の成形膜 4 0 g は、例えば、固体電解質膜 4 0 の材料 (例えば、 Y S Z) の粉末にバインダー等が添加されて得られるスラリーを用いて、印刷法、ディッピング法等を利用して形成される。

【 0 0 4 5 】

次に、図 1 1 に示すように、固体電解質膜の成形体 4 0 g における各燃料極の成形体 2 2 g と接している箇所の外側面に、反応防止膜の成形膜 5 0 g が形成される。各反応防止膜の成形膜 5 0 g は、例えば、反応防止膜 5 0 の材料 (例えば、 G D C) の粉末にバインダー等が添加されて得られるスラリーを用いて、印刷法等を利用して形成される。

10

【 0 0 4 6 】

そして、このように種々の成形膜が形成された状態の支持基板の成形体 1 0 g が、空気中にて 1 4 0 0 ~ 1 5 0 0 で 1 ~ 2 0 時間焼成される。これにより、図 1 に示した S O F C セルにおいて空気極 6 0 及び空気極集電膜 7 0 が形成されていない状態の構造体が得られる。

【 0 0 4 7 】

次に、図 1 2 に示すように、各反応防止膜 5 0 の外側面に、空気極の成形膜 6 0 g が形成される。各空気極の成形膜 6 0 g は、例えば、空気極 6 0 の材料 (例えば、 L S C F) の粉末にバインダー等が添加されて得られるスラリーを用いて、印刷法等を利用して形成される。

20

【 0 0 4 8 】

次に、図 1 3 に示すように、各組の隣り合う発電素子部について、一方の発電素子部の空気極の成形膜 6 0 g と、他方の発電素子部のインターコネクタ 3 0 とを跨ぐように、空気極の成形膜 6 0 g、固体電解質膜 4 0、及び、インターコネクタ 3 0 の外側面に、空気極集電膜の成形膜 7 0 g が形成される。各空気極集電膜の成形膜 7 0 g は、例えば、空気極集電膜 7 0 の材料 (例えば、 L S C F) の粉末にバインダー等が添加されて得られるスラリーを用いて、印刷法等を利用して形成される。

【 0 0 4 9 】

そして、このように成形膜 6 0 g、7 0 g が形成された状態の支持基板 1 0 が、空気中にて 9 0 0 ~ 1 1 0 0 で 1 ~ 2 0 時間焼成される。これにより、図 1 に示した S O F C セルが得られる。以上、図 1 に示した S O F C セルの製造方法の一例について説明した。

30

【 0 0 5 0 】

(支持基板内の触媒成分についての体積濃度分布の付与)

上述したように、上述した S O F C セルの支持基板 1 0 内の燃料ガス流路 1 1 に導入される燃料ガス (発電反応に使用されるガス) としては、改質器 (図示せず) を用いて炭化水素系のガス (例えば、都市ガス $C H_4$) を改質して得られた改質後のガス (例えば、水素ガス H_2) が使用される。しかしながら、改質器を通過したガス (即ち、支持基板 1 0 の燃料ガス流路 1 1 に導入されるガス) 内には、改質器で改質され得なかった改質前のガス成分 (例えば、都市ガス $C H_4$) が不可避免的に残存し得る。

40

【 0 0 5 1 】

燃料ガス流路 1 1 に流入したガスは、燃料ガス流路 1 1 の内壁から多孔質の支持基板 1 0 の内部の多数の気孔を介して燃料極 2 0 に供給される。従って、S O F C の発電効率を高めるためには、できるだけ多くの改質後のガスを燃料極 2 0 に供給することが好ましい。このためには、燃料ガス流路 1 1 に流入した改質前の残存ガス成分を支持基板 1 0 の内部の多数の気孔を通過する過程にて改質することが要求される。

【 0 0 5 2 】

このため、支持基板 1 0 を構成する材料に燃料ガスの改質反応 (上述した (3)、(4) 式を参照) を促す触媒成分 (N i 等) を含めることが考えられる。しかしながら、一般

50

に、係る触媒成分（Ni等）は導電性を有する。従って、多量の触媒成分を支持基板10の材質内に均一に含めると、支持基板10の絶縁性が確保され難くなる。

【0053】

他方、本例のように「横縞型」のSOFCの場合、隣り合う燃料極間にて短絡電流が流れることを防止するため、支持基板10の内部における少なくとも「隣り合う燃料極間を結ぶ部分」の絶縁性を確保する必要がある。これは、「横縞型」のSOFCの場合、複数の燃料極が支持基板の外側面における互いに離れた複数の箇所それぞれに設けられることに起因する。

