

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6479400号
(P6479400)

(45) 発行日 平成31年3月6日(2019.3.6)

(24) 登録日 平成31年2月15日(2019.2.15)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 M 8/04 (2016.01)	HO 1 M 8/04 Z
HO 1 M 8/0254 (2016.01)	HO 1 M 8/0254
HO 1 M 8/0297 (2016.01)	HO 1 M 8/0297
HO 1 M 8/249 (2016.01)	HO 1 M 8/249
HO 1 M 8/12 (2016.01)	HO 1 M 8/12 I O 2 B

請求項の数 7 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2014-210111 (P2014-210111)
 (22) 出願日 平成26年10月14日(2014.10.14)
 (65) 公開番号 特開2016-81647 (P2016-81647A)
 (43) 公開日 平成28年5月16日(2016.5.16)
 審査請求日 平成29年2月14日(2017.2.14)

(出願人による申告)平成24年度~平成26年度 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システム要素技術開発」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(73) 特許権者 514030104
 三菱日立パワーシステムズ株式会社
 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号
 (74) 代理人 100112737
 弁理士 藤田 考晴
 (74) 代理人 100118913
 弁理士 上田 邦生
 (72) 発明者 眞竹 徳久
 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
 (72) 発明者 松尾 毅
 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池装置および燃料電池システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

正極と負極とを有する燃料電池を構成する筒状の複数のセルスタックと、
 該複数のセルスタックのそれぞれを該セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数のセルスタックに燃料ガスを供給する燃料ガス供給室を形成する第1筐体と、
 前記複数のセルスタックのそれぞれを該セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数のセルスタックから排出される排燃料ガスを集約する燃料ガス排出室を形成する第2筐体と、
 前記複数のセルスタックのうち前記水平面内の第1領域に配置される第1セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第2筐体に配置される第1負極集電部と、
 前記複数のセルスタックのうち前記水平面内の第2領域に配置される第2セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第1筐体に配置される第2負極集電部と、
 前記複数のセルスタックのうち前記第1セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第1筐体に配置される第1正極集電部と、
 前記複数のセルスタックのうち前記第2セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第2筐体に配置される第2正極集電部とを備え、
 前記第1負極集電部と前記第2負極集電部とを電氣的に分離して前記第1負極集電部と

10

20

前記第 2 正極集電部とを電氣的に接続することにより、前記第 1 セルスタック群と前記第 2 セルスタック群とが直列接続された経路を形成し、

前記複数のセルスタックが配置される前記水平面内の配置領域は、長辺と短辺とを有する矩形形状であり、

前記第 1 領域は前記配置領域の長辺方向の中央部分と短辺方向の中央部分とを含む領域であり、前記第 2 領域は前記第 1 領域の周辺の領域である燃料電池装置。

【請求項 2】

正極と負極とを有する燃料電池を構成する筒状の複数のセルスタックと、

該複数のセルスタックのそれぞれを該セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数のセルスタックに燃料ガスを供給する燃料ガス供給室を形成する第 1 筐体と、

前記複数のセルスタックのそれぞれを該セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数のセルスタックから排出される排燃料ガスを集約する燃料ガス排出室を形成する第 2 筐体と、

前記複数のセルスタックのうち前記水平面内の第 1 領域に配置される第 1 セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第 2 筐体に配置される第 1 負極集電部と、

前記複数のセルスタックのうち前記水平面内の第 2 領域に配置される第 2 セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第 1 筐体に配置される第 2 負極集電部と、

前記複数のセルスタックのうち前記第 1 セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第 1 筐体に配置される第 1 正極集電部と、

前記複数のセルスタックのうち前記第 2 セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第 2 筐体に配置される第 2 正極集電部とを備え、

前記第 1 負極集電部と前記第 2 負極集電部とを電氣的に分離して前記第 1 負極集電部と前記第 2 正極集電部とを電氣的に接続することにより、前記第 1 セルスタック群と前記第 2 セルスタック群とが直列接続された経路を形成し、

前記第 1 領域に配置される前記セルスタックの数が、前記第 2 領域に配置される前記セルスタックの数よりも多い燃料電池装置。

【請求項 3】

前記複数のセルスタックのうち前記水平面内の第 3 領域に配置される第 3 セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第 1 筐体に配置される第 3 負極集電部と、

前記複数のセルスタックのうち前記第 3 セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第 2 筐体に配置される第 3 正極集電部とを備え、

前記第 1 負極集電部と前記第 3 負極集電部とを電氣的に分離して前記第 1 負極集電部と前記第 3 正極集電部とを電氣的に接続し、前記第 2 負極集電部と前記第 3 負極集電部とを電氣的に接続することにより、前記第 2 セルスタック群と前記第 3 セルスタック群とが並列接続された経路を形成した請求項 1 または請求項 2 に記載の燃料電池装置。

【請求項 4】

前記複数のセルスタックが配置される前記水平面内の配置領域は、長辺と短辺とを有する矩形形状であり、

前記第 1 領域および前記第 2 領域は、前記配置領域の長辺方向に分割された領域である請求項 2 に記載の燃料電池装置。

【請求項 5】

前記複数のセルスタックのうち前記水平面内の第 3 領域に配置される第 3 セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第 2 筐体に配置される第 3 負極集電部と、

前記複数のセルスタックのうち前記水平面内の第 4 領域に配置される第 4 セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第 1 筐体に配置される第 4 負極集電部

10

20

30

40

50

と、

前記複数のセルスタックのうち前記第3セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第1筐体に配置される第3正極集電部と、

前記複数のセルスタックのうち前記第4セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第2筐体に配置される第4正極集電部とを備え、

前記第3負極集電部と前記第4負極集電部とを電氣的に分離して前記第3負極集電部と前記第4正極集電部とを電氣的に接続することにより、前記第3セルスタック群と前記第4セルスタック群とが直列接続された経路を形成し、

前記第1負極集電部と前記第4負極集電部とを電氣的に接続するとともに前記第2正極集電部と前記第3正極集電部とを電氣的に接続することにより、前記第1セルスタック群と前記第2セルスタック群とを直列接続した第1経路と前記第3セルスタック群と前記第4セルスタック群とを直列接続した第2経路とを並列接続した経路を形成した請求項1または請求項2に記載の燃料電池装置。

10

【請求項6】

第1燃料電池装置と第2燃料電池装置とを有する燃料電池システムであって、

前記第1燃料電池装置が、

正極と負極とを有する燃料電池を構成する筒状の複数の第1セルスタックと、

該複数の第1セルスタックのそれぞれを該第1セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数の第1セルスタックに燃料ガスを供給する燃料ガス供給室を形成する第1筐体と、

20

前記複数の第1セルスタックのそれぞれを該第1セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数の第1セルスタックから排出される排燃料ガスを集約する燃料ガス排出室を形成する第2筐体と、

前記複数の第1セルスタックのうち前記水平面内の第1領域に配置される第1セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第1筐体に配置される第1負極集電部と、

前記複数の第1セルスタックのうち前記水平面内の第2領域に配置される第2セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第1筐体に配置される第2負極集電部と、

前記複数の第1セルスタックのうち前記第1セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第2筐体に配置される第1正極集電部と、

30

前記複数の第1セルスタックのうち前記第2セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第2筐体に配置される第2正極集電部とを有し、

前記第2燃料電池装置が、

正極と負極とを有する燃料電池を構成する筒状の複数の第2セルスタックと、

該複数の第2セルスタックのそれぞれを該第2セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数の第2セルスタックに燃料ガスを供給する燃料ガス供給室を形成する第3筐体と、

前記複数の第2セルスタックのそれぞれを該第2セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数の第2セルスタックから排出される排燃料ガスを集約する燃料ガス排出室を形成する第4筐体と、

40

前記複数の第2セルスタックのうち前記第1領域に配置される第3セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第3筐体に配置される第3負極集電部と、

前記複数の第2セルスタックのうち前記第2領域に配置される第4セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第3筐体に配置される第4負極集電部と、

前記複数の第2セルスタックのうち前記第3セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第4筐体に配置される第3正極集電部と、

前記複数の第2セルスタックのうち前記第4セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第4筐体に配置される第4正極集電部とを有し、

前記第1負極集電部と前記第2負極集電部とを電氣的に分離して前記第1正極集電部と

50

前記第3負極集電部とを電氣的に接続することにより、前記第1セルスタック群と前記第3セルスタック群とが直列接続された第1経路を形成し、

前記第2負極集電部と前記第1負極集電部とを電氣的に分離して前記第2正極集電部と前記第4負極集電部とを電氣的に接続することにより、前記第2セルスタック群と前記第4セルスタック群とが直列接続された第2経路とを形成し、

前記複数の第1セルスタック及び前記複数の第2セルスタックが配置される前記水平面内の配置領域は、長辺と短辺とを有する矩形形状であり、

前記第1領域は前記配置領域の長辺方向の中央部分と短辺方向の中央部分とを含む領域であり、前記第2領域は前記第1領域の周辺の領域である燃料電池システム。

【請求項7】

第1燃料電池装置と第2燃料電池装置とを有する燃料電池システムであって、

前記第1燃料電池装置が、

正極と負極とを有する燃料電池を構成する筒状の複数の第1セルスタックと、

該複数の第1セルスタックのそれぞれを該第1セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数の第1セルスタックに燃料ガスを供給する燃料ガス供給室を形成する第1筐体と、

前記複数の第1セルスタックのそれぞれを該第1セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数の第1セルスタックから排出される排燃料ガスを集約する燃料ガス排出室を形成する第2筐体と、

前記複数の第1セルスタックのうち前記水平面内の第1領域に配置される第1セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第1筐体に配置される第1負極集電部と、

前記複数の第1セルスタックのうち前記水平面内の第2領域に配置される第2セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第1筐体に配置される第2負極集電部と、

前記複数の第1セルスタックのうち前記第1セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第2筐体に配置される第1正極集電部と、

前記複数の第1セルスタックのうち前記第2セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第2筐体に配置される第2正極集電部とを有し、

前記第2燃料電池装置が、

正極と負極とを有する燃料電池を構成する筒状の複数の第2セルスタックと、

該複数の第2セルスタックのそれぞれを該第2セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数の第2セルスタックに燃料ガスを供給する燃料ガス供給室を形成する第3筐体と、

前記複数の第2セルスタックのそれぞれを該第2セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数の第2セルスタックから排出される排燃料ガスを集約する燃料ガス排出室を形成する第4筐体と、

前記複数の第2セルスタックのうち前記第1領域に配置される第3セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第3筐体に配置される第3負極集電部と、

前記複数の第2セルスタックのうち前記第2領域に配置される第4セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第3筐体に配置される第4負極集電部と、

前記複数の第2セルスタックのうち前記第3セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第4筐体に配置される第3正極集電部と、

前記複数の第2セルスタックのうち前記第4セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第4筐体に配置される第4正極集電部とを有し、

前記第1負極集電部と前記第2負極集電部とを電氣的に分離して前記第1正極集電部と前記第3負極集電部とを電氣的に接続することにより、前記第1セルスタック群と前記第3セルスタック群とが直列接続された第1経路を形成し、

前記第2負極集電部と前記第1負極集電部とを電氣的に分離して前記第2正極集電部と前記第4負極集電部とを電氣的に接続することにより、前記第2セルスタック群と前記第

10

20

30

40

50

4 セルスタック群とが直列接続された第 2 経路とを形成し、

前記第 1 領域に配置される第 1 セルスタックの数が、前記第 2 領域に配置される第 1 セルスタックの数よりも多く、前記第 1 領域に配置される第 2 セルスタックの数が、前記第 2 領域に配置される第 2 セルスタックの数よりも多い燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池装置および燃料電池システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、都市ガス、天然ガス、石油、メタノール、石炭ガス化ガスなどを燃料として運転される燃料電池が知られている。燃料電池の一つである固体酸化物形燃料電池 (Solid Oxide Fuel Cell: 以下「SOFC」という。) は、イオン伝導率を高めるために作動温度が約 700 ~ 1100 程度と高く、用途の広い高効率な高温型燃料電池として知られている。SOFC は、空気極と燃料極とを有する筒状のセルチューブ (セルスタック) の内部と外部に供給される燃料ガスと酸化剤ガスとを反応させることにより電力を発生させる装置である。

特許文献 1 には、燃料電池を構成する複数のセルチューブの電極同士を導電性の集電部材により電氣的に接続することで、配線作業を容易にした燃料電池装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 5106884 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

SOFC では、複数のセルスタックを水平面内で隣接した状態で配置したモジュールが 1 つの発電単位となっている。また、SOFC は、複数のモジュールを密接した状態とし、これらを圧力容器内に配置するのが一般的である。

各モジュールを構成する複数のセルスタックは、運転中 (発電中) に、燃料ガスと酸化剤ガスとの発熱反応によってそれぞれが発熱する。複数のセルスタックは水平面内で隣接して配置されるとともに、圧力容器内では他のモジュールのセルスタックとも隣接して配置される。圧力容器内は密閉された状態であり、領域毎に発熱量や放熱量が異なる。そのため、複数のセルスタックが配置される水平面内では、領域毎に運転中の温度が異なったものとなる。

【0005】

複数のセルスタックが配置される水平面内では領域毎に運転中の温度が異なるため、各セルスタックの電気抵抗値が異なったものとなる。運転中の温度が相対的に高い領域に配置されるセルスタックは、運転中の温度が相対的に低い領域に配置されるセルスタックよりも電気抵抗値が小さくなる。

【0006】

特許文献 1 が開示された燃料電池装置は、複数のセルチューブ (以下、セルスタックという。) の全ての電極同士を導電性の集電部材により電氣的に接続している。そのため、電気抵抗値の差に起因して、運転中の温度が相対的に低い領域に配置されるセルスタックよりも、運転中の温度が相対的に高い領域に配置されるセルスタックの方に多くの電流が流れることとなる。したがって、各セルスタックに流れる電流の大きさに大きな偏りが生じてしまう。

【0007】

各セルスタックに流れる電流の大きさに大きな偏りが生じると、電流の大きさに依存す

10

20

30

40

50

る発熱量の大きさにも大きな偏りが生じる。運転中の温度が相対的に高い領域に配置されるセルスタックの発熱量は、運転中の温度が相対的に低い領域に配置されるセルスタックの発熱量よりも多い。これにより、運転中の温度が相対的に高い領域に配置されるセルスタックの電気抵抗値と運転中の温度が相対的に低い領域に配置されるセルスタックの電気抵抗値の差が次第に大きくなる。

燃料電池装置では、運転中のセルスタックを流れる電流やセルスタックの温度に上限を設けるのが通常である。そのため、燃料電池装置では、一部のセルスタックに流れる電流が大きくなりすぎ、あるいは一部のセルスタックの温度が高くなりすぎると、装置全体の出力が制限されて所望の電力が得られなくなる可能性がある。

