

(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2014-53315

(P2014-53315A)

(43) 公開日 平成26年3月20日(2014.3.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01M 8/04 (2006.01)	H01M 8/04 J	5H026
H01M 8/12 (2006.01)	H01M 8/12	5H027
	H01M 8/04 G	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-224864 (P2013-224864)	(71) 出願人	000010087
(22) 出願日	平成25年10月30日(2013.10.30)		TOTO株式会社
(62) 分割の表示	特願2012-160893 (P2012-160893) の分割		福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号
原出願日	平成24年7月19日(2012.7.19)	(72) 発明者	赤木 陽祐
			福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 TOTO株式会社内
		(72) 発明者	阿部 俊哉
			福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 TOTO株式会社内
		(72) 発明者	田中 修平
			福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 TOTO株式会社内

最終頁に続く

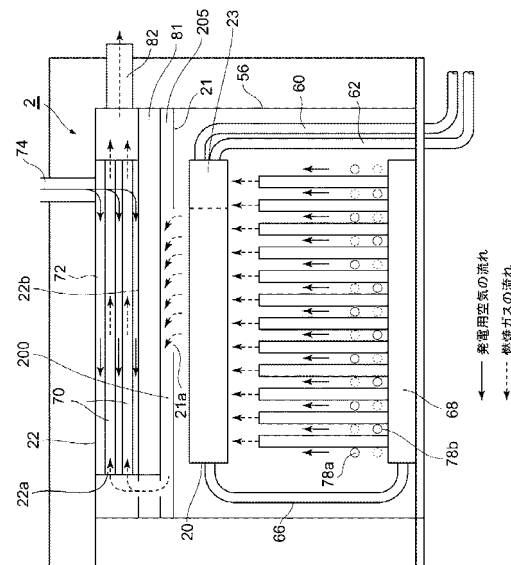
(54) 【発明の名称】 固体酸化物形燃料電池装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】改質器に対する熱交換量を増やし改質器の温度昇温を速やかに行う固体酸化物形燃料電池装置を提供する。

【解決手段】固体酸化物型燃料電池装置において、複数の燃料電池セルを内部に収納する燃料電池モジュール2と、燃料電池モジュール内において燃料電池セルの上方に設けられ、燃料電池セルを通過した残余の燃料ガスを燃焼させて燃焼ガスを発生させる燃焼室と、燃料電池モジュール内において燃焼室の上方に設けられ、供給された燃料ガスを水素を含む燃料ガスに改質することが可能な改質器20と、改質器の上方に設けられ、発電用酸化剤ガスを加熱する、発電用酸化剤ガスと燃焼ガスとの熱交換を行う熱交換器22と、を備え、熱交換器と改質器との間に、燃焼室で発生した燃焼ガスから熱交換器への熱伝導を抑制する断熱材が設けられ、断熱材は、熱交換器の底面に沿って、熱交換器の一端から他端まで形成されている。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固体酸化物型燃料電池装置において、
供給された水素を含む燃料ガスと発電用酸化剤ガスとの反応により発電することが可能な固体酸化物型の燃料電池セルと、
複数の前記燃料電池セルを内部に収納する燃料電池モジュールと、
前記燃料電池モジュール内において前記燃料電池セルの上方に設けられ、前記燃料電池セルを通過した残余の燃料ガスを燃焼させて燃焼ガスを発生させる燃焼室と、
前記燃料電池モジュール内において前記燃焼ガスにより加熱されるように前記燃焼室の上方に設けられ、供給された燃料ガスを水素を含む燃料ガスに改質することが可能な改質器と、
前記改質器の上方に設けられ、前記発電用酸化剤ガスを加熱するために、前記発電用酸化剤ガスと前記燃焼ガスとの熱交換を行う熱交換器と、を備え、
前記熱交換器と前記改質器との間に、前記燃焼室で発生した前記燃焼ガスから前記熱交換器への熱伝導を抑制する断熱材が設けられ、
前記断熱材は、前記熱交換器の底面に沿って、前記熱交換器の一端から他端まで形成されていることを特徴とする固体酸化物型燃料電池装置。

10

【請求項 2】

前記断熱材は、シリカ系材料の断熱材であることを特徴とする請求項 1 に記載の固体酸化物型燃料電池装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料ガスと酸化剤ガスとにより発電を行う固体酸化物形燃料電池装置に関する。

【背景技術】

【0002】

固体酸化物形燃料電池 (Solid Oxide Fuel Cell: 以下「S O F C」ともいう) は、電解質として酸化物イオン導電性固体電解質を用い、その両側に電極を取り付け、一方の側に燃料ガスを供給し、他方の側に酸化剤ガス (空気、酸素等) を供給して、比較的高温で発電反応を生じさせて発電を行う燃料電池装置である。

30

【0003】

具体的には、S O F C は、一般に、内側電極層である燃料極層と外側電極層である空気極層との間に固体電解質層が挟持されてなる管状の燃料電池セルを複数有する燃料電池セル集合体 (燃料電池セルスタック) を備えており、燃料ガスと酸化剤ガス (空気、酸素等) とが、その燃料電池セルの一端側から他端側へと流れることによって作動する。S O F C の外部からは、原料ガスである被改質ガス (都市ガス等) が供給され、その被改質ガスを改質触媒が収められた改質器に導入し、水素リッチな燃料ガスに改質した後に、それが燃料電池セル集合体へ供給されるように構成されている。

【0004】

40

また、S O F C は、起動工程において、燃料ガスを改質器において改質する複数の工程、すなわち、部分酸化改質 (Partial Oxidation Reforming: P O X) 反応工程 (以下、P O X 反応工程ともいう)、オートサーマル改質 (Auto Thermal Reforming: A T R) 反応工程 (以下、A T R 反応工程ともいう)、及び、水蒸気改質 (Steam Reforming: S R) 反応工程 (以下、S R 反応工程ともいう) を経て、発電工程へ移行するように構成されている。S O F C では、これらの工程を順に実行することにより、改質器や燃料電池セルスタック等を動作温度まで昇温させることができる。

【0005】

かかる S O F C において、起動時に部分酸化改質反応工程を行うことが一般的である。例えば、特許文献 1 には、改質器の起動時改質反応を変えることで、改質器の起動を円滑

50

に行うことができる改質器の起動運転方法が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-10411号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、 POX 反応は発熱反応であり、投入空気量などがばらつくと状況によっては急激な発熱反応を起こし、これによって過昇温を伴うため改質器の寿命に重大な影響を与え
10
るおそれがあった。特許文献1は POX 反応を利用した起動制御の一般的な技術を開示しているに過ぎず、積極的に改質器の過昇温の発生を抑制するような技術思想の開示及び示唆はない。

【0008】

ここで、 POX 反応を用いる目的の一つが発熱反応を利用した改質器の昇温にあることに鑑みれば、何らかの手段で改質器の温度を速やかに高めて早期に SR 反応工程に移行
することが可能となればよい。

【0009】

そこで、本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであり、早期に SR 反応工程に移行
20
できる固体酸化物形燃料電池装置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】

