

(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2017-183138
(P2017-183138A)

(43) 公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
HO 1 M	8/0606	(2016.01)	HO 1 M	8/06	R	4 G 1 4 O	
HO 1 M	8/12	(2016.01)	HO 1 M	8/12		5 H O 2 6	
HO 1 M	8/04	(2016.01)	HO 1 M	8/04	Z	5 H 1 2 6	
CO 1 B	3/38	(2006.01)	CO 1 B	3/38		5 H 1 2 7	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2016-70245 (P2016-70245)	(71) 出願人	000010087
(22) 出願日	平成28年3月31日 (2016.3.31)		TOTO株式会社
			福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号
		(74) 代理人	100086771
			弁理士 西島 孝喜
		(74) 代理人	100088694
			弁理士 弟子丸 健
		(74) 代理人	100094569
			弁理士 田中 伸一郎
		(74) 代理人	100095898
			弁理士 松下 満
		(74) 代理人	100098475
			弁理士 倉澤 伊知郎

最終頁に続く

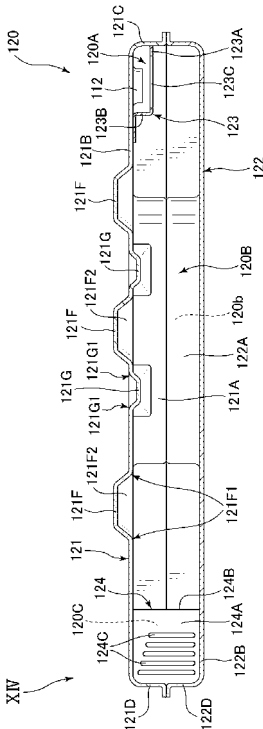
(54) 【発明の名称】 固体酸化物形燃料電池装置

(57) 【要約】

【課題】燃料電池装置に振動が加わった場合であっても、改質器の改質効率が低下しないようにする。

【解決手段】固体酸化物形燃料電池において、改質器120は、原料ガスを水素を含有する燃料ガスに改質するための粒状の改質触媒が充填され、原料ガスが水平方向に流通する触媒充填部120Bを有し、改質器120の天面が部分的に上方に突出することにより予備触媒空間121F2が形成され、触媒充填部120Bは、予備触媒空間121F2の一部を含む空間内に改質触媒が充填されている。

【選択図】図13



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

燃料ガスと酸化剤ガスとにより発電を行う燃料電池セルを複数備えた固体酸化物形燃料電池であって、

前記燃料電池セルを内部に収容するモジュール容器と、

前記モジュール容器内の前記燃料電池セルの上方で、前記燃料電池セルからのオフガスを燃焼して排ガスを生成する燃焼部と、

前記モジュール容器内の前記燃焼部の上方に設けられ、供給口から導入された原料ガスを、前記排ガスで加熱することにより改質して前記燃料ガスを生成し、排出口から前記燃料ガスを排出する改質器と、を備え、

前記改質器は、原料ガスを水素を含有する燃料ガスに改質するための粒状の改質触媒が充填され、前記原料ガスが水平方向に流通する触媒充填部を有し、

前記改質器の天面が部分的に上方に突出することにより予備触媒空間が形成され、

前記触媒充填部は、前記予備触媒空間の少なくとも一部を含む空間内に前記改質触媒が充填されている、ことを特徴とする固体酸化物形燃料電池装置。

【請求項 2】

前記予備触媒空間は、前記原料ガスが流れる方向に平行な鉛直断面視において、上方に向かって狭まるような形状に構成されている、請求項 1 記載の固体酸化物形燃料電池装置。

【請求項 3】

前記触媒充填部には、さらに、前記原料ガスが流れる方向を横切るように、前記改質器の天面が部分的に下方に突出する燃料ガス流動規制部が形成されている、請求項 1 又は 2 記載の固体酸化物形燃料電池装置。

【請求項 4】

前記予備触媒空間を形成する前記天面の部分的に上方に突出した部分、及び、前記燃料ガス流動規制部を形成する前記天面の部分的に下方に突出した部分は、前記改質器の天面の他の部位と同一の材料でひと続きに形成され、

前記上方に突出した部分及び前記下方に突出した部分と、前記天面のその他の平坦な部分との接続部分には R 形状が付されている、請求項 3 記載の固体酸化物形燃料電池装置。

【請求項 5】

前記粒状の改質触媒は球状であり、前記 R 形状の曲率半径は、前記改質触媒の半径よりも大きい、請求項 4 記載の固体酸化物形燃料電池装置。

【請求項 6】

前記予備触媒空間と、前記燃料ガス流動規制部とは、前記原料ガスが流れる方向に交互に配置されている、請求項 5 記載の固体酸化物形燃料電池装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、固体酸化物形燃料電池装置に関し、特に、燃料ガスと酸化剤ガスとにより発電を行う燃料電池セルを複数備えた固体酸化物形燃料電池に関する。

【背景技術】**【0002】**

固体酸化物形燃料電池装置 (Solid Oxide Fuel Cell: 以下「S O F C」とも言う) 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、比較的高温で動作する燃料電池である。

【0003】

例えば、特許文献 1 に記載されているように、固体酸化物形燃料電池装置では、燃焼室において燃料電池からのオフガスを燃焼して高温の排ガスを生成し、蒸発部において排ガスとの熱交換によって水蒸気を生成し、混合部において水蒸気と原料ガスとを混合し、改