【0008】

10

本発明は、このような事情を鑑みてなされたものであり、複数のセルスタックが配置される水平面内の領域毎に運転中の温度が異なる場合であっても、各領域に配置されるセルスタックに流れる電流の大きさに大きな偏りが生じることを抑制した燃料電池装置およびそれを有する燃料電池システム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】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明は、以下の手段を採用する。

本発明の一態様に係る燃料電池装置は、正極と負極とを有する燃料電池を構成する筒状の複数のセルスタックと、該複数のセルスタックのそれぞれを該セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数のセルスタックに燃料ガスを供給する燃料ガス供給室を形成する第1筐体と、前記複数のセルスタックのそれぞれを該セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数のセルスタックから排出される排燃料ガスを集約する燃料ガス排出室を形成する第2筐体と、前記複数のセルスタックのうち前記水平面内の第1領域に配置される第1セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第2筐体に配置される第1負極集電部と、前記複数のセルスタックのうち前記水平面内の第2領域に配置される第2セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第1筐体に配置される第2負極集電部と、前記複数のセルスタックのうち前記第1セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第1筐体に配置される第1正極集電部と、前記複数のセルスタックのうち前記第2セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第2筐体に配置される第2正極集電部とを備え、前記第1負極集電部と前記第2負極集電部とを電氣的に分離して前記第1負極集電部と前記第2正極集電部とを電氣的に接続することにより、前記第1セルスタック群と前記第2セルスタック群とが直列接続された経路を形成したものである。

20

30

【0010】

本発明の一態様に係る燃料電池装置によれば、運転中の第1領域の温度が第2領域の温度よりも高くなる場合、第1領域に配置される第1セルスタック群の電気抵抗値は第2領域に配置される第2セルスタック群の電気抵抗値よりも低くなる。本態様の燃料電池装置によれば、第1負極集電部と第2負極集電部とが電氣的に分離されるため、これらが電氣的に接続される場合に比べ、第1負極集電部に流れる電流の大きさと第2負極集電部に流れる電流の大きさとに大きな偏りが生じることが抑制される。

40

【0011】

また、本態様の燃料電池装置によれば、第1負極集電部と第2正極集電部とが電氣的に接続されて、第1セルスタック群と第2セルスタック群とが直列接続される。そのため、第1領域に配置される第1セルスタック群が出力する電力と、第2領域に配置される第2セルスタック群が出力する電力とを合計した電力が出力される。よって、水平面内の全領域の複数のセルスタックを並列に接続する場合と同様の電力を得ることができる。

【0012】

本発明の一態様に係る燃料電池装置においては、前記複数のセルスタックのうち前記水平面内の第3領域に配置される第3セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続すると

50

ともに前記第1筐体に配置される第3負極集電部と、前記複数のセルスタックのうち前記第3セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第2筐体に配置される第3正極集電部とを備え、前記第1負極集電部と前記第3負極集電部とを電氣的に分離して前記第1負極集電部と前記第3正極集電部とを電氣的に接続し、前記第2負極集電部と前記第3負極集電部とを電氣的に接続することにより、前記第2セルスタック群と前記第3セルスタック群とが並列接続された経路を形成した構成にしてもよい。

【0013】

本構成の燃料電池装置によれば、運転中において、第1領域の温度が第3領域の温度よりも高くなる場合、第1領域に配置される第1セルスタック群の電気抵抗値は第3領域に配置される第3セルスタック群の電気抵抗値よりも低くなる。本構成の燃料電池装置によれば、第1負極集電部と第3負極集電部とが電氣的に分離されるため、これらが電氣的に接続される場合に比べ、第1負極集電部に流れる電流の大きさと第3負極集電部に流れる電流の大きさとに大きな偏りが生じることが抑制される。

10

【0014】

また、本構成の燃料電池装置によれば、第1負極集電部と第3正極集電部とが電氣的に接続され、かつ第2負極集電部と第3負極集電部とが電氣的に接続されて、第2セルスタック群と第3セルスタック群とが並列接続される。第2領域に配置されるセルスタックと第3領域に配置されるセルスタックが並列接続されるため、運転中に第2領域および第3領域がそれぞれ第1領域よりも低温となる場合、第2セルスタック群と第3セルスタック群に流れる電流の大きさが第1セルスタック群に流れる電流の大きさとから大きく偏ることが抑制される。

20

【0015】

本発明の一態様に係る燃料電池装置においては、前記複数のセルスタックが配置される前記水平面内の配置領域は、長辺と短辺とを有する矩形状であり、前記第1領域および前記第2領域は、前記配置領域の長辺方向に分割された領域である構成としてもよい。

このようにすることで、配置領域の長辺方向に沿って運転中の温度勾配がある燃料電池装置において、相対的に高温な第1領域の第1負極集電部と相対的に低温な第2領域の第2負極集電部とが電氣的に分離される。そのため、これらが電氣的に接続される場合に比べ、第1負極集電部に流れる電流の大きさと第2負極集電部に流れる電流の大きさとに大きな偏りが生じることが抑制される。

30

【0016】

本発明の一態様に係る燃料電池装置においては、前記複数のセルスタックが配置される前記水平面内の配置領域は、長辺と短辺とを有する矩形状であり、前記第1領域は前記配置領域の長辺方向の中央部分と短辺方向の中央部分とを含む領域であり、前記第2領域は前記第1領域の周辺の領域である構成としてもよい。

このようにすることで、配置領域の長辺方向の中央部分と短辺方向の中央部分とを含む第1領域と、その周辺の第2領域との温度差がある燃料電池装置において、相対的に高温な第1領域の第1負極集電部と相対的に低温な第2領域の第2負極集電部とが電氣的に分離される。そのため、これらが電氣的に接続される場合に比べ、第1負極集電部に流れる電流の大きさと第2負極集電部に流れる電流の大きさとに大きな偏りが生じることが抑制される。

40

【0017】

上記いずれかの燃料電池装置においては、前記第1領域に配置される前記セルスタックの数が、前記第2領域に配置される前記セルスタックの数よりも多いものであってもよい。

このようにすることで、第1領域に配置されるセルスタックの数と第2領域に配置されるセルスタックの数を同一にする場合に比べ、第1領域に配置されるセルスタックに分配される電流の大きさが小さくなるとともに第2領域に配置されるセルスタックに分配される電流の大きさが大きくなる。したがって、第1負極集電部に流れる電流の大きさと第2負極集電部に流れる電流の大きさとに偏りが生じることが更に抑制される。

50

【0018】

本発明の一態様に係る燃料電池装置においては、前記複数のセルスタックのうち前記水平面内の第3領域に配置される第3セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第2筐体に配置される第3負極集電部と、前記複数のセルスタックのうち前記水平面内の第4領域に配置される第4セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第1筐体に配置される第4負極集電部と、前記複数のセルスタックのうち前記第3セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第1筐体に配置される第3正極集電部と、前記複数のセルスタックのうち前記第4セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第2筐体に配置される第4正極集電部とを備え、前記第3正極集電部と前記第4正極集電部とを電氣的に接続しつつ前記第3負極集電部と前記第4負極集電部とを電氣的に分離することにより、前記第3セルスタック群と前記第4セルスタック群とが直列接続された経路を形成し、前記第1負極集電部と前記第4負極集電部とを電氣的に接続するとともに前記第2正極集電部と前記第3正極集電部とを電氣的に接続することにより、前記第1セルスタック群と前記第2セルスタック群とを直列接続した第1経路と前記第3セルスタック群と前記第4セルスタック群とを直列接続した第2経路とを並列接続した経路を形成する構成であってもよい。

10

【0019】

本構成の燃料電池装置によれば、運転中の第3領域の温度が第4領域の温度よりも高くなる場合、第3領域に配置される第3セルスタック群の電気抵抗値は第4領域に配置される第4セルスタック群の電気抵抗値よりも低くなる。本構成の燃料電池装置によれば、第3負極集電部と第4負極集電部とが電氣的に分離されるため、これらが電氣的に接続される場合に比べ、第3負極集電部に流れる電流の大きさと第4負極集電部に流れる電流の大きさとに大きな偏りが生じることが抑制される。

20

【0020】

本構成の燃料電池装置によれば、第1セルスタック群と第2セルスタック群とを直列接続した第1経路と第3セルスタック群と第4セルスタック群とを直列接続した第2経路とを並列接続した経路とが形成される。運転中の第2領域と第3領域の温度差が少なく、第1領域の温度が第4領域の温度よりも高くなる場合、第1セルスタック群のセルスタックの電気抵抗値が低くなり、第4セルスタック群のセルスタックの電気抵抗値が高くなる。

本構成では、第1セルスタック群と第2セルスタック群とを直列接続して第1経路を形成し、第3セルスタック群と第4セルスタック群とを直列接続して第2経路を形成している。各経路の電気抵抗値は直列接続による合成抵抗値となるため、第2セルスタック群と第4セルスタック群の電気抵抗値に差があったとしても、第1経路の電気抵抗値と第2経路の電気抵抗値とに大きな差が生じることが抑制される。

30

【0021】

本発明の一態様に係る燃料電池システムは、第1燃料電池装置と第2燃料電池装置とを有する燃料電池システムであって、前記第1燃料電池装置が、正極と負極とを有する燃料電池を構成する筒状の複数の第1セルスタックと、該複数の第1セルスタックのそれぞれを該第1セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数の第1セルスタックに燃料ガスを供給する燃料ガス供給室を形成する第1筐体と、前記複数の第1セルスタックのそれぞれを該第1セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数の第1セルスタックから排出される排燃料ガスを集約する燃料ガス排出室を形成する第2筐体と、前記複数の第1セルスタックのうち前記水平面内の第1領域に配置される第1セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第1筐体に配置される第1負極集電部と、前記複数の第1セルスタックのうち前記水平面内の第2領域に配置される第2セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第1筐体に配置される第2負極集電部と、前記複数のセルスタックのうち前記第1セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第2筐体に配置される第1正極集電部と、前記複数のセルスタックのうち前記第2セルスタック群の前記正極同士を電氣的に

40

50

接続するとともに前記第2筐体に配置される第2正極集電部とを有し、前記第2燃料電池装置が、正極と負極とを有する燃料電池を構成する筒状の複数の第2セルスタックと、該複数の第2セルスタックのそれぞれを該第2セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数の第2セルスタックに燃料ガスを供給する燃料ガス供給室を形成する第3筐体と、前記複数の第2セルスタックのそれぞれを該第2セルスタックの中心軸が鉛直方向に延びかつ水平面内で隣接した状態で配置されるように支持するとともに前記複数の第2セルスタックから排出される排燃料ガスを集約する燃料ガス排出室を形成する第4筐体と、前記複数の第2セルスタックのうち前記第1領域に配置される第3セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第3筐体に配置される第3負極集電部と、前記複数の第2セルスタックのうち前記第2領域に配置される第4セルスタック群の前記負極同士を電氣的に接続するとともに前記第3筐体に配置される第4負極集電部と、前記複数のセルスタックのうち前記第3セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第4筐体に配置される第3正極集電部と、前記複数のセルスタックのうち前記第4セルスタック群の前記正極同士を電氣的に接続するとともに前記第4筐体に配置される第4正極集電部とを有し、前記第1負極集電部と前記第2負極集電部とを電氣的に分離して前記第1正極集電部と前記第3負極集電部とを電氣的に接続することにより、前記第1セルスタック群と前記第3セルスタック群とが直列接続された第1経路を形成し、前記第2負極集電部と前記第1負極集電部とを電氣的に分離して前記第2正極集電部と前記第4負極集電部とを電氣的に接続することにより、前記第2セルスタック群と前記第4セルスタック群とが直列接続された第2経路とを形成した。

10

20

【0022】

本発明の一態様に係る燃料電池システムによれば、第1燃料電池装置の第1セルスタック群と第2燃料電池装置の第3セルスタック群とが直列接続された第1経路が形成される。また、第1燃料電池装置の第2セルスタック群と第2燃料電池装置の第4セルスタック群とが直列接続された第2経路が形成される。

運転中の第1領域の温度が第2領域の温度よりも高くなる場合、第1領域に配置される第1セルスタック群、第3セルスタック群の電気抵抗値は第2領域に配置される第2セルスタック群、第4セルスタック群の電気抵抗値よりも低くなる。

本態様の燃料電池システムによれば、第1負極集電部と第2負極集電部とが電氣的に分離されるため、これらが電氣的に接続される場合に比べ、第1負極集電部に流れる電流の大きさと第2負極集電部に流れる電流の大きさとに大きな偏りが生じることが抑制される。

30

また、第1経路と第2経路とが独立して形成されるため、運転中の第1領域の温度が第2領域の温度よりも高くなる場合、相対的に温度の低い第2領域に配置される第2セルスタック群、第4セルスタック群が形成する第2経路に流れる電流の大きさを大きくするように制御することができる。これにより、燃料電池システム全体の出力を増加させることが可能となる。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、複数のセルスタックが配置される水平面内の領域毎に運転中の温度が異なる場合であっても、各領域に配置されるセルスタックに流れる電流の大きさに大きな偏りが生じることが抑制した燃料電池装置およびそれを有する燃料電池システムを提供することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】SOFCモジュールの一態様を示す斜視図である。

【図2】SOFCカートリッジの一態様を示す断面図である。

【図3】セルスタックの一態様を示す断面図である。

【図4】第1実施形態のSOFCカートリッジを示す平面図である。

50

【図5】図4に示すSOFCカートリッジのB-B矢視断面図である。

【図6】第2実施形態のSOFCカートリッジを示す平面図である。

【図7】図6に示すSOFCカートリッジのC-C矢視断面図である。

【図8】第2実施形態の変形例のSOFCカートリッジを示す平面図である。

【図9】図8に示すSOFCカートリッジのD-D矢視断面図である。

【図10】第3実施形態のSOFCカートリッジを示す平面図である。

【図11】図10に示すSOFCカートリッジのE-E矢視断面図である。

【図12】第3実施形態の変形例のSOFCカートリッジを示す平面図である。

【図13】図12に示すSOFCカートリッジのF-F矢視断面図である。

【図14】第4実施形態のSOFCカートリッジを示す平面図である。

【図15】第5実施形態のSOFCカートリッジを示す平面図である。

【図16】図15に示すSOFCカートリッジのG-G矢視断面図である。

【図17】第6実施形態のSOFCカートリッジを示す断面図である。

【図18】図17に示すSOFCカートリッジのH-H矢視断面図である。

【図19】第7実施形態のSOFCシステムを示す断面図である。

【図20】第7実施形態の変形例のSOFCシステムを示す断面図である。

【図21】比較例のSOFCカートリッジを示す平面図である。

【図22】図21に示すSOFCカートリッジのI-I矢視断面図である。

【図23】セルスタックの電流-電圧特性を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

〔第1実施形態〕

以下においては、説明の便宜上、紙面を基準として「上」及び「下」の表現を用いて各構成要素の位置関係を特定するが、鉛直方向に対して必ずしもこの限りである必要はない。例えば、紙面における上方向が鉛直方向における下方向に対応してもよい。また、紙面における上下方向が鉛直方向に直行する水平方向に対応してもよい。