【0010】

上記課題を解決するために、本発明に係る固体酸化物形燃料電池装置は、供給された水素を含む燃料ガスと発電用酸化剤ガスとの反応により発電することが可能な固体酸化物型の燃料電池セルと、複数の燃料電池セルを内部に収納する燃料電池モジュールと、燃料電池モジュール内において燃料電池セルの上方に設けられ、燃料電池セルを通過した残余の燃料ガスを燃焼させて燃焼ガスを発生させる燃焼室と、燃料電池モジュール内において燃焼ガスにより加熱されるように燃焼室の上方に設けられ、供給された燃料ガスを水素を含む燃料ガスに改質することが可能な改質器と、改質器の上方に設けられ、発電用酸化剤ガスを加熱するために、発電用酸化剤ガスと燃焼ガスとの熱交換を行う熱交換器と、を備え
30
、熱交換器と改質器との間に、燃焼室で発生した燃焼ガスから熱交換器への熱伝導を抑制する断熱材が設けられ、断熱材は、熱交換器の底面に沿って、熱交換器の一端から他端まで形成されていることを特徴とするものである。

【0011】

また、本発明に係る固体酸化物形燃料電池装置では、断熱材は、シリカ系材料の断熱材であることが好ましい。

【0012】

このように本発明では、熱交換器と改質器との間に熱伝導を抑制する断熱層を設けたことにより、燃焼室で改質器を加熱した燃焼ガスが熱交換器のケースに対して多くの熱を奪われることを抑制できるため、改質器に対する熱交換量が増えて改質器の温度を速やかに
40
昇温させることが可能となった。また、熱交換器のケースではなく、熱交換器の内部から昇温が促進されるように熱伝導を抑制する断熱層が作用するため、燃焼ガスとの熱交換量が増え、燃焼ガスによる改質器やモジュール内部の温度昇温を速やかに行うことが可能となる。これにより、改質器の温度を早期に水蒸気改質の可能な温度にまで昇温させることができる。

【0013】

また、積極的に熱交換器のケースに対する熱交換量を抑制する断熱材を設けたことによって断熱性能を向上させることができる。従って、燃焼ガスをより高温の状態に熱交換器内部に供給することができ、より発電用酸化剤ガスの熱交換効率を高めモジュール内部を速やかに高温にすることが可能となる。

10

20

30

40

50

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、燃焼ガスと熱交換器のケースとの熱交換を抑制し、熱交換器内部に確実に高温の燃焼ガスを供給することが可能となるため、低温の酸化剤ガスに対する熱交換効率を向上させることができる。この熱交換効率の向上によって、高温の発電用酸化剤ガスをモジュール内がまだ低温の起動工程期に供給できるため、改質器の昇温を早めることが可能となり早期にSR改質工程に移行することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施形態における燃料電池モジュールの外観を示す斜視図である。

10

【図2】図1の中央近傍における断面図であって、図1のA方向から見た断面を示す断面図である。

【図3】図1の中央近傍における断面図であって、図1のB方向から見た断面を示す断面図である。

【図4】図1のケーシングから一部の外板を取り除いた状態を示す斜視図である。

【図5】図2に相当する模式図であって、発電用空気及び燃焼ガスの流れを示す模式図である。

【図6】図3に相当する模式図であって、発電用空気及び燃焼ガスの流れを示す模式図である。

【図7】本実施形態に用いられる燃料電池セルユニットを示す部分断面図である。

20

【図8】本実施形態における燃料電池セルスタックの構成を示す斜視図である。

【図9】図6の熱交換器を示す模式図である。

【図10】図1に示す燃料電池モジュール内部の断熱材及び熱溜部を示す平面図である。

【図11】変形例における燃料電池モジュール内部の熱溜部を示す平面図である。

【図12】変形例における発電用空気及び燃焼ガスの流れを示す模式図である。

【図13】図1に示す燃料電池モジュールを含む固体電解質形燃料電池装置を示す全体構成図である。

【図14】図13に示す固体電解質形燃料電池装置の制御的な構成を示すブロック構成図である。

【発明を実施するための形態】

30

【0016】

以下、添付図面を参照しながら本発明の実施の形態について説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては可能な限り同一の符号を付して、重複する説明は省略する。

【0017】

本発明の実施形態である固体電解質形燃料電池装置に用いられる燃料電池モジュールについて、図1を参照しながら説明する。図1に示す燃料電池モジュール2は、固体電解質形燃料電池装置の一部を構成するものである。固体電解質形燃料電池装置は、燃料電池モジュール2と、補機ユニットとを備える。固体電解質形燃料電池装置及び補機ユニットについては、詳細を後述する。

40

【0018】

図1においては、燃料電池モジュール2の高さ方向をy軸方向としている。このy軸に直交する平面に沿ってx軸及びz軸を定義し、燃料電池モジュール2の短手方向に沿った方向をx軸方向とし、燃料電池モジュール2の長手方向に沿った方向をz軸方向としている。図2以降において図中に記載しているx軸、y軸、及びz軸は、図1におけるx軸、y軸、及びz軸を基準としている。また、z軸の負方向に沿った方向をA方向とし、x軸の正方向に沿った方向をB方向としている。

【0019】

燃料電池モジュール2は、燃料電池セル（詳細は後述する）を収容するケーシング56を備えている。ケーシング56の上部に、熱交換器22が設けられている。ケーシング5

50

6 の内部は密封空間となっている。ケーシング 5 6 には、被改質ガス供給管 6 0 と、水供給管 6 2 とが繋がられている。一方、熱交換器 2 2 には、発電用空気導入管 7 4 と、燃焼ガス排出管 8 2 とが繋がられている。

【 0 0 2 0 】

被改質ガス供給管 6 0 は、ケーシング 5 6 の内部に都市ガスといった改質用の被改質ガスを供給する管路である。水供給管 6 2 は、被改質ガスを水蒸気改質する際に用いられる水を供給する管路である。発電用空気導入管 7 4 は、改質後の燃料ガスと発電反応を起こさせるための発電用空気（酸化剤ガス）を供給する管路である。燃焼ガス排出管 8 2 は、発電反応後の燃料ガスを燃焼した結果生じる燃焼ガスを排出する管路である。

【 0 0 2 1 】

続いて、図 2 ～ 図 4 を参照しながら、燃料電池モジュール 2 の内部について説明する。図 2 は、燃料電池モジュール 2 をその中央近傍において図 1 の A 方向から見た断面図である。図 3 は、燃料電池モジュール 2 をその中央近傍において図 2 の B 方向から見た断面図である。図 4 は、図 1 に示す燃料電池モジュール 2 から燃料電池セル集合体を覆うケーシング 5 6 の一部を取り外した状態を示す斜視図である。

【 0 0 2 2 】

図 2 ～ 図 4 に示すように、燃料電池モジュール 2 の燃料電池セル集合体 1 2 は、ケーシング 5 6 により、全体が覆われている。図 4 に示すように、燃料電池セル集合体 1 2 は、全体として B 方向より A 方向の方が長いほぼ直方体形状であり、改質器 2 0 側の上面、燃料ガスタンク 6 8 側の下面、図 4 の A 方向に沿って延びる長辺側面と、図 4 の B 方向に沿って延びる短辺側面と、を備えている。

【 0 0 2 3 】

図 6 に示すように、水供給管 6 2 から供給される水を蒸発させるための蒸発混合器 2 3 は、改質器 2 0 の内部に設けられている。蒸発混合器 2 3 は、燃焼ガスにより加熱され、水を水蒸気にすると共に、この水蒸気と被改質ガスである燃料ガス（都市ガス）と空気とを混合するためのものである。