10

20

30

40

50

質部において原料ガスを水蒸気により改質して燃料ガスを生成する。改質部には粒状（球状）の改質触媒が充填されており、排ガスが水平方向に流通する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2014-191970号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

近年、家庭用の燃料電池装置のニーズが高まっており、燃料電池装置の小型化が望まれている。燃料電池装置を小型化しようとする場合には、改質器を収容するモジュールケースの幅を小さくする必要がある。しかしながら、改質器には所定の容積が必要となるため、モジュールケースの幅を小さくするためには改質器の高さを高くしなければならない。

10

【0006】

ここで、燃料電池装置の移動や設置の際に、改質器に振動が作用すると、改質部内の粒状の改質触媒の嵩高が低下してしまう。特に、上記のように改質器の高さを高くすると振動による改質触媒の嵩高の低下がより大きくなってしまう。このように改質器内の改質触媒の嵩高が低下してしまうと、改質器の上部に隙間が生じ、この隙間を排ガスが流通してしまうため、改質器の改質効率が低下してしまう。

【0007】

20

本発明は、上記の問題に鑑みなされたものであり、燃料電池装置に振動が加わった場合であっても、改質器の改質効率が低下しないようにすることである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、燃料ガスと酸化剤ガスとにより発電を行う燃料電池セルを複数備えた固体氧化物形燃料電池であって、燃料電池セルを内部に収容するモジュール容器と、モジュール容器内の燃料電池セルの上方で、燃料電池セルからのオフガスを燃焼して排ガスを生成する燃焼部と、モジュール容器内の燃焼部の上方に設けられ、供給口から導入された原料ガスを、排ガスで加熱することにより改質して燃料ガスを生成し、排出口から燃料ガスを排出する改質器と、を備え、改質器は、原料ガスを水素を含有する燃料ガスに改質するための粒状の改質触媒が充填され、原料ガスが水平方向に流通する触媒充填部を有し、改質器の天面が部分的に上方に突出することにより予備触媒空間が形成され、触媒充填部は、予備触媒空間の少なくとも一部を含む空間内に改質触媒が充填されている、ことを特徴とする。

30

【0009】

上記構成の本発明によれば、改質器の天面が部分的に上方に突出することにより予備触媒空間が形成され、予備触媒空間の少なくとも一部を含む空間内に改質触媒が充填されているため、燃料電池装置に振動が加わり改質触媒の嵩高が低下したとしても、予備触媒空間内に位置していた改質触媒が広がるため、改質器の天板と改質触媒との間に隙間が生じるのを防止できる。これにより、燃料電池装置に振動が加わり、改質触媒の嵩高が低下しても、改質効率が低下するのを防止できる。

40

【0010】

本発明において、好ましくは、予備触媒空間は、原料ガスが流れる方向に平行な鉛直断面視において、上方に向かって狭まるような形状に構成されている。

例えば、予備触媒空間が、原料ガスが流れる方向に平行な鉛直断面視において矩形状であると、予備触媒空間に流れ込んだ原料ガスのリークパスが大きくなってしまふ。これに対して、上記構成の本発明によれば、予備触媒空間が、原料ガスが流れる方向に平行な鉛直断面視において、上方に向かって狭まるような形状であるため、矩形状である場合に比べてリークパスを短くすることができる。

【0011】

50

本発明において、好ましくは、触媒充填部には、さらに、原料ガスが流れる方向を横切るように、改質器の天面が部分的に下方に突出する燃料ガス流動規制部が形成されている。

上記構成の本発明によれば、仮に改質部の上部に改質触媒と天板との間に隙間が生じた場合であっても、燃料ガス流動規制部により天面に沿って流れる混合ガスの流れが下方に向けて誘導される。これにより、改質効果の低減をより確実に防止できる。また、天面に流動規制部を形成することにより、改質器の表面積が増加するため、排ガスによる改質器の加熱効率をより向上することができる。

【 0 0 1 2 】

本発明において、好ましくは、予備触媒空間を形成する天面の部分的に上方に突出した部分、及び、燃料ガス流動規制部を形成する天面の部分的に下方に突出した部分は、改質器の天面の他の部位と同一の材料でひと続きに形成され、上方に突出した部分及び下方に突出した部分と、天面のその他の平坦な部分との接続部分にはR形状が付されている。

【 0 0 1 3 】

上記構成の本発明によれば、上方に突出した部分及び下方に突出した部分と、天面のその他の平坦な部分との接続部分にはR形状が付されているため、接続部の隅まで高密度に改質触媒を充填することができる。さらに、このようなR形状の接続部分は別部材の溶接で形成するのは困難であるが、上方に突出した部分、及び、下方に突出した部分を天面の他の部位と同一の材料でひと続きに形成することにより、R形状の接続部分を容易に形成することができる。

【 0 0 1 4 】

本発明において、好ましくは、粒状の改質触媒は球状であり、R形状の曲率半径は、改質触媒の半径よりも大きい。

上記構成の本発明によれば、接続部分のR形状の曲率半径が改質触媒の半径よりも大きいため、改質触媒を接続部に隙間なく充填することができる。

【 0 0 1 5 】

本発明において、好ましくは、予備触媒空間と、燃料ガス流動規制部とは、原料ガスが流れる方向に交互に配置されている。

燃料ガス流動規制部が連続して設けられていると、振動が加わり改質触媒の嵩高が減った場合であっても、隣接する燃料ガス流動規制部の間には予備触媒空間内の改質触媒が入り込むことができない。これに対して、上記構成の本発明によれば、予備触媒空間と、燃料ガス流動規制部とが原料ガスが流れる方向に交互に配置されているため、隣接する燃料ガス流動規制部の間に予備触媒空間が配置され、振動が加わり改質触媒の嵩高が減った場合に隣接する燃料ガス流動規制部の間において天板と改質触媒との間に隙間が生じるのを防止できる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 6 】

