

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5437169号
(P5437169)

(45) 発行日 平成26年3月12日 (2014. 3. 12)

(24) 登録日 平成25年12月20日 (2013. 12. 20)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 M 8/02 (2006. 01)

H O 1 M 8/02 Y

H O 1 M 8/12 (2006. 01)

H O 1 M 8/12

H O 1 M 8/24 (2006. 01)

H O 1 M 8/02 E

H O 1 M 8/24 E

請求項の数 9 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2010-123414 (P2010-123414)
(22) 出願日 平成22年5月28日 (2010. 5. 28)
(65) 公開番号 特開2011-249242 (P2011-249242A)
(43) 公開日 平成23年12月8日 (2011. 12. 8)
審査請求日 平成24年12月28日 (2012. 12. 28)

(73) 特許権者 000006633
京セラ株式会社
京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地
(73) 特許権者 000220262
東京瓦斯株式会社
東京都港区海岸 1 丁目 5 番 2 〇号
(74) 代理人 100104318
弁理士 深井 敏和
(72) 発明者 井上 修身
鹿児島県霧島市国分山下町 1 番 4 号 京セ
ラ株式会社総合研究所内
(72) 発明者 兒井 真
鹿児島県霧島市国分山下町 1 番 4 号 京セ
ラ株式会社総合研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタック、横縞型固体酸化物形燃料電池バンドルおよび燃料電池

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

長手方向に沿って反応ガスが流れるためのガス流路を内部に備え、一端側に前記ガス流路の反応ガス導入口を有し、他端側に前記ガス流路の反応ガス排出口を有してなる電気絶縁性の多孔質支持体の表裏面上にそれぞれ内側電極層、固体電解質層および外側電極層が順次積層されてなる燃料電池セルが、前記多孔質支持体の長手方向に沿って複数配置され、インターコネクタを介して電氣的に直列に接続されてなる横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタックであって、

前記多孔質支持体の表面の最も一端側または最も他端側に位置する前記燃料電池セルは、当該多孔質支持体の表面から裏面側に折り返された折り返し部を有する T 字状の内側電極層を有しており、

前記多孔質支持体の裏面側にそれぞれ折り返された前記折り返し部は、前記多孔質支持体の幅方向に沿って所定の間隔 (E) をあけて配置されており、この折り返し部の上面に前記インターコネクタがそれぞれ積層され、該インターコネクタと、前記多孔質支持体の裏面の最も一端側または最も他端側に位置する前記燃料電池セルの前記外側電極層とが電氣的に接続されていることを特徴とする、横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタック。

【請求項 2】

前記折り返し部間の所定の間隔 (E) が、前記多孔質支持体の裏面側に配置された前記燃料電池セルにおける前記内側電極層の前記多孔質支持体の幅方向に沿った幅の 1 / 3 以下の長さである、請求項 1 に記載の横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタック。

10

20

【請求項 3】

前記多孔質支持体の表裏面において、前記多孔質支持体の表面における最も一端側または最も他端側に位置する前記 T 字状の内側電極層を有する前記燃料電池セルおよび前記 T 字状の内側電極層を有する前記燃料電池セルに対応して前記多孔質支持体の裏面に配置された前記燃料電池セル以外の前記燃料電池セルにおいて、前記多孔質支持体の表面に配置された前記燃料電池セルの 1 つを構成する前記内側電極層と、前記多孔質支持体の裏面に配置された前記燃料電池セルの 1 つを構成する前記内側電極層とが、前記多孔質支持体の長手方向に沿った端が同位置となるように形成されており、

前記多孔質支持体の長手方向において、前記折り返し部の長さ (D) が、当該多孔質支持体の表面における前記 T 字状の内側電極層の長さ (A)、および前記 T 字状の内側電極層に対応して前記多孔質支持体の裏面に配置された前記燃料電池セルにおける前記内側電極層の長さ (B) との間で $D < (A - B)$ の関係を有する、請求項 1 または 2 に記載の横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタック。

10

【請求項 4】

$A - (D + B) < (1/2) B$ の関係を有する、請求項 3 に記載の横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタック。

【請求項 5】

前記燃料電池セルは、前記内側電極層が、前記多孔質支持体上に積層された第 1 の内側電極層と該第 1 の内側電極層の上面に積層された第 2 の内側電極層とからなり、前記多孔質支持体の表面に配置された前記燃料電池セルにおける前記第 1 の内側電極層の上面の一端側に前記第 2 の内側電極層、他端側に前記インターコネクタが配置され、前記多孔質支持体の裏面に配置された前記燃料電池セルにおける前記第 1 の内側電極層の上面の一端側に前記インターコネクタ、他端側に前記第 2 の内側電極層が配置されており、

20

前記多孔質支持体の表面の最も一端側または最も他端側に位置する前記燃料電池セルが T 字状の第 1 の内側電極層を有しており、

前記 T 字状の内側電極層を有する前記燃料電池セルと、前記多孔質支持体の長手方向において、前記 T 字状の第 1 の内側電極層を有する前記燃料電池セルと最も遠い位置に配置される前記燃料電池セルを除く、他の前記燃料電池セルのそれぞれが、前記多孔質支持体の表裏面において、前記インターコネクタが同じ位置となるように配置され、かつ前記 T 字状の第 1 の内側電極層の一端と前記 T 字状の第 1 の内側電極層に対応して前記多孔質支持体の裏面に配置された前記燃料電池セルにおける前記第 2 の内側電極層の一端とが、前記多孔質支持体の長手方向に沿って同位置となるように形成されており、

30

前記多孔質支持体の長手方向において、前記折り返し部の長さ (D) が、当該多孔質支持体の表面における前記 T 字状の第 1 の内側電極層の長さ (G)、および前記 T 字状の第 1 の内側電極層に対応して前記多孔質支持体の裏面に配置された前記燃料電池セルにおける前記第 2 の内側電極層の長さ (H) との間で $D < (G - H)$ の関係を有する、請求項 1 または 2 に記載の横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタック。

【請求項 6】

$G - (D + H) < (1/2) H$ の関係を有する、請求項 5 に記載の横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタック。

40

【請求項 7】

複数本の請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタックの一端側を、前記ガス流路に前記反応ガスを供給するためのガスマニホールドに固定してなる横縞型固体酸化物形燃料電池バンドル。

【請求項 8】

前記横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタックは、前記多孔質支持体の表面の最も他端側に位置する前記燃料電池セルが、当該多孔質支持体の表面から裏面側に折り返された折り返し部を有する T 字状の内側電極層を有している請求項 7 に記載の横縞型固体酸化物形燃料電池バンドル。

【請求項 9】

50

請求項 7 または 8 に記載の横縞型固体酸化物形燃料電池バンドルを収納容器内に複数収容してなることを特徴とする燃料電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタック（以下、単にセルスタックという場合がある。）と、横縞型固体酸化物形燃料電池バンドル（以下、単にバンドルという場合がある。）および燃料電池に関する。

【背景技術】

【0002】

10

近年、エネルギー変換段数を少なくし、化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する高い発電効率を有する発電方法として、燃料電池が注目されている。とりわけ、固体酸化物形燃料電池は、発電温度が 600 ～ 1000 と高く、燃料電池内の内部抵抗が小さいため、燃料電池の中で最も発電効率が高く、さらに残燃料を利用してガスタービンによるさらなる発電、あるいはコージェネレーション用の熱源として用いることができ、化学エネルギーを高い変換効率で電気エネルギーに変換できる特性を有する。特に横縞型固体酸化物形燃料電池は、少ないセルスタックの本数で高い電圧を得られる。

【0003】

従来のセルスタックは、長手方向に沿って燃料ガスを流すためのガス流路を内部に備え、一端側に前記ガス流路の燃料ガス導入口を有し、他端側に前記ガス流路の燃料ガス排出口を有してなる電気絶縁性の多孔質支持体上に、燃料極層、固体電解質層および空気極層が順次積層された多層構造の燃料電池セルを多孔質支持体の長手方向に沿って複数個配列し、隣接する燃料電池セルを、インターコネクタを介して電氣的に接続して構成されている。

20

【0004】

このようなセルスタックにおいては、セルスタック表裏面に位置する燃料電池セルを電氣的に直列に接続することで高い電力を得ることができる。セルスタック表裏面に位置する燃料電池セルを電氣的に直列に接続するには、該セルスタック表裏面における最も一端側の燃料電池セル同士または最も他端側の燃料電池セル同士を電氣的に接続する必要がある。

30

【0005】

特許文献 1 では、セルスタック表裏面における最も他端側の燃料電池セル同士を、導通性のある金属（金属ペーストを硬化させたもの）を用いて電氣的に接続したセルスタックが開示されている。

しかしながら、該セルスタックでは、発電を繰り返すことで、該金属の一部がセルスタックの外側面（固体電解質層）の表面や内部に移行して（以下、マイグレーションという場合がある。）、固体電解質が絶縁不良となり電流がショートしたり、該金属の一部が気散して電氣的な導通が劣化するなど耐久性や信頼性に問題があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0006】

【特許文献 1】特開 2006 - 019059 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

そこで、本発明は、発電時にマイグレーションや電氣的な導通の劣化を抑制することができ、信頼性の高いセルスタック、バンドルおよび燃料電池を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

50

本発明者らは、上記課題を解決すべく鋭意研究を重ねた結果、多孔質支持体の表面（以下、単に表面側という場合がある。）の最も一端側または最も他端側に位置する燃料電池セルにおける内側電極層およびインターコネクタの構造において、内側電極層を表面側から多孔質支持体の裏面側（以下、単に裏面側という場合がある。）に折り返された折り返し部を有するＴ字状の形状にし、裏面側にそれぞれ折り返された前記折り返し部の上面に前記インターコネクタをそれぞれ積層させ、該インターコネクタと、裏面側の最も一端側または最も他端側に位置する前記燃料電池セルの前記外側電極層とを電氣的に接続させた構造とすることで、発電時にマイグレーションや電氣的な導通の劣化を抑制することができ、信頼性の高いセルスタックを提供することができることを見出し、本発明を完成するに至った。

10

【０００９】

すなわち、本発明は以下の構成からなる。

（１）長手方向に沿って反応ガスが流れるためのガス流路を内部に備え、一端側に前記ガス流路の反応ガス導入口を有し、他端側に前記ガス流路の反応ガス排出口を有してなる電気絶縁性の多孔質支持体の表裏面上にそれぞれ内側電極層、固体電解質層および外側電極層が順次積層されてなる燃料電池セルが、前記多孔質支持体の長手方向に沿って複数配置され、インターコネクタを介して電氣的に直列に接続されてなる横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタックであって、前記多孔質支持体の表面の最も一端側または最も他端側に位置する前記燃料電池セルは、当該多孔質支持体の表面から裏面側に折り返された折り返し部を有するＴ字状の内側電極層を有しており、前記多孔質支持体の裏面側にそれぞれ折り返された前記折り返し部は、前記多孔質支持体の幅方向に沿って所定の間隔（ E ）をあけて配置されており、この折り返し部の上面に前記インターコネクタがそれぞれ積層され、該インターコネクタと、前記多孔質支持体の裏面の最も一端側または最も他端側に位置する前記燃料電池セルの前記外側電極層とが電氣的に接続されていることを特徴とする、横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタック。