【 0 0 2 4 】

被改質ガス供給管 6 0 及び水供給管 6 2 は、ケーシング 5 6 の内部に導かれた後、共に改質器 2 0 に繋がれている。より具体的には、図 3 に示すように、改質器 2 0 の上流端である図中右側の端部に繋がれている。

【 0 0 2 5 】

改質器 2 0 は、燃料電池セル集合体 1 2 の上方に形成された燃焼室 1 8 の更に上方に配置されている。したがって、改質器 2 0 は、発電反応後の残余の燃料ガス及び空気による燃焼熱によって熱せられ、蒸発混合器 2 3 としての役割と、燃料ガスと酸化剤ガスを化学反応させることにより燃料を部分酸化改質する改質反応及び、燃料と水蒸気を化学反応させることにより水蒸気改質反応の双方によって水素を生成可能な改質器としての役割とを果たすように構成されている。

【 0 0 2 6 】

改質器 2 0 の下流端（図 3 の左端）には、燃料供給管 6 6 の上端が接続されている。この燃料供給管 6 6 の下端側 6 6 a は、燃料ガスタンク 6 8 内に入り込むように配置されている。

【 0 0 2 7 】

図 2 ～ 図 4 に示すように、燃料ガスタンク 6 8 は、燃料電池セル集合体 1 2 の真下に設けられている。また、燃料ガスタンク 6 8 内に挿入された燃料供給管 6 6 の下端側 6 6 a の外周には、長手方向（A 方向）に沿って複数の小穴（図示せず）が形成されている。改質器 2 0 で改質された燃料ガスは、これら複数の小穴（図示せず）によって燃料ガスタンク 6 8 内に長手方向に均一に供給されるようになっている。燃料ガスタンク 6 8 に供給された燃料ガスは、燃料電池セル集合体 1 2 を構成する各燃料電池セルユニット 1 6 の内側にある燃料ガス流路（詳細は後述する）内に供給され、燃料電池セルユニット 1 6 内を上昇して、燃焼室 1 8 に至るようになっている。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

続いて、発電用空気を燃料電池モジュール 2 の内部へ供給するための構造を、図 2 ~ 図 6 を参照しながら説明する。図 5 は、図 2 に対応する模式図であって、発電用空気及び燃焼ガスの流れを示す図である。図 6 は、図 3 に対応する模式図であって、同様に発電用空気及び燃焼ガスの流れを示す図である。これらの図に示すように、改質器 2 0 の上方に熱交換器 2 2 が設けられ、改質器 2 0 と熱交換器 2 2 の間には断熱層 8 1 が設けられている。この断熱層 8 1 とは別に、ケーシング 5 6 は断熱材 8 0 で覆われている。熱交換器 2 2 には、複数の燃焼ガス配管 7 0 と、この燃焼ガス配管 7 0 の周囲に形成された発電用空気流路 7 2 とが設けられている。

【 0 0 2 9 】

熱交換器 2 2 の上面における一端側（図 3 における右端）には、発電用空気導入管 7 4 が取り付けられている。この発電用空気導入管 7 4 により、発電用空気流量調整ユニット（詳細は後述する）から、発電用空気が、熱交換器 2 2 内に導入されるようになっている。

【 0 0 3 0 】

熱交換器 2 2 の上側の他端側（図 3 における左端）には、図 2 に示すように、発電用空気流路 7 2 の出口ポート 7 6 a が一対形成されている。この出口ポート 7 6 a は、一対の連絡流路 7 6 につながっている。さらに、燃料電池モジュール 2 のケーシング 5 6 の幅方向（B 方向：短辺側面方向）の両側の外側には、発電用空気供給路 7 7 が形成されている。

【 0 0 3 1 】

したがって、発電用空気供給路 7 7 には、発電用空気流路 7 2 の出口ポート 7 6 a 及び連絡流路 7 6 から、発電用空気が供給されるようになっている。この発電用空気供給路 7 7 は、燃料電池セル集合体 1 2 の長手方向に沿って形成されている。さらに、その下方側であり且つ燃料電池セル集合体 1 2 の下方側に対応する位置に、発電室 1 0 内の燃料電池セル集合体 1 2 の各燃料電池セルユニット 1 6 に向けて発電用空気を吹き出すための複数の吹出口 7 8 a , 7 8 b が形成されている。これらの吹出口 7 8 a , 7 8 b から吹き出された発電用空気は、各燃料電池セルユニット 1 6 の外側に沿って、下方から上方へ流れるようになっている。

【 0 0 3 2 】

熱交換器 2 2 と改質器 2 0 の間には、図 6 に示すように、断熱層 8 1 が形成されている。断熱層 8 1 は、熱交換器底面 2 2 b に沿って、熱交換器 2 2 に燃焼ガスが流入する燃焼ガス流入口 2 2 a の下端から燃焼ガスを排出するための燃焼ガス排出管 8 2 の下端まで形成され、燃焼室 1 8 内で発生した燃焼ガスから熱交換器 2 2 への熱伝達を抑制するように構成されている。断熱層 8 1 は、燃焼ガスの熱が熱交換器 2 2 の外表面から伝熱されて熱交換器 2 2 の内部に至るのを抑制する機能を有すればよく、その態様は燃焼ガスの温度や熱交換器 2 2 の外側を形成する部材の材質や厚みによって様々なものが選択されうる。従って、断熱層 8 1 は、金属板によって囲われた空間内に空気のみを充填した空気層として形成してもよく、金属板によって囲われた空間内に断熱部材を配置してもよい。

【 0 0 3 3 】

続いて、燃料ガスと発電用空気とが燃焼して生成される燃焼ガスを排出するための構造を説明する。燃料電池セルユニット 1 6 の上方にある燃焼室 1 8 では、発電反応に使用されなかった燃料ガスと発電用空気とが燃焼することで、燃焼ガスが発生する。この燃焼ガスは、燃焼室 1 8 内を上昇し整流板 2 1 に至る。整流板 2 1 には、図 6 に示すように、開口 2 1 a が設けられており、開口 2 1 a 内に燃焼ガスが導かれる。この開口 2 1 a を通った燃焼ガスは、断熱層 8 1 の下方領域に設けられた排気通路 2 0 0 を通って熱交換器 2 2 の燃焼ガス流入口 2 2 a に至る。排気通路 2 0 0 内には、発電用空気導入管 7 4 の対応する領域に、燃焼ガスが淀むように熱溜部 2 0 5 が形成されている。熱交換器 2 2 内には、燃焼ガスを排出するための複数の燃焼ガス配管 7 0（燃焼ガス流路）が設けられている。これらの燃焼ガス配管 7 0 の下流端側には、燃焼ガス排出管 8 2 が接続され、燃焼ガスが外

10

20

30

40

50

部に排出されるようになっている。

【0034】

このように熱交換器22と改質器20との間に断熱層81を設けたことにより、燃焼ガスが熱交換器22の燃焼ガス流入口22aに流入するまでに、熱交換器22への熱伝達を抑制することができる。その結果、燃焼ガスを高温の状態で熱交換器22へ流入させることができ、発電用空気と燃焼ガスとの熱交換効率を向上させることができる。これにより、発電用空気を高温の状態でモジュール室内に供給することができるので、改質器20を早期に水蒸気改質の可能な温度に上昇させ、部分酸化改質反応に起因する改質器の過昇温を抑制することができる。