【0026】

以下、図面を参照して本実施形態のSOFCモジュール201について説明する。

図1に示すようにSOFCモジュール201は、複数のSOFCカートリッジ203と、これら複数のSOFCカートリッジ203を収納する圧力容器205とを有する。また、SOFCモジュール201は、燃料ガス供給管207と複数の燃料ガス供給枝管207aとを有する。またSOFCモジュール201は、燃料ガス排出管209と複数の燃料ガス排出枝管209aとを有する。また、SOFCモジュール201は、酸化性ガス供給管（図示略）と酸化性ガス供給枝管（図示略）とを有する。また、SOFCモジュール201は、酸化性ガス排出管（図示略）と複数の酸化性ガス排出枝管（図示略）とを有する。

【0027】

燃料ガス供給管207は、圧力容器205の外部に設けられ、SOFCモジュール201の発電量に対応して所定ガス組成と所定流量の燃料ガスを供給する燃料供給系（図示略）に接続されると共に、複数の燃料ガス供給枝管207aに接続されている。この燃料ガス供給管207は、燃料供給系（図示略）から供給される所定流量の燃料ガスを、複数の燃料ガス供給枝管207aに分岐して導く。

【0028】

燃料ガス供給枝管207aは、燃料ガス供給管207に接続されると共に、複数のSOFCカートリッジ203に接続されている。この燃料ガス供給枝管207aは、燃料ガス供給管207から供給される燃料ガスを複数のSOFCカートリッジ203に略均等の流量で導き、複数のSOFCカートリッジ203の発電性能を略均一化させるものである。

【0029】

燃料ガス排出枝管209aは、複数のSOFCカートリッジ203に接続されると共に、燃料ガス排出管209に接続されている。この燃料ガス排出枝管209aは、SOFCカートリッジ203から排出される排燃料ガスを燃料ガス排出管209に導くものである

10

20

30

40

50

。また、燃料ガス排出管209は、複数の燃料ガス排出枝管209aに接続されると共に、一部が圧力容器205の外部に配置されている。この燃料ガス排出管209は、燃料ガス排出枝管209aから略均等の流量で導出される排燃料ガスを圧力容器205の外部の燃料ガス排出系（図示略）に導く。

【0030】

圧力容器205は、内部の圧力が0.1MPa～約1MPa、内部の温度が大気温度～約550で運用されるので、耐力性と酸化性ガス中に含まれる酸素などの酸化剤に対する耐食性を保有する材質が利用される。例えばSU304などのステンレス系材が好適である。

【0031】

SOFCCカートリッジ203は、図2に示す通り、複数のセルスタック101と、発電室215と、燃料ガス供給室217と、燃料ガス排出室219と、酸化性ガス供給室221と、酸化性ガス排出室223とを有する。また、SOFCCカートリッジ203は、上部管板225aと、下部管板225bと、上部断熱体227aと、下部断熱体227bとを有する。なお、本実施形態においては、SOFCCカートリッジ203は、燃料ガス供給室217と燃料ガス排出室219と酸化性ガス供給室221と酸化性ガス排出室223とが図2のように配置されることで、燃料ガスと酸化性ガスとがセルスタック101の内側と外側とを対向して流れる構造となっているが、他の構造であっても良い。例えば、セルスタック101の内側と外側とを平行して流れる、または酸化性ガスがセルスタック101の長手方向と直交する方向へ流れるようにしても良い。

【0032】

発電室215は、上部断熱体227aと下部断熱体227bとの間に形成された領域である。この発電室215は、セルスタック101の燃料電池セル105が配置され、燃料ガスと酸化性ガスとを電気化学的に反応させて発電を行う領域である。また、この発電室215のセルスタック101長手方向の中央部付近での温度は、SOFCCモジュール201の定常運転時に、およそ700～1100の高温雰囲気となる。

【0033】

燃料ガス供給室217は、SOFCCカートリッジ203の上部ケーシング229aと上部管板225aとに囲まれた領域である。また、燃料ガス供給室217は、上部ケーシング229aに備えられた燃料ガス供給孔231aによって、燃料ガス供給枝管207a（図示略）と連通されている。また、燃料ガス供給室217には、セルスタック101の一方の端部が、セルスタック101の基体管103の内部が燃料ガス排出室219に対して開放して配置されている。この燃料ガス供給室217は、燃料ガス供給枝管207a（図示略）から燃料ガス供給孔231aを介して供給される燃料ガスを、複数のセルスタック101の基体管103の内部に略均一流量で導き、複数のセルスタック101の発電性能を略均一化させる。

【0034】

燃料ガス排出室219は、SOFCCカートリッジ203の下部ケーシング229bと下部管板225bとに囲まれた領域である。また、燃料ガス排出室219は、下部ケーシング229bに備えられた燃料ガス排出孔231bによって、燃料ガス排出枝管209a（図示略）と連通されている。また、燃料ガス排出室219には、セルスタック101の他方の端部が、セルスタック101の基体管103の内部が燃料ガス排出室219に対して開放して配置されている。この燃料ガス排出室219は、複数のセルスタック101の基体管103の内部を通過して燃料ガス排出室219に供給される排燃料ガスを集約して、燃料ガス排出孔231bを介して燃料ガス排出枝管209a（図示略）に導く。

【0035】

SOFCCモジュール201の発電量に対応して所定ガス組成と所定流量の酸化性ガスを酸化性ガス供給枝管へと分岐して、複数のSOFCCカートリッジ203へ供給する。酸化性ガス供給室221は、SOFCCカートリッジ203の下部ケーシング229bと下部管板225bと下部断熱体227bとに囲まれた領域である。また、酸化性ガス供給室22

10

20

30

40

50

1は、下部ケーシング229bに備えられた酸化性ガス供給孔233aによって、酸化性ガス供給枝管(図示略)と連通されている。この酸化性ガス供給室221は、酸化性ガス供給枝管(図示略)から酸化性ガス供給孔233aを介して供給される所定流量の酸化性ガスを、後述する酸化性ガス供給隙間235aを介して発電室215に導く。

【0036】

酸化性ガス排出室223は、SOFCカートリッジ203の上部ケーシング229aと上部管板225aと上部断熱体227aとに囲まれた領域である。また、酸化性ガス排出室223は、上部ケーシング229aに備えられた酸化性ガス排出孔233bによって、酸化性ガス排出枝管(図示略)と連通されている。この酸化性ガス排出室223は、発電室215から、後述する酸化性ガス排出隙間235bを介して酸化性ガス排出室223に供給される排酸化性ガスを、酸化性ガス排出孔233bを介して酸化性ガス排出枝管(図示略)に導く。

10

【0037】

上部管板225aは、上部ケーシング229aの天板と上部断熱体227aとの間に、上部管板225aと上部ケーシング229aの天板と上部断熱体227aとが略平行になるように、上部ケーシング229aの側板に固定されている。また上部管板225aは、SOFCカートリッジ203に備えられるセルスタック101の本数に対応した複数の孔を有し、該孔にはセルスタック101が夫々挿入されている。この上部管板225aは、複数のセルスタック101の一方の端部をシール部材及び接着部材のいずれか一方又は両方を介して気密に支持すると共に、燃料ガス供給室217と酸化性ガス排出室223とを

20

【0038】

下部管板225bは、下部ケーシング229bの底板と下部断熱体227bとの間に、下部管板225bと下部ケーシング229bの底板と下部断熱体227bとが略平行になるように下部ケーシング229bの側板に固定されている。また下部管板225bは、SOFCカートリッジ203に備えられるセルスタック101の本数に対応した複数の孔を有し、該孔にはセルスタック101が夫々挿入されている。この下部管板225bは、複数のセルスタック101の他方の端部をシール部材及び接着部材のいずれか一方又は両方を介して気密に支持すると共に、燃料ガス排出室219と酸化性ガス供給室221とを

30

【0039】

上部断熱体227aは、上部ケーシング229aの下端部に、上部断熱体227aと上部ケーシング229aの天板と上部管板225aとが略平行になるように配置され、上部ケーシング229aの側板に固定されている。また、上部断熱体227aには、SOFCカートリッジ203に備えられるセルスタック101の本数に対応して、複数の孔が設けられている。この孔の直径はセルスタック101の外径よりも大きく設定されている。上部断熱体227aは、この孔の内面と、上部断熱体227aに挿通されたセルスタック101の外面との間に形成された酸化性ガス排出隙間235bを有する。

【0040】

この上部断熱体227aは、発電室215と酸化性ガス排出室223とを仕切るものであり、上部管板225aの周囲の雰囲気が高温度化し強度低下や酸化性ガス中に含まれる酸化剤による腐食が増加することを抑制する。上部管板225a等はインコネルなどの高温耐久性のある金属材料からなるが、上部管板225a等が発電室215内の高温に晒されて上部管板225a等との温度差が大きくなることで熱変形することを防ぐものである。また、上部断熱体227aは、発電室215を通過して高温に晒された排酸化性ガスを、酸化性ガス排出隙間235bを通過させて酸化性ガス排出室223に導くものである。

40

【0041】

本実施形態によれば、上述したSOFCカートリッジ203の構造により、燃料ガスと酸化性ガスとがセルスタック101の内側と外側とを対向して流れるものとなっている。このことにより、排酸化性ガスは、基体管103の内部を通過して発電室215に供給され

50

る燃料ガスとの間で熱交換がなされ、金属材料から成る上部管板 2 2 5 a 等が座屈などの変形をしない温度に冷却されて酸化性ガス排出室 2 2 3 に供給される。また、燃料ガスは、発電室 2 1 5 から排出される排酸化性ガスとの熱交換により昇温され、発電室 2 1 5 に供給される。その結果、ヒータ等を用いることなく発電に適した温度に予熱昇温された燃料ガスを発電室 2 1 5 に供給することができる。

【 0 0 4 2 】

下部断熱体 2 2 7 b は、下部ケーシング 2 2 9 b の上端部に、下部断熱体 2 2 7 b と下部ケーシング 2 2 9 b の底板と下部管板 2 2 5 b とが略平行になるように配置され、上部ケーシング 2 2 9 a の側板に固定されている。また、下部断熱体 2 2 7 b には、S O F C カートリッジ 2 0 3 に備えられるセルスタック 1 0 1 の本数に対応して、複数の孔が設けられている。この孔の直径はセルスタック 1 0 1 の外径よりも大きく設定されている。下部断熱体 2 2 7 b は、この孔の内面と、下部断熱体 2 2 7 b に挿通されたセルスタック 1 0 1 の外面との間に形成された酸化性ガス供給隙間 2 3 5 a を有する。

10

【 0 0 4 3 】

この下部断熱体 2 2 7 b は、発電室 2 1 5 と酸化性ガス供給室 2 2 1 とを仕切るものであり、下部管板 2 2 5 b の周囲の雰囲気が高温度化し強度低下や酸化性ガス中に含まれる酸化剤による腐食が増加することを抑制する。下部管板 2 2 5 b 等はインコネルなどの高温耐久性のある金属材料から成るが、下部管板 2 2 5 b 等が高温に晒されて下部管板 2 2 5 b 等内の温度差が大きくなることで熱変形することを防ぐものである。また、下部断熱体 2 2 7 b は、酸化性ガス供給室 2 3 3 に供給される酸化性ガスを、酸化性ガス供給隙間 2 3 5 a を通過させて発電室 2 1 5 に導くものである。

20

【 0 0 4 4 】

本実施形態によれば、上述した S O F C カートリッジ 2 0 3 の構造により、燃料ガスと酸化性ガスとがセルスタック 1 0 1 の内側と外側とを対向して流れるものとなっている。このことにより、基体管 1 0 3 の内部を通して発電室 2 1 5 を通過した排燃料ガスは、発電室 2 1 5 に供給される酸化性ガスとの間で熱交換がなされ、金属材料から成る下部管板 2 2 5 b 等が座屈などの変形をしない温度に冷却されて燃料ガス排出室 2 1 9 に供給される。また、酸化性ガスは排燃料ガスとの熱交換により昇温され、発電室 2 1 5 に供給される。その結果、ヒータ等を用いることなく発電に必要な温度に昇温された酸化性ガスを発電室 2 1 5 に供給することができる。

30

【 0 0 4 5 】

発電室 2 1 5 で発電された直流電力は、複数の燃料電池セル 1 0 5 に設けた N i / Y S Z 等からなるリード膜 1 1 5 によりセルスタック 1 0 1 の端部付近まで導出した後に、S O F C カートリッジ 2 0 3 の集電機構を介して集電して、各 S O F C カートリッジ 2 0 3 の外部へと取り出される。集電機構によって S O F C カートリッジ 2 0 3 の外部に導出された電力は、各 S O F C カートリッジ 2 0 3 の発電電力を所定の直列数および並列数へと相互に接続され、S O F C モジュール 2 0 1 の外部へと導出されて、インバータなどにより所定の交流電力へと変換されて、電力負荷へと供給される。直流電力を集電する集電機構の詳細については後述する。

【 0 0 4 6 】

次に、図 3 を参照して本実施形態の円筒形セルスタックについて説明する。ここで、図 3 は、セルスタックの一態様を示す断面図である。

40

セルスタック 1 0 1 は、円筒形状の基体管 1 0 3 と、基体管 1 0 3 の外周面に複数形成された燃料電池セル 1 0 5 と、隣り合う燃料電池セル 1 0 5 の間に形成されたインターコネクタ 1 0 7 とを有する。燃料電池セル 1 0 5 は、燃料極 1 0 9 と固体電解質 1 1 1 と空気極 1 1 3 とが積層して形成されている。また、セルスタック 1 0 1 は、基体管 1 0 3 の外周面に形成された複数の燃料電池セル 1 0 5 の内、基体管 1 0 3 の軸方向において最も端に形成された燃料電池セル 1 0 5 の空気極 1 1 3 に、インターコネクタ 1 0 7 を介して電氣的に接続されたリード膜 1 1 5 を有する。

【 0 0 4 7 】

50

基体管103は、多孔質材料からなり、例えば、CaO安定化ZrO₂(CSZ)、又はY₂O₃安定化ZrO₂(YSZ)、又はMgAl₂O₄とされる。この基体管103は、燃料電池セル105とインターコネクタ107とリード膜115とを支持すると共に、基体管103の内周面に供給される燃料ガスを基体管103の細孔を介して基体管103の外周面に形成される燃料極109に拡散させる。