20

（２）前記折り返し部間の所定の間隔（ E ）が、前記多孔質支持体の裏面側に配置された前記燃料電池セルにおける前記内側電極層の前記多孔質支持体の幅方向に沿った幅の $1/3$ 以下の長さである、前記（１）に記載の横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタック。

（３）前記多孔質支持体の表裏面において、前記多孔質支持体の表面における最も一端側または最も他端側に位置する前記Ｔ字状の内側電極層を有する前記燃料電池セルおよび前記Ｔ字状の内側電極層を有する前記燃料電池セルに対応して前記多孔質支持体の裏面に配置された前記燃料電池セル以外の前記燃料電池セルにおいて、前記多孔質支持体の表面に配置された前記燃料電池セルの１つを構成する前記内側電極層と、前記多孔質支持体の裏面に配置された前記燃料電池セルの１つを構成する前記内側電極層とが、前記多孔質支持体の長手方向に沿った端が同位置となるように形成されており、前記多孔質支持体の長手方向において、前記折り返し部の長さ（ D ）が、当該多孔質支持体の表面における前記Ｔ字状の内側電極層の長さ（ A ）、および前記Ｔ字状の内側電極層に対応して前記多孔質支持体の裏面に配置された前記燃料電池セルにおける前記内側電極層の長さ（ B ）との間で $D < (A - B)$ の関係性を有する、前記（１）または（２）に記載の横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタック。

30

（４） $A - (D + B) < (1/2)B$ の関係性を有する、前記（３）に記載の横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタック。

40

（５）前記燃料電池セルは、前記内側電極層が、前記多孔質支持体上に積層された第１の内側電極層と該第１の内側電極層の上面に積層された第２の内側電極層とからなり、前記多孔質支持体の表面に配置された前記燃料電池セルにおける前記第１の内側電極層の上面の一端側に前記第２の内側電極層、他端側に前記インターコネクタが配置され、前記多孔質支持体の裏面に配置された前記燃料電池セルにおける前記第１の内側電極層の上面の一端側に前記インターコネクタ、他端側に前記第２の内側電極層が配置されており、前記多孔質支持体の表面の最も一端側または最も他端側に位置する前記燃料電池セルがＴ字状の第１の内側電極層を有しており、前記Ｔ字状の内側電極層を有する前記燃料電池セルと

50

、前記多孔質支持体の長手方向において、前記Ｔ字状の第１の内側電極層を有する前記燃料電池セルと最も遠い位置に配置される前記燃料電池セルを除く、他の前記燃料電池セルのそれぞれが、前記多孔質支持体の表裏面において、前記インターコネクタが同じ位置となるように配置され、かつ前記Ｔ字状の第１の内側電極層の一端と前記Ｔ字状の第１の内側電極層に対応して前記多孔質支持体の裏面に配置された前記燃料電池セルにおける前記第２の内側電極層の一端とが、前記多孔質支持体の長手方向に沿って同位置となるように形成されており、前記多孔質支持体の長手方向において、前記折り返し部の長さ（Ｄ）が、当該多孔質支持体の表面における前記Ｔ字状の第１の内側電極層の長さ（Ｇ）、および前記Ｔ字状の第１の内側電極層に対応して前記多孔質支持体の裏面に配置された前記燃料電池セルにおける前記第２の内側電極層の長さ（Ｈ）との間で $D < (G - H)$ の関係を有する、前記（１）または（２）に記載の横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタック。

10

（６） $G - (D + H) < (1/2)H$ の関係を有する、前記（５）に記載の横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタック。

（７）複数本の前記（１）～（６）のいずれかに記載の横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタックの一端側を、前記ガス流路に前記反応ガスを供給するためのガスマニホールドに固定してなる横縞型固体酸化物形燃料電池バンドル。

（８）前記横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタックは、前記多孔質支持体の表面の最も他端側に位置する前記燃料電池セルが、当該多孔質支持体の表面から裏面側に折り返された折り返し部を有するＴ字状の内側電極層を有している前記（７）に記載の横縞型固体酸化物形燃料電池バンドル。

20

（９）前記（７）または（８）に記載の横縞型固体酸化物形燃料電池バンドルを収納容器内に複数収容してなることを特徴とする燃料電池。

【発明の効果】

【００１０】

本発明によれば、発電時にマイグレーションや電気的な導通の劣化を抑制することができ、信頼性の高いセルスタックを提供することができる。さらに、本発明のセルスタックを用いた長期信頼性の高いバンドルおよび燃料電池を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】本発明の一実施形態にかかるセルスタックの一部を破断して示す斜視図である。

30

【図２】（ａ）は、本発明の一実施形態にかかるセルスタックの表面図であり、（ｂ）は、本実施形態にかかるセルスタックの裏面図である。

【図３】本発明の一実施形態にかかるセルスタックの図２（ａ）および図２（ｂ）中のＸ－Ｘ線断面図である。

【図４】本発明の一実施形態にかかるセルスタックの図３中のＹ－Ｙ線断面図である。

【図５】（ａ）は、本発明の一実施形態にかかるセルスタックにおける、集電燃料極層およびインターコネクタを積層させた多孔質支持体の表面図であり、（ｂ）は、該多孔質支持体の裏面図である。

【図６】（ａ）は、本発明の他の実施形態にかかるセルスタックにおける、集電燃料極層、活性燃料極層およびインターコネクタを積層させた多孔質支持体の表面図であり、（ｂ）は、該多孔質支持体の裏面図である。

40

【図７】本発明の他の実施形態にかかるセルスタックの断面図である。

【図８】本発明の一実施形態にかかる多孔質支持体成形体を示す縦断面図である。

【図９】（ａ）～（ｈ）は、本発明の一実施形態にかかるセルスタックの製造方法を示す工程図である。

【図１０】本発明のバンドルの一実施形態を示す概略説明図である。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

以下、本発明のセルスタック、バンドルおよび燃料電池の本実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

50

【 0 0 1 3 】

図 1 は、本実施形態にかかるセルスタック 1 a の一部を破断して示す斜視図である。図 2 (a) は、本実施形態にかかるセルスタック 1 a の表面を示す図であり、図 2 (b) は、本実施形態にかかるセルスタック 1 a の裏面を示す図である。図 3 は本実施形態にかかるセルスタック 1 a の図 2 (a) および図 2 (b) 中の X - X 線断面図である。図 4 は、本実施形態にかかるセルスタック 1 a の図 3 中の Y - Y 線断面図である。

【 0 0 1 4 】

図 1 に示すセルスタック 1 a は、中空平板状の電気絶縁性の多孔質支持体 1 1 の表裏面に、複数の燃料電池セル 1 3 を多孔質支持体 1 1 の長手方向（以下、単に長手方向という場合がある。）に沿って所定間隔をおいて配置され、表面側の最も反応ガス排出口側である燃料ガス排出口側（以下、他端側という場合がある。）には、裏面側に配置された隣接する燃料電池セル 1 3 から表面側に配置された隣接する燃料電池セル 1 3 へと電流を流すための電流折り返し構造を持つ燃料電池セル 1 0 が配置されている。セルスタック 1 a は、表裏面に配置された隣接するこれら燃料電池セル 1 3 および燃料電池セル 1 0 を、セル間接続部材 1 7 を介して電氣的に直列に接続して構成されており、いわゆる「横編型」と呼ばれるものである（図 3 参照）。なお、以下の説明において、上記電流折り返し構造を有する燃料電池セル 1 0 が、多孔質支持体 1 1 の表面の最も他端側に配置された例を用いて説明する。

【 0 0 1 5 】

燃料電池セル 1 3 の積層構造について説明する。

図 3 に示すそれぞれの燃料電池セル 1 3 の積層構造は、第 1 の内側電極層である集電燃料極層 1 3 d および第 2 の内側電極層である活性燃料極層 1 3 a、固体電解質層 1 3 b 並びに外側電極層である空気極層 1 3 c を順次積層した層構造となっており、集電燃料極層 1 3 d 上にインターコネクタ 1 7 a が配置されている。なお、以下の説明において、内側電極層を燃料極層（集電燃料極層 1 3 d および活性燃料極層 1 3 a）とし、外側電極層を空気極層 1 3 c とした構成からなるタイプのセルスタックを用いて説明する。

【 0 0 1 6 】

図 5 (a) は、本実施形態にかかるセルスタック 1 a における多孔質支持体 1 1 上に、集電燃料極層 1 3 d、インターコネクタ 1 7 a、インターコネクタ 1 2 a および後述する集電燃料極層 1 0 d を積層した多孔質支持体 1 1 の表面を示す図である。図 5 (b) は、その裏面側を示す図である。

集電燃料極層 1 3 d 上に積層されるインターコネクタ 1 7 a の長手方向における位置は、多孔質支持体 1 1 の表面に配置された燃料電池セル 1 3 および燃料電池セル 1 0 と、多孔質支持体 1 1 の裏面に配置された燃料電池セル 1 3 とが電氣的に直列に接続されるように配置されていれば良く、空気極層 1 3 c の体積を広くとり燃料電池セル 1 3 の発電性能をより高める観点から、集電燃料極層 1 3 d 上の長手方向の一端側または他端側の端部に積層されるのが好ましく、具体的には、図 5 に示すように、表面側では、集電燃料極層 1 3 d 上の他端側端部に、セルスタック 1 a の裏面側では、集電燃料極層 1 3 d 上の燃料ガス供給口側（以下、単に一端側という場合がある。）端部に積層されるのが好ましい。

【 0 0 1 7 】

また、燃料電池セル 1 3 における集電燃料極層 1 3 d、活性燃料極層 1 3 a およびインターコネクタ 1 7 a の積層構造を一組とした場合に、発電性能の観点から、これら一組の各層における長手方向および多孔質支持体 1 1 の幅方向（以下、単に幅方向という場合がある。）の寸法および積層構造の配置はすべて同一であるのが好ましい。

さらに、効率的に発電させる観点から、上記一組に積層される空気極層 1 3 c は、活性燃料極層 1 3 a と長手方向および幅方向の寸法が同一であり、活性燃料極層 1 3 a に対応する固体電解質層 1 3 b 上に積層されるのが好ましい。

なお、多孔質支持体 1 1 の表面側に配置された燃料電池セル 1 3 と裏面側に配置された燃料電池セル 1 3 とを電氣的に直列に接続することから、これらの構造は、多孔質支持体 1 1 の表面側と裏面側に配置された燃料電池セル 1 3 においては逆向きに配置されること

10

20

30

40

50

となる。

【0018】

燃料電池セル10の積層構造について説明する。

燃料電池セル10の多孔質支持体11の表面側は、図4に示すように、多孔質支持体11上に積層された集電燃料極層10d上に、活性燃料極層10a、固体電解質層10bおよび空気極層10cが順次積層されて構成されており、表面側にはインターコネクタは積層されない。なお、燃料電池セル10において、活性燃料極層10a、固体電解質層10b、空気極層10cが重なって配置されている領域が、燃料電池セル10における発電領域となる。

燃料電池セル10の多孔質支持体11の裏面側は、多孔質支持体11上に積層された集電燃料極層10d上に、固体電解質層10bおよびインターコネクタ12aが積層された層構造となっており、裏面側には活性燃料極層10aおよび空気極層10cは積層されない。