本発明によれば、燃料電池装置に振動が加わった場合であっても、改質器の改質効率が低下しないようにすることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 7 】

【 図 1 】本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池装置（S O F C）を示す全体構成図である。

【 図 2 】本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池装置の燃料電池モジュールを示す側面断面図である。

【 図 3 】図 2 の I I I - I I I 線に沿った断面図である。

【 図 4 】モジュールケース及び空気通路カバーの分解斜視図である。

【 図 5 】図 2 に示す固体電解質形燃料電池装置の蒸発器を拡大断面図である。

【 図 6 】図 2 に示す固体電解質形燃料電池装置の蒸発器の天板及び燃焼触媒器を省略した状態の斜視図である。

10

20

30

40

50

【図 7】本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池の第 1 の容器の底面に形成された連続溝の一部を拡大して示す図である。

【図 8】(A) は排ガス流路内に設けられたプレートフィンを示す斜視図であり、(B) は蒸発器におけるプレートフィンの近傍を拡大して示す図である。

【図 9】本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池の燃焼触媒器の軸方向断面図である。

【図 10】本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池の燃焼触媒の構成を示す図である。

【図 11】図 2 の X I - X I 断面斜視図である。

【図 12】図 2 の X I - X I 断面における改質器の断面図である。

【図 13】図 12 における X I I I - X I I I 断面図である。

【図 14】図 13 における X I V 部を拡大して示す図である。

【図 15】本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池の燃料電池セルユニットを示す部分断面図である。

【図 16】本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池の燃料電池セルスタックを示す斜視図である。

【図 17】図 2 と同様の、本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池装置の燃料電池モジュールを示す側面断面図である。

【図 18】図 3 と同様の、図 2 の I I I - I I I 線に沿った断面図である。

【図 19】本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池装置の蒸発室及び混合室内における水蒸気と原燃料ガスとの流れを示す斜視図である。

【図 20】本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池装置の第 1 の重なり部及び第 2 の重なり部の近傍を拡大して示す断面図である。

【図 21】改質器内の混合ガスの流れを説明するための図であり、図 2 の X I - X I 断面における改質器の断面図である。

【図 22】(A) は改質器の下方突出部における混合ガスの流れを示す鉛直断面図であり、(B) は改質器の上方突出部における混合ガスの流れを示す鉛直断面図である。

【図 23】別の実施形態による蒸発室の底面に形成された連続溝を示す図である。

【図 24】(A) 及び (B) は、それぞれ別の実施形態の燃料電池装置の改質器の下流側の仕切り板の構成を示す鉛直拡大図である。

【図 25】別の実施形態の改質器の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

つぎに、添付図面を参照して、本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池装置を説明する。

図 1 は、本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池装置 (S O F C) を示す全体構成図である。

図 1 に示すように、本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池装置 (S O F C) 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。

【0019】

燃料電池モジュール 2 は、ハウジング 6 を備え、このハウジング 6 内部には、断熱材 7 を介して金属製のモジュール容器 8 (以下では適宜「モジュールケース」と呼ぶ。) が内蔵されている。この密閉空間であるモジュールケース 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 (以下では適宜「発電用空気」又は「空気」と呼ぶ。) 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。この燃料電池セル集合体 12 は、8 個の燃料電池セルスタック 14 (詳細は図 16 で後述する) を備え、この燃料電池セルスタック 14 は、各々が燃料電池セルを含む、16 本の燃料電池セルユニット 16 (詳細は図 15 で後述する) から構成されている。この例では、燃料電池セル集合体 12 は、128 本の燃料電池セルユニット 16 を有する。なお、ハウジング 6 は必須ではなく、断熱材 7 を保持するようなフレームを用いてもよい。燃料電池セル集合体 12 は、複数の

10

20

30

40

50

燃料電池セルユニット 16 の全てが直列接続されている。

【0020】

燃料電池モジュール 2 のモジュールケース 8 の発電室 10 の上方には、燃焼部としての燃焼室 18 が形成され、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（オフガス）と残余の空気とが燃焼し、排気ガス（言い換えると燃焼ガス）を生成するようになっている。さらに、モジュールケース 8 は断熱材 7 により覆われており、燃料電池モジュール 2 内部の熱が、外気へ発散するのを抑制している。また、この燃焼室 18 の上方には、原燃料ガス（原料ガス）を改質する改質器 120 が配置され、残余ガスの燃焼熱によって改質器 120 を改質反応が可能な温度となるように加熱している。

【0021】

さらに、ハウジング 6 内においてモジュールケース 8 の上方には、蒸発器 140 が断熱材 7 内に設けられている。蒸発器 140 は、供給された水と排気ガスとの間で熱交換を行うことによって、水を蒸発させて水蒸気を生成し、この水蒸気と原燃料ガスとの混合ガス（以下では「燃料ガス」と呼ぶこともある。）をモジュールケース 8 内の改質器 120 に供給する。