【0048】

燃料極109は、Niとジルコニア系電解質材料との複合材の酸化物で構成され、例えば、Ni/YSZが用いられる。この場合、燃料極109は、燃料極109の成分であるNiが燃料ガスに対して触媒作用を有する。この触媒作用は、基体管103を介して供給された燃料ガス、例えば、メタン(CH₄)と水蒸気との混合ガスを反応させ、水素(H₂)と一酸化炭素(CO)に改質するものである。また、燃料極109は、改質により得られる水素(H₂)及び一酸化炭素(CO)と、固体電解質111を介して供給される酸素イオン(O²⁻)とを固体電解質111との界面付近において電気化学的に反応させて水(H₂O)及び二酸化炭素(CO₂)を生成するものである。なお、燃料電池セル105は、この時、酸素イオンから放出される電子によって発電する。

10

【0049】

固体電解質111は、ガスを通しにくい気密性と、高温で高い酸素イオン導電性とを有するYSZが主として用いられる。この固体電解質111は、空気極で生成される酸素イオン(O²⁻)を燃料極に移動させるものである。

空気極113は、例えば、LaSrMnO₃系酸化物、又はLaCoO₃系酸化物で構成される。この空気極113は、固体電解質111との界面付近において、供給される空気等の酸化性ガス中の酸素を解離させて酸素イオン(O²⁻)を生成するものである。

20

【0050】

インターコネクタ107は、SrTiO₃系などのM_{1-x}L_xTiO₃(Mはアルカリ土類金属元素、Lはランタノイド元素)で表される導電性ペロブスカイト型酸化物から構成され、燃料ガスと酸化性ガスとが混合しないように緻密な膜となっている。また、インターコネクタ107は、酸化雰囲気と還元雰囲気との両雰囲気下で安定した電気導電性を有する。

このインターコネクタ107は、隣り合う燃料電池セル105において、一方の燃料電池セル105の空気極113と他方の燃料電池セル105の燃料極109とを電氣的に接続し、隣り合う燃料電池セル105同士を直列に接続するものである。

30

【0051】

リード膜115は、電子伝導性を有すること、及びセルスタック101を構成する他の材料との熱膨張係数が近いことが必要であることから、Ni/YSZ等のNiとジルコニア系電解質材料との複合材で構成されている。このリード膜115は、インターコネクタにより直列に接続される複数の燃料電池セル105で発電された直流電力をセルスタック101の端部付近まで導出すものである。

【0052】

次に、本実施形態のSOFCカートリッジ203の集電機構について、図4および図5を用いて説明する。

40

図4は、SOFCカートリッジ203を鉛直方向上方からみた平面図である。図4は、上部ケーシング229aを省略した図となっている。図5は、図4に示すSOFCカートリッジのB-B矢視断面図となっている。また、前述した図2に示す断面図は、図4に示すSOFCカートリッジ203のA-A矢視断面図となっている。

【0053】

図4および図5に示すように、SOFCカートリッジ203は、燃料電池を構成する円筒状の複数のセルスタック101を備える。各セルスタック101は、図3を用いて説明したように空気極113(正極)と燃料極109(負極)とを有する。

図4では1つのセルスタック101にのみ符号を付したが、32個の円形で示す全てがセルスタック101である。図5は、図4のB-B矢視断面図であるため、長編方向に配

50

列された 8 本のセルスタック 1 0 1 が示されている。

【 0 0 5 4 】

図 5 に示すように、複数のセルスタック 1 0 1 のそれぞれは、セルスタック 1 0 1 の中心軸が鉛直方向に延びかつ中心軸に直交する水平面内で隣接した状態で配置されるように、上部ケーシング 2 2 9 a (筐体) と下部ケーシング 2 2 9 b (筐体) によって支持されている。

【 0 0 5 5 】

図 4 および図 5 に示すように、S O F C カートリッジ 2 0 3 は、空気極集電板 1 1 (第 1 正極集電部) と、空気極集電板 1 2 (第 2 正極集電部) と、空気極集電板 1 3 (第 3 正極集電部) と、燃料極集電板 2 1 (第 1 負極集電部) と、燃料極集電板 2 2 (第 2 負極集電部) と、燃料極集電板 2 3 (第 3 負極集電部) とを備える。

10

【 0 0 5 6 】

空気極集電板 1 1 , 1 2 , 1 3 は、それぞれ図 4 に示す水平面内の第 1 領域 A 1 , 第 2 領域 A 2 , 第 3 領域 A 3 に配置される複数のセルスタック 1 0 1 (セルスタック群) の空気極 1 1 3 同士を電氣的に接続する導電性の板状部材である。

燃料極集電板 2 1 , 2 2 , 2 3 は、それぞれ図 4 に示す水平面内の第 1 領域 A 1 , 第 2 領域 A 2 , 第 3 領域 A 3 に配置される複数のセルスタック 1 0 1 (セルスタック群) の燃料極 1 0 9 同士を電氣的に接続する導電性の板状部材である。

【 0 0 5 7 】

図 4 に示すように、複数のセルスタック 1 0 1 が配置される水平面内の配置領域は、長辺と短辺とを有する矩形形状となっている。そして、図 4 に示す第 1 領域 A 1 , 第 2 領域 A 2 , 第 3 領域 A 3 は、配置領域の長辺方向に分割された領域となっている。配置領域の長辺方向に分割しているのは、長辺方向に沿った温度分布が異なるからである。

20

【 0 0 5 8 】

図 5 に示すように、S O F C カートリッジ 2 0 3 内で電流を流通させる経路は、燃料極集電板 2 1 と燃料極集電板 2 2 とを電氣的に分離して燃料極集電板 2 1 と空気極集電板 1 2 とを電氣的に接続することにより形成されている。この経路は、第 1 領域 A 1 のセルスタック 1 0 1 (第 1 セルスタック群) と第 2 領域 A 2 のセルスタック 1 0 1 (第 2 セルスタック群) とが直列接続された経路である。

ここで、経路中に示す矢印は、経路を流れる電流の流通方向を示している。以下の各図においても、経路中に示す矢印は経路を流れる電流の流通方向を示すものとする。

30

【 0 0 5 9 】

また、図 5 に示すように、S O F C カートリッジ 2 0 3 内で電流を流通させる経路は、燃料極集電板 2 1 と燃料極集電板 2 3 とを電氣的に分離して燃料極集電板 2 1 と空気極集電板 1 3 とを電氣的に接続することにより形成されている。この経路は、第 1 領域 A 1 のセルスタック 1 0 1 (第 1 セルスタック群) と第 3 領域 A 3 のセルスタック 1 0 1 (第 3 セルスタック群) とが直列接続された経路である。

【 0 0 6 0 】

この経路において、燃料極集電板 2 2 と燃料極集電板 2 3 とが電氣的に接続され、空気極集電板 1 2 と空気極集電板 1 3 とが電氣的に接続されている。そのため、この経路は、領域 A 2 のセルスタック 1 0 1 (第 2 セルスタック群) と領域 A 3 のセルスタック 1 0 1 (第 3 セルスタック群) とが、並列接続された経路である。

40

【 0 0 6 1 】

本実施形態において、運転中 (発電中) の S O F C カートリッジ 2 0 3 は、第 1 領域 A 1 の温度が、第 2 領域 A 2 の温度および第 3 領域 A 3 の温度よりも高い。また、第 2 領域 A 2 の温度および第 3 領域 A 3 の温度は、略同じ温度となる。

S O F C カートリッジ 2 0 3 が有する複数のセルスタック 1 0 1 は、製造時のばらつきによる個体差はあるものの、いずれも同等の電流 - 電圧特性を有するものである。

【 0 0 6 2 】

ここで、セルスタック 1 0 1 電流 - 電圧特性について図 2 3 を参照して説明する。セル

50

スタック 101 は、内部を流通する電流値が大きくなるに連れて正極および負極の電位差を示す電圧値が低下するという電流 - 電圧特性を示す。また、この電流 - 電圧特性の関係は、セルスタック 101 の温度が高くなるほど図 23 中の右方へ移動する特性を有する。

本実施形態では、運転中（発電中）の SOFC カートリッジ 203 の内部において、第 1 領域 A1 の温度が、第 2 領域 A2 の温度および第 3 領域 A3 の温度よりも高い。また、第 2 領域 A2 の温度および第 3 領域 A3 の温度は、略同じ温度となる。そのため、第 1 領域 A1 に配置されるセルスタック 101（第 1 セルスタック群）の電流 - 電圧特性は図 23 中に実線で示される。一方、第 2 領域 A2，第 3 領域 A3 に配置されるセルスタック 101（第 2 セルスタック群および第 3 セルスタック群）の電流 - 電圧特性は図 23 中に破線で示される。

10

【0063】

次に、本実施形態の SOFC カートリッジ 203 と比較例の SOFC カートリッジ 203' とを比較した結果について説明する。

図 21，図 22 は、比較例の SOFC カートリッジ 203' を示す図である。

図 21，図 22 に示すように、比較例の SOFC カートリッジ 203' は、第 1 領域 A1，第 2 領域 A2，第 3 領域 A3 の全領域のセルスタック 101 の燃料極 109 が、単一の燃料極集電板 21' によって電氣的に接続されている。また、比較例の SOFC カートリッジ 203' は、第 1 領域 A1，第 2 領域 A2，第 3 領域 A3 の全領域のセルスタック 101 の空気極 113 が、単一の空気極集電板 11' によって電氣的に接続されている。そのため、SOFC カートリッジ 203' に形成される経路は、セルスタック 101 の全

20

てを並列接続した経路となっている。比較例において、運転中（発電中）の SOFC カートリッジ 203' は、第 1 領域 A1 の温度が、第 2 領域 A2 の温度および第 3 領域 A3 の温度よりも高い。また、第 2 領域 A2 の温度および第 3 領域 A3 の温度は、略同じ温度となる。

【0064】

比較例の SOFC カートリッジ 203' は、全てのセルスタック 101 を並列接続する経路を形成するため、SOFC カートリッジ 203' の経路の入力端と出力端の電圧差は、一定の V_2 となっている（図 23 参照。）。図 23 に示すように、第 1 領域 A1 と、第 2 領域 A2 および第 3 領域 A3 の電流 - 電圧特性は異なっている。そのため、第 1 領域 A1 に配置されるセルスタック 101 を流れる電流値が I_1 であるのに対し、第 2 領域 A2 および第 3 領域 A3 に配置されるセルスタック 101 を流れる電流値が I_2 となっている。

30

【0065】

一方、本実施形態の SOFC カートリッジ 203 は、第 1 領域 A1 に配置されるセルスタック 101 を電流が通過する経路と、第 2 領域 A2 および第 3 領域 A3 に配置されるセルスタック 101 を電流が通過する経路とが、直列接続されている。

第 1 領域 A1 に配置されるセルスタック 101 を電流が通過する経路の電流 - 電圧特性は、図 23 に実線で示すものであるが、この経路を通過する電流値 I_2 は比較例の電流値 I_2' よりも低くなっている。これは、燃料極集電板 21 と燃料極集電板 22 が電氣的に分離しており、電気抵抗値の低い第 1 領域 A1 のセルスタック 101 への電流の流れ込みが抑制されるからである。

40

【0066】

また、第 2 領域 A2 および第 3 領域 A3 に配置されるセルスタック 101 を電流が通過する経路の電流 - 電圧特性は、図 23 に破線で示すものであるが、この経路を通過する電流値 I_1 は比較例の電流値 I_1' よりも高くなっている。これも、燃料極集電板 21 と燃料極集電板 22 が電氣的に分離しており、電気抵抗値の低い第 1 領域 A1 のセルスタック 101 への電流の流れ込みが抑制されるからである。

【0067】

図 23 に示すように、比較例の SOFC カートリッジ 203' よりも本実施形態の SOFC カートリッジ 203 の方が、運転中の温度が相対的に高い第 1 領域 A1 のセルスタック

50

ク 1 0 1 に流れる電流の大きさと運転中の温度が相対的に低い第 2 領域 A 2 および第 3 領域 A 3 のセルスタック 1 0 1 に流れる電流の大きさととの差分が小さくなる。

【 0 0 6 8 】

以上説明した本実施形態の S O F C カートリッジ 2 0 3 が奏する作用および効果について説明する。

本実施形態の S O F C カートリッジ 2 0 3 によれば、運転中において、第 1 領域 A 1 の温度が第 2 領域 A 2 の温度よりも高いため、第 1 領域 A 1 に配置されるセルスタック 1 0 1 の電気抵抗値は第 2 領域 A 2 に配置されるセルスタック 1 0 1 の電気抵抗値よりも低くなる。本実施形態の S O F C カートリッジ 2 0 3 によれば、燃料極集電板 2 1 と燃料極集電板 2 2 とが電氣的に分離されるため、これらが電氣的に接続される場合に比べ、燃料極集電板 2 1 に流れる電流の大きさと燃料極集電板 2 2 に流れる電流の大きさとに大きな偏りが生じることが抑制される。

10

【 0 0 6 9 】

また、本実施形態の S O F C カートリッジ 2 0 3 によれば、燃料極集電板 2 1 と空気極集電板 1 2 とが電氣的に接続されて、第 1 領域 A 1 に配置されるセルスタック 1 0 1 と第 2 領域 A 2 に配置されるセルスタック 1 0 1 とが直列接続される。そのため、第 1 領域 A 1 に配置されるセルスタック 1 0 1 が出力する電力と、第 2 領域 A 2 に配置されるセルスタック 1 0 1 が出力する電力とを合計した電力が出力される。よって、水平面内の全領域の複数のセルスタック 1 0 1 を並列に接続する比較例の S O F C カートリッジ 2 0 3 ' と同様の電力を得ることができる。

20

【 0 0 7 0 】

また、本実施形態の S O F C カートリッジ 2 0 3 によれば、運転中において、第 1 領域 A 1 の温度が第 3 領域 A 3 の温度よりも高いため、第 1 領域 A 1 に配置されるセルスタック 1 0 1 の電気抵抗値は第 3 領域 A 3 に配置されるセルスタック 1 0 1 の電気抵抗値よりも低くなる。本実施形態の S O F C カートリッジ 2 0 3 によれば、燃料極集電板 2 1 と燃料極集電板 2 3 とが電氣的に分離されるため、これらが電氣的に接続される場合に比べ、燃料極集電板 2 1 に流れる電流の大きさと燃料極集電板 2 3 に流れる電流の大きさとに大きな偏りが生じることが抑制される。