【0019】

次に、燃料電池セル10における集電燃料極層10dおよびインターコネクタ12aについて説明する。

図5(a)および(b)に示すように、燃料電池セル10における集電燃料極層10dの形状は、T字型形状である。その本体部は、表面側の多孔質支持体11上に積層され、その両側縁部(以下、両手部という場合がある。)は、多孔質支持体11の左右両側部で折り返され、折り返された左右各折り返し部が裏面側の多孔質支持体11上に積層される。裏面側にそれぞれ折り返された折り返し部の上面にインターコネクタ12aがそれぞれ積層される。

集電燃料極層10dは、電子導電性を有するので、集電燃料極層10dがこのような構造をとることで、表面側の燃料電池セル10における活性燃料極層10aから多孔質支持体11の裏面側の集電燃料極層10dのそれぞれ折り返された折り返し部の上面に積層されたインターコネクタ12aへと、集電燃料極層10dを介して電子が流れるため、インターコネクタ12a(裏面側)から活性燃料極層10a(表面側)へと電流が生じる。そのため、セルスタック1aの全体で見たときに、セルスタック1aの隣接する燃料電池セル13および10のすべてが電氣的に直列に接続され、セルスタック1aから高い電圧を取り出すことができる。さらに、多孔質支持体11の両側部において、集電燃料極層10dは、セルスタック1aの作製時にクラック等の破損が生じにくく、燃料ガスまたは酸素含有ガスのリークを抑制できるため、長期信頼性に優れたセルスタック1aとすることができる。

【0020】

集電燃料極層10dのそれぞれ折り返された折り返し部同士は、図5(b)に示されるように、幅方向に沿って所定の間隔(E)をあけて配置されることが好ましい。

左右各折り返し部同士が重なった構造のセルスタックは、集電燃料極層10dおよびインターコネクタ12aの重なった部分においてクラックを生じるおそれがある。そのため、発電の際に、このクラック部分から燃料ガスまたは酸素含有ガス(空気)がリークし、発電効率が低下するおそれがある。

【0021】

折り返し部間の所定の間隔(E)は、裏面側に配置された燃料電池セル13(集電燃料極層13d)の幅方向に沿った幅(F)(図5(b)参照)の1/3以下の長さであるのが好ましい。

多孔質支持体11の裏面において、燃料電池セル13と隣接する燃料電池セル10とを効率よく電氣的に接続するにあたっては、折り返し部間の所定の間隔(E)は、多孔質支持体11の幅方向に沿った長さがある程度必要とするが、間隔(E)を幅(F)の1/3より長くとると、折り返し部の上面に積層されたインターコネクタ12aの一部が、多孔質支持体11の裏面の平坦部には収まらなくなる場合がある。この場合、平坦部に収まらないインターコネクタ12aは、多孔質支持体11の側面側において、セルスタック1a

10

20

30

40

50

の作製時にクラック等の破損が生じ、該破損部から燃料ガスまたは酸素含有ガスのリークにつながるおそれがある。

また、間隔(E)を幅(F)の $1/3$ より長くとりインターコネクタ12aを多孔質支持体11の裏面の平坦部に収まるようにあらかじめ小さく成形すると、インターコネクタ12aの体積が小さくなり、該インターコネクタ12aに流れ込む電流の電流密度が増加し、それに伴い抵抗が増大するため、好ましくない。

【0022】

燃料電池セル10および燃料電池セル13における集電燃料極層10dおよび集電燃料極層13dの配置について説明する。

本発明のセルスタック1aを用いてなるバンドル20aにおいて、バンドル20aを構成するすべてのセルスタック1aは、多孔質支持体11に設けられたガス流路12に反応ガスである燃料ガスを供給するガスマニホールド21に固定される。それゆえ、セルスタック1aの一端側は、該ガスマニホールド21に接合する接合部を確保する必要がある。それゆえ、図5(a)および(b)に示すように、多孔質支持体11の表裏面における最も一端側に位置する燃料電池セル13(集電燃料極層13d)は、多孔質支持体11の一端側から間隔bを空けて配置することが好ましい。

ここで、製造容易性の観点から、多孔質支持体11の表裏面において、最も他端側に位置する燃料電池セル10および燃料電池セル13を除く、多孔質支持体11の表面に配置された燃料電池セル13の1つを構成する集電燃料極層13dと、多孔質支持体11の裏面に配置された燃料電池セル13の1つにおける集電燃料極層13dが、多孔質支持体11の表裏面において、多孔質支持体11の長手方向に沿った端が同じ位置となるように配置することができる。

この場合、セルスタック1aを構成する各燃料電池セル13の寸法を同じとするとともに、多孔質支持体11の表面側に配置される複数の燃料電池セル13を構成する集電燃料極層13dおよび燃料電池セル10を構成する集電燃料極層10d、さらには多孔質支持体11の裏面側に配置される複数の燃料電池セル13を構成する集電燃料極層13dは、図5(a)および(b)に示すように、それぞれ同じ間隔xで配置することが好ましい。係る場合、上記間隔bと合わせて、表面側におけるT字状の集電燃料極層10dの長手方向に沿った端と、該T字状の内側電極層に対応して裏面側に配置された燃料電池セル13における集電燃料極層10dの長手方向に沿った端とは、長手方向に対して同じ位置に配置されることとなる。

また、セルスタック1aの他端側では、燃料ガス排出口から排出される燃料ガスと酸素含有ガスとが混合して燃焼するため、その燃焼熱の影響を抑制することや、セルスタック1aの外側を流れる反応ガス(酸素含有ガス)が燃料ガス排出口からガス流路12へ流れ込むことによる燃料電池セル10等の破損抑制のために、集電燃料極層10dは、図5(a)および(b)に示すように、多孔質支持体11の他端から間隔a離して、配置することが好ましい。

【0023】

間隔bは、セルスタック1aのガスマニホールドに固定するとともに、燃料電池セル13および燃料電池セル10を多孔質支持体11に多く配置する観点から、多孔質支持体11の長手方向の長さ(S)に対して0.05~0.2倍の長さであるのがよい。

間隔aは、他端側に配置される燃料電池セル10の破損抑制と、燃料電池セル13および燃料電池セル10を多孔質支持体11に多く配置する観点から、多孔質支持体11の長手方向の長さ(S)に対して0.05~0.2倍の長さであるのがよい。

間隔xは、隣接する燃料電池セル間のショート等を防止するとともに、燃料電池セル13および燃料電池セル10を多孔質支持体11に多く配置する観点から、多孔質支持体11の長手方向の長さ(S)に対して0.002~0.02倍の長さであるのがよい。

燃料電池セル13を構成する集電燃料極層13dの長さB(図5(a)および(b)参照)は、発電性能の観点から、多孔質支持体11の長手方向の長さ(S)に対して0.02~0.1倍の長さであるのが好ましく、この場合、燃料電池セル13の配置個数は4~

10

20

30

40

50

24枚となる。

【0024】

燃料電池セル10を構成する集電燃料極層10dの長さ(A)(図3および図5(a)参照)は、表面側に燃料電池セル13を表面側にn個配置する場合、以下の数式となる。

$$(A) = (S) - (a + b) - n(B + x)$$

上記式より長さ(A)は、多孔質支持体の長手方向の長さ(S)に依存してほぼ一定の範囲に定まるとともに、燃料電池セル13を構成する集電燃料極層13dの長さ(B)(図3、図5(a)および(b)参照)との間で(A) > (B)の関係が成立する。

【0025】

長手方向における折り返し部の長さ(D)(図3および図5(b)参照)は、多孔質支持体11の表面側の最も他端側に位置する燃料電池セル10を構成する集電燃料極層10dの長さ(A)、および裏面側で折り返し部に隣接する燃料電池セル13を構成する集電燃料極層13dの長さ(B)との間で(D) < (A - B)の関係を有することが好ましい。

10

(D) (A - B)であると、裏面側における最も他端側に位置する燃料電池セル13における集電燃料極層13dおよび集電燃料極層10d同士が重なり合う。

そのため、該重なり合った部分に製造過程でクラックが生じやすくなるだけでなく、燃料電池セル13の発電性能が低くなってしまふおそれがある。すなわち、表面側の活性燃料極層10aで発生した電子は、裏面側の最も他端側に位置する燃料電池セル13を構成する集電燃料極層13d上のインターコネクタ17aに到達するまでに、表面側の集電燃料層10dを介して裏面側の集電燃料層10dへ移動し、ここで、インターコネクタ12aへ移動する経路と、表面側の集電燃料層10dを介して裏面の集電燃料層10dへ移動し、集電燃料極層13dへ移動する経路の2通りの経路ができる。

20

インターコネクタ12aへ移動する前者の経路では、電子は、その後セル接続材17bを介して空気極13cで後述する式(i)の反応により酸素イオンを生成させ、該酸素イオンは固体電解質13cを介して活性燃料極層13aへ移動し、後述する式(ii)の反応により電子を生成させ、該電子は、集電燃料極層13dを介してインターコネクタ17aへ移動する。

集電燃料極層13dへ移動する後者の経路では、電子は、その後、集電燃料極層13dを介してインターコネクタ17aへ移動する。

30

そのため、表面側の活性燃料極層10aで発生した電子は、裏面側の最も他端側に位置する燃料電池セル13を構成する集電燃料極層13d上のインターコネクタ17aに到達するまでに、前者の経路のみではないため、裏面側における最も他端側に位置する燃料電池セル13の発電性能が低くなってしまふと考えられる。

【0026】

折り返し部の長さ(D)と、間隔{A - (D + B)}(以下、Cという場合がある。)との関係は、C (1/2)Bの関係を有するのが好ましい。

長さ(A)は、上述したように、多孔質支持体11の長手方向の長さ(S)、長さ(S)に依存する間隔a、b、xおよびBの長さによって、ほぼ一定の範囲に定まる。

そのため、C > (1/2)Bであると、折り返し部の長さ(D)を短くする必要があり、このような関係性を有するセルスタックを製造すると、得られるセルスタックに反り等の変形が発生するおそれや、インターコネクタ12aの体積が小さくなり、該インターコネクタ12aに流れ込む電流の電流密度が増加し、それに伴い抵抗が増大するなど、発電に好ましくない影響がでる場合がある。

40

【0027】

各隣接する燃料電池セル10および13の接続方法について説明する。

多孔質支持体11の表裏面における隣接する燃料電池セル13における空気極13cおよびインターコネクタ17a並びに燃料電池セル10における空気極10cおよびインターコネクタ12aは、セル接続材17bにより電氣的に直列に接続される(図3参照)。

【0028】

50

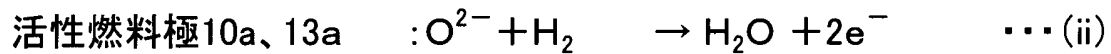
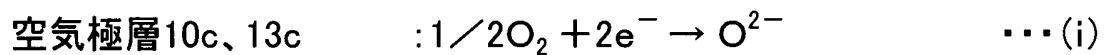
多孔質支持体 11 は多孔質であり、さらにその内部には、内径の小さな複数のガス流路 12 が、長手方向に延びるようにして貫通して設けられている。ガス流路 12 の数は、発電性能および構造強度の点から、例えば 3 ~ 20 個が好ましく、6 ~ 17 個であるのがより好ましい。このように、多孔質支持体 11 の内部にガス流路 12 を複数形成することにより、多孔質支持体 11 の内部に大きなガス流路を 1 本形成する場合に比べて、多孔質支持体 11 を扁平板状とすることができ、セルスタック 1a の体積当たりの燃料電池セル 13 の面積を増加し発電量を大きくすることができる。よって、必要とする発電量を得るためのセルスタック 1a の本数を減らすことができる。