【0054】

本実施形態に係るSOFCセルでは、上述の内容を考慮して、支持基板10の内部の触媒成分について体積濃度分布が付与されている。即ち、支持基板10は、電気的絶縁成分（CSZ等）と触媒成分（Ni等）とから構成される第1部分10aと、電気的絶縁成分のみから構成される第2部分10bとから構成される。ここで、触媒成分を含む第1部分10aは、支持基板10の内部における「燃料ガス流路11の内壁面に近い部分」に存在する。従って、燃料ガス流路11に流入したガス（改質前の残存ガス成分を含む）が燃料ガス流路11の内壁から多孔質の支持基板10の内部の多数の気孔を介して燃料極20に供給される過程における初期段階にて、触媒成分の触媒作用によって改質前の残存ガス成分の改質が促される。この結果、改質前の残存ガス成分が十分に改質され得る。

【0055】

加えて、触媒成分を含まない（電気的絶縁成分のみからなる）第2部分10bは、支持基板10の内部における「燃料極20と接触する支持基板10の外側面（主面）に近い部分」に存在する。従って、支持基板10の内部における少なくとも「隣り合う燃料極20の間を結ぶ部分」の絶縁性が確保され得る。この結果、隣り合う燃料極20間にて絶縁性が確保され得る。以上、本実施形態によれば、隣り合う燃料極20間にて絶縁性を確保しつつ、燃料ガス流路11に流入した改質前の残存ガス成分が支持基板10の内部の多数の気孔を通過する過程にて改質することができる。この結果、SOFCの全体として発電効率を高めることができる。

【0056】

なお、本発明は上記実施形態に限定されることはなく、本発明の範囲内において種々の変形例を採用することができる。例えば、上記実施形態では、支持基板10が、触媒成分と電気的絶縁成分とからなる第1部分10aと、触媒成分を含まず電気的絶縁成分のみからなる第2部分10bとから構成されているが、第1、第2部分10a、10bがそれぞれ、触媒成分と電気的絶縁成分とから構成されるとともに、第1部分10aの触媒成分の体積濃度が第2部分10bの触媒成分の体積濃度より大きくなるように構成されていてもよい。

【0057】

また、上記実施形態では、支持基板10の内部の触媒成分について、「燃料ガス流路11の壁面に近い部分」の体積濃度が「燃料極20と接触する支持基板10の外側面に近い部分」の体積濃度より大きくなるように体積濃度分布を付与するにあたり、2段階（第1部分10aにて5～50%、第2部分10bにて0～20%）の分布が付与されている。なお、「触媒成分の体積濃度」とは、気孔部分を除いた全体積に対する触媒成分の体積の割合を指す。これに対し、支持基板10の内部の触媒成分について、「燃料ガス流路11の壁面に近い部分」から「燃料極20と接触する支持基板10の外側面に近い部分」に向けて体積濃度が徐々に減少するように体積濃度分布が付与されていてもよい。更には、支持基板が、触媒成分の体積濃度が異なる層を2層以上積層して構成されても良い。この場合、セル製造プロセスの煩雑性を考慮して10層以下とすることが好ましい。

【0058】

また、上記実施形態では、平板状の支持基板10の上下面のそれぞれに複数の発電素子部Aが設けられているが、図14に示すように、支持基板10の片側面のみ複数の発電素子部Aが設けられていてもよい。また、上記実施形態においては、燃料極20が燃料極

10

20

30

40

50

集電部 2 1 と燃料極活性部 2 2 との 2 層で構成されているが、燃料極 2 0 が燃料極活性部 2 2 に相当する 1 層で構成されてもよい。

【 0 0 5 9 】

また、上記実施形態では、触媒成分と電気的絶縁成分とからなる第 1 部分 1 0 a は、複数の燃料ガス流路 1 1 の全体を内部に包含する単一の平板状の層であり、電気的絶縁成分のみからなる第 2 部分 1 0 b は、第 1 部分 1 0 a の層の上下にそれぞれ積層された平板状の層である。これに対し、図 1 5 に示すように、触媒成分と電気的絶縁成分とからなる第 1 部分 1 0 a が、各燃料ガス流路 1 1 の周囲をそれぞれ囲む複数の中空円筒状の層であり、電気的絶縁成分のみからなる第 2 部分 1 0 b が残りの部分であるように構成されてもよい。

10

【 0 0 6 0 】

図 1 5 に示す支持基板の第 2 部分 1 0 b の成形体は、例えば、支持基板の第 2 部分 1 0 b の材料（例えば、CSZ）の粉末を所謂押し出し成形法等を利用して成形・固化することによって作製され得る。図 1 5 に示す支持基板の第 1 部分 1 0 a の成形体は、例えば、第 2 部分 1 0 b の成形体における燃料ガス流路 1 1 に対応する穴の内壁に対してディップコート法を利用して支持基板の第 1 部分 1 0 a の材料（例えば、CSZ と Ni）からなる膜を形成することによって作製され得る。更には、第 2 部分 1 0 b の成形体が焼成された後、その焼成体における燃料ガス流路 1 1 に対応する穴に対しディップコート法を用いて第 1 部分 1 0 a を設けても良い。