【0035】

さらに、断熱層81は、空気の対流を防止する断熱材により形成しても良い。具体的に、空気の対流を防止する断熱材としては、例えば真空断熱層やシリカ系材料の断熱材を用いることができる。このように構成することにより、断熱層81を空気の断熱層で設けたものよりも、断熱性能を向上させることができるので、燃焼ガスをより高温の状態で熱交換器に供給することができ、発電用酸化剤ガスとの熱交換効率を高めることができる。

【0036】

なお、本実施形態において、断熱層81は、燃焼ガス流入口22aの下端から燃焼ガス排出管82の下端まで形成されているが、熱交換器22bの下方領域の少なくとも一部に断熱材を形成するように構成しても良い。例えば、発電用空気導入管74に対応する領域にのみ、断熱材を形成してもよい。

【0037】

このように発電用空気導入管74に対応する領域に断熱層81を構成することにより、発電用空気導入管74より流入する低温の発電用酸化剤ガスが、高温の燃焼室内に熱伝達することを防ぐことができるので、モジュール室内を高温に維持することができ、改質器の温度を上昇させることができる。その結果、改質器における部分酸化改質反応を抑え、過昇温を抑制することができる。

【0038】

続いて、図7を参照しながら燃料電池セルユニット16について説明する。図7は、本実施形態の燃料電池セルユニット16を示す部分断面図である。

【0039】

図7に示すように、燃料電池セルユニット16は、燃料電池セル84と、この燃料電池セル84の上下方向端部にそれぞれ接続された内側電極端子86とを備えている。

【0040】

燃料電池セル84は、上下方向に延びる管状構造体であり、内部に燃料ガス流路88を形成する円筒形の内側電極層90と、円筒形の外側電極層92と、内側電極層90と外側電極層92との間にある電解質層94とを備えている。この内側電極層90は、燃料ガスが通過する燃料極であり、(-)極となり、一方、外側電極層92は、空気と接触する空気極であり、(+)極となっている。

【0041】

燃料電池セルユニット16の上端側と下端側に取り付けられた内側電極端子86は、同一構造であるため、ここでは、上端側に取り付けられた内側電極端子86について具体的に説明する。内側電極層90の上部90aは、電解質層94と外側電極層92に対して露出された外周面90bと上端面90cとを備えている。内側電極端子86は、導電性のシール材96を介して内側電極層90の外周面90bと接続され、さらに、内側電極層90の上端面90cとは直接接触することにより、内側電極層90と電氣的に接続されている。内側電極端子86の中心部には、内側電極層90の燃料ガス流路88と連通する燃料ガス流路98が形成されている。

【0042】

内側電極層90は、例えば、Niと、CaやY、Sc等の希土類元素から選ばれる少なくとも一種をドーブしたジルコニアとの混合物、Niと、希土類元素から選ばれる少なく

10

20

30

40

50

とも一種をドーブしたセリアとの混合体、Niと、Sr、Mg、Co、Fe、Cuから選ばれる少なくとも一種をドーブしたランタンガレートとの混合体、の少なくとも一種から形成される。

【0043】

電解質層94は、例えば、Y、Sc等の希土類元素から選ばれる少なくとも一種をドーブしたジルコニア、希土類元素から選ばれる少なくとも一種をドーブしたセリア、Sr、Mgから選ばれる少なくとも一種をドーブしたランタンガレート、の少なくとも一種から形成される。

【0044】

外側電極層92は、例えば、Sr、Caから選ばれた少なくとも一種をドーブしたランタンマンガナイト、Sr、Co、Ni、Cuから選ばれた少なくとも一種をドーブしたランタンフェライト、Sr、Fe、Ni、Cuから選ばれた少なくとも一種をドーブしたランタンコバルタイト、銀、などの少なくとも一種から形成される。

【0045】

続いて、図8を参照しながら燃料電池セルスタック14について説明する。図8は、本発実施形態の燃料電池セルスタック14を示す斜視図である。

【0046】

図8に示すように、燃料電池セルスタック14は、16本の燃料電池セルユニット16を備え、これらの燃料電池セルユニット16の下端側及び上端側が、それぞれ、セラミック製の燃料ガスタンク上板68a及び上支持板100により支持されている。これらの燃料ガスタンク上板68a及び上支持板100には、内側電極端子86が貫通可能な貫通穴がそれぞれ形成されている。

【0047】

さらに、燃料電池セルユニット16には、集電体102及び外部端子104が取り付けられている。この集電体102は、燃料極である内側電極層90に取り付けられた内側電極端子86と、隣接する燃料電池セルユニット16の空気極である外側電極層92の外周面とを電氣的に接続するものである。

【0048】

さらに、燃料電池セルスタック14の端に位置する2個の燃料電池セルユニット16の上側端及び下側端の内側電極端子86には、それぞれ外部端子104が接続されている。これらの外部端子104は、隣接する燃料電池セルスタック14の端にある燃料電池セルユニット16の外部端子104に接続され、160本の燃料電池セルユニット16の全てが直列接続されるようになっている。

【0049】

続いて、図9を参照して熱交換器22についてさらに説明する。図9は、図6に示す熱交換器22を模式的に示した図である。

【0050】

上述したように、熱交換器22は、燃料電池セル集合体12での発電反応に使用されなかった燃料ガスと発電用空気とが燃焼することで発生する燃焼ガスの熱を利用して、発電反応に使用する発電用空気を加熱するものである。本実施形態における熱交換器22は、燃焼ガス配管70内に乱流生成部材71を備える点に特徴がある。つまり、燃焼ガス配管70内に乱流生成部材71を備えることで、低温時の熱交換効率を向上させ、高温時の運転効率を向上させることを可能とした。以下に、乱流生成部材71について詳細に説明する。

【0051】

乱流生成部材71は、燃焼ガス配管70を流れる燃焼ガスに乱流を生じさせる部材である。乱流生成部材71は、棒状の部材を螺旋状にねじることで形成する。このような螺旋状の乱流生成部材71を燃焼ガス配管70内に配置することで、燃焼ガス配管70内を流れる燃焼ガスに乱流を生じさせて拡散することができる。これにより、燃焼ガス配管70内における燃焼ガスの流動距離や流動時間を延長することができるため、燃焼ガスから発

10

20

30

40

50

電用空気への熱交換効率を向上させることができる。

【0052】

乱流生成部材71は、温度に応じて、乱流生成部材71の長手方向に伸縮する部材により形成される。つまり、温度が上昇すると、乱流生成部材71の長さが長くなり、上昇した温度が下降すると、乱流生成部材71の長さは短くなる。

【0053】

乱流生成部材71を螺旋状にねじって形成することで、乱流生成部材71と同一の材料かつ同一の長さで形成した直線状の部材と比較すると、熱膨張したときの長さを長くすることができる。つまり、乱流生成部材71は、その長手方向において、円筒状の燃焼ガス配管70よりも大きな膨張率を有することになる。なお、乱流生成部材71は、燃焼ガス配管70と同一の材料で形成することには限定されず、燃焼ガス配管70よりも熱膨張し易い材料で形成してもよい。熱膨張し易い材料で形成することで、後述する高温時の乱流低減効果をより高めることができる。