【0029】

このガス流路 12 内に水素を含む燃料ガスを流し、かつ空気極層 10c および 13c を空気等の酸素を含む酸素含有ガスに曝すことにより、活性燃料極層 10a、13a および空気極層 10c、13c 間で下記式 (i) および (ii) に示す電極反応が生じ、両極間に電位差が発生し、発電するようになっている。

【0030】

【化 1】



【0031】

以下、セルスタック 1a を構成する各部材の材質を詳しく説明する。

(多孔質支持体 11)

本発明に係る多孔質支持体 11 は、Mg 酸化物 (MgO) と、Ni 若しくは Ni 酸化物 (NiO) と、希土類元素酸化物とから形成されている。なお、希土類元素酸化物を構成する希土類元素としては、Y、La、Yb、Tm、Er、Ho、Dy、Gd、Sm、Pr などを例示することができ、希土類元素酸化物としては、例えば Y₂O₃ や Yb₂O₃ 等が挙げられ、特に Y₂O₃ が好ましい。

【0032】

MgO は 70 ~ 80 体積%、希土類元素酸化物は 10 ~ 20 体積%、Ni あるいは NiO (NiO は、発電時には、通常、水素ガスにより還元されて Ni として存在する) は、NiO 換算で 10 ~ 25 体積%、特に 15 ~ 20 体積% の範囲で多孔質支持体 11 中に含有し、総量として 100 体積% となるように含有されているのがよい。

【0033】

多孔質支持体 11 は、燃料電池セル 10、13 間の電氣的ショートを防ぐために電気絶縁性であることが必要であり、通常、10 Ω・cm 以上の抵抗率を有することが望ましい。Ni 等の含量が前記範囲を超えると、電気抵抗値が低下し易い。

【0034】

なお、多孔質支持体 11 は、ガス流路 12 内の燃料ガスを活性燃料極層 13a の表面まで導入可能でなければならず、このため、多孔質であることが必要である。一般に、その開気孔率は 25% 以上、特に 30 ~ 40% の範囲にあるのがよい。

【0035】

(燃料極層)

燃料極層は、前記式 (ii) の電極反応を生じさせるものであり、本実施形態においては、固体電解質層 10b、13b 側の活性燃料極層 10a、13a と、多孔質支持体 11 側の集電燃料極層 10d、13d との二層構造に形成されている。なお、燃料極層は、必ずしも活性燃料極層 10a、13a と集電燃料極層 10d、13d との 2 層より形成する必要はなく、1 層のみから形成することもできる。

【 0 0 3 6 】

< 活性燃料極層 1 0 a、1 3 a >

固体電解質層 1 0 b、1 3 b 側の活性燃料極層 1 0 a、1 3 a は、それ自体公知の多孔質の導電性セラミックスから形成される。例えば、希土類元素が固溶している ZrO_2 (安定化ジルコニア) と、Ni および / 又は NiO (以下、Ni 等と呼ぶ) とからなる。この希土類元素が固溶した安定化ジルコニアとしては、後述する固体電解質層 1 0 b、1 3 b に使用されているものと同様のものを用いるのがよい。

【 0 0 3 7 】

活性燃料極層 1 0 a、1 3 a 中の安定化ジルコニア含量は、3 5 ~ 6 5 体積 % の範囲にあることが好ましく、また Ni 等の含量は、良好な発電性能を発揮させるため、NiO 換算で 6 5 ~ 3 5 体積 % の範囲にあるのがよい。

10

さらに活性燃料極層 1 0 a、1 3 a の開気孔率は、1 5 % 以上、特に 2 0 ~ 4 0 % の範囲にあるのがよい。

【 0 0 3 8 】

また、固体電解質層 1 0 b、1 3 b との熱膨張差に起因して発生する熱応力を吸収し、活性燃料極層 1 0 a、1 3 a の割れや剥離などを防止するという点から、活性燃料極層 1 0 a、1 3 a の厚みは、5 ~ 3 0 μm の範囲にあることが望ましい。

【 0 0 3 9 】

< 集電燃料極層 1 0 d、1 3 d >

燃料極層のうち、多孔質支持体 1 1 側の集電燃料極層 1 0 d、1 3 d は、多孔質支持体 1 1 と同様、Ni 若しくは Ni 酸化物と、希土類元素酸化物との混合体より形成することが好ましい。

20

【 0 0 4 0 】

Ni 或いは Ni 酸化物 (NiO は、発電時には、通常、水素ガスにより還元されて Ni として存在する) は、NiO 換算で 3 0 ~ 6 0 体積 % の範囲で希土類元素酸化物中に含まれているのがよい。集電燃料極層 1 0 d、1 3 d は、電流の流れを損なわないように、導電性であることが必要であり、通常、4 0 0 S / cm 以上の導電率を有していることが望ましい。良好な電気伝導度を有するという点から、Ni 等の含量は 3 0 体積 % 以上が望ましい。

【 0 0 4 1 】

また、この集電燃料極層 1 0 d、1 3 d の厚みは、電気伝導度を向上するという点から、8 0 ~ 2 0 0 μm であることが望ましい。

30

【 0 0 4 2 】

以上のように、燃料極層を固体電解質層 1 0 b、1 3 b 側の活性燃料極層 1 0 a、1 3 a と、多孔質支持体 1 1 側の集電燃料極層 1 0 d、1 3 d との二層とした構造であれば、多孔質支持体 1 1 側の集電燃料極層 1 0 d、1 3 d の NiO 換算での Ni 量或いは NiO 量を 3 0 ~ 6 0 体積 % の範囲内で調整することにより、セルスタック 1 a の作製時、加熱時、冷却時において両者の熱膨張差に起因して発生する熱応力を小さくすることができるため、燃料極層の割れや剥離などを抑制することができる。このため、燃料ガス (水素ガス) を流して発電を行う場合においても、多孔質支持体 1 1 との熱膨張係数の整合性は安定に維持され、熱膨張差による割れを有効に回避することができる。

40

【 0 0 4 3 】

(固体電解質層 1 0 b、1 3 b)

固体電解質層 1 0 b、1 3 b は、希土類またはその酸化物を固溶させた ZrO_2 からなる安定化 ZrO_2 からなる緻密質なセラミックスで構成されている。

ここで、固溶させる希土類元素またはその酸化物としては、例えば Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu など、または、これらの酸化物などが挙げられ、好ましくは、Y、Yb、または、これらの酸化物が挙げられる。また、固体電解質層 1 0 b、1 3 b として、8 モル % の Y が固溶している安定化 ZrO_2 (8 mol % Yttria Stabilized Zirconia、以下、「8 Y S Z

50

」という。)と熱膨張係数がほぼ等しいランタンガレート系(LaGaO_3 系)固体電解質層を用いることもできる。また、固体電解質層10b、13bは、例えば、厚さが10~100 μm であり、例えば、相対密度(アルキメデス法による)が93%以上、好ましくは、95%以上の範囲に設定される。このような固体電解質層10b、13bは、電極間の電子の橋渡しをする電解質としての機能を有すると同時に、燃料ガスまたは酸素含有ガスのリーク(ガス透過)を防止するためにガス遮断性を有している。

【0044】

(空気極層10c、13c)

空気極層10c、13cは、導電性セラミックスから形成されている。導電性セラミックスとしては、例えば、 ABO_3 型のペロブスカイト型酸化物が挙げられ、このようなペロブスカイト型酸化物としては、例えば、遷移金属型ペロブスカイト型酸化物、好ましくは、 LaMnO_3 系酸化物、 LaFeO_3 系酸化物、 LaCoO_3 系酸化物など、特にAサイトにLaを有する遷移金属型ペロブスカイト型酸化物を挙げることができる。さらに好ましくは、600~1000程度の比較的低温での電気伝導性が高いという観点から、 LaCoO_3 系酸化物が挙げられる。

前記したペロブスカイト型酸化物において、AサイトにLaおよびSrが共存してもよく、また、BサイトにFe、CoおよびMnが共存してもよい。

このような空気極層10c、13cは、前記した式(i)の電極反応を生ずることができる。

空気極層10c、13cの開気孔率は、例えば、20%以上、好ましくは、30~50%の範囲に設定される。開気孔率が前記した範囲内にあれば、空気極層10c、13cが良好なガス透過性を有することができる。

空気極層10c、13cの厚さは、例えば、30~100 μm の範囲に設定される。前記した範囲内にあれば、空気極層10c、13cが良好な発電性能を有することができる。

【0045】

(セル間接続部材17)

隣接する燃料電池セル13同士を電氣的に直列に接続するために使用されるセル間接続部材17は、一方の燃料電池セル10、13の集電燃料極層10d、13dと隣接する他方の燃料電池セル10、13の空気極層10c、13cとを電氣的に接続するものであり、インターコネクタ12a、17aとセル接続材17bとから構成され、これらは電氣的に接続されている。

【0046】

<インターコネクタ12a、17a>

インターコネクタ12a、17aは導電性セラミックスから形成されるが、燃料ガス(水素ガス)及び空気等の酸素含有ガスと接触するため、耐還元性、耐酸化性を有していることが必要である。このため、かかる導電性セラミックスとしては、一般に、ランタンクロマイト系のペロブスカイト型酸化物(LaCrO_3 系酸化物)が使用される。また、多孔質支持体11内のガス流路12を通る燃料ガスと空気極層10c、13cの外部を通る空気等の酸素含有ガスとのリークを防止するため、かかる導電性セラミックスは緻密質でなければならず、例えば93%以上、特に95%以上の相対密度(アルキメデス法)を有していることが好適である。なお、インターコネクタ12a、17aの端面と、固体電解質層10b、13bの端面との間には、適当な接合層(例えば Y_2O_3)を介在させることにより、シール性を向上させることもできる。

また、インターコネクタ12a、17aとしては、金属層と、ガラスの入った金属ガラス層との二層構造としてもよい。金属層は、例えば、AgとNiの合金からなり、金属ガラス層は、Agとガラスからなる。金属ガラス層により、多孔質支持体11内のガス流路12を通る燃料ガスのセルスタックの外側へのリーク、および空気極層10c、13cの外部を通る酸素含有ガスのセルスタックの内側へのリークを有効に防止することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 7 】

< セル接続材 1 7 b >

一方、セル接続材 1 7 b は多孔質とされている。セル接続材 1 7 b としては、 LaCoO_3 系等の導電性セラミック（例えば空気極層 1 0 c、1 3 c の材料）、 Ag-Pd 等の貴金属から構成された多孔質とすることができる。セル接続材 1 7 b の材料の空気極層 1 0 c、1 3 c への塗布量が少ない場合にはセル接続材 1 7 b の材料が空気極層 1 0 c、1 3 c の気孔中に浸入し、層としては形成されない。特に、 Ag-Pd 等の貴金属はコスト低減のため塗布量が少ないため、空気極層 1 0 c、1 3 c は、空気極層材料と Ag-Pd 等の集電材料が混在して構成され、セル接続材 1 7 b は形成されない。一方、 LaCoO_3 系等の導電性セラミックは、塗布量が多く、この場合には空気極層 1 0 c、1 3 c 上にセル接続材 1 7 b が形成される。なお、空気極層 1 0 c、1 3 c がセル接続材 1 7 b を兼ねるものとしてもよい。この場合、一方の燃料電池セル 1 0、1 3 の集電燃料極層 1 0 d、1 3 d 上に設けられたインターコネクタ 1 2 a、1 7 a に隣接する他方の燃料電池セル 1 0、1 3 の空気極層 1 0 c、1 3 c が接続されることで、隣り合う燃料電池セル 1 0、1 3 を電氣的に直列に接続することができる。