【 0 0 6 1 】

図 1 5 に示す態様においても、第 1、第 2 部分 1 0 a、1 0 b がそれぞれ、触媒成分と電気的絶縁成分とから構成されるとともに、第 1 部分 1 0 a の触媒成分の体積濃度が第 2 部分 1 0 b の触媒成分の体積濃度より大きくなるように構成されていてもよい。

20

【 0 0 6 2 】

加えて、上記実施形態では、触媒成分として導電性を有する Ni が使用されているが、触媒成分として NiAl₂O₄ が使用されてもよい。NiAl₂O₄ は、酸化雰囲気にて安定して存在し、絶縁性を示す。しかしながら、セルの稼働段階（即ち、支持基板内部が還元雰囲気となる段階）では、Ni と Al₂O₄ とが分離して存在する方が NiAl₂O₄ として存在するより安定となることに起因して、NiAl₂O₄ から Ni が析出する。この析出した Ni が「燃料ガス改質を促す触媒」として機能する。このように「酸化雰囲気にて安定し、且つ、還元雰囲気にて分解して Ni を析出する特性」を示し、且つ、触媒成分として使用され得る材料としては、NiAl₂O₄ の他に、「NiO がドーブされた MgO」、「Ni を含むスピネル化合物」等が挙げられる。

30

【 0 0 6 3 】

また、上記実施形態では、平板状の支持基板 1 0 の外側面上（平面上）に燃料極 2 0 が形成（積層）され且つ燃料極 2 0 の外側面上（平面上）にインターコネクタ 3 0 が形成（積層）されているが、図 1 6 ~ 図 1 9 に示すように、燃料極 2 0 が支持基板 1 0 の外側面に形成された凹部（図 1 6、1 7 を参照）内に埋設され且つインターコネクタ 3 0 が燃料極 2 0 の外側面に形成された凹部内に埋設されていてもよい。以下、上記実施形態に対する、図 1 6 ~ 図 1 9 に示す形態の主たる相違点について簡単に説明する。

40

【 0 0 6 4 】

図 1 6 ~ 図 1 9 に示す形態では、支持基板 1 0 の主面（上下面）には、複数の凹部 1 2 が長手方向において所定の間隔をおいて形成されている。各凹部 1 2 は、支持基板 1 0 の材料からなる底壁と、全周に亘って支持基板 1 0 の材料からなる周方向に閉じた側壁（長手方向に沿う 2 つの側壁と幅方向に沿う 2 つの側壁）と、で画定された直方体状の窪みである。各凹部 1 2 には、燃料極集電部 2 1 の全体が埋設（充填）されている。従って、各燃料極集電部 2 1 は直方体状を呈している。

【 0 0 6 5 】

各燃料極集電部 2 1 の上面（外側面）には、凹部 2 1 a が形成されている。各凹部 2 1 a は、燃料極集電部 2 1 の材料からなる底壁と、周方向に閉じた側壁（長手方向に沿う 2

50

つの側壁と幅方向に沿う2つの側壁)と、で画定された直方体状の窪みである。周方向に閉じた側壁のうち、長手方向に沿う2つの側壁は支持基板10の材料からなり、幅方向に沿う2つの側壁は燃料極集電部21の材料からなる。

【0066】

各凹部21aには、燃料極活性部22の全体が埋設(充填)されている。従って、各燃料極活性部22は直方体状を呈している。燃料極集電部21と燃料極活性部22とにより燃料極20が構成される。燃料極20(燃料極集電部21+燃料極活性部22)は、電子伝導性を有する多孔質の材料からなる焼成体である。各燃料極活性部22の幅方向に沿う2つの側面と底面とは、凹部21a内で燃料極集電部21と接触している。

【0067】

各燃料極集電部21の上面(外側面)における凹部21aを除いた部分には、凹部21bが形成されている。各凹部21bは、燃料極集電部21の材料からなる底壁と、全周に亘って燃料極集電部21の材料からなる周方向に閉じた側壁(長手方向に沿う2つの側壁と、幅方向に沿う2つの側壁)と、で画定された直方体状の窪みである。

【0068】

各凹部21bには、インターコネクタ30が埋設(充填)されている。従って、各インターコネクタ30は直方体状を呈している。インターコネクタ30は、電子伝導性を有する緻密な材料からなる焼成体である。各インターコネクタ30の4つの側壁(長手方向に沿う2つの側壁と、幅方向に沿う2つの側壁)と底面とは、凹部21b内で燃料極集電部21と接触している。

【0069】

燃料極20(燃料極集電部21及び燃料極活性部22)の上面(外側面)と、インターコネクタ30の上面(外側面)と、支持基板10の主面とにより、1つの平面(凹部12が形成されていない場合の支持基板10の主面と同じ平面)が構成されている。即ち、燃料極20の上面とインターコネクタ30の上面と支持基板10の主面との間で、段差が形成されていない。