【0022】

つぎに、補機ユニット 4 は、燃料電池モジュール 2 からの排気中に含まれる水分を結露させた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 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（モータで駆動される「水ポンプ」等）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（モータで駆動される「燃料ポンプ」等）と、電源喪失時において、燃料流量調整ユニット 38 から流出する燃料ガスを遮断するバルブ 39 を備えている。さらに、補機ユニット 4 は、空気供給源 40 から供給され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 及び発電用空気流量調整ユニット 45（モータで駆動される「空気ブロア」等）と、改質器 120 に供給される改質用空気を加熱する第 1 ヒータ 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 48 とを備えている。これらの第 1 ヒータ 46 と第 2 ヒータ 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。

なお、本実施形態では、装置の起動時に改質器 120 内において、部分酸化改質反応（POX）のみが生じる POX 工程から、部分酸化改質反応（POX）と水蒸気改質反応（SR）が混在したオートサーマル改質反応（ATR）が生じる ATR 工程を経て、水蒸気改質反応のみが生じる SR 工程が行われるように構成してもよいし、POX 工程を省略して ATR 工程から SR 工程に移行されるように構成してもよいし、POX 工程及び ATR 工程を省略して SR 工程のみが行われるように構成してもよい。なお、SR 工程のみが行われる構成では、改質用空気流量調整ユニット 44 は不要である。

【0023】

つぎに、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。また、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。さらに、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 54 が接続されている。

【0024】

つぎに、図 2 ～ 図 4 を参照して、本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池装置の燃料電池モジュールの構造について説明する。

図 2 は、本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池装置の燃料電池モジュールを示す側面断面図であり、図 3 は、図 2 の I I I - I I I 線に沿った断面図であり、図 4 は、モジュールケース及び空気通路カバーの分解斜視図である。なお、図 2、3 ではハウジ

10

20

30

40

50

ングは省略している。

【0025】

図2及び図3に示すように、燃料電池モジュール2は、断熱材7で覆われたモジュールケース8の内部に設けられた燃料電池セル集合体12及び改質器120を有すると共に、モジュールケース8の外部で且つ断熱材7内に設けられた蒸発器140を有する。

【0026】

まず、モジュールケース8は、図4に示すように、略矩形の天板8a、底板8c、これらの長手方向(図2の左右方向)に延びる辺同士を連結する対向する一対の側板8bからなる筒状体と、この筒状体の長手方向の両端部の2つの対向する開口部を塞ぎ、天板8a及び底板8cの幅方向(図3の左右方向)に延びる辺同士を連結する閉鎖側板8d、8e

10

【0027】

モジュールケース8は、空気通路カバー160によって天板8a及び側板8bが覆われている。空気通路カバー160は、天板160aと、対向する一対の側板160bとを有する。天板160aの略中央部分には、排気管171を貫通させるための開口部167が設けられている。また、天板160aの閉鎖側板8d側の部分には、発電用空気導入管74が接続される開口部168が設けられている。天板160aと天板8aとの間、及び、側板160bと側板8bとの間は、所定の距離だけ離間した状態となっている。これにより、モジュールケース8の外側と断熱材7との間、具体的にはモジュールケース8の天板8a及び側板8bと、空気通路カバー160の天板160a及び側板160bとの間には

20

【0028】

モジュールケース8の側板8bの下部には、複数の貫通孔である吹出口8fが設けられている(図4参照)。発電用空気は、空気通路カバー160の天板160aのうち、モジュールケース8の閉鎖側板8d側の略中央部に設けられた発電用空気導入管74から空気通路161a内に供給される(図2参照)。そして、発電用空気は、空気通路161a、161bを通して、吹出口8fから燃料電池セル集合体12に向けて発電室10内に噴射される(図3、図4参照)。

【0029】

30

また、空気通路161a、161bの内部には、熱交換促進部材としてのプレートフィン162、163が設けられている(図3参照)。プレートフィン162は、モジュールケース8の天板8aと空気通路カバー160の天板160aの間で長手方向及び幅方向に延びるように水平方向に設けられ、プレートフィン163は、モジュールケース8の側板8bと空気通路カバー160の側板160bとの間であって、且つ、燃料電池セルユニット16よりも上方の位置に長手方向及び鉛直方向に延びるように設けられている。

【0030】

空気通路161a、161bを流れる発電用空気は、特にプレートフィン162、163を通過する際に、これらプレートフィン162、163の内側のモジュールケース8内(具体的には天板8a、側板8bに沿って設けられた排気通路)を通過する排気ガスとの間で熱交換を行い、加熱されることとなる。このようなことから、空気通路161a、161bにおいてプレートフィン162、163が設けられた部分は、熱交換器(熱交換部)として機能する。なお、プレートフィン162が設けられた部分が主たる熱交換器部分を構成し、プレートフィン163が設けられた部分が従たる熱交換器部分を構成する。

40

【0031】

つぎに、蒸発器140は、モジュールケース8の天板8a上で水平方向に延びるように固定されている。そして、蒸発器140は、長手方向(図2の左右方向)の一側端側に、排気管171及び混合ガス供給管112が接続され、長手方向の他側端側に排気ガス排出管82が接続され、排気管171により支持されている。また、蒸発器140とモジュールケース8との間には、これらの隙間を埋めるように断熱材7の一部分が配置されてい