【0054】

図9に示すように、乱流生成部材71は、例えば0等の低温時に、燃焼ガス配管70の配管長と同じ長さになるように形成する。乱流生成部材71は、燃焼ガス配管70内に配置する際に、燃焼ガス配管70の上流側に位置する端部71aを燃焼ガス配管70に固定し、燃焼ガス配管70の下流側に位置する端部71bを燃焼ガス配管70に固定しないで配置する。

【0055】

このように乱流生成部材71を配置することで、例えば発電時等の高温時には、乱流生成部材71が熱膨張により伸長し、燃焼ガス配管70の下流側開口部から乱流生成部材71の端部71b側が突出する。

【0056】

図11及び図12は、変形例としての燃料電池モジュールを示す図である。図11は、変形例における燃料電池モジュール内部の熱溜部を示す平面図である。図12は、発電用空気及び燃焼ガスの流れを示す模式図である。

【0057】

図12に示すように、熱交換器22と改質器20との間に排気通路200aが設けられている。図11及び図12に示すように、排気通路200a内には、発電用空気導入管74に対応する領域に、開口21aを通過した燃焼ガスが淀むように熱溜部205aが形成されている。具体的には、排気通路200aに燃焼ガスを導入する開口21aを、熱交換器22に燃焼ガスを送り込む入口側に配置している。従って、熱溜部205aは、開口21aから熱交換器22に流れる燃焼ガスの流れよりも遠くまで形成されることになり、より確実に燃焼ガスの流れを滞留させることができ、燃焼ガスの流動速度が小さくすることができる。

【0058】

このように構成することにより、熱溜部205aにおける燃焼ガスの流動速度が、開口21aから燃焼ガス流入口22aへ通過する燃焼ガスの流動速度よりも確実に小さくすることができるので、燃焼ガスの流れを滞留させることができる。この結果、発電用空気導入管74より低温の酸化剤ガスが流入した場合でも、熱溜部205aにより燃焼室18内への熱伝達を妨げることで、モジュール室内を高温に維持することができる。これにより、改質器20の温度を上昇させることができ、部分酸化改質反応による過昇温の発生を抑制することができる。

【0059】

続いて、上述した燃料電池モジュール2を含む固体電解質形燃料電池装置について、図13及び図14を参照しながら説明する。図13は、燃料電池モジュール2を含む固体電解質形燃料電池装置を示す全体構成図である。図14は、図13に示す固体電解質形燃料電池装置の制御的な構成を示すブロック構成図である。図13に示すように、固体電解質形燃料電池1は、燃料電池モジュール2と、補機ユニット4を備えている。

【0060】

燃料電池モジュール2は、ハウジング6を備えている。このハウジング6内部には、断熱材30（図5参照）に囲まれて密封空間8が形成されている。この密封空間8の下方部分である発電室10には、燃料ガスと酸化剤ガス（空気）とにより発電反応を行う燃料電池セル集合体12が配置されている。

【0061】

この燃料電池セル集合体12は、10個の燃料電池セルスタック14を備えている。この燃料電池セルスタック14は、16本の燃料電池セルユニット16（単セル、図7参照）から構成されている。燃料電池セル集合体12は、160本の燃料電池セルユニット16を有し、これらの燃料電池セルユニット16の全てが直列接続されている。

10

【0062】

燃料電池モジュール2の密封空間8の上述した発電室10の上方には、燃焼室18が形成されている。この燃焼室18で、発電反応に使用されなかった残余の燃料ガスと残余の酸化剤ガス（空気）とが燃焼し、燃焼ガス（排気ガス）を生成するようになっている。

【0063】

この燃焼室18の上方には、被改質ガスを改質して燃料ガスを生成する改質器20が配置されている。上述した燃焼ガスの燃焼熱によって、改質器20を改質反応が可能な温度となるように加熱している。さらに、この改質器20の上方には、燃焼ガスの熱により外部から導入される酸化剤ガス（発電用空気）を加熱する熱交換器22が配置されている。

【0064】

補機ユニット4は、水道等の水供給源24からの水を貯水してフィルターにより純水とする純水タンク26と、この貯水タンクから供給される水の流量を調整する水流量調整ユニット28（本発明の水供給手段に相当する。モータで駆動される「水ポンプ」等を含む。）を備えている。また、補機ユニット4は、都市ガス等の燃料供給源30から供給された燃料ガスを遮断するガス遮断弁32と、燃料ガスから硫黄を除去するための脱硫器36と、燃料ガスの流量を調整する燃料流量調整ユニット38（本発明の燃料ガス供給手段に相当する。モータで駆動される「燃料ポンプ」等を含む。）を備えている。

20

【0065】

さらに、補機ユニット4は、空気供給源40から供給される酸化剤ガスである空気を遮断する電磁弁42と、空気の流量を調整する改質用空気流量調整ユニット44（本発明の改質用酸化剤ガス供給手段に相当する。モータで駆動される「空気ブロア」等を含む。）及び発電用空気流量調整ユニット45（本発明の発電用酸化剤ガス供給手段に相当する。モータで駆動される「空気ブロア」等を含む。）と、改質器20に供給される改質用空気を加熱する第1ヒーター46と、発電室に供給される発電用空気を加熱する第2ヒーター48とを備えている。これらの第1ヒーター46と第2ヒーター48は、起動時の昇温を効率よく行うために設けられているが、省略しても良い。

30

【0066】

燃料電池モジュール2には、排気ガスが供給される温水製造装置50が接続されている。この温水製造装置50には、水供給源24から水道水が供給され、この水道水が排気ガスの熱により温水となり、図示しない外部の給湯器の貯湯タンクへ供給されるようになっている。燃料電池モジュール2には、燃料ガスの供給量等を制御するための制御ボックス52が取り付けられている。燃料電池モジュール2には、燃料電池モジュールにより発電された電力を外部に供給するための電力取出部（電力変換部）であるインバーター54が接続されている。

40

【0067】

図14に示すように、固体電解質形燃料電池1は、制御部110（本発明の制御手段に相当する）を備えている。この制御部110には、使用者が操作するための「ON」や「OFF」等の操作ボタンを備えた操作装置112、発電出力値（ワット数）等の種々のデータを表示するための表示装置114、及び、異常状態のとき等に警報（ワーニング）を発する報知装置116が接続されている。なお、この報知装置116は、遠隔地にある管

50

理センタに接続され、この管理センタに異常状態を通知するようなものであっても良い。

【0068】

制御部110には、以下に説明する種々のセンサーからの信号が入力されるようになっている。可燃ガス検出センサー120は、ガス漏れを検知するためのもので、燃料電池モジュール2及び補機ユニット4に取り付けられている。CO検出センサー122は、本来燃焼ガス排出室80等を経て外部に排出される排気ガス中のCOが、燃料電池モジュール2及び補機ユニット4を覆う外部ハウジング（図示せず）へ漏れたかどうかを検知するためのものである。貯湯状態検出センサー124は、図示しない給湯器におけるお湯の温度や水量を検知するためのものである。