【 0 0 7 1 】

また、本実施形態の S O F C カートリッジ 2 0 3 によれば、燃料極集電板 2 1 と空気極集電板 1 3 とが電氣的に接続され、かつ燃料極集電板 2 2 と燃料極集電板 2 3 とが電氣的に接続されて、第 2 領域 A 2 のセルスタック 1 0 1 と第 3 領域 A 3 のセルスタック 1 0 1 とが並列接続される。運転中に第 1 領域 A 1 よりも低温な第 2 領域 A 2 と第 3 領域 A 3 に配置されるセルスタック 1 0 1 同士の並列接続であるため、第 2 領域 A 2 のセルスタック 1 0 1 と第 3 領域 A 3 のセルスタック 1 0 1 に流れる電流の大きさが第 1 領域 A 1 のセルスタック 1 0 1 に流れる電流の大きさから大きく偏ることが抑制される。

30

【 0 0 7 2 】

本実施形態の S O F C カートリッジ 2 0 3 においては、複数のセルスタック 1 0 1 が配置される水平面内の配置領域は、長辺と短辺とを有する矩形状であり、第 1 領域 A 1 , 第 2 領域 A 2 , 第 3 領域 A 3 は、配置領域の長辺方向に分割された領域である。

40

このようにすることで、配置領域の長辺方向に沿って運転中の温度勾配がある S O F C カートリッジ 2 0 3 において、相対的に高温な第 1 領域 A 1 の燃料極集電板 2 1 と相対的に低温な第 2 領域 A 2 の燃料極集電板 2 2 とが電氣的に分離される。そのため、これらが電氣的に接続される場合に比べ、燃料極集電板 2 1 に流れる電流の大きさと燃料極集電板 2 2 に流れる電流の大きさとに大きな偏りが生じることが抑制される。

【 0 0 7 3 】

〔 第 2 実施形態 〕

次に、本発明の第 2 実施形態について図 6 および図 7 を参照して説明する。

第 2 実施形態は第 1 実施形態の変形例であり、以下で特に説明する場合を除き第 1 実施形態と同様であるものとする。

50

第1実施形態のSOFCカートリッジ203は、セルスタック101が配置される水平面上の領域を長辺方向に3つの領域に分割するものであった。それに対して第2実施形態のSOFCカートリッジ203は、セルスタック101が配置される水平面上の領域を長辺方向に2つの領域に分割するものである。

【0074】

図6に示すように本実施形態のSOFCカートリッジ203は、セルスタック101が配置される水平面上の全領域を長辺方向に第1領域A1と第2領域A2とに分割している。

図6および図7に示すように、SOFCカートリッジ203は、空気極集電板311（第1正極集電部）と、空気極集電板312（第2正極集電部）と、燃料極集電板321（第1負極集電部）と、燃料極集電板322（第2負極集電部）とを備える。

【0075】

空気極集電板311、312は、それぞれ図6に示す水平面内の第1領域A1、第2領域A2に配置される複数のセルスタック101（セルスタック群）の空気極113同士を電氣的に接続する導電性の板状部材である。

燃料極集電板321、322は、それぞれ図6に示す水平面内の第1領域A1、第2領域A2に配置される複数のセルスタック101（セルスタック群）の燃料極109同士を電氣的に接続する導電性の板状部材である。

【0076】

図6に示すように、複数のセルスタック101が配置される水平面内の配置領域は、長辺と短辺とを有する矩形形状となっている。そして、図6に示す第1領域A1、第2領域A2は、配置領域を長辺方向に分割した領域となっている。配置領域を長辺方向に分割しているのは、本実施形態において運転中のSOFCカートリッジ203の長辺方向に沿った温度分布が異なるからである。

【0077】

図7に示すように、SOFCカートリッジ203内で電流を流通させる経路は、燃料極集電板321と燃料極集電板322とを電氣的に分離して燃料極集電板321と空気極集電板312とを電氣的に接続することにより形成されている。この経路は、第1領域A1のセルスタック101（第1セルスタック群）と第2領域A2のセルスタック101（第2セルスタック群）とが直列接続された経路である。

本実施形態において、運転中（発電中）のSOFCカートリッジ203は、第1領域A1の温度が、第2領域A2の温度よりも高い。

【0078】

本実施形態のSOFCカートリッジ203によれば、燃料極集電板321と燃料極集電板322とが電氣的に分離されるため、これらが電氣的に接続される場合に比べ、燃料極集電板321に流れる電流の大きさと燃料極集電板322に流れる電流の大きさとに大きな偏りが生じることが抑制される。

【0079】

また、本実施形態のSOFCカートリッジ203によれば、燃料極集電板321と空気極集電板312とが電氣的に接続されて、第1領域A1に配置されるセルスタック101と第2領域A2に配置されるセルスタック101とが直列接続される。そのため、第1領域A1に配置されるセルスタック101が出力する電力と、第2領域A2に配置されるセルスタック101が出力する電力とを合計した電力が出力される。

本実施形態のSOFCカートリッジ203は、複数のセルスタック101が配置される水平面内の配置領域が、長辺方向に沿って、相対的に高温な第1領域A1と相対的に低温な第2領域A2とを有するような場合に特に有効である。

【0080】

なお、以上の説明においては、複数のセルスタック101が配置される水平面内の配置領域を長辺方向に沿って2分割するものであったが、これを4分割するように変形してもよい。この変形例の場合、図8に示すように、複数のセルスタック101が配置される水

10

20

30

40

50

平面内の配置領域が、長辺方向に沿って第1領域A1，第2領域A2，第3領域A3，第4領域A4に4分割される。

【0081】

図8および図9に示すように、SOFCカートリッジ203は、空気極集電板411（第1正極集電部）と、空気極集電板412（第2正極集電部）と、空気極集電板413（第3正極集電部）と、空気極集電板414（第4正極集電部）と、燃料極集電板421（第1負極集電部）と、燃料極集電板422（第2負極集電部）と、燃料極集電板423（第3負極集電部）と、燃料極集電板424（第4負極集電部）とを備える。そして、第1領域A1のセルスタック101と、第2領域A2のセルスタック101と、第3領域A3のセルスタック101と、第4領域A4のセルスタック101とが、直列接続された経路が形成される。

10

【0082】

図8および図9に示すSOFCカートリッジ203では、運転中（発電中）の各領域の温度が、第4領域A4，第3領域A3，第2領域A2，第1領域A1のように徐々に高くなっている。図8および図9に示すSOFCカートリッジ203は、長辺方向の温度分布の勾配が大きくなる場合に特に有利である。

【0083】

〔第3実施形態〕

次に、本発明の第3実施形態について図10および図11を参照して説明する。

第3実施形態は第2実施形態の変形例であり、以下で特に説明する場合を除き第2実施形態と同様であるものとする。

20

第2実施形態のSOFCカートリッジ203は、セルスタック101が配置される水平面上の領域を長辺方向に2つの領域に分割するものであった。それに対して第3実施形態のSOFCカートリッジ203は、セルスタック101が配置される水平面上の領域を中央部分の第1領域A1と周辺部分の第2領域A2とに分割するものである。

【0084】

図10に示すように本実施形態のSOFCカートリッジ203は、セルスタック101が配置される水平面上の全領域を長辺方向の中央部分と短辺方向の中央部分とを含む第1領域A1と、第1領域A1の周辺を取り囲む第2領域A2とに分割している。

図10および図11に示すように、SOFCカートリッジ203は、空気極集電板511（第1正極集電部）と、空気極集電板512（第2正極集電部）と、燃料極集電板521（第1負極集電部）と、燃料極集電板522（第2負極集電部）とを備える。

30

【0085】

空気極集電板511，512は、それぞれ図10に示す水平面内の第1領域A1，第2領域A2に配置される複数のセルスタック101（セルスタック群）の空気極113同士を電氣的に接続する導電性の板状部材である。

燃料極集電板521，522は、それぞれ図10に示す水平面内の第1領域A1，第2領域A2に配置される複数のセルスタック101（セルスタック群）の燃料極109同士を電氣的に接続する導電性の板状部材である。

【0086】

40

図10に示すように、複数のセルスタック101が配置される水平面内の配置領域は、長辺と短辺とを有する矩形形状となっている。そして、図10に示す第1領域A1，第2領域A2は、長辺方向の中央部分と短辺方向の中央部分とを含む領域と、その周辺を取り囲む領域とに分割されている。配置領域を中央部分とその周辺部分とに分割しているのは、本実施形態において運転中のSOFCカートリッジ203の中央部分と周辺部分とで温度分布が異なるからである。

【0087】

図11に示すように、SOFCカートリッジ203内で電流を流通させる経路は、燃料極集電板521と燃料極集電板522とを電氣的に分離して燃料極集電板521と空気極集電板512とを電氣的に接続することにより形成されている。この経路は、第1領域A

50

1のセルスタック101(第1セルスタック群)と第2領域A2のセルスタック101(第2セルスタック群)とが直列接続された経路である。

本実施形態において、運転中(発電中)のSOFCカートリッジ203は、第1領域A1の温度が、第2領域A2の温度よりも高い。

【0088】

本実施形態のSOFCカートリッジ203によれば、燃料極集電板521と燃料極集電板522とが電氣的に分離されるため、これらが電氣的に接続される場合に比べ、燃料極集電板521に流れる電流の大きさと燃料極集電板522に流れる電流の大きさとに大きな偏りが生じることが抑制される。

【0089】

また、本実施形態のSOFCカートリッジ203によれば、燃料極集電板521と空気極集電板512とが電氣的に接続されて、第1領域A1に配置されるセルスタック101と第2領域A2に配置されるセルスタック101とが直列接続される。そのため、第1領域A1に配置されるセルスタック101が出力する電力と、第2領域A2に配置されるセルスタック101が出力する電力とを合計した電力が出力される。

本実施形態のSOFCカートリッジ203は、複数のセルスタック101が配置される水平面内の配置領域が、相対的に高温な第1領域A1を中央部分に有し、相対的に低温な第2領域A2をその周辺部分に有するような場合に特に有効である。

【0090】

なお、以上の説明においては、複数のセルスタック101が配置される水平面内の配置領域を中央部分の第1領域A1と周辺部分の第2領域A2とに分割するものであったが、各領域を更に2分割するように変形してもよい。この変形例の場合、図12に示すように、複数のセルスタック101が配置される水平面内の配置領域が、長手方向の中央部かつ短手方向の中央部に配置される第1領域A1、第2領域A2と、それらの周辺部に配置される第3領域A3、第4領域A4とに4分割される。

【0091】

図12および図13に示すように、SOFCカートリッジ203は、空気極集電板611(第1正極集電部)と、空気極集電板612(第2正極集電部)と、空気極集電板613(第3正極集電部)と、空気極集電板614(第4正極集電部)と、燃料極集電板621(第1負極集電部)と、燃料極集電板622(第2負極集電部)と、燃料極集電板623(第3負極集電部)と、燃料極集電板624(第4負極集電部)とを備える。そして、第1領域A1のセルスタック101と、第2領域A2のセルスタック101と、第3領域A3のセルスタック101と、第4領域A4のセルスタック101とが、直列接続された経路が形成される。

【0092】

図12および図13に示すSOFCカートリッジ203では、運転中(発電中)の各領域の温度が、第4領域A4、第3領域A3、第2領域A2、第1領域A1のように徐々に高くなっている。図12および図13に示すSOFCカートリッジ203は、長辺方向に沿って温度が異なり、かつ周辺部分と中央部分とで温度が異なる場合に特に有利である。

【0093】

〔第4実施形態〕

次に、本発明の第4実施形態について図14を参照して説明する。

第4実施形態は第2実施形態の変形例であり、以下で特に説明する場合を除き第2実施形態と同様であるものとする。

第4実施形態のSOFCカートリッジ203は、セルスタック101が配置される水平面上の領域を長辺方向に2つの領域に分割する際に、各領域に配置するセルスタック101の本数を同一とするものであった。それに対して本実施形態は、セルスタック101が配置される水平面上の領域を長辺方向に2つの領域に分割する際に、各領域に配置するセルスタック101の本数を異ならせるものである。

【0094】

10

20

30

40

50

図6に示す第2実施形態のSOFCカートリッジ203は、第1領域A1に配置するセルスタック101の本数と、第2領域A2に配置するセルスタック101の本数とをそれぞれ16本と同一にするものであった。

この場合、温度に依存する電気抵抗値の差によって、相対的に高温な第1領域A1に流れる電流の大きさが、相対的に低温な第2領域A2に流れる電流の大きさよりも大きくなる。そのため、セルスタック101の1本あたりに流れる電流の大きさが、第1領域A1に配置されるセルスタック101の方が第2領域A2に配置されるセルスタック101よりも大きくなる。

【0095】

一方、図14に示す本実施形態のSOFCカートリッジ203は、第1領域A1に配置するセルスタック101の本数を20本とし、第2領域A2に配置するセルスタック101の本数とをそれぞれ12本とするものである。ここで、本実施形態のSOFCカートリッジ203は、運転中に第1領域A1の温度が第2領域A2よりも高温になる。

この場合、第2実施形態のSOFCカートリッジ203に比べ、相対的に高温な第1領域A1のセルスタック101の1本あたりに流れる電流の大きさが小さくなる。

この場合、相対的に高温な第1領域A1のセルスタック101の1本あたりに流れる電流の大きさと、相対的に低温な第2領域A2のセルスタック101の1本あたりに流れる電流の大きさと差を小さくすることができる。

【0096】

本実施形態のSOFCカートリッジ203によれば、第1領域A1に配置されるセルスタック101の本数と第2領域A2に配置されるセルスタック10の本数を同一にする場合に比べ、第1領域A1に配置される各セルスタック101に分配される電流の大きさが小さくなるとともに第2領域A2に配置される各セルスタック101に分配される電流の大きさが大きくなる。したがって、第1領域A1の燃料極集電板に流れる電流の大きさと第2領域A2の燃料極集電板に流れる電流の大きさとに偏りが生じることが更に抑制される。

【0097】

〔第5実施形態〕

次に、本発明の第5実施形態について図15および図16を参照して説明する。

第5実施形態は第1実施形態の変形例であり、以下で特に説明する場合を除き第1実施形態と同様であるものとする。

第1実施形態は、セルスタック101が配置される配置領域を、相対的に高温な第1領域A1と、相対的に低温な第2領域A2および第3領域A3とに分割し、第2領域A2および第3領域A3とに配置されるセルスタック101を並列接続するものであった。

それに対して本実施形態は、第1実施形態における第1領域A1を更に2分割するとともに、第1実施形態における第2領域A2および第3領域A3とが単独で並列接続されないようにしたものである。

【0098】

図15および図16に示すように、SOFCカートリッジ203は、空気極集電板711（第1正極集電部）と、空気極集電板712（第2正極集電部）と、空気極集電板713（第3正極集電部）と、空気極集電板714（第4正極集電部）と、燃料極集電板721（第1負極集電部）と、燃料極集電板722（第2負極集電部）と、燃料極集電板723（第3負極集電部）と、燃料極集電板724（第4負極集電部）とを備える。