10

さらに、空気極層 1 0 c、1 3 c とインターコネクタ 1 2 a、1 7 a とが電氣的に接続されている場合であっても、空気極層 1 0 c、1 3 c 上にセル接続材 1 7 b を設けることもできる。この場合、一方の燃料電池セル 1 0、1 3 内を流れる電流を、効率よく他方の燃料電池セル 1 0、1 3 に供給することができる。

【 0 0 4 8 】

20

図 6 (a) は、本発明の他の実施形態にかかるセルスタック 1 c における多孔質支持体 3 1 上に、集電燃料極層 3 3 d、活性燃料極層 3 3 a およびインターコネクタ 3 7 a、インターコネクタ 3 2 a、集電燃料極層 3 0 d を積層した多孔質支持体 3 1 の表面を示す図であり、図 6 (b) は、その裏面を示す図である。図 7 は本発明の他の実施形態にかかるセルスタック 1 c の断面図である。なお、燃料電池セルの各構成については、上述のとおりである。

セルスタック 1 c において、T 字状の集電燃料極層 3 0 d を備える燃料電池セル 3 0 および、多孔質支持体 3 1 の長手方向において T 字状の集電燃料極層 3 0 d を備える燃料電池セル 3 0 と最も遠い位置に位置する燃料電池セル 3 3（図 6 においては、裏面側における最も一端側に位置する燃料電池セル 3 3 に該当する）を除く、他の燃料電池セル 3 3 において、集電燃料極層 3 3 d 上に積層されるインターコネクタ 3 7 a が、多孔質支持体 3 1 の長手方向において、表裏面が同じ位置となるように、各燃料電池セル 3 3 が配置されている。それにより、セルスタック 1 c を用いてバンドルを形成した場合に（バンドルについては後に詳述する）、隣接するセルスタック 1 c 間の電氣的接続を容易に行なうことができる。

30

なお、燃料電池セル 3 0 は、多孔質支持体 3 1 の表面側の最も他端側に配置され、多孔質支持体 3 1 の裏面側に折り返された集電燃料極層 3 0 d の両手部と、多孔質支持体 3 1 の裏面側の最も他端側に配置された燃料電池セル 3 3 とが電氣的に接続されるように配置される。

【 0 0 4 9 】

40

また、各燃料電池セル 3 3 における内側電極層は、多孔質支持体 3 1 上に積層された第 1 の内側電極層である集電燃料極層 3 3 d と集電燃料極層 3 3 d の上面に積層された第 2 の内側電極層である活性燃料極層 3 3 c とからなり、図 6 (a) に示すように、多孔質支持体 3 1 の表面に配置された燃料電池セル 3 3 における集電燃料極層 3 3 d の上面の一端側に活性燃料極層 3 3 c、他端側にインターコネクタ 3 7 a が配置され、図 6 (b) に示すように、多孔質支持体 3 1 の裏面に配置された燃料電池セル 3 3 における集電燃料極層 3 3 d の上面の一端側にインターコネクタ 3 7 a、他端側に活性燃料極層 3 3 a が配置されており、各燃料電池セル 3 3 は、上述のセルスタック 1 a と同様に、集電燃料極層 3 3 d、活性燃料極層 3 3 a およびインターコネクタ 3 7 a の積層構造を一組とした場合に、発電性能の観点から、これら一組の各層における長手方向および多孔質支持体 3 1 の幅方

50

向の寸法および積層構造の配置はすべて同一であるのが好ましい。

さらに、効率的に発電させる観点から、上記一組に積層される空気極層 33c は、活性燃料極層 33a と長手方向および幅方向の寸法が同一であり、活性燃料極層 33a に対応する固体電解質層 33b 上に積層されるのが好ましい。

【0050】

セルスタック 1c においても、多孔質支持体 31 の表面の最も他端側に配置された燃料電池セル 30 を構成する集電燃料極層 30d の両手部は、多孔質支持体 31 の左右両側部で折り返され、折り返された左右各折り返し部が裏面側の多孔質支持体 31 上に積層される。裏面側にそれぞれ折り返された折り返し部の上面にインターコネクタ 32a がそれぞれ積層される。さらに、図 6 に示すように、多孔質支持体 31 の表面の集電燃料極層 30d の T 字形状の本体足部（図 6 における活性燃料極層 30a に対応する部位）における上面のみに活性燃料極層 30a が積層される。

10

なお、セルスタック 1a における燃料電池セル 10 と同様に、燃料電池セル 30 における集電燃料極層 30d のそれぞれ折り返された折り返し部同士は、幅方向に沿って所定の間隙（E）をあけて配置されることが好ましい。

特に、折り返し部間の所定の間隔（E）は、裏面側に配置された燃料電池セル 33（集電燃料極層 33d）の幅方向に沿った幅（F）の $1/3$ 以下の長さであるのが好ましい。

それにより、ガスリークが生じるおそれや、インターコネクタ 32a の体積が小さくなり、該インターコネクタ 32a に流れ込む電流の電流密度が増加し、それに伴い抵抗が増大するおそれを回避することができる。

20

【0051】

また、セルスタック 1a と同様に、セルスタック 1c の一端側は、該ガスマニホールド 21 に接合する接合部を確保する必要がある。それゆえ、多孔質支持体 31 の裏面において最も一端側に位置する燃料電池セル 33（集電燃料極層 33d）は、多孔質支持体 31 の一端側から間隔 b を空けて配置することが好ましい。

なお、多孔質支持体 31 の表面側および裏面側に配置される燃料電池セル 33 の個数は、特に限定されず、個数に基づき、最も一端側に位置する燃料電池セル 33 を、多孔質支持体 31 の一端側から間隔 b を空けて配置すればよく、例えば、多孔質支持体 31 の表面側および裏面に配置される燃料電池セル 33 の個数の合計が偶数個の場合は、表面側における最も一端側に位置する燃料電池セル 33 が多孔質支持体 31 の一端側から間隔 b を空けて配置すればよく、多孔質支持体 31 の表面側および裏面に配置される燃料電池セル 33 の個数の合計が奇数個の場合は、図 6 に示すように、裏面側における最も一端側に位置する燃料電池セル 33 を構成する集電燃料極層 30d を、多孔質支持体 31 の一端側から間隔 b を空けて配置すればよい。

30

また、セルスタック 1c を構成する各燃料電池セル 33 の寸法を同じとし、多孔質支持体 31 の表面側に配置される複数の燃料電池セル 33 を構成する集電燃料極層 33d および燃料電池セル 30 を構成する集電燃料極層 30d、さらには多孔質支持体 31 の裏面側に配置される複数の燃料電池セル 33 を構成する集電燃料極層 33d は、それぞれ同じ間隔 x で配置することが好ましい。

40

また、セルスタック 1c の他端側では、燃料ガス排出口から排出される燃料ガスと酸素含有ガスとが混合して燃焼するため、その燃焼熱の影響を抑制することや、セルスタック 1c の外側を流れる反応ガス（酸素含有ガス）が燃料ガス排出口からガス流路 32 へ流れ込むことによる燃料電池セル 30 等の破損抑制のために、集電燃料極層 30d は、多孔質支持体 31 の他端から間隔 a 離して、配置することが好ましい。

なお、燃料電池セル 30 における外側電極層 30c およびセル接続材 37b は、折り返し部と対応する部位には設けない構成とすることもできる。

【0052】

ここで、セルスタック 1a と同様に、上述の間隔 b は、多孔質支持体 31 の長手方向の長さ（S）に対して $0.05 \sim 0.2$ 倍の長さであるのがよく、間隔 a は、多孔質支持体

50

31の長手方向の長さ(S)に対して0.05~0.2倍の長さであるのがよく、間隔xは、多孔質支持体31の長手方向の長さ(S)に対して0.002~0.02倍の長さであるのがよい。

【0053】

ここで、セルスタック1cにおけるT字状の集電燃料極層30dの一端とT字状の集電燃料極層30dに対応して多孔質支持体31の裏面に配置された燃料電池セル33における活性燃料極層33aの一端とが、図7に示すように、多孔質支持体31の長手方向に沿って同位置となるように形成されており、長手方向における折り返し部の長さ(D)は、多孔質支持体31の表面側の最も他端側に位置する燃料電池セル30を構成する集電燃料極層30dの長さ(G)、および裏面側で折り返し部に隣接する燃料電池セル33を構成する活性燃料極層33aの長さ(H)との間で $(D) < (G - H)$ の関係を有することが好ましい。

10

さらに、折り返し部の長さ(D)と、間隔 $\{G - (D + H)\}$ (以下、Iという場合がある。)との関係は、 $I = (1/2)H$ の関係を有するのが好ましい。

長さ(G)は、セルスタック1aと同様に、多孔質支持体31の長手方向の長さ(S)、長さ(S)に依存する間隔a、b、xおよび燃料電池セル33を構成する集電燃料極層33dの長さによって、ほぼ一定の範囲に定まる。

そのため、 $I > (1/2)H$ であると、折り返し部の長さ(D)を短くする必要があり、このような関係性を有するセルスタックを製造すると、得られるセルスタックに反り等の変形が発生するおそれや、インターコネクタ32aの体積が小さくなり、該インターコネクタ32aに流れ込む電流の電流密度が増加し、それに伴い抵抗が増大するなど、発電に好ましくない影響がでる場合がある。

20

【0054】

(セルスタック製造方法)

次に、前記した横縞型のセルスタック1aの製造方法について、図面を参照して詳細に説明する。図8は、本実施形態にかかる多孔質支持体成形体41を示す縦断面図である。図9(a)~(h)は、本実施形態にかかるセルスタック1aの製造方法を示す工程図である。

【0055】

まず、図8に示すように、多孔質支持体成形体41を作製する。該多孔質支持体成形体41の材料としては、平均粒径(D_{50})(以下、単に「平均粒径」と言う。)が0.1~10.0 μm のMgO粉末に、必要により熱膨張係数調整用または接合強度向上用として、Ni粉末、NiO粉末、 Y_2O_3 粉末、または、希土類元素安定化ジルコニア粉末などを、熱膨張係数が固体電解質層13bの熱膨張係数とほぼ一致するように所定の比率で配合して混合する。この混合粉末を、ポアー剤と、セルロース系有機バインダーと、水とからなる溶媒と混合し、押し出し成形して、内部にガス流路42を有する中空の板状形状で、扁平状の多孔質支持体成形体41を作製し、これを乾燥後、900~1200、2~4時間で仮焼処理する。ガス流路42の直径は、押し出し成形時に調整する。扁平状の多孔質支持体成形体41の長手方向の長さ(S)は250~500mm、幅方向の幅は30~110mmであるのが好ましい。