【0069】

電力状態検出センサー126は、インバーター54及び分電盤（図示せず）の電流及び電圧等を検知するためのものである。電力状態検出センサー126は、開回路電圧も検出できるように構成されている。発電用空気流量検出センサー128は、発電室10に供給される発電用空気の流量を検出するためのものである。改質用空気流量センサー130は、改質器20に供給される改質用空気の流量を検出するためのものである。燃料流量センサー132は、改質器20に供給される燃料ガスの流量を検出するためのものである。

【0070】

水流量センサー134は、改質器20に供給される純水（水蒸気）の流量を検出するためのものである。水位センサー136は、純水タンク26の水位を検出するためのものである。圧力センサー138は、改質器20の外部の上流側の圧力を検出するためのものである。排気温度センサー140は、温水製造装置50に流入する排気ガスの温度を検出するためのものである。

【0071】

発電室温度センサー142（本発明の温度取得手段に相当する）は、燃料電池セル集合体12の近傍の前面側と背面側に設けられ、燃料電池セルスタック14の近傍の温度を検出して、燃料電池セルスタック14（即ち燃料電池セル84自体）の温度を推定するためのものである。

【0072】

燃焼室温度センサー144（本発明の温度取得手段に相当する）は、燃焼室18の温度を検出するためのものである。燃焼室温度センサー144は、燃料電池セル集合体12と点火装置83との間に設けられている。燃焼室温度センサー144は、燃料電池セル84に点火されたか否かを判断するための点火確認用の温度センサーとしても機能している。排気ガス室温度センサー146は、燃焼ガス排出室の排気ガスの温度を検出するためのものである。

【0073】

改質器温度センサー148は、改質器20の温度を検出するためのものであり、改質器20の入口温度と出口温度から改質器20の温度を算出する。改質器温度センサー148は、図3及び図4に示すように、改質器20の入口側と出口側とのそれぞれの近傍に設けられている。外気温度センサー150は、固体電解質形燃料電池（SOFC）が屋外に配置された場合、外気の温度を検出するためのものである。また、外気の湿度等を測定するセンサーを設けるようにしても良い。

【0074】

これらのセンサー類からの信号は、制御部110に送られる。制御部110は、これらの信号によるデータに基づき、水流量調整ユニット28、燃料流量調整ユニット38、改質用空気流量調整ユニット44、発電用空気流量調整ユニット45に、制御信号を送り、これらのユニットにおける各流量を制御するようになっている。また、制御部110は、インバーター54に、制御信号を送り、電力供給量を制御するようになっている。

【0075】

以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明はこれらの具体例に限定されるものではない。すなわち、これら具体例に、当業者が適宜設計

10

20

30

40

50

変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。例えば、前述した各具体例が備える各要素およびその配置、材料、条件、形状、サイズなどは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、前述した各実施の形態が備える各要素は、技術的に可能な限りにおいて組み合わせることができ、これらを組み合わせたものも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

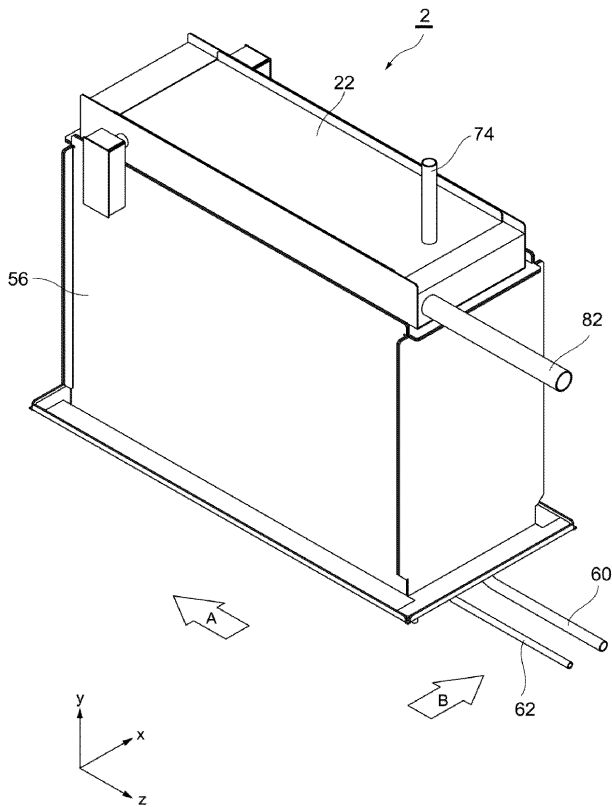
【符号の説明】

【 0 0 7 6 】

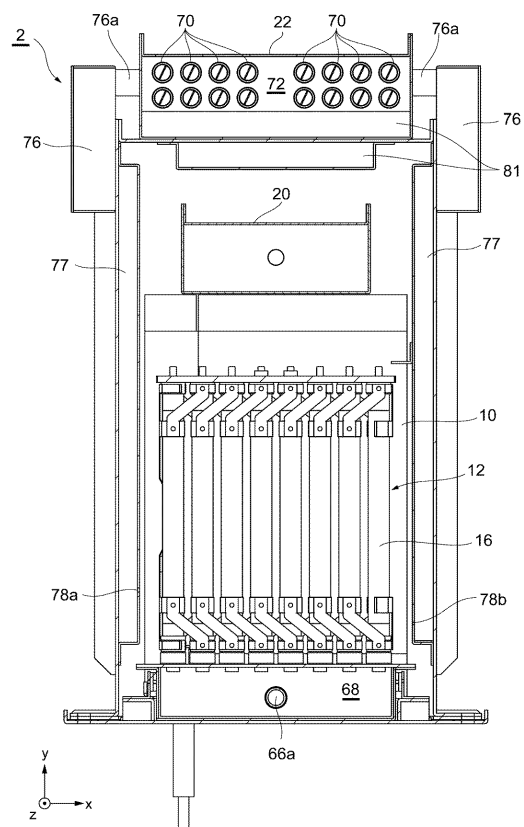
2	燃料電池モジュール	
1 0	発電室	
1 2	燃料電池セル集合体	10
1 4	燃料電池セルスタック	
1 6	燃料電池セルユニット	
1 8	燃焼室	
2 0	改質器	
2 1	整流板	
2 1 a	開口	
2 2	熱交換器	
2 2 a	燃焼ガス流入口	
2 2 b	熱交換器底面	
2 3	蒸発混合器	20
8 0	断熱材	
8 1	断熱層	
2 0 0	排気通路	
2 0 5	熱溜部	
5 6	ケーシング	
6 0	被改質ガス供給管	
6 2	水供給管	
6 6	燃料供給管	
6 6 a	下端側	
6 8	燃料ガスタンク	30
6 8 a	燃料ガスタンク上板	
7 0	燃焼ガス配管	
7 1	乱流生成部材	
7 1 a	端部	
7 1 b	端部	
7 2	発電用空気流路	
7 4	発電用空気導入管	
7 6	連絡流路	
7 6 a	出口ポート	
7 7	発電用空気供給路	40
7 8 a , 7 8 b	吹出口	
8 2	燃焼ガス排出管	
8 4	燃料電池セル	
8 6	内側電極端子	
8 8	燃料ガス流路	
9 0	内側電極層	
9 0 a	上部	
9 0 b	外周面	
9 0 c	上端面	
9 2	外側電極層	50