【0070】

燃料極活性部22は、例えば、NiO(酸化ニッケル)とYSZ(8YSZ)(イットリア安定化ジルコニア)とから構成され得る。或いは、NiO(酸化ニッケル)とGDC(ガドリニウムドープセリア)とから構成されてもよい。燃料極集電部21は、例えば、NiO(酸化ニッケル)とYSZ(8YSZ)(イットリア安定化ジルコニア)とから構成され得る。或いは、NiO(酸化ニッケル)と Y_2O_3 (イットリア)とから構成されてもよいし、NiO(酸化ニッケル)とCSZ(カルシア安定化ジルコニア)とから構成されてもよい。燃料極活性部22の厚さは、5~30 μm であり、燃料極集電部21の厚さ(即ち、凹部12の深さ)は、50~500 μm である。

【0071】

このように、燃料極集電部21は、電子伝導性を有する物質を含んで構成される。燃料極活性部22は、電子伝導性を有する物質と酸素イオン伝導性を有する物質とを含んで構成される。燃料極活性部22における「気孔部分を除いた全体積に対する酸素イオン伝導性を有する物質の体積割合」は、燃料極集電部21における「気孔部分を除いた全体積に対する酸素イオン伝導性を有する物質の体積割合」よりも大きい。

【0072】

インターコネクタ30は、例えば、 $LaCrO_3$ (ランタンクロマイト)から構成され得る。或いは、 $(Sr, La)TiO_3$ (ストロンチウムチタネート)から構成されてもよい。インターコネクタ30の厚さは、10~100 μm である。

【0073】

燃料極20及びインターコネクタ30がそれぞれの凹部12に埋設された状態の支持基板10における長手方向に延びる外周面において複数のインターコネクタ30が形成されたそれぞれの部分の長手方向中央部を除いた全面は、固体電解質膜40により覆われている。固体電解質膜40は、イオン伝導性を有し且つ電子伝導性を有さない緻密な材料から

10

20

30

40

50

なる焼成体である。固体電解質膜 40 は、例えば、YSZ (8YSZ) (イットリア安定化ジルコニア) から構成され得る。或いは、LSGM (ランタンガレート) から構成されてもよい。固体電解質膜 40 の厚さは、3 ~ 50 μm である。

【0074】

即ち、燃料極 20 がそれぞれの凹部 12 に埋設された状態の支持基板 10 における長手方向に延びる外周面の全面は、インターコネクタ 30 と固体電解質膜 40 とからなる緻密層により覆われている。この緻密層は、緻密層の内側の空間を流れる燃料ガスと緻密層の外側の空間を流れる空気との混合を防止するガスシール機能を発揮する。

【0075】

図 18 に示すように、この例では、固体電解質膜 40 が、燃料極 20 の上面、インターコネクタ 30 の上面における長手方向の両側端部、及び支持基板 10 の主面を覆っている。ここで、上述したように、燃料極 20 の上面とインターコネクタ 30 の上面と支持基板 10 の主面との間で段差が形成されていない。従って、固体電解質膜 40 が平坦化されている。この結果、固体電解質膜 40 に段差が形成される場合に比して、応力集中に起因する固体電解質膜 40 でのクラックの発生が抑制され得、固体電解質膜 40 が有するガスシール機能の低下が抑制され得る。

10

【0076】

固体電解質膜 40 における各燃料極活性部 22 と接している箇所の上には、反応防止膜 50 を介して空気極 60 が形成されている。反応防止膜 50 は、緻密な材料からなる焼成体であり、空気極 60 は、電子伝導性を有する多孔質の材料からなる焼成体である。反応防止膜 50 及び空気極 60 を上方からみた形状は、燃料極活性部 22 と略同一の長方形である。

20

【0077】

反応防止膜 50 は、例えば、GDC = (Ce, Gd)O₂ (ガドリニウムドーブセリア) から構成され得る。反応防止膜 50 の厚さは、3 ~ 50 μm である。空気極 60 は、例えば、LSCF = (La, Sr)(Co, Fe)O₃ (ランタンストロンチウムコバルトフェライト) から構成され得る。或いは、LSF = (La, Sr)FeO₃ (ランタンストロンチウムフェライト)、LNF = La(Ni, Fe)O₃ (ランタンニッケルフェライト)、LSC = (La, Sr)CoO₃ (ランタンストロンチウムコバルタイト) 等から構成されてもよい。また、空気極 60 は、LSCF からなる第 1 層 (内側層) と LSC からなる第 2 層 (外側層) との 2 層によって構成されてもよい。空気極 60 の厚さは、10 ~ 100 μm である。