50

る（図２及び図３参照）。

【００３２】

具体的には、蒸発器１４０は、長手方向（図２の左右方向）の一側端側に、水及び原料ガス（改質用空気を含めてもよい）を供給する水供給配管６２及び原料供給配管６３と、排気ガスを排出するための排気ガス排出管８２（図２参照）とが連結され、長手方向の他側端側に、排気管１７１の上端部が連結されている。排気管１７１は、空気通路カバー１６０の天板１６０ａに形成された開口部１６７を貫通して下方へ延び、モジュールケース８の天板８ａ上に形成された排気口１１１に連結されている。排気口１１１は、モジュールケース８内の燃焼室１８で生成された排気ガスをモジュールケース８の外へ排出する開口部であり、モジュールケース８の上面視略矩形の天板８ａのほぼ中央部に形成されている。

10

【００３３】

図５は、図２に示す固体電解質形燃料電池装置の蒸発器を拡大断面図である。また、図６は、図２に示す固体電解質形燃料電池装置の蒸発器の天板及び燃焼触媒器を省略した状態の斜視図である。なお、図６には、水（水蒸気）及び燃料（原料ガス）の流れをそれぞれ実線及び一点鎖線で示す。

蒸発器１４０は、上面視で略矩形の箱状の蒸発器ケース１４１（図２、図３）を有している。この蒸発器ケース１４１は、第１の容器１４３と、第１の容器の１４３の下方に重ね合わされた第２の容器１４４と、第１の容器１４３の上部を塞ぐ天板１４２とにより構成されている。

20

【００３４】

天板１４２は、平板状の金属部材からなる。天板１４２の一方の端部の幅方向中央には原料供給配管６３を接続するための開口部が形成され、一方の端部の幅方向一側部には水供給配管６２を接続するための開口部が形成されている。

【００３５】

図５及び図６に示すように、第１の容器１４３は、底面１４３Ａ１、１４３Ａ２と、底面１４３Ａ１、１４３Ａ２の外周縁から上方に延びる側壁１４３Ｂと、側壁１４３Ｂの上端から水平方向外方に延びる鍔部１４３Ｃと、隔壁１４７と、を備える。

【００３６】

第１の容器１４３の底面１４３Ａ１、１４３Ａ２は、隔壁１４７により水供給配管６２及び原料供給配管６３側の第１の底面１４３Ａ１と、混合ガス供給管１１２側の第２の底面１４３Ａ２とに分割されている。第１の底面１４３Ａ１は、後述するように蒸発室１５０の底面であり、排ガスと水供給配管６２から供給された水との間で熱交換するための蒸発面として機能する。第１の容器１４３の底面１４３Ａ１の上面は、表面粗さＲ_aが１．５μm以上の粗面として形成されている。これにより、第１の容器１４３の底面１４３Ａ１は親水性が高くなり、底面１４３Ａ１上に供給された水は広範囲に拡がる。さらに、第１の容器１４３の底面１４３Ａ１の上面には、水拡散手段としての連続溝１５６が形成されている。

30

【００３７】

図７は、第１の容器の底面に形成された連続溝の一部を拡大して示す図である。なお、図７における下方が水供給配管６２側である。同図に示すように、第１の容器１４３の第１の底面１４３Ａ１上には、正方形状の突部１５６Ｃが前後左右に等間隔で設けられている。また、前後左右に隣接する４つの正方形状の突部１５６Ｃの中心部には十字状の突部１５６Ｄが形成されている。これにより、連続溝１５６は、正方形状の溝１５６Ａが前後左右に等間隔に並んであり、隣接する正方形状の溝１５６Ａの対向する辺の中央部の間が連結溝１５６Ｂにより連結される構成となっている。

40

【００３８】

このような構成により、例えば、図７の中央下方から連続溝１５６内に入り込んだ水は、Ａ部において左右に屈曲及び分割され、Ａ部からＢ部の間の溝内を直進し、Ｂ部において屈曲する。そして、Ｂ部において屈曲した水はＢ部からＣ部の間の溝内を直進し、Ｃ部

50

においてさらに屈曲及び分割される。このように、連続溝 1 5 6 に供給された水は、A 部における屈曲及び分割と、A 部から B 部の間の溝内の直進と、B 部における屈曲と、B 部から C 部の間の溝内の直進と、C 部における屈曲及び分岐を繰り返すことにより、広域に拡がりながら流れる。

【 0 0 3 9 】

第 2 の底面 1 4 3 A 2 の中央には混合室 1 5 1 の排出口として開口部が形成されており、この開口部には混合ガス供給管 1 1 2 の上端が接続されている。この混合ガス供給管 1 1 2 は、排気管 1 7 1 の内部を通過するように配置されており、一端が第 1 の容器 1 4 3 に形成された開口部に連結され、他端が改質器 1 2 0 の天面に形成された混合ガス供給口 1 2 0 a に連結されている。混合ガス供給管 1 1 2 は、排気管 1 7 1 内を通過してモジュールケース 8 内まで鉛直下方に延び、そこで略 9 0 ° 屈曲されて天板 8 a に沿って水平方向に延びた後、下方へ略 9 0 ° 屈曲されて改質器 1 2 0 に連結されている。