【0099】

本実施形態のSOFCカートリッジ203においては、第1領域A1のセルスタック101と、第2領域A2のセルスタック101とが、直列接続された第1経路が形成される。また、第3領域A3のセルスタック101と、第4領域A4のセルスタック101とが、直列接続された第2経路が形成される。

また、燃料極集電板721と燃料極集電板724とを電氣的に接続し、空気極集電板712と空気極集電板713とを電氣的に接続することにより、第1経路と第2経路とを並

10

20

30

40

50

列接続した経路が形成される。

【0100】

本実施形態のSOFCカートリッジ203によれば、運転中の第1領域A1の温度が第2領域A2の温度よりも高い。そのため、第1領域A1に配置されるセルスタック101の電気抵抗値は第2領域2に配置されるセルスタック101の電気抵抗値よりも低くなる。本実施形態のSOFCカートリッジ203によれば、燃料極集電板721と燃料極集電板722とが電氣的に分離されるため、これらが電氣的に接続される場合に比べ、燃料極集電板721に流れる電流の大きさと燃料極集電板722に流れる電流の大きさとに大きな偏りが生じることが抑制される。

【0101】

本実施形態のSOFCカートリッジ203によれば、運転中の第3領域A3の温度が第4領域A4の温度よりも高い。そのため、第3領域A3に配置されるセルスタック101の電気抵抗値は第4領域A4に配置されるセルスタック101の電気抵抗値よりも低くなる。本実施形態のSOFCカートリッジ203によれば、燃料極集電板723と燃料極集電板724とが電氣的に分離されるため、これらが電氣的に接続される場合に比べ、燃料極集電板723に流れる電流の大きさと燃料極集電板724に流れる電流の大きさとに大きな偏りが生じることが抑制される。

【0102】

本実施形態のSOFCカートリッジ203によれば、第1領域A1に配置されるセルスタック101と第2領域に配置されるセルスタック101とを直列接続した第1経路と第3領域A3に配置されるセルスタック101と第4領域A4に配置されるセルスタック101とを直列接続した第2経路とを並列接続した経路とが形成される。運転中の第2領域A2と第3領域A3の温度差が少ない場合、第1領域A1の温度が第4領域A4の温度よりも高い状態となる。この場合、第1領域A1に配置されるセルスタック101の電気抵抗値が低くなり、第4領域A4に配置されるセルスタック101の電気抵抗値が高くなる。

【0103】

本実施形態では、第1領域A1に配置されるセルスタック101と第2領域A2に配置されるセルスタック101とを直列接続して第1経路を形成し、第3領域A3に配置されるセルスタック101と第4領域A4に配置されるセルスタック101とを直列接続して第2経路を形成している。各経路の電気抵抗値は直列接続による合成抵抗値となるため、第2領域A2に配置されるセルスタック101と第4領域A4に配置されるセルスタック101の電気抵抗値に差があったとしても、第1経路の電気抵抗値と第2経路の電気抵抗値とに大きな差が生じることが抑制される。

【0104】

〔第6実施形態〕

次に、本発明の第6実施形態について図17および図18を参照して説明する。

第6実施形態は第5実施形態の変形例であり、以下で特に説明する場合を除き第5実施形態と同様であるものとする。

第5実施形態は隣接する領域のセルスタック群同士を直列接続して第1経路と第2経路とを形成し、第1経路と第2経路とを並列接続するものであった。

それに対して第6実施形態は、隣接しない領域のセルスタック群同士を直列接続して第1経路と第2経路とを形成し、第1経路と第2経路とを並列接続するものである。

【0105】

第5実施形態のSOFCカートリッジ203は、長辺方向に沿って4分割した領域のうち中央に位置する2つの領域の温度差が少なく、両端に位置する2つの領域の温度差が大きいものであった。

それに対して第6実施形態のSOFCカートリッジ203は、運転中の温度が長辺方向に沿って徐々に温度が高くなる温度分布となっている。具体的には、図17に示す第4領域A4，第2領域A2，第3領域A3，第1領域A1の順に徐々に温度が高くなる温度分

10

20

30

40

50

布となっている。

【0106】

図17および図18に示すように、SOFCカートリッジ203は、空気極集電板811（第1正極集電部）と、空気極集電板812（第2正極集電部）と、空気極集電板813（第3正極集電部）と、空気極集電板814（第4正極集電部）と、燃料極集電板821（第1負極集電部）と、燃料極集電板822（第2負極集電部）と、燃料極集電板823（第3負極集電部）と、燃料極集電板824（第4負極集電部）とを備える。

【0107】

本実施形態のSOFCカートリッジ203においては、第1領域A1のセルスタック101と第2領域A2のセルスタック101とが直列接続された第1経路が形成される。また、第3領域A3のセルスタック101と第4領域A4のセルスタック101とが直列接続された第2経路が形成される。

10

また、燃料極集電板821と燃料極集電板824とを電氣的に接続し、空気極集電板812と空気極集電板813とを電氣的に接続することにより、第1経路と第2経路とを並列接続した経路が形成される。

【0108】

本実施形態のSOFCカートリッジ203においては、運転中の第3領域A3の温度が第2領域A2の温度よりも高くなっている。そのため、第1から第4領域のうち相対的に温度の高い第1領域A1と第3領域A3のセルスタック群同士を直列接続し、相対的に温度の低い第2領域A2と第4領域A4のセルスタック群同士を直列接続する場合に比べ、第1経路の電気抵抗値と第2経路の電気抵抗値の差が少なくなる。これにより、並列接続される第1経路と第2経路とを通過する電流の大きさに大きな偏りが生じることが抑制される。

20

【0109】

〔第7実施形態〕

次に、本発明の第7実施形態について図19を参照して説明する。

第7実施形態は第5実施形態の変形例であり、以下で特に説明する場合を除き第5実施形態と同様であるものとする。

第5実施形態は単一のSOFCカートリッジ203内の隣接する領域のセルスタック群同士を直列接続して第1経路と第2経路とを形成するものであった。

30

それに対して第7実施形態は、隣接して配置される2つのSOFCカートリッジ203a, 203bの隣接するセルスタック群同士を直列接続して第1経路と第2経路とを形成するものである。

SOFCカートリッジ203a, 203bの構造については、第1実施形態で説明したSOFCカートリッジ203と同様であるため、説明を省略する。

【0110】

第5実施形態のSOFCカートリッジ203は、長辺方向に沿って4分割した領域のうち中央に位置する2つの領域の温度差が少なく、両端に位置する2つの領域の温度差が大きいものであった。

それに対して第7実施形態のSOFCカートリッジ203a, 203bは、運転中の温度が長辺方向に沿って徐々に温度が高くなる温度分布となっている。具体的には、SOFCカートリッジ203の運転中の温度が、図19に示す第4領域A4, 第2領域A2, 第3領域A3, 第1領域A1の順に徐々に温度が高くなる温度分布となっている。

40

【0111】

図19に示すように、本実施形態のSOFCモジュール201（燃料電池システム）は、SOFCカートリッジ203a（第1燃料電池装置）とSOFCカートリッジ203b（第2燃料電池装置）とを有する。

SOFCカートリッジ203aは、空気極集電板911（第1正極集電部）と、空気極集電板912と、空気極集電板913と、空気極集電板914（第2正極集電部）と、燃料極集電板921（第1負極集電部）と、燃料極集電板922と、燃料極集電板923と

50

、燃料極集電板 9 2 4 (第 2 負極集電部) とを備える。

S O F C カートリッジ 2 0 3 b は、空気極集電板 1 0 1 1 (第 3 正極集電部) と、空気極集電板 1 0 1 2 と、空気極集電板 1 0 1 3 と、空気極集電板 1 0 1 4 (第 4 正極集電部) と、燃料極集電板 1 0 2 1 (第 3 負極集電部) と、燃料極集電板 1 0 2 2 と、燃料極集電板 1 0 2 3 と、燃料極集電板 1 0 2 4 (第 4 負極集電部) とを備える。

【 0 1 1 2 】

本実施形態の S O F C モジュール 2 0 1 においては、S O F C カートリッジ 2 0 3 a の第 1 領域 A 1 のセルスタック 1 0 1 と S O F C カートリッジ 2 0 3 b の第 1 領域 A 1 (第 1 領域) のセルスタック 1 0 1 とが直列接続された経路 (第 1 経路) が形成される。また、S O F C カートリッジ 2 0 3 a の第 4 領域 A 4 (第 2 領域) のセルスタック 1 0 1 と S O F C カートリッジ 2 0 3 b の第 4 領域 A 4 のセルスタック 1 0 1 とが直列接続された経路 (第 2 経路) が形成される。

10

同様に、S O F C モジュール 2 0 1 においては、S O F C カートリッジ 2 0 3 a の第 2 領域 A 2 のセルスタック 1 0 1 と S O F C カートリッジ 2 0 3 b の第 2 領域 A 2 のセルスタック 1 0 1 とが直列接続された経路が形成される。また、S O F C カートリッジ 2 0 3 a の第 3 領域 A 3 のセルスタック 1 0 1 と S O F C カートリッジ 2 0 3 b の第 3 領域 A 3 のセルスタック 1 0 1 とが直列接続された経路が形成される。

【 0 1 1 3 】

図 1 9 に示すように、本実施形態の S O F C モジュール 2 0 1 においては、第 1 領域 A 1 に配置される燃料極集電板 9 2 1 と、第 4 領域 A 4 に配置される燃料極集電板 9 2 4 とを電氣的に分離して空気極集電板 9 1 1 と燃料極集電板 1 0 2 1 とを電氣的に接続している。これにより、S O F C カートリッジ 2 0 3 a の第 1 領域 A 1 のセルスタック 1 0 1 (第 1 セルスタック群) と S O F C カートリッジ 2 0 3 b の第 1 領域 A 1 のセルスタック 1 0 1 (第 3 セルスタック群) とが直列接続された経路 (第 1 経路) が形成される。

20

【 0 1 1 4 】

また、本実施形態の S O F C モジュール 2 0 1 においては、第 4 領域 A 4 に配置される燃料極集電板 9 2 4 と、第 1 領域 A 1 に配置される燃料極集電板 9 2 1 とを電氣的に分離して空気極集電板 9 1 4 と燃料極集電板 1 0 2 4 とを電氣的に接続している。これにより、S O F C カートリッジ 2 0 3 a の第 4 領域 A 4 のセルスタック 1 0 1 (第 2 セルスタック群) と S O F C カートリッジ 2 0 3 b の第 4 領域 A 4 のセルスタック 1 0 1 (第 4 セルスタック群) とが直列接続された経路 (第 2 経路) が形成される。

30

【 0 1 1 5 】

第 2 領域 A 2 , 第 3 領域 A 3 についても、第 1 領域 A 1 , 第 4 領域 A 4 と同様に直列接続された経路が形成される。

図 1 9 に示すように、第 1 領域 A 1 , 第 2 領域 A 2 , 第 3 領域 A 3 , 第 4 領域 A 4 に形成される各経路の終端には、チョッパ回路 2 a , 2 b , 2 c , 2 d が接続されている。各チョッパ回路は、制御部 (図示略) からの指示によって、各経路からインバータ回路 3 へ流入する電流の大きさを調整できるようになっている。

【 0 1 1 6 】

本実施形態においては、S O F C カートリッジ 2 0 3 a , 2 0 3 b のそれぞれにおいて、第 4 領域 A 4 , 第 2 領域 A 2 , 第 3 領域 A 3 , 第 1 領域 A 1 の順に徐々に運転中の温度が高くなる温度分布となっている。そのため、何らの調整もしない場合、各領域に流れる電流の大きさは第 4 領域 A 4 , 第 2 領域 A 2 , 第 3 領域 A 3 , 第 1 領域 A 1 の順に徐々に大きくなる。本実施形態のチョッパ回路は、このような場合に、第 1 領域 A 1 の経路に対して流れる電流に対して相対的に電流の大きさが小さくなる他の領域の経路の電流の大きさが大きくなるように調整するものである。

40

【 0 1 1 7 】

以上説明したように、本実施形態の S O F C モジュール 2 0 1 によれば、S O F C カートリッジ 2 0 3 a の第 1 領域 A 1 のセルスタック 1 0 1 と S O F C カートリッジ 2 0 3 b の第 1 領域 A 1 のセルスタック 1 0 1 とが直列接続された経路 (第 1 経路) が形成される

50

。また、S O F Cカートリッジ2 0 3 aの第4領域A 4のセルスタック1 0 1とS O F Cカートリッジ2 0 3 bのセルスタック1 0 1とが直列接続された経路（第2経路）が形成される。

運転中の第1領域A 1の温度が第4領域A 4の温度よりも高いため、第1領域A 1に配置されるセルスタック1 0 1の電気抵抗値は第4領域A 4に配置されるセルスタック1 0 1の電気抵抗値よりも低くなる。

本実施形態のS O F Cモジュール2 0 1によれば、燃料極集電板9 2 1と燃料極集電板9 2 2とが電氣的に分離されるため、これらが電氣的に接続される場合に比べ、燃料極集電板9 2 1に流れる電流の大きさと燃料極集電板9 2 2に流れる電流の大きさとに大きな偏りが生じることが抑制される。

また、第1領域A 1に形成される経路と他の領域に形成される経路とが独立して形成されるため、第1領域A 1に比べて相対的に温度の低い第2領域A 2，第3領域A 3，第4領域A 4に配置されるセルスタック1 0 1が形成する経路に流れる電流の大きさを大きくするように制御することができる。これにより、S O F Cモジュール2 0 1全体の出力を増加させることが可能となる。

【0 1 1 8】

本実施形態においては、第1領域A 1，第2領域A 2，第3領域A 3，第4領域A 4でそれぞれ直列接続された経路を形成するものであったが、図2 0に示す変形例を採用してもよい。

図2 0に示すS O F Cモジュール2 0 1は、S O F Cカートリッジ2 0 3 aの第1領域A 1のセルスタック1 0 1と、S O F Cカートリッジ2 0 3 bの第2領域A 2のセルスタック1 0 1とを直列接続する。また、S O F Cカートリッジ2 0 3 aの第2領域A 2のセルスタック1 0 1と、S O F Cカートリッジ2 0 3 bの第1領域A 1のセルスタック1 0 1とを直列接続する。また、S O F Cカートリッジ2 0 3 aの第3領域A 3のセルスタック1 0 1と、S O F Cカートリッジ2 0 3 bの第4領域A 4のセルスタック1 0 1とを直列接続する。また、S O F Cカートリッジ2 0 3 aの第4領域A 4のセルスタック1 0 1と、S O F Cカートリッジ2 0 3 bの第3領域A 3のセルスタック1 0 1とを直列接続する。