30

40

【0056】

次に、内側電極層(集電燃料極層10d、13d、活性燃料極層10a、13a)、インターコネクタ12a、17aおよび固体電解質層10b、13bの各成形体を作製する。

まず、例えばNiO粉末、Ni粉末と、YSZ粉末とを混合し、これにポアー剤を添加し、アクリル系バインダーとトルエンとを混合して活性燃料極層成形体43a用のペーストを作製する。同様にして、例えばLaCrO₃系酸化物の粉末を用いてインターコネクタ47a用のペーストを作製する。

【0057】

次に、例えばNiO粉末、Ni粉末と、 Y_2O_3 などの希土類元素酸化物とを混合し、こ

50

れにポアー剤を添加し、アクリル系バインダーとトルエンとを混合してスラリーとし、ドクターブレード法にてスラリーを塗布して乾燥し、集電燃料極層用テープ 4 3 d および T 字状の集電燃料極層用テープの基となる、所定の寸法で厚み 8 0 ~ 2 0 0 μ m の集電燃料極層用テープ（グリーンシート）4 6 を作製する。

【 0 0 5 8 】

この集電燃料極層用テープ 4 6 上に、図 9（ a ）に示すように、活性燃料極層成形体 4 3 a 用、インターコネクタ 4 7 a 用の各ペーストを順次積層して乾燥し、活性燃料極層成形体 4 3 a、インターコネクタ 4 7 a を形成する。

【 0 0 5 9 】

次に、図 9（ b ）に示すように、集電燃料極層用テープ 4 6 において、絶縁部を形成する複数の箇所を打ち抜き、活性燃料極層成形体 4 3 a およびインターコネクタ 4 7 a が積層された集電燃料極層用テープ 4 3 d および T 字状の集電燃料極層用テープ 4 4 を作製する。

10

その際、集電燃料極層用テープ 4 3 d は、長手方向の長さ（ B ） 1 5 ~ 2 5 mm、幅方向の幅（ F ） 2 0 ~ 1 0 0 mm、T 字状の集電燃料極層用テープ 4 4 は、長手方向の本体長さ（ A ） 3 0 ~ 4 0 mm、折り返し部の長さ（ D ） 5 ~ 1 5 mm、幅方向の両手部の幅を両手部合計で 4 5 ~ 1 0 0 mm、本体幅 2 0 ~ 1 0 0 mm の寸法となるように打ち抜くのが好ましい。

【 0 0 6 0 】

その後、図 9（ c ）に示すように、活性燃料極層成形体 4 3 a、インターコネクタ 4 7 a が形成された集電燃料極層用テープ 4 3 d を、上記隣接間隔 x を空けて仮焼した多孔質支持体成形体 4 1 の表面に貼り付ける。この工程を繰り返し行い、多孔質支持体成形体 4 1 の表面に、活性燃料極層成形体 4 3 a およびインターコネクタ 4 7 a がそれぞれ印刷積層された集電燃料極層用テープ 4 3 d を横縞状に複数貼り付ける。さらに、多孔質支持体成形体 4 1 の表面に貼り付けられた最も他端側の集電燃料極層用テープ 4 3 d よりも他端側に、T 字状の集電燃料極層用テープ 4 4 の本体部を貼り付け、該両手部表面上に印刷したインターコネクタ 4 7 a が上面になるようにして、該両手部を多孔質支持体 4 1 の左右両側部で折り返し、折り返し部を裏面側に貼り付ける。

20

【 0 0 6 1 】

次に、この状態で多孔質支持体成形体 4 1 を乾燥し、その後、9 0 0 ~ 1 3 0 0 の温度範囲で 2 ~ 4 時間仮焼する。次に、図 9（ d ）に示すように、インターコネクタ 4 7 a の表層部に、マスキングテープ 4 8 を貼り付ける。

30

【 0 0 6 2 】

次に、この積層体を、8 Y S Z にアクリル系バインダーとトルエンを加えてスラリーとした固体電解質層成形体 4 3 b 用溶液に浸漬し、固体電解質層成形体 4 3 b 用溶液から取り出す。これにより、全面に固体電解質層成形体 4 3 b の層が塗布されるとともに、図 9（ c ）で打ち抜いた空間にも固体電解質層成形体 4 3 b が充填される。

【 0 0 6 3 】

この状態で、6 0 0 ~ 1 0 0 0 、2 ~ 4 時間仮焼する。仮焼を終えた時点で、図 9（ f ）に示すように、マスキングテープ 4 8 およびマスキングテープ 4 8 上の不要な固体電解質層成形体 4 3 b を除去する。次に、多孔質支持体成形体 4 1 上に集電燃料極層用テープ 4 3 d、活性燃料極層成形体 4 3 a、インターコネクタ 4 7 a および固体電解質層成形体 4 3 b が積層された状態で、1 4 5 0 ~ 1 5 0 0 、2 ~ 4 時間の条件で焼成を行う。

40

【 0 0 6 4 】

次に、例えば、ランタンコバルタイト（ LaCoO_3 ）と溶媒とを混合したスラリーを活性燃料極層成形体 4 3 a に対向する固体電解質層成形体 4 3 b 上に印刷し、図 9（ g ）に示すように、厚み 1 0 ~ 1 0 0 μ m の空気極層成形体 4 3 c を形成する。そして、形成した空気極層成形体 4 3 c を 9 5 0 ~ 1 1 5 0 、2 ~ 5 時間の条件で熱処理して焼き付ける。

【 0 0 6 5 】

50

最後に、ランタンコバルタイト (LaCoO_3) と有機バインダーとを混合したスラリーを、セル接続材 47b を形成したい部分に印刷し、900 ~ 1150、2 ~ 5 時間焼き付けることで、セルスタック 1a を得ることができる (図 9 (h))。

【0066】

なお、燃料電池セル 10、13 を構成する各層の積層方法については、テープ積層、ペースト印刷、ディップコートおよびスプレー吹付けのいずれの積層法を用いてもよい。好ましくは、積層時の乾燥工程が短時間であり、かつ工程の短時間化の観点から、テープ積層により各層を積層するのが好ましい。

【0067】

以上のような製造方法により、電流折り返し構造の燃料電池セルを有する燃料セルスタック 1a を容易に作製することができる。なお、セルスタック 1c においても同様の方法により適宜作製することができる。

【0068】

(横編型固体酸化物形燃料電池バンドル)

図 10 は、本実施形態にかかるセルスタック 1a の一端側を、ガス流路 12 に燃料ガスを供給するためのガスマニホールド 21 上に、セルスタック 1a が面平行となるように、等間隔で複数本配列し、これら各セルスタック 1a の間に、櫛歯状のスタック間接続部材 22 を配置してなるバンドル 20a の一例を示している。なお、図 10 において、燃料ガス排出口側 (他端側) に T 字状の集電燃料極層 10d を備えるセルスタック 1a を示している。

バンドル 20a を形成することで、配列されたすべてのセルスタック 1a をスタック間接続部材 22 を用いて電氣的に直列に接続でき、効率よく所望の発電量を得ることができる。なお、セルスタック 1a の本数は、所望の発電量に応じて適宜調整すればよい。

【0069】

バンドル 20a において、各セルスタック 1a は、ガスマニホールド 21 に、例えば、絶縁性の接着剤 (例えばガラス等) などにより固定されている。なお、ガスマニホールド 21 は、耐熱性を有する材質で作製すればよく、例えばケイ素、鉄、酸化チタン、酸化アルミニウムなどからなる金属や耐熱性を有するセラミックス等の材質から作製することができる。

【0070】

ここで、バンドル 20a を作製するにあたり、上述の燃料ガス排出口側 (他端側) に T 字状の集電燃料極層 10d を備える燃料電池セル 10 を配置してなるセルスタック 1a を用いるほか、燃料ガス導入口側 (一端側) に、T 字状の集電燃料極層 10d を備える燃料電池セル 10 を配置してなるセルスタック 1b (図示せず) を用いて作製することもできる。なお、セルスタック 1b を複数本配列させたバンドル 20b においては、スタック間接続部材 22 を、セルスタック 1b の他端側に配置して、配列されたすべてのセルスタック 1b を電氣的に直列に接続することができる。

【0071】

(燃料電池)

本発明の燃料電池は、上述したようなバンドル 20a を収納容器内に複数収納することにより構成される。それにより、長期信頼性の向上した燃料電池とすることができる。

【0072】

なお、本発明は以上の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載の範囲内において、種々の改善や変更が可能である。

例えば、本発明の横編型固体酸化物形燃料電池セルスタックを説明するにあたり、内側電極層を燃料極層 (集電燃料極層 13d および活性燃料極層 13a) とし、外側電極層を空気極層 13c としてなる燃料電池セル 10、13 を備え、ガス流路 12 に燃料ガスを供給する構成からなるタイプのセルスタック 1a を用いて説明したが、例えば内側電極層を空気極層とし、外側電極層を燃料極層としてなる燃料電池セルを備え、ガス流路 12 に酸素含有ガスを供給する構成からなるタイプのセルスタックとすることもできる。この場合

10

20

30

40

50

に、必要に応じて空気極層を２層構造とすることができる。

【００７３】

以下、実施例を挙げて本発明についてさらに詳細に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

【実施例】

【００７４】

<セルスタック１aの作製>

(実施例１)

まず、多孔質支持体成形体を作製した。該多孔質支持体成形体の材料として、平均粒径 (D_{50}) が $2.8 \mu\text{m}$ の MgO 粉末に、 NiO および Y_2O_3 粉末を配合して混合し、熱膨張係数が固体電解質層のそれとほぼ一致するように調整した。この混合粉末を、ポアー剤と、セルローズ系有機バインダーと、水とからなる溶媒に混合し、押し出し成形して、内部にガス流路を有する中空の板状形状で、扁平状の多孔質支持体成形体を作製し(図８参照)、これを乾燥後、 1200°C にて仮焼処理し、長手方向が 350 mm 、幅方向が 50 mm の多孔質支持体成形体を得た。

10

【００７５】

次に、 NiO 粉末と、 YSZ 粉末とを混合し、これにポアー剤を添加し、アクリル系バインダーとトルエンとを混合して活性燃料極層成形体用のペーストを作製した。同様にし、 LaCrO_3 系酸化物の粉末を用い、インターコネクタ用のペーストを作製した。

【００７６】

20

次に、 NiO 粉末と、 Y_2O_3 の希土類元素酸化物とを混合し、これにポアー剤を添加し、アクリル系バインダーとトルエンとを混合してスラリーとし、ドクターブレード法にてスラリーを塗布して乾燥し、集電燃料極層用テープを作製した。この集電燃料極層用テープ上に、所定のメッシュ製版を用いて活性燃料極層用およびインターコネクタ用の各ペーストを順次印刷して乾燥し、活性燃料極層成形体およびインターコネクタを形成した(図９(a)参照)。

【００７７】

なお、インターコネクタ成形体および活性燃料極層成形体は、集電燃料極層用テープ上で、 $300 \mu\text{m}$ の間隙をおいて形成した。

【００７８】

30

次に、長手方向の長さ 20.0 mm 、幅方向の幅 4.5 mm の集電燃料極層用テープＢおよび長手方向の本体長さ 3.5 mm 、折り返し部の長さ $1.4.5 \text{ mm}$ 、幅方向の両手部の幅を両手部合計で 9.0 mm 、本体幅 4.5 mm のＴ字状の集電燃料極層用テープＡを打ち抜いた(図９(b)参照)。