10

【 0 0 4 0 】

隔壁 1 4 7 は、第 1 の容器 1 4 3 の長手方向に延びる側壁 1 4 3 B の間を短手方向に延びており、金属材料が上方に向けて突出することにより形成されている。隔壁 1 4 7 は、第 1 及び第 2 の底面 1 4 3 A 1、1 4 3 A 2 の縁から上方に平行に延びる一对の側壁 1 4 7 B と、一对の側壁 1 4 7 B の上端の間を結ぶ上面 1 4 7 C と、を備える。また、隔壁 1 4 7 の上部の短手方向（隔壁 1 4 7 の延びる方向）の中央には凹部 1 4 7 A が形成されている。

20

【 0 0 4 1 】

図 5 及び図 6 に示すように、隔壁 1 4 7 の上面 1 4 7 C は平坦面として形成されており、鰐部 1 4 3 C と面一に形成されている。また、凹部 1 4 7 A の幅は、第 1 の底面 1 4 3 A 1 側が第 2 の底面 1 4 3 A 2 側よりも広くなっており、第 2 の底面 1 4 3 A 2 側に向かうにつれて徐々に狭くなっている。また、凹部 1 4 7 A の上面 1 4 7 C からの深さは、後述する蒸発室 1 5 0 内に充填されたアルミナボールの径よりも小さい。また、隔壁 1 4 7 の内側には、一对の側壁 1 4 7 B と上面 1 4 7 C とにより囲まれて空間 1 4 7 D が形成されており、この空間 1 4 7 D は下方に開口している。

【 0 0 4 2 】

第 1 の容器 1 4 3 は一枚の金属部材をプレス成形して構成されており、底面 1 4 3 A 1、1 4 3 A 2 と、側壁 1 4 3 B と、鰐部 1 4 3 C と、隔壁 1 4 7 とはひと続きの一体成型部材として構成されている。

30

【 0 0 4 3 】

第 1 の容器 1 4 3 と天板 1 4 2 とは、天板 1 4 2 の下面と、鰐部 1 4 3 C の上面及び隔壁 1 4 7 の上面 1 4 7 C が当接した状態で接合されている。天板 1 4 2 と、第 1 の容器 1 4 3 の第 1 の底面 1 4 3 A 1、側壁 1 4 3 B、及び隔壁 1 4 7 とにより蒸発室 1 5 0 が区画されている。また、天板 1 4 2 と、第 1 の容器 1 4 3 の第 2 の底面 1 4 3 A 2、側壁 1 4 3 B、及び隔壁 1 4 7 とにより混合室 1 5 1 が区画されている。そして、隔壁 1 4 7 の凹部 1 4 7 A と天板 1 4 2 とにより区画され、蒸発器 1 4 0 の幅方向中央の上部に位置する連通路により、蒸発室 1 5 0 と混合室 1 5 1 とが連通している。

40

【 0 0 4 4 】

蒸発室 1 5 0 内には、複数の粒状の熱伝導性部材が充填されている。熱伝導性部材としては、例えば、球状のアルミナボールなどを用いることができる。蒸発室 1 5 0 内に充填されたアルミナボールは、天板 1 4 2 に当接している。

【 0 0 4 5 】

混合室 1 5 1 には、仕切り部材 1 5 2 が配置されている。仕切り部材 1 5 2 は、同一断面で幅方向に延びる耐熱性を有する金属材料で形成された部材である。仕切り部材 1 5 2 は、上面 1 5 2 A と、上面 1 5 2 A の両側部から下方に平行に延びる一对の側壁部 1 5 2 B と、一对の側壁部 1 5 2 B の縁から外側に延びる一对の基部 1 5 2 C と、を備える。蒸発室 1 5 0 側の側壁部 1 5 2 B の幅方向両側部には横長の開口部 1 5 2 D が形成されている。

50

【 0 0 4 6 】

仕切り部材 1 5 2 の長手方向長さは、混合室 1 5 1 の幅とほぼ等しい。仕切り部材 1 5 2 は、第 1 の容器 1 4 3 の第 2 の底面 1 4 3 A 2 に形成された混合ガス供給管 1 1 2 が接続された開口部（排出口）を覆うように蒸発室 1 5 0 内に配置されている。仕切り部材 1 5 2 は、基部 1 5 2 C の下面が第 1 の容器 1 4 3 の第 2 の底面 1 4 3 A 2 と当接した状態で、基部 1 5 2 C と第 2 の底面 1 4 3 A 2 とがスポット溶接されることにより、第 1 の容器 1 4 3 に固定されている。仕切り部材 1 5 2 の一对の側壁部 1 5 2 B の側部と、第 1 の容器 1 4 3 の内壁との間は溶接されておらず、隙間が形成されている。また、仕切り部材 1 5 2 の上面 1 5 2 A は第 1 の容器 1 4 3 の鍔部 1 4 3 C と略等しい高さとなっている。

【 0 0 4 7 】

仕切り部材 1 5 2 が設けられることにより、蒸発室 1 5 0 内の空間は、隔壁 1 4 7 と仕切り部材 1 5 2 との間の第 1 の空間 1 5 3 A と、仕切り部材 1 5 2 の一对の側壁部 1 5 2 B の間の第 2 の空間 1 5 3 B と、仕切り部材 1 5 2 と第 1 の容器 1 4 3 の側壁 1 4 3 B との間の第 3 の空間 1 5 3 C とに分割されている。第 1 の空間 1 5 3 A と第 2 の空間 1 5 3 B とは、側壁部 1 5 2 B に形成された開口部 1 5 2 D を通じて連通している。また、第 3 の空間 1 5 3 C は、仕切り部材 1 5 2 の一对の側壁部 1 5 2 B の両側部と第 1 の容器 1 4 3 の内壁との間の隙間を介して、第 1 の空間 1 5 3 A 及び第 2 の空間 1 5 3 B と連通している。この隙間の面積は側壁部 1 5 2 B に形成された開口部 1 5 2 D の面積に比べて非常に小さいため、第 1 の空間 1 5 3 A から第 3 の空間 1 5 3 C への圧力損失は、第 1 の空間 1 5 3 A から第 2 の空間 1 5 3 B まで（特に、第 2 の底面 1 4 3 A 2 の底面に形成された開口部まで）の圧力損失よりも高くなっている。なお、後述するように、第 2 の空間 1 5 3 B は水蒸気と原料ガスとを混合する混合流路として機能し、第 3 の空間 1 5 3 C は突沸緩衝空間として機能する。