【0 1 1 9】

また、図2 0に示すS O F Cモジュール2 0 1は、S O F Cカートリッジ2 0 3 aの第1領域A 1のセルスタック1 0 1と、S O F Cカートリッジ2 0 3 bの第2領域A 2のセルスタック1 0 1とを直列接続した経路と、S O F Cカートリッジ2 0 3 aの第2領域A 2のセルスタック1 0 1と、S O F Cカートリッジ2 0 3 bの第1領域A 1のセルスタック1 0 1とを直列接続した経路とを並列接続している。並列接続された経路の終端にはチョッパ回路2 eが設けられ、チョッパ回路2 eの下流側にインバータ回路3が設けられている。

【0 1 2 0】

同様に、図2 0に示すS O F Cモジュール2 0 1は、S O F Cカートリッジ2 0 3 aの第3領域A 3のセルスタック1 0 1と、S O F Cカートリッジ2 0 3 bの第4領域A 4のセルスタック1 0 1とを直列接続した経路と、S O F Cカートリッジ2 0 3 aの第4領域A 4のセルスタック1 0 1と、S O F Cカートリッジ2 0 3 bの第3領域A 3のセルスタック1 0 1とを直列接続した経路とを並列接続している。並列接続された経路の終端にはチョッパ回路2 fが設けられ、チョッパ回路2 fの下流側にインバータ回路3が設けられている。

【0 1 2 1】

本変形例によれば、相対的に温度が高い第1領域A 1のセルスタック1 0 1と相対的に温度が低い第2領域A 2のセルスタック1 0 1とを直列接続した一对の経路が形成される。そのため、相対的に温度が高い第1領域A 1のセルスタック1 0 1同士と、相対的に温度が低い第2領域A 2のセルスタック1 0 1同士とを直列接続する場合に比べ、各経路の電気抵抗値の差を少なくすることができる。これにより、各経路に流れる電流の大きさが

10

20

30

40

50

大きく偏ることが抑制される。

【 0 1 2 2 】

同様に、本変形例によれば、相対的に温度が高い第3領域 A 3 のセルスタック 1 0 1 と相対的に温度が低い第4領域 A 4 のセルスタック 1 0 1 とを直列接続した一对の経路が形成される。そのため、相対的に温度が高い第3領域 A 4 のセルスタック 1 0 1 同士と、相対的に温度が低い第4領域 A 4 のセルスタック 1 0 1 同士とを直列接続する場合に比べ、各経路の電気抵抗値の差を少なくすることができる。これにより、各経路に流れる電流の大きさが大きく偏ることが抑制される。

【 0 1 2 3 】

〔他の実施形態〕

以上の説明において、S O F C カートリッジ 2 0 3 は、長辺方向に8本のセルスタック 1 0 1 を配置し、短辺方向に4本のセルスタック 1 0 1 を配置し、合計で32本のセルスタック 1 0 1 を備えるものであったが、他の態様であってもよい。

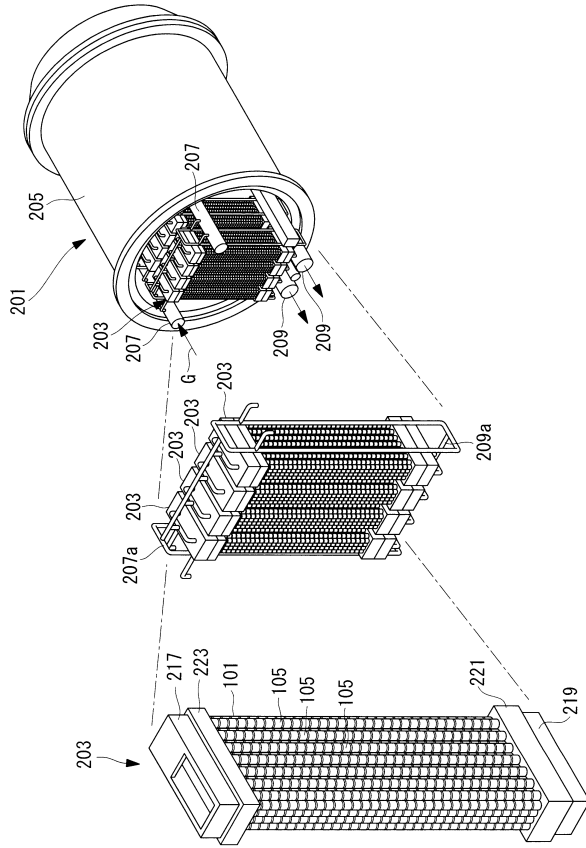
例えば、長辺方向に48本のセルスタック 1 0 1 を配置し、短辺方向に10本のセルスタック 1 0 1 を配置し、合計で480本のセルスタック 1 0 1 を備えるものであってもよい。その他、長辺方向と短辺方向にそれぞれ任意の本数のセルスタック 1 0 1 を配置するようにしてもよい。

【符号の説明】

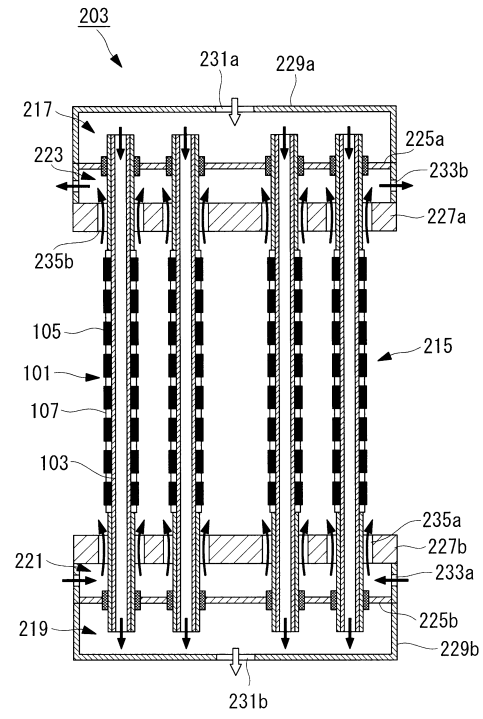
【 0 1 2 4 】

2 1 , 2 1 ' , 2 2 , 2 3	燃料極集電板 (第 1 負極集電部)	20
1 0 1	セルスタック	
1 0 9	燃料極 (負極)	
1 1 3	空気極 (正極)	
2 0 1	S O F C モジュール (燃料電池システム)	
2 0 3 , 2 0 3 ' ,	S O F C カートリッジ (燃料電池装置)	
2 0 3 a	S O F C カートリッジ (第 1 燃料電池装置)	
2 0 3 b	S O F C カートリッジ (第 2 燃料電池装置)	
2 0 5	圧力容器	
2 0 7	燃料ガス供給管	
2 0 9	燃料ガス排出管	30
2 1 5	発電室	
2 1 7	燃料ガス供給室	
2 1 9	燃料ガス排出室	
2 2 1	酸化性ガス供給室	
2 2 3	酸化性ガス排出室	
2 2 9 a	上部ケーシング (筐体)	
2 2 9 b	下部ケーシング (筐体)	
A 1	第 1 領域	
A 2	第 2 領域	
A 3	第 3 領域	40
A 4	第 4 領域	