30

【0078】

なお、反応防止膜 50 が介装されるのは、SOFC 作製時又は作動中の SOFC 内において固体電解質膜 40 内の YSZ と空気極 60 内の Sr とが反応して固体電解質膜 40 と空気極 60 との界面に電気抵抗が大きい反応層が形成される現象の発生を抑制するためである。

【0079】

ここで、燃料極 20 と、固体電解質膜 40 と、反応防止膜 50 と、空気極 60 とが積層されてなる積層体が、「発電素子部 A」に対応する (図 18 を参照)。即ち、支持基板 10 の上面には、複数 (本例では、4 つ) の発電素子部 A が、長手方向において所定の間隔をおいて配置されている。

40

【0080】

各組の隣り合う発電素子部 A, A について、一方の (図 18 では、左側の) 発電素子部 A の空気極 60 と、他方の (図 18 では、右側の) 発電素子部 A のインターコネクタ 30 とを跨ぐように、空気極 60、固体電解質膜 40、及び、インターコネクタ 30 の上面に、空気極集電膜 70 が形成されている。空気極集電膜 70 は、電子伝導性を有する多孔質の材料からなる焼成体である。空気極集電膜 70 を上方からみた形状は、長方形である。

【0081】

空気極集電膜 70 は、例えば、LSCF = (La, Sr)(Co, Fe)O₃ (ランタ

50

ンストロンチウムコバルトフェライト)から構成され得る。或いは、 $LS\text{C} = (\text{La}, \text{Sr})\text{CoO}_3$ (ランタンストロンチウムコバルタイト)から構成されてもよい。或いは、 Ag (銀)、 $\text{Ag} - \text{Pd}$ (銀パラジウム合金)から構成されてもよい。空気極集電膜70の厚さは、 $50 \sim 500 \mu\text{m}$ である。

【0082】

このように各空気極集電膜70が形成されることにより、各組の隣り合う発電素子部A、Aについて、一方の(図18では、左側の)発電素子部Aの空気極60と、他方の(図18では、右側の)発電素子部Aの燃料極20(特に、燃料極集電部21)とが、電子伝導性を有する「空気極集電膜70及びインターコネクタ30」を介して電氣的に接続される。この結果、支持基板10の上面に配置されている複数(本例では、4つ)の発電素子部Aが電氣的に直列に接続される。ここで、電子伝導性を有する「空気極集電膜70及びインターコネクタ30」が、前記「電氣的接続部」に対応する。

10

【0083】

なお、インターコネクタ30は、前記「電氣的接続部」における前記「緻密な材料で構成された第1部分」に対応し、気孔率は10%以下である。空気極集電膜70は、前記「電氣的接続部」における前記「多孔質の材料で構成された第2部分」に対応し、気孔率は20~60%である。

【0084】

以上、図16~図19に示す形態では、上記実施形態と同様、支持基板10が、電氣的絶縁成分(CSZ等)と触媒成分(Ni等)とから構成される第1部分10aと、電氣的絶縁成分のみから構成される第2部分10bとから構成される(図16、図17を参照)。この結果、隣り合う燃料極20間にて絶縁性が確保され得る。従って、上記実施形態と同様、隣り合う燃料極20間にて絶縁性を確保しつつ、燃料ガス流路11に流入した改質前の残存ガス成分が支持基板10の内部の多数の気孔を通過する過程にて改質することができる。この結果、SOFCの全体として発電効率を高めることができる。

20

【0085】

また、燃料極20を埋設するための複数の凹部12のそれぞれが、全周に亘って支持基板10の材料からなる周方向に閉じた側壁を有している。換言すれば、支持基板10において各凹部12を囲む枠体がそれぞれ形成されている。従って、この構造体は、支持基板10が外力を受けた場合に変形し難い。

30

【0086】

また、支持基板10の各凹部12内に燃料極20及びインターコネクタ30等の部材が隙間なく充填・埋設された状態で、支持基板10と前記埋設された部材とが共焼結される。従って、部材間の接合性が高く且つ信頼性の高い焼結体が得られる。

【0087】

また、インターコネクタ30が、燃料極集電部21の外側面に形成された凹部21bに埋設され、この結果、直方体状のインターコネクタ30の4つの側壁(長手方向に沿う2つの側壁と、幅方向に沿う2つの側壁)と底面とが凹部21b内で燃料極集電部21と接触している。従って、燃料極集電部21の外側平面上に直方体状のインターコネクタ30が積層される(接触する)構成が採用される場合に比べて、燃料極20(集電部21)とインターコネクタ30との界面の面積を大きくできる。従って、燃料極20とインターコネクタ30との間における電子伝導性を高めることができ、この結果、燃料電池の発電出力を高めることができる。

40

【0088】

また、平板状の支持基板10の上下面のそれぞれに、複数の発電素子部Aが設けられている。これにより、支持基板の片側面のみ複数の発電素子部が設けられる場合に比して、構造体中における発電素子部の数を多くでき、燃料電池の発電出力を高めることができる。