【 0 0 4 8 】

第 2 の容器 1 4 4 は、底面 1 4 4 A と、底面 1 4 4 A の外周縁から上方に延びる側壁 1 4 4 B と、側壁 1 4 4 B の上端から水平方向外方に延びる鍔部 1 4 4 C と、を備える。第 2 の容器 1 4 4 の底面 1 4 4 A には、排気管 1 7 1 の上端が接続される開口部と、排気ガス排出管 8 2 が接続される開口部とが形成されている。

【 0 0 4 9 】

第 2 の容器 1 4 4 は、第 1 の容器 1 4 3 に下方から重ね合わされている。重ね合わされた状態において、第 2 の容器 1 4 4 の鍔部 1 4 4 C の上面は、第 1 の容器 1 4 3 の鍔部 1 4 3 C の下面に当接している。また、第 2 の容器 1 4 4 の側壁 1 4 4 B の上部は、第 1 の容器 1 4 3 の側壁 1 4 3 B と当接している。

【 0 0 5 0 】

第 1 の容器 1 4 3 の底面 1 4 3 A 1、1 4 3 A 2 と、第 2 の容器 1 4 4 の底面 1 4 4 A との間には、排気管 1 7 1 から排気ガス排出管 8 2 まで蒸発器 1 4 0 の長手方向に延びる排気ガス流路 1 5 4 が形成されている。なお、この排気ガス流路 1 5 4 は、隔壁 1 4 7 内の空間 1 4 7 D と連通している。

【 0 0 5 1 】

また、排気ガス流路 1 5 4 内には、熱交換促進部材としてのプレートフィン 1 5 5 が設けられている。図 8（A）は排ガス流路内に設けられたプレートフィンを示す斜視図であり、（B）は蒸発器におけるプレートフィンの近傍を拡大して示す図である。

【 0 0 5 2 】

プレートフィン 1 5 5 は、一枚の金属製プレートを加工して製造されている。プレートフィン 1 5 5 は、板状の本体部 1 5 5 A と、下方に突出する第 1 の突出部 1 5 5 B と、上方に突出する第 2 の突出部 1 5 5 C とを有する。

【 0 0 5 3 】

また、第 1 の突出部 1 5 5 B は、それぞれ、斜め下方に向かって延びる一对の傾斜部 1 5 5 B 1 と、一对の傾斜部 1 5 5 B 1 の下端部の間を結ぶ連結部 1 5 5 B 2 とにより構成される。そして、本体部 1 5 5 A の第 1 の突出部 1 5 5 B の上方に当たる位置に第 1 の通

10

20

30

40

50

過穴 1 5 5 B 3 が形成されている。また、第 1 の突出部 1 5 5 B の連結部 1 5 5 B 2 の下面には、円柱状の突起部 1 5 5 B 4 が形成されている。なお、この突起部 1 5 5 B 4 の面積は、第 1 及び第 2 の突出部 1 5 5 B、1 5 5 C の連結部 1 5 5 B 2、1 5 5 C 2 の面積よりも小さい。

【 0 0 5 4 】

第 2 の突出部 1 5 5 C は、それぞれ、斜め上方に向かって延びる一对の傾斜部 1 5 5 C 1 と、一对の傾斜部 1 5 5 C 1 の上端部の間を結ぶ連結部 1 5 5 C 2 とにより構成される。そして、本体部 1 5 5 A の第 2 の突出部 1 5 5 C の下方に当たる位置には、第 2 の通過穴 1 5 5 C 3 が形成されている。

【 0 0 5 5 】

プレートフィン 1 5 5 は、第 1 の突出部 1 5 5 B の突起部 1 5 5 B 4 が第 2 の容器 1 4 4 の底面 1 4 4 A と当接し、第 2 の突出部 1 5 5 C の連結部 1 5 5 C 2 が第 1 の容器 1 4 3 の底面 1 4 3 A 1 と当接している。これにより、プレートフィン 1 5 5 は、第 1 の容器 1 4 3 の底面 1 4 3 A 1 と熱的に接続され、プレートフィン 1 5 5 の第 2 の容器 1 4 4 の底面 1 4 4 A への熱抵抗が、第 1 の容器 1 4 3 の底面 1 4 3 A 1 との熱抵抗よりも大きくなっている。

【 0 0 5 6 】

このように排気ガス流路 1 5 4 内にプレートフィン 1 5 5 が配置されることにより、排気ガス流路 1 5 4 はプレートフィン 1 5 5 の本体部 1 5 5 A により上部空間 1 5 4 A と、下部空間 1 5 4 B とに分割される。そして、プレートフィン 1 5 5 の本体部 1 5 5 A に形成された第 1 の通過穴 1 5 5 B 3 及び第 2 の通過穴 1 5 5 C 3 を通じて、上部空間 1 5 4 A と、下部空間 1 5 4 B との間で排気ガス流路 1 5 4 を流れる排ガスが流通することができる。