- 9 4 電 解 質 層
- 9 6 シ ー ル 材
- 9 8 燃 料 ガ ス 流 路
- 1 0 0 上 支 持 板
- 1 0 2 集 電 体
- 1 0 4 外 部 端 子

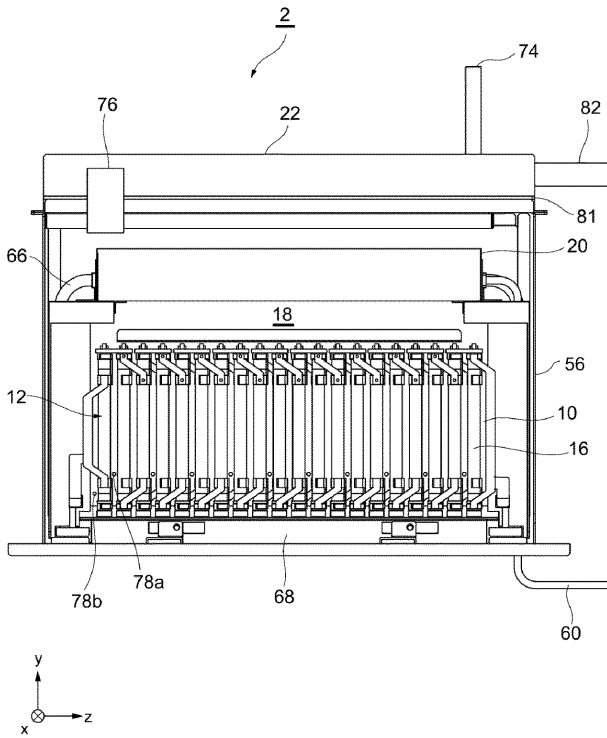
【 図 1 】



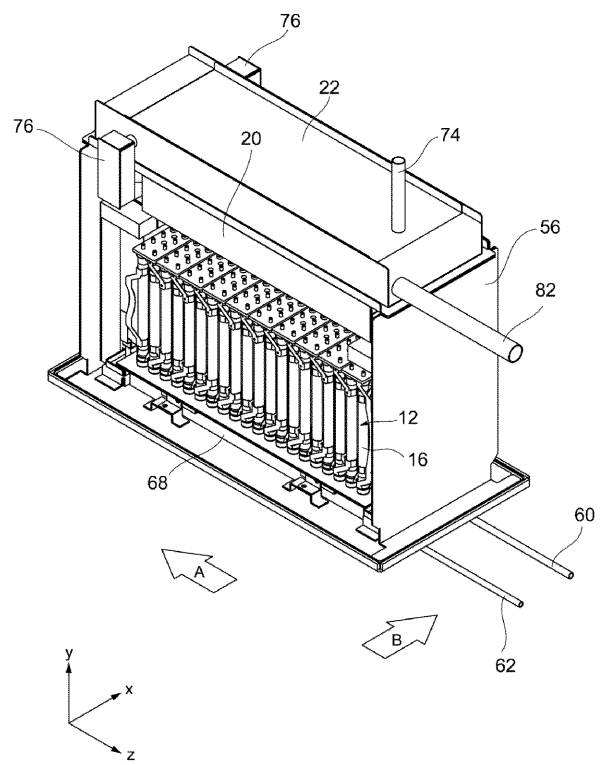
【 図 2 】



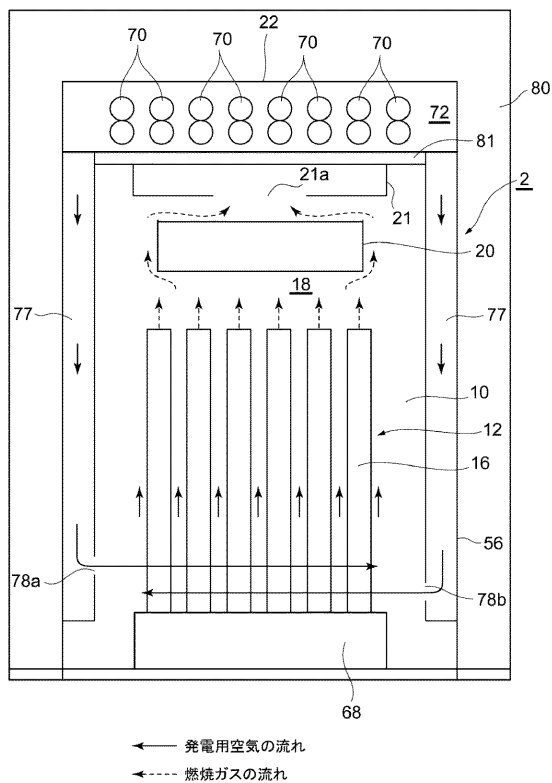
【図 3】



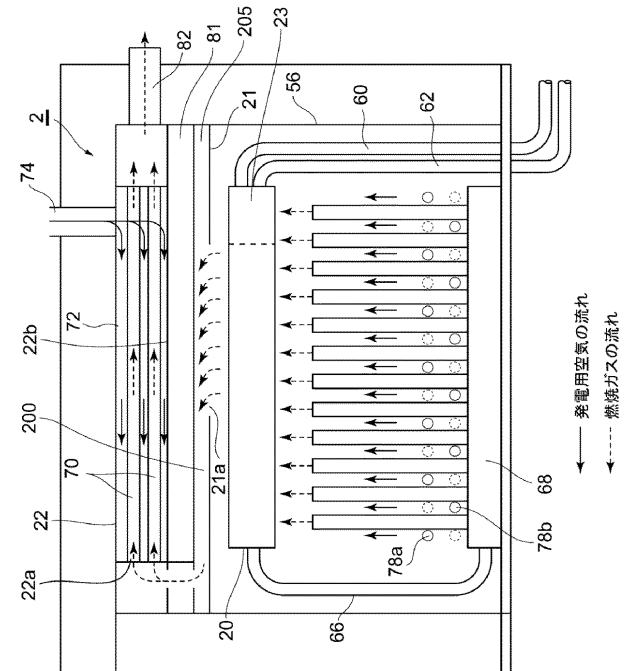
【図 4】



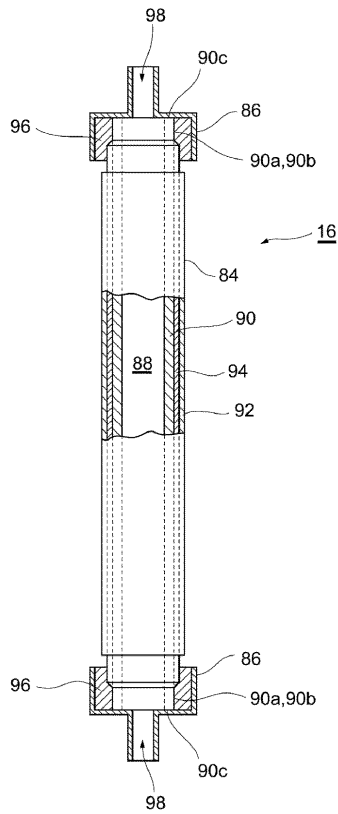
【図 5】



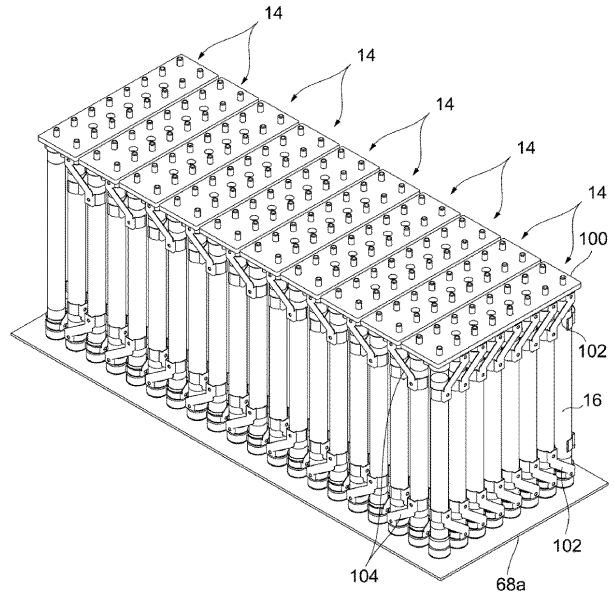
【図 6】



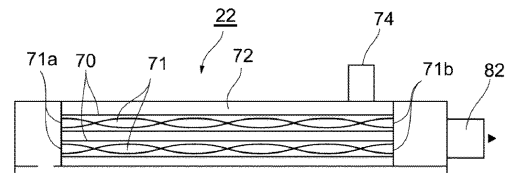
【図 7】



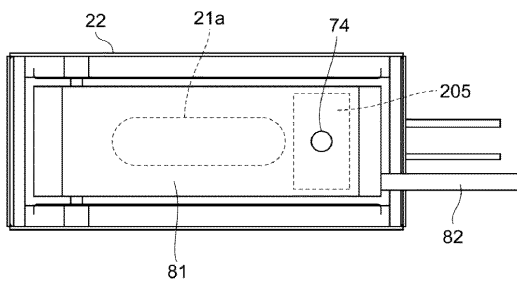
【図 8】



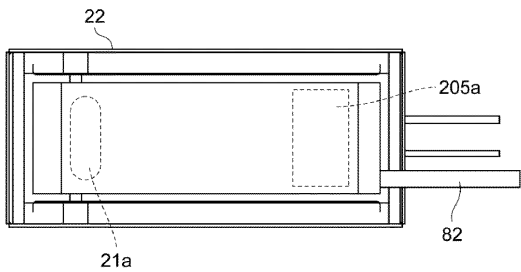