【００７９】

その後、活性燃料極層成形体およびインターコネクタ成形体が印刷された集電燃料極層成形体テープＢを、隣接間隔 2 mm 空けて、前記仮焼した多孔質支持体成形体の表裏面に貼り付けた(図９(c)参照)。次に、表面側に貼り付けられた最も他端側の集電燃料極層用テープＢよりも他端側に、Ｔ字状の集電燃料極層用テープＡの本体部を貼り付け、両手部表面上に印刷したインターコネクタが上面になるようにして、該両手部を多孔質支持体成形体の左右両側部で折り返し、折り返し部を裏面側に貼り付けた。なお、Ｔ字状の集電燃料極層用テープＡの裏面側の折り返し部と、隣接する集電燃料極層用テープＢとの距離は、セルスタックの作製後(焼成後)において 0.5 mm となるように配置した。また、Ｔ字状の集電燃料極層用テープＡの裏面側の折り返し部間の距離は、セルスタックの作製後(焼成後)において 2 mm であった。

40

【００８０】

次に、この状態で多孔質支持体成形体を乾燥し、その後、 $900 \sim 1300^\circ\text{C}$ の温度範囲で仮焼した。次に、露出したインターコネクタ成形体の表層部に、マスキングテープを貼り付けた(図９(d)参照)。

【００８１】

50

次に、この積層体を、８ＹＳＺにアクリル系バインダーとトルエンを加えてスラリーとした固体電解質層成形体用溶液に浸漬し（ディップし）、固体電解質層成形体用溶液から取り出した。このディップにより、全面に固体電解質層成形体が形成されるとともに、隣接セル間である絶縁部の部分にも固体電解質層成形体を設けた（図９（ｅ）参照）。

【００８２】

この状態で、９００℃、２時間仮焼した。仮焼を終えた時点で、マスキングテープおよびマスキングテープ上の不要な固体電解質層成形体を除去した（図９（ｆ）参照）。次に、多孔質支持体成形体上に集電燃料極層成形体、活性燃料極層成形体、インターコネクタ成形体および固体電解質層成形体が積層された状態で、１４８０℃、２時間の条件で焼成を行った。

10

【００８３】

次に、ランタンコバルタイト（ LaCoO_3 ）とイソプロピルアルコールとを混合したスラリーを、活性燃料極層成形体に対向する固体電解質層成形体上に印刷して空気極層成形体を形成し、この空気極層成形体を１１００℃、２時間の条件で焼き付けて厚さ５０μmの空気極層を形成した（図９（ｇ）参照）。

【００８４】

最後に、ランタンコバルタイト（ LaCoO_3 ）とイソプロピルアルコールとを混合したスラリーを、空気極層上から隣接する燃料電池セルのインターコネクタ上にかけて印刷し、１０００℃、４時間の条件で焼き付けて、セル接続材を形成し、実施例のセルスタックＮｏ．１を得た（図９（ｈ）参照）。

20

【００８５】

（実施例２）

T字状の集電燃料極層用テープＡの長手方向の折り返し部の長さを１４mmとし、T字状の集電燃料極層用テープＡの裏面側の折り返し部と、隣接する集電燃料極層用テープＢとの距離を、セルスタックの作製後（焼成後）において１mmとした他は実施例１と同様にしてセルスタックＮｏ．２を得た。

【００８６】

（実施例３）

T字状の集電燃料極層用テープＡの長手方向の折り返し部の長さを１３mmとし、T字状の集電燃料極層用テープＡの裏面側の折り返し部と、隣接する集電燃料極層用テープＢとの距離を、セルスタックの作製後（焼成後）において２mmとした他は実施例１と同様にしてセルスタックＮｏ．３を得た。

30

【００８７】

（実施例４）

T字状の集電燃料極層用テープＡの長手方向の折り返し部の長さを１０mmとし、T字状の集電燃料極層用テープＡの裏面側の折り返し部と、隣接する集電燃料極層用テープＢとの距離を、セルスタックの作製後（焼成後）において５mmとした他は実施例１と同様にしてセルスタックＮｏ．４を得た。

【００８８】

（実施例５）

T字状の集電燃料極層用テープＡの長手方向の折り返し部の長さを７mmとし、T字状の集電燃料極層用テープＡの裏面側の折り返し部と、隣接する集電燃料極層用テープＢとの距離を、セルスタックの作製後（焼成後）において８mmとした他は実施例１と同様にしてセルスタックＮｏ．５を得た。

40

【００８９】

（実施例６）

T字状の集電燃料極層用テープＡの長手方向の折り返し部の長さを５mm、幅方向の両手部の幅８５mmとし、T字状の集電燃料極層用テープＡの裏面側の折り返し部と、隣接する集電燃料極層用テープＢとの距離を、セルスタックの作製後（焼成後）において１０mmとした他は実施例１と同様にしてセルスタックＮｏ．６を得た。

50

【 0 0 9 0 】

< セルスタック 1 c の作製 >

(実施例 7)

上述のセルスタック 1 a の作製方法を用いて、T 字形状の集電燃料極層を備える燃料電池セルおよび、多孔質支持体の裏面における最も一端側に位置する燃料電池セルを除く、多孔質支持体の長手方向において、表裏面に配置されるインターコネクタが同じ位置となるように各燃料電池セルを配置させたセルスタック No. 7 を作製した。

なお、多孔質支持体の表面側に配置される T 字状の集電燃料極層用テープ G は、長手方向の本体長さ 35 mm、折り返し部の長さ 19 mm、幅方向の両手部の幅を両手部合計で 90 mm、本体幅 45 mm とし、T 字状の集電燃料極層用テープ G の裏面側の折り返し部と隣接する燃料電池セルの活性燃料極層用テープ H を、長手方向の長さ 15.0 mm、幅方向の幅 45 mm とし、T 字状の集電燃料極層用テープ G の裏面側の折り返し部と、隣接する燃料電池セルの活性燃料極層用テープ H との距離を、1 mm とした。なお、T 字状の集電燃料極層用テープ G の裏面側の折り返し部と隣接する燃料電池セルの集電燃料極層用テープは、長手方向の長さ 20.0 mm、幅方向の幅 45 mm とした。また、T 字状の集電燃料極層用テープ A の裏面の折り返し部間の距離は、セルスタックの作製後（焼成後）において 2 mm であった。

【 0 0 9 1 】

(実施例 8)

T 字状の集電燃料極層用テープ G の長手方向の折り返し部の長さを 18 mm とし、T 字状の集電燃料極層用テープ G の裏面側の折り返し部と、隣接する集電燃料極層用テープ H との距離を、セルスタックの作製後（焼成後）において 2 mm とした他は実施例 7 と同様にしてセルスタック No. 8 を得た。

【 0 0 9 2 】

(実施例 9)

T 字状の集電燃料極層用テープ G の長手方向の折り返し部の長さを 15 mm とし、T 字状の集電燃料極層用テープ G の裏面側の折り返し部と、隣接する集電燃料極層用テープ H との距離を、セルスタックの作製後（焼成後）において 5 mm とした他は実施例 7 と同様にしてセルスタック No. 9 を得た。

【 0 0 9 3 】

(実施例 10)

T 字状の集電燃料極層用テープ G の長手方向の折り返し部の長さを 12.5 mm、幅方向の両手部の幅を両手部合計で 85 mm とし、T 字状の集電燃料極層用テープ G の裏面側の折り返し部と、隣接する集電燃料極層用テープ H との距離を、セルスタックの作製後（焼成後）において 7.5 mm とした他は実施例 7 と同様にしてセルスタック No. 10 を得た。また、T 字状の集電燃料極層用テープ A の裏面の折り返し部間の距離は、セルスタックの作製後（焼成後）において 7 mm であった。

【 0 0 9 4 】

< 評価試験 >

(1) 反り量試験

収納容器内にセルスタック 1 本を固定したガスマニホールドを収納し、燃料ガスとして N_2 および H_2 を、セルスタック内のガス流路内に流し、さらに空気をセルスタック外面に流しながら、収納容器外部から加熱し、収納容器内の温度を室温から 400 / 時の昇温速度で 800 まで昇温させた。800 到達後に、空気流量はそのまま保ち、 N_2 の噴出を止め、 H_2 流量を増量したガス噴出下で 30 分間保持した。その後、昇温時と同様のガス噴出下で、200 / 時の降温速度で降温し、室温（50 程度）まで温度が下がった時点を 1 サイクルとし、このサイクルを 5 回繰り返し行った。その後、セルスタックの平坦部においてセルスタックの厚み（反り量）を測定した。その結果を表 1 に示す。

(2) 発電性能試験

電気炉内にセルスタック 1 本を固定したガスマニホールドを収納し、電気炉内の温度を

10

20

30

40

50

800 まで昇温させた後に、燃料ガスとして N_2 および H_2 をセルスタック内のガス流路内に流し、さらに空気をセルスタック外面に供給して発電を行い、その発電量を測定した。同様の測定を各セルスタックにつき5本測定し、その発電量の平均値を表1に示す。

【0095】

【表1】

	セルスタック (種別)	間隔※ (mm)	反り量 (mm)	発電量 (W)
実施例1	No. 1(タイプ1a)	0.5	3.8	10.8
実施例2	No. 2(タイプ1a)	1.0	3.9	11.5
実施例3	No. 3(タイプ1a)	2.0	4.0	11.2
実施例4	No. 4(タイプ1a)	5.0	4.1	11.0
実施例5	No. 5(タイプ1a)	8.0	4.3	10.7
実施例6	No. 6(タイプ1a)	10.0	4.5	9.5
実施例7	No. 7(タイプ1c)	1.0	3.9	11.2
実施例8	No. 8(タイプ1c)	2.0	4.0	10.9
実施例9	No. 9(タイプ1c)	5.0	4.1	10.7
実施例10	No. 10(タイプ1c)	7.5	4.5	9.2

※タイプ1a:集電燃料極層用テープAの裏面側の折り返し部と、隣接する集電燃料極層用テープBとの距離

タイプ1c:集電燃料極層用テープGの裏面側の折り返し部と、隣接する燃料電池セルの活性燃料極層用テープHとの距離

【0096】

表1の結果より、集電燃料極層用テープAの裏面側の折り返し部間の距離が、集電燃料極層用テープBの幅の1/3よりも小さく、かつ集電燃料極層用テープAの裏面側の折り返し部と、隣接する集電燃料極層用テープBとの距離が、隣接する集電燃料極層用テープBの長さの1/2よりも小さい、セルスタックNo. 1～5においては、各発電量が10W以上であり特に好ましい結果を示した。

同様に、集電燃料極層用テープGの裏面側の折り返し部間の距離が、集電燃料極層用テープの幅の1/3よりも小さく、かつ集電燃料極層用テープGの裏面側の折り返し部と、隣接する活性燃料極層用テープHとの距離が、隣接する活性燃料極層用テープHの長さの1/2よりも小さい、セルスタックNo. 7～9においても、各発電量が10W以上であり特に好ましい結果を示した。