【0089】

加えて、固体電解質膜40が、燃料極20の外側面、インターコネクタ30の外側面に

50

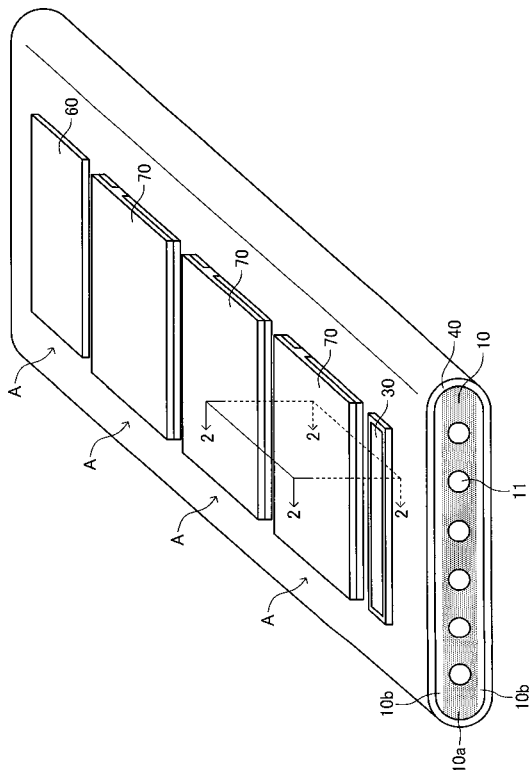
おける長手方向の両側端部、及び支持基板 10 の主面を覆っている。ここで、燃料極 20 の外側面とインターコネクタ 30 の外側面と支持基板 10 の主面との間で段差が形成されていない。従って、固体電解質膜 40 が平坦化されている。この結果、固体電解質膜 40 に段差が形成される場合に比して、応力集中に起因する固体電解質膜 40 でのクラックの発生が抑制され得、固体電解質膜 40 が有するガスシール機能の低下が抑制され得る。

【符号の説明】

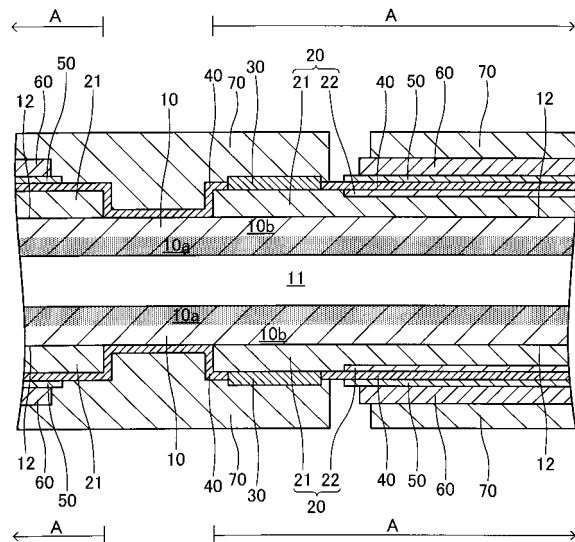
【0090】

10 ... 支持基板、10a ... 第 1 部分、10b ... 第 2 部分、11 ... 燃料ガス流路、12 ... 凹部、20 ... 燃料極、21 ... 燃料極集電部、21b ... 凹部、22 ... 燃料極活性部、30 ... インターコネクタ、40 ... 固体電解質膜、50 ... 反応防止膜、60 ... 空気極、70 ... 空気極集電膜、80 ... 絶縁体、A ... 発電素子部