【図 9】



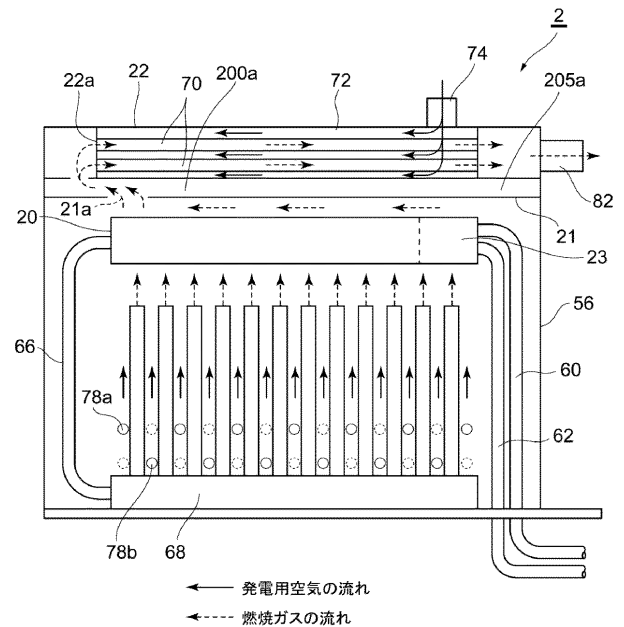
【図 10】



【図 11】



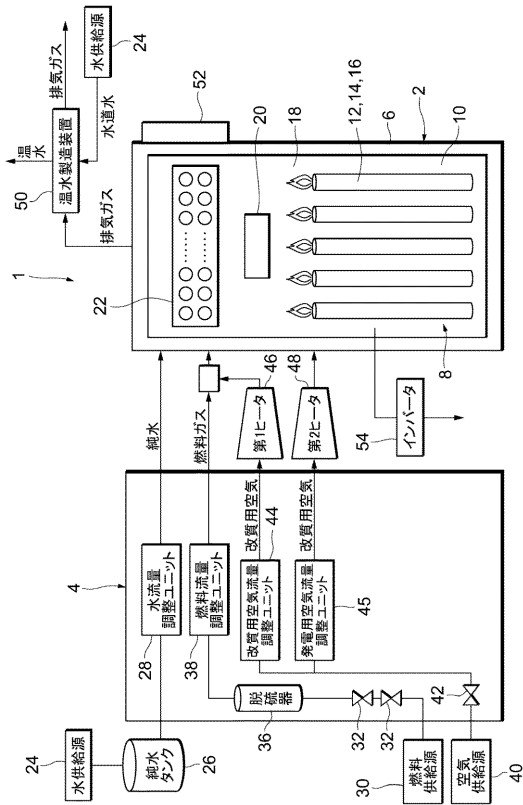
【図 12】



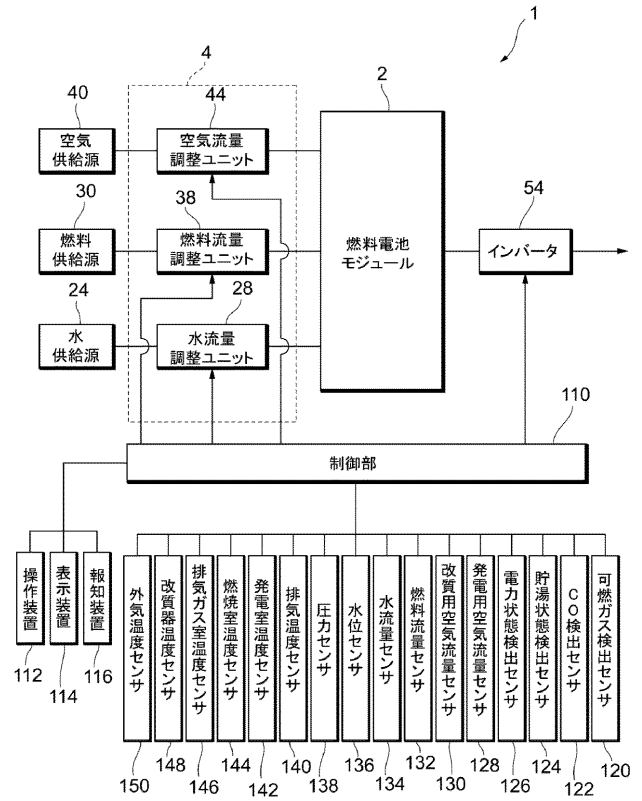
← 発電用空気の流れ

← --- 燃焼ガスの流れ

【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

- (72)発明者 相馬 邦造
福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 TOTO株式会社内
- (72)発明者 大村 肇
福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 TOTO株式会社内
- (72)発明者 星子 琢也
福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 TOTO株式会社内
- Fターム(参考) 5H026 AA06
5H027 AA06 BA01