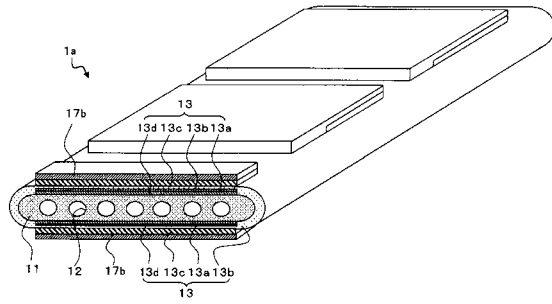
【符号の説明】

【0097】

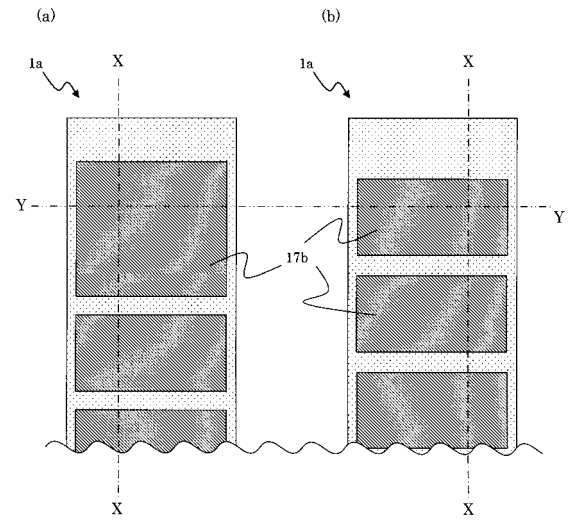
- 1 a 横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタック
- 1 c 横縞型固体酸化物形燃料電池セルスタック
- 1 0 電流折り返し構造を有する燃料電池セル
- 1 0 a 活性燃料極層
- 1 0 b 固体電解質層
- 1 0 c 空気極層
- 1 0 d 集電燃料極層
- 1 1 多孔質支持体
- 1 2 ガス流路
- 1 2 a インターコネクタ
- 1 3 燃料電池セル
- 1 3 a 活性燃料極層
- 1 3 b 固体電解質層
- 1 3 c 空気極層
- 1 3 d 集電燃料極層
- 1 7 a インターコネクタ

1 7 b	セル接続材	
2 0 a	横縞型固体酸化物形燃料電池バンドル	
2 1	ガスマニホールド	
2 2	スタック間接続部材	
3 0	電流折り返し構造を有する燃料電池セル	
3 0 a	活性燃料極層	
3 0 b	固体電解質層	
3 0 c	空気極層	
3 0 d	集電燃料極層	
3 1	多孔質支持体	10
3 2	ガス流路	
3 2 a	インターコネクタ	
3 3	燃料電池セル	
3 3 a	活性燃料極層	
3 3 b	固体電解質層	
3 3 c	空気極層	
3 3 d	集電燃料極層	
3 7 a	インターコネクタ	
3 7 b	セル接続材	
4 1	多孔質支持体成形体	20
4 2	ガス流路	
4 3 a	活性燃料極層成形体	
4 3 b	固体電解質層成形体	
4 3 c	空気極層成形体	
4 3 d	集電燃料極層用テープ	
4 4	T字状の集電燃料極層用テープ	
4 6	集電燃料極層用テープ	
4 7 a	インターコネクタ	
4 7 b	セル接続材	
4 8	マスキングテープ	30

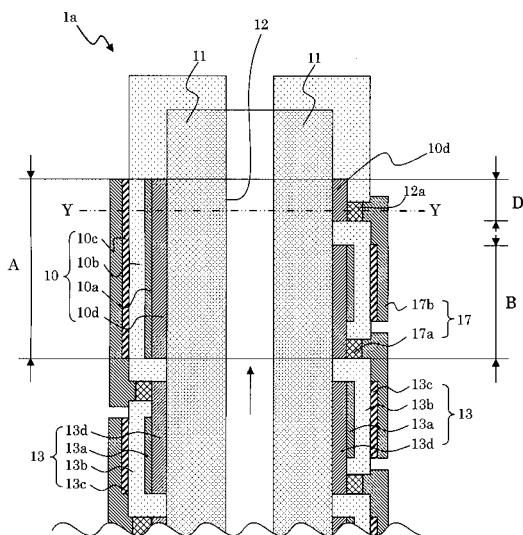
【図 1】



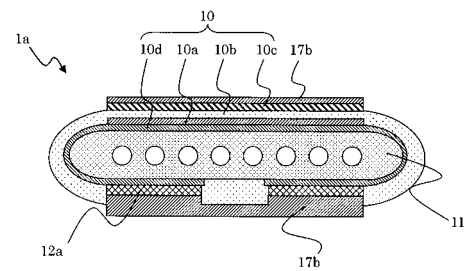
【図 2】



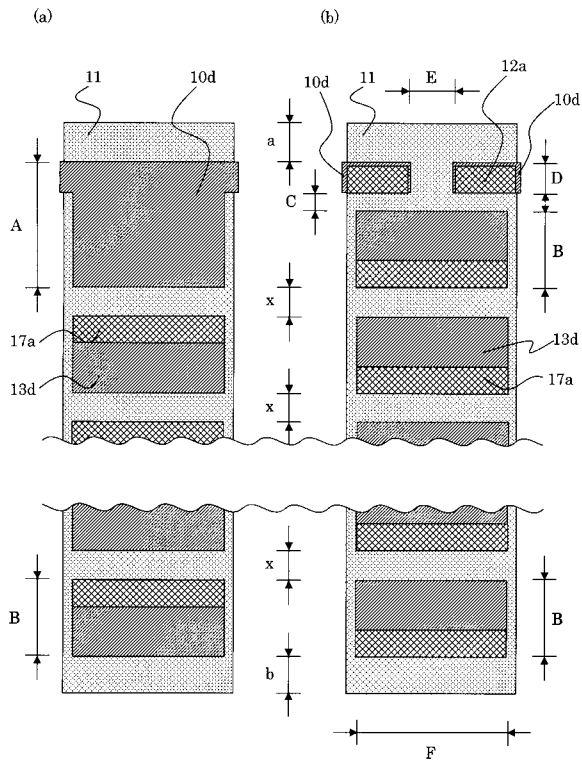
【図 3】



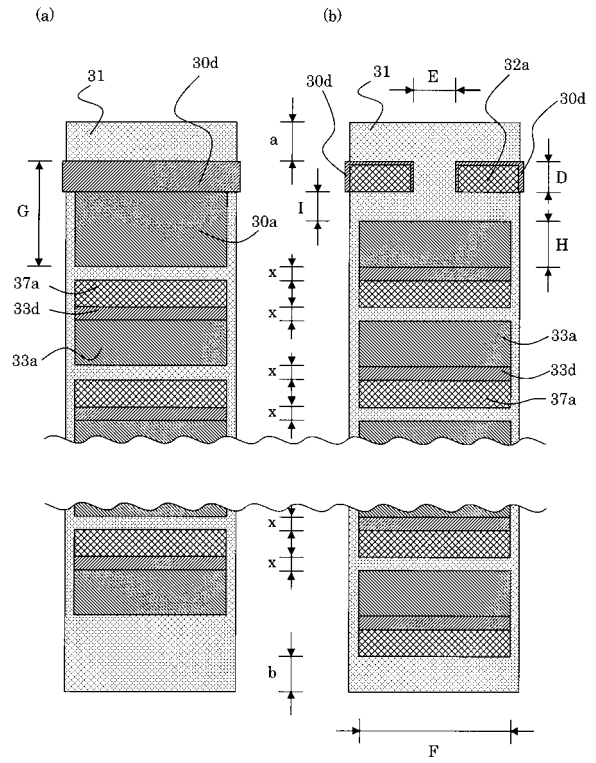
【図 4】



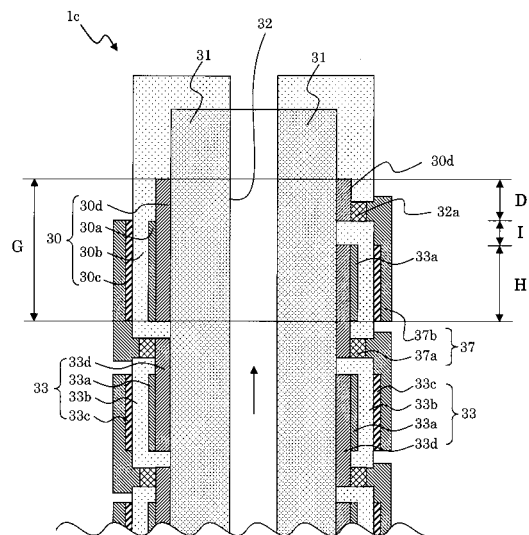
【図 5】



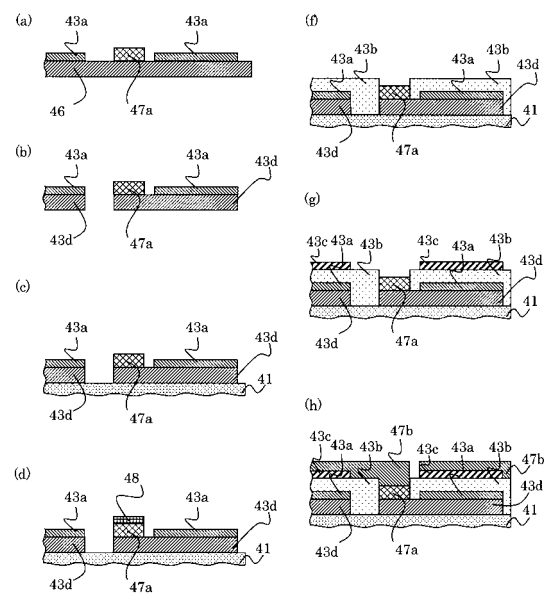
【図 6】



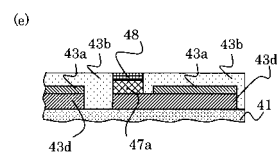
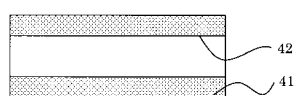
【図 7】



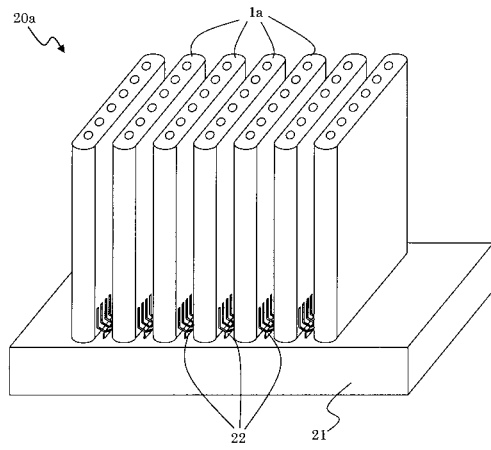
【図 9】



【図 8】



【図 10】



フロントページの続き

- (72)発明者 藤田 顕二郎
東京都港区海岸一丁目5番20号 東京瓦斯株式会社内
- (72)発明者 伊東 卓也
東京都港区海岸一丁目5番20号 東京瓦斯株式会社内
- (72)発明者 松崎 良雄
東京都港区海岸一丁目5番20号 東京瓦斯株式会社内

審査官 太田 一平

- (56)参考文献 特開2008-059793(JP,A)
特開2007-095566(JP,A)
特開2009-176701(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | | | |
|------|------|---|------|
| H01M | 8/00 | - | 8/02 |
| H01M | 8/08 | - | 8/24 |