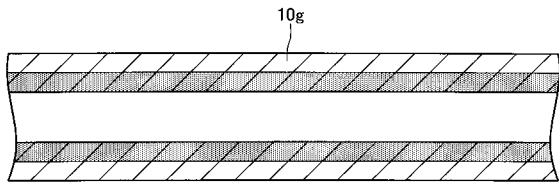
【図 1】



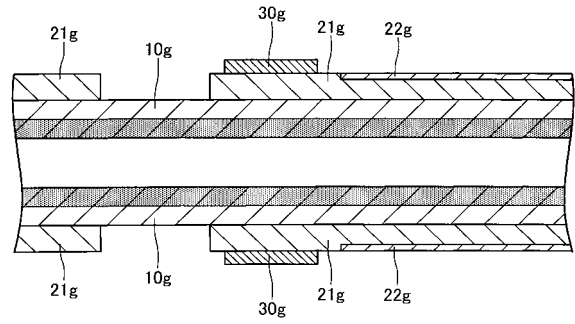
【図 2】



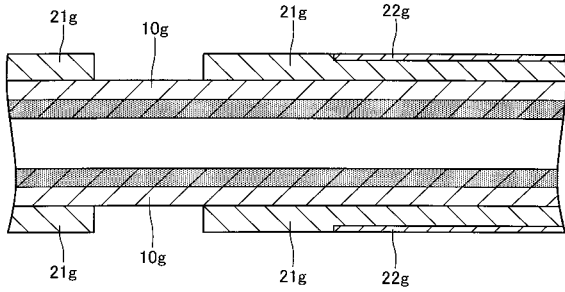
【 図 7 】



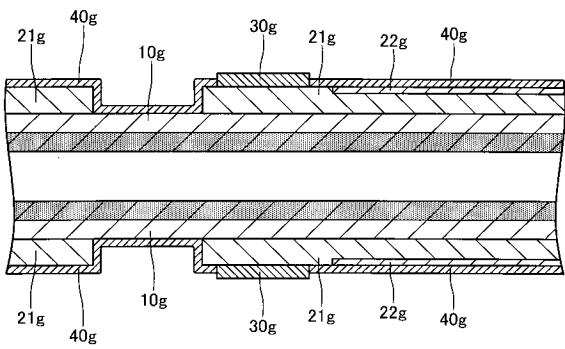
【 図 9 】



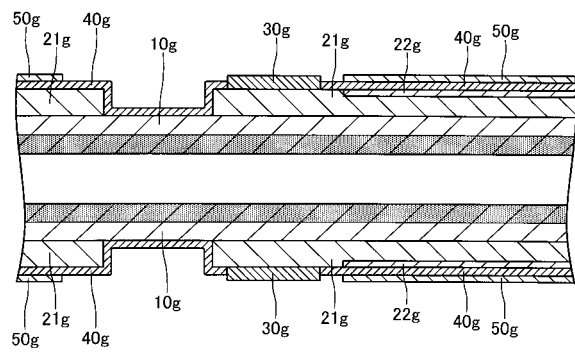
【 図 8 】



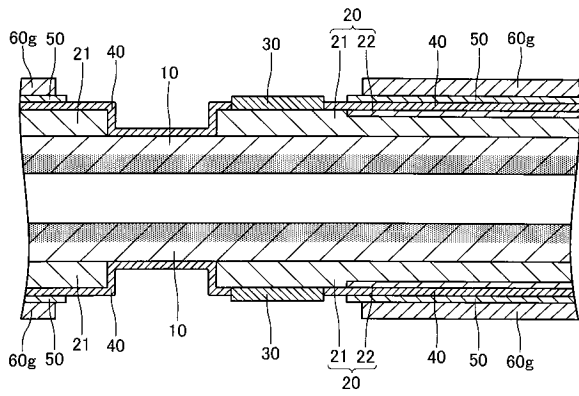
【 図 10 】



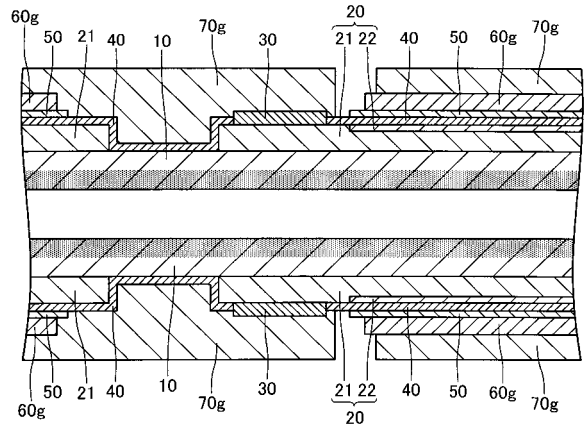