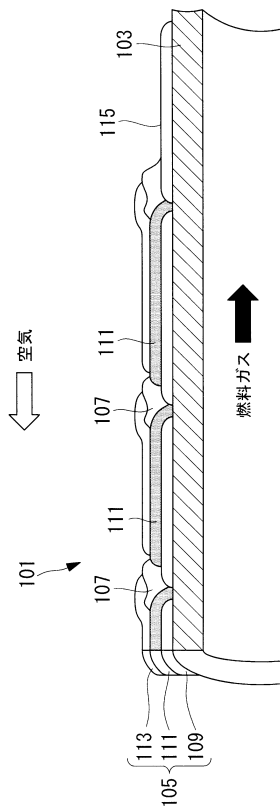
【図1】



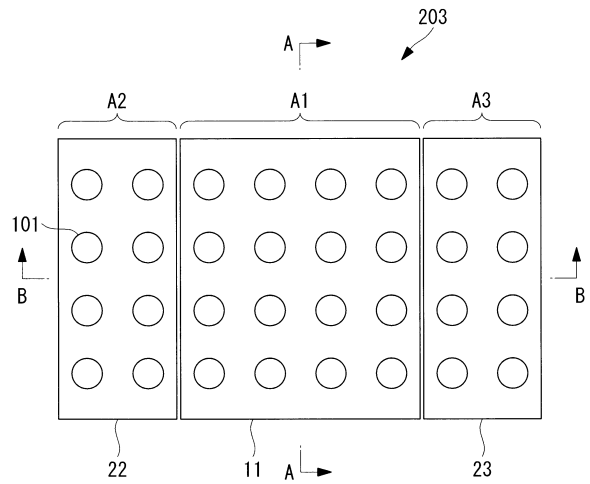
【図2】



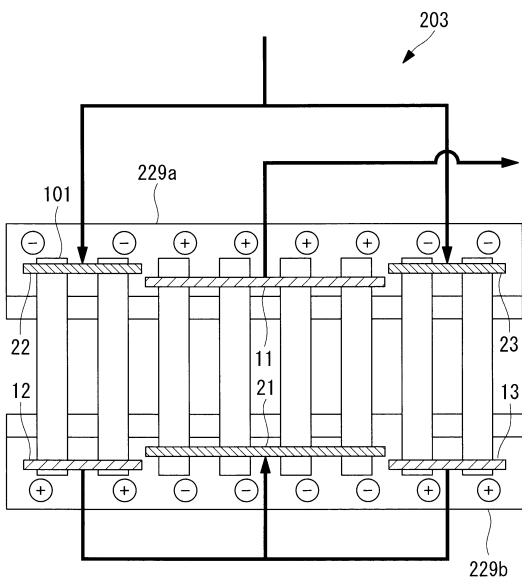
【図3】



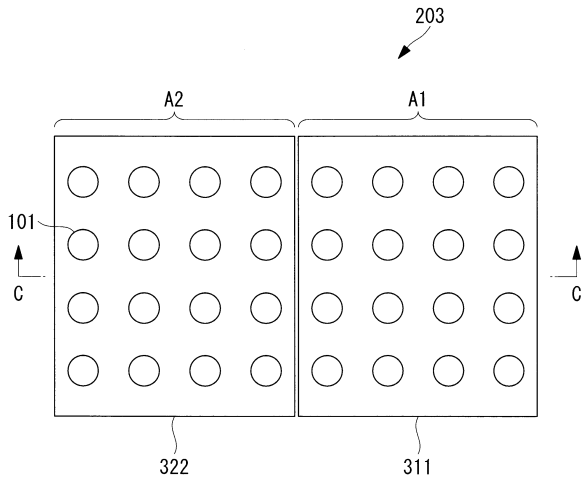
【図4】



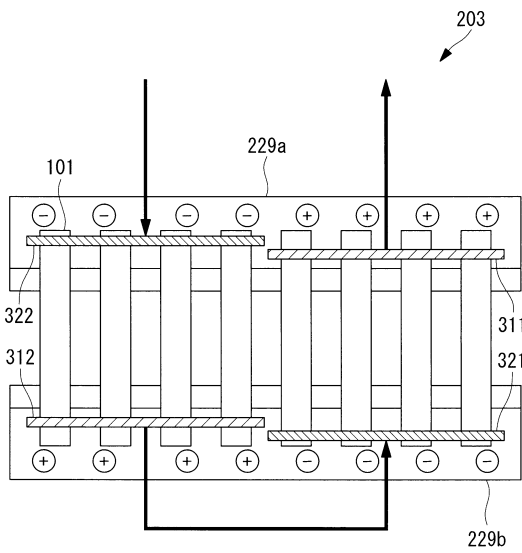
【 図 5 】



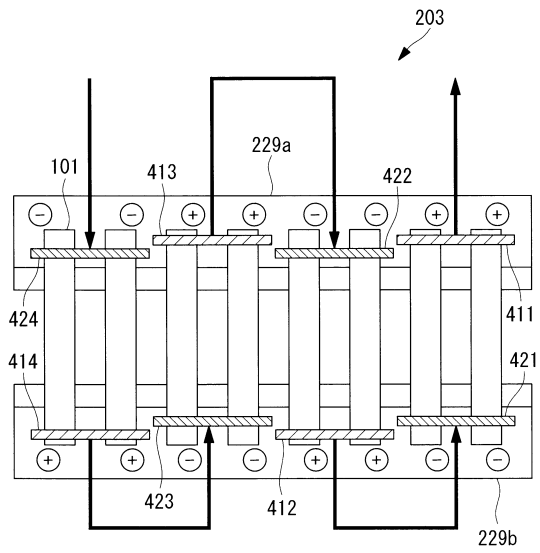
【 図 6 】



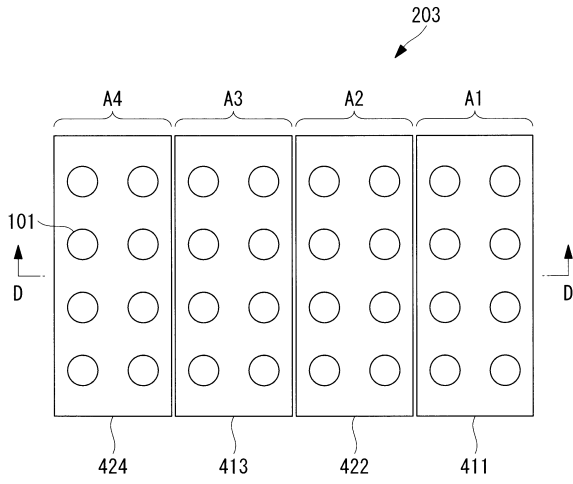
【 図 7 】



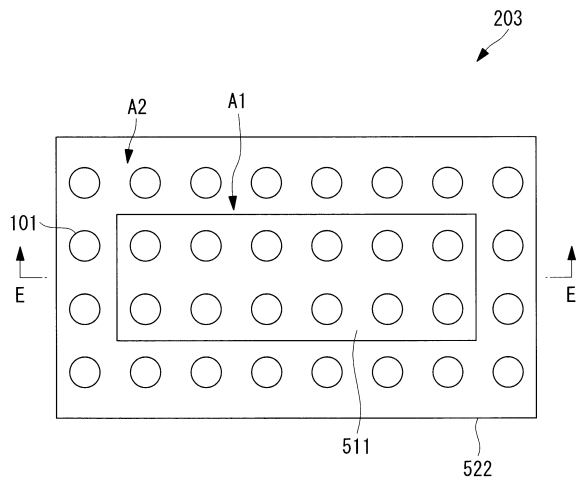
【 図 8 】



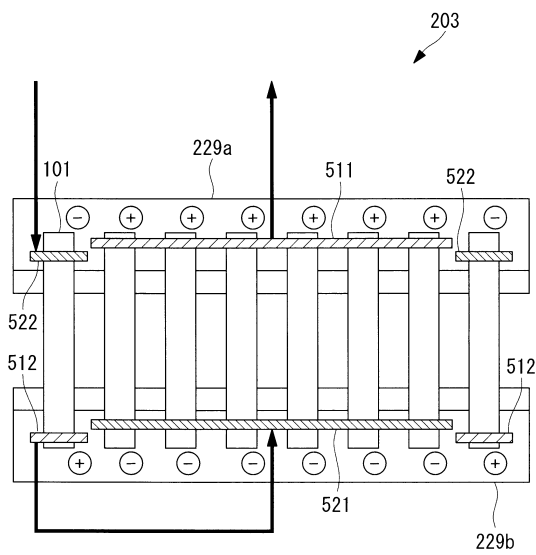
【 図 9 】



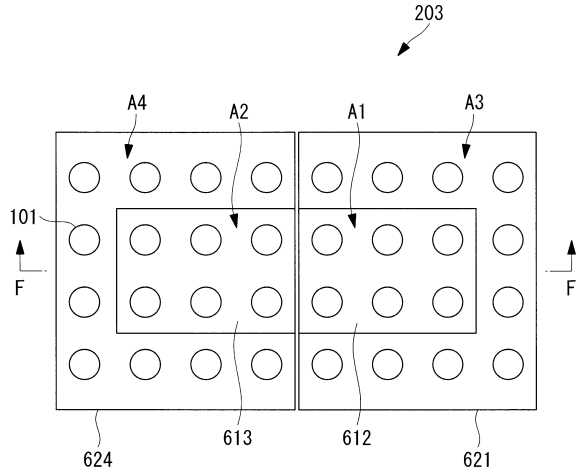
【 図 10 】



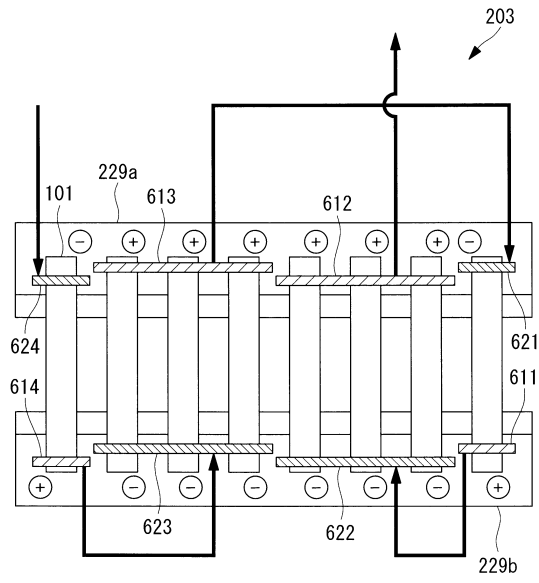
【 図 11 】



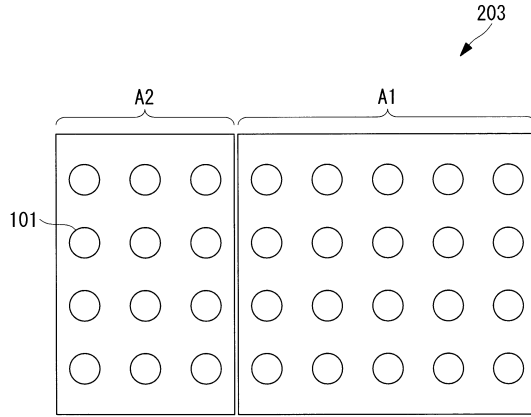
【 図 12 】



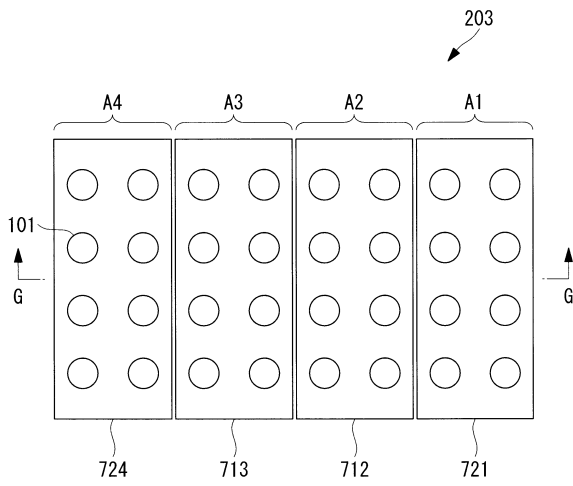
【図 13】



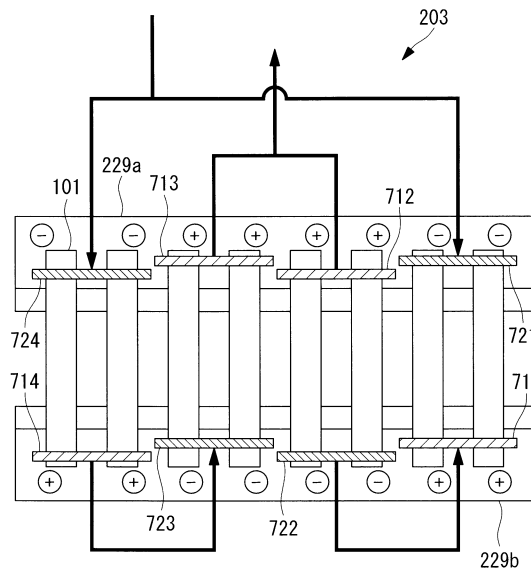
【図 14】



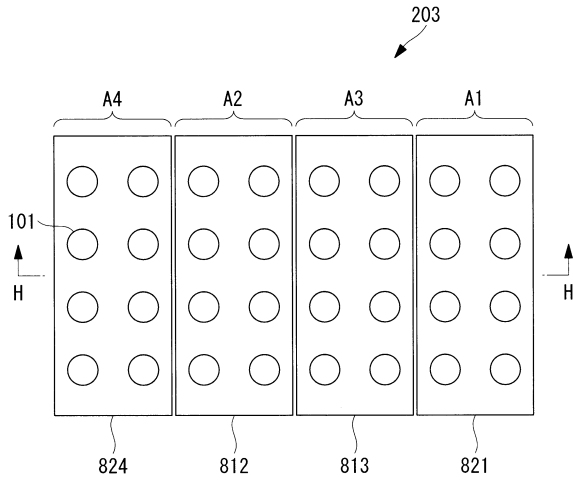
【図 15】



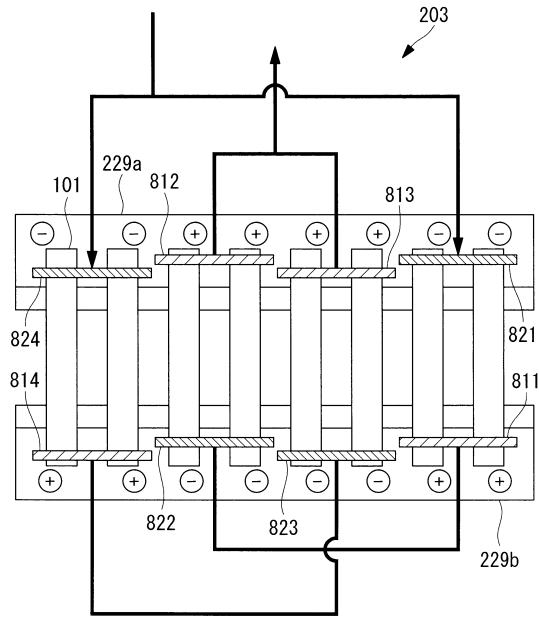
【図 16】



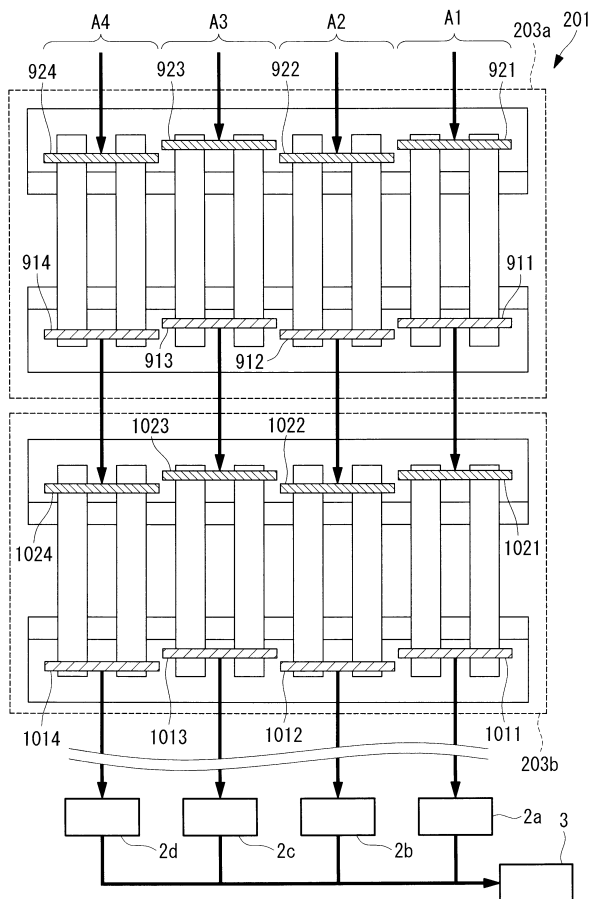
【 図 17 】



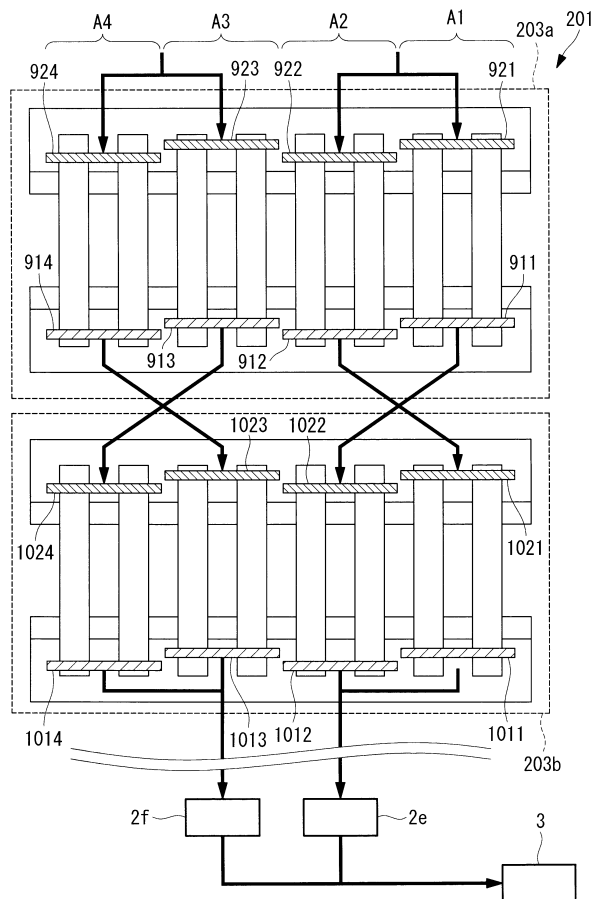
【 図 18 】



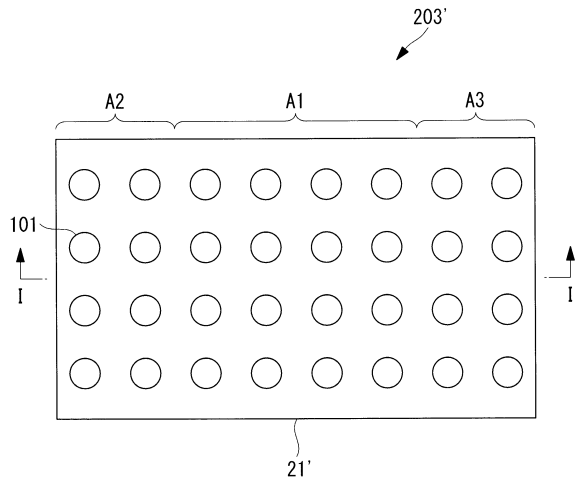
【 図 19 】



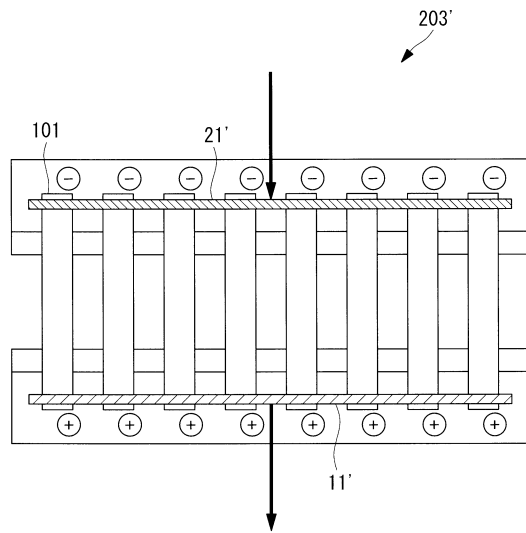
【 図 20 】



【図 2 1】

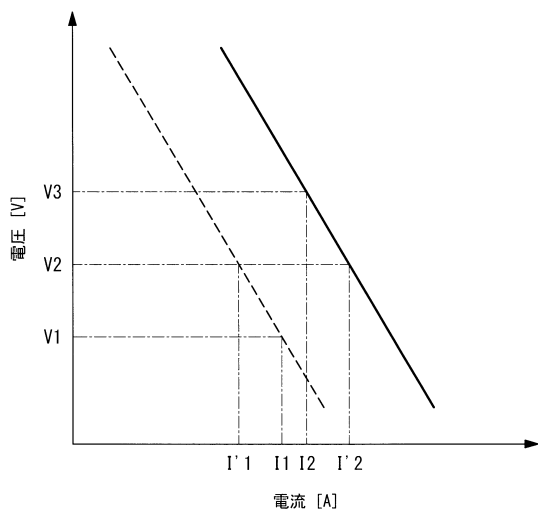


【図 2 2】



【図 2 3】

—— 第1領域A1のセルスタックの電流-電圧特性
----- 第2領域A2、第3領域A3のセルスタックの電流-電圧特性



フロントページの続き

- (72)発明者 小林 大悟
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内
- (72)発明者 加藤 芳樹
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内
- (72)発明者 富田 和男
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内

審査官 清水 康

- (56)参考文献 特開2008-218005(JP,A)
特開2005-093349(JP,A)
米国特許出願公開第2013/0089804(US,A1)
特開2009-218110(JP,A)
特開2013-030442(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 8/00 - 8/2495