【 図 11 】



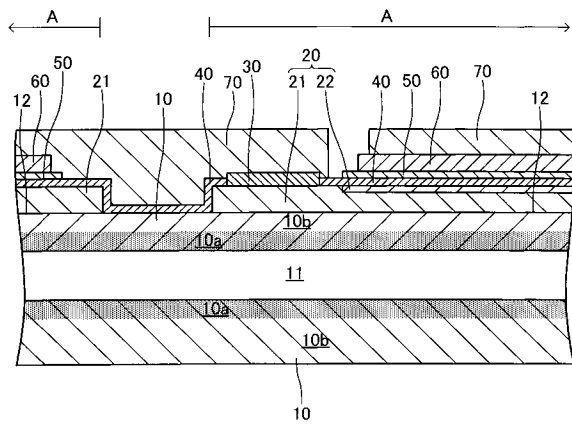
【 図 1 2 】



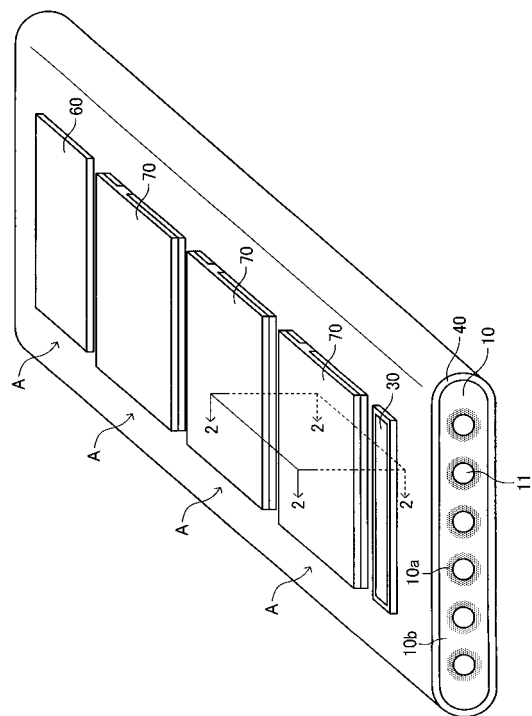
【 図 1 3 】



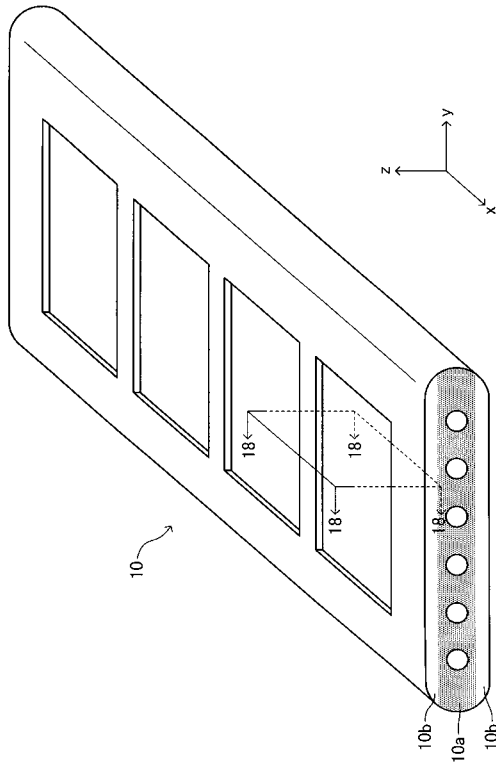
【 図 1 4 】



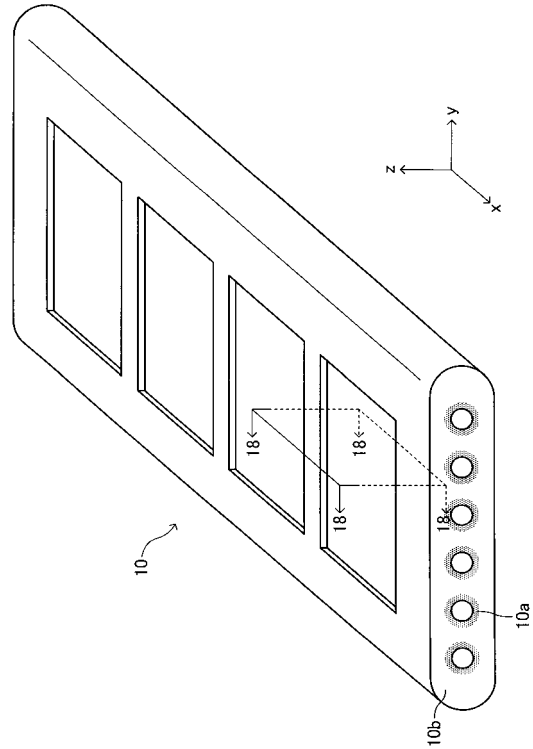
【 図 1 5 】



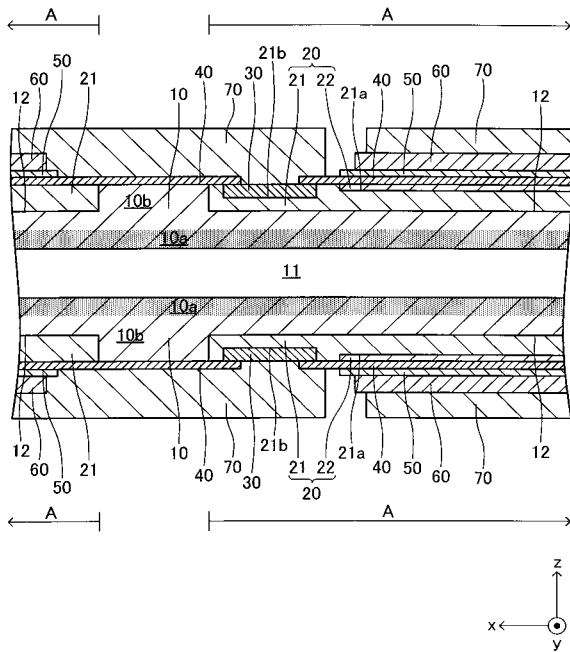
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【図 19】