【 0 0 5 7 】

図 5 に示すように、第 1 の容器 1 4 3 の底面 1 4 3 A 1、1 4 3 A 2 と天板 1 4 2 との間の距離は、第 2 の容器 1 4 4 の底面 1 4 4 A と第 1 の容器 1 4 3 の底面 1 4 3 A 1、1 4 3 A 2 との間の距離よりも大きくなっている。これにより、蒸発器 1 4 0 の全体の高さ H に対する蒸発室 1 5 0 の高さ H A の占める割合が、蒸発器 1 4 0 の全体の高さ H に対する排気ガス流路 1 5 4 の高さ H B が占める割合よりも高くなっている。

【 0 0 5 8 】

さらに、蒸発器 1 4 0 はヒータ 1 5 7 を備える。図 6 に示すように、矩形状の蒸発器 1 4 0 の三辺の外周に沿うように設けられており、両端部は蒸発室 1 5 0 側に向かって延在している。図 5 に示すように、ヒータ 1 5 7 は第 1 の容器 1 4 3 の側壁 1 4 3 B と、第 2 の容器 1 4 4 の側壁 1 4 4 B とが重なり合った第 1 の重なり部 1 5 8 A に側方から当接している。さらに、ヒータ 1 5 7 は、第 1 の容器 1 4 3 の鏝部 1 4 3 C と、第 2 の容器 1 4 4 の鏝部 1 4 4 C と、天板 1 4 2 とが重なり合った第 2 の重なり部 1 5 8 B に下方から当接している。なお、ヒータ 1 5 7 は蒸発器 1 4 0 の全周に沿うように設けてもよい。

【 0 0 5 9 】

図 5 に示すように、水供給配管 6 2 及び原料供給配管 6 3 は図 5 の右側から水平に延び、蒸発器 1 4 0 の蒸発室 1 5 0 側の側縁を跨いでいる。そして、水供給配管 6 2 及び原料供給配管 6 3 は下方に向かって屈曲し、天板 1 4 2 に形成された開口を挿通し、蒸発室 1 5 0 室内に開口している。なお、水供給配管 6 2 は、蒸発室 1 5 0 側の端部の幅方向中央に開口しており、原料供給配管 6 3 は蒸発室 1 5 0 側の端部の蒸発室 1 5 0 の幅方向一側に開口している。

【 0 0 6 0 】

また、蒸発器 1 4 0 は温度センサ 6 9 を備える。温度センサ 6 9 も水供給配管 6 2 及び原料供給配管 6 3 と同様に蒸発器 1 4 0 の蒸発室 1 5 0 側の側縁を跨いで水平方向に延びている。温度センサ 6 9 は、天板 1 4 2 の上面に当接するように取り付けられている。そして、温度センサ 6 9 は、その先端の温度を検知するセンサ部 6 9 A が蒸発室 1 5 0 の中間よりも下流側に位置するように配置されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 1 】

排気ガス排出管 8 2 は、排気ガス流路 1 5 4 の下流端部の幅方向一側に接続されている。蒸発器 1 4 0 に接続された排気ガス排出管 8 2 は下方に向かって延びており、下端が燃烧触媒器 2 0 0 に接続されている。燃烧触媒器 2 0 0 は横方向に延びる円筒状の部材であり、内部に円柱状の空間が形成されている。排気ガス排出管 8 2 は燃烧触媒器 2 0 0 の一端部に接続されており、燃烧触媒器 2 0 0 の他端部には排ガス放出管 2 0 2 が接続されている。排ガス放出管 2 0 2 は水平方向に蒸発器 1 4 0 から離間する方向に水平に延びている。燃烧触媒器 2 0 0 は蒸発器 1 4 0 と同様に断熱材 7 の内部に配置されている。

【 0 0 6 2 】

図 2 及び図 5 に示すように蒸発器 1 4 0 は排気ガス排出管 8 2 が接続された側の端部が上面視において、モジュールケース 8 の縁より外方まで延在している。そして、燃烧触媒器 2 0 0 はこの蒸発器 1 4 0 のモジュールケース 8 の縁より外方まで延在している部分の直下に位置している。また、燃烧触媒器 2 0 0 は、改質器 1 2 0 よりも上方に位置している。そして、燃烧触媒器 2 0 0 の排ガス排出口は改質器 1 2 0 よりも高い位置に設けられており、排ガス排出口に接続された排ガス放出管 2 0 2 は、改質器 1 2 0 よりも高い位置を水平方向に延びている。

10

【 0 0 6 3 】

図 9 は、燃烧触媒器の軸方向断面図である。同図に示すように、燃烧触媒器 2 0 0 は、容器本体 2 0 4 と、容器本体 2 0 4 内に配置された燃烧触媒 2 0 6 と、容器本体 2 0 4 内の燃烧触媒 2 0 6 の前後に配置された一对の環状固定部材 2 0 8 とを備える。

20

【 0 0 6 4 】

容器本体 2 0 4 は、円筒形状を呈しており、蒸発器 1 4 0 の排気ガス流路 1 5 4 の下流側の縁に沿って水平に延びている。また、図 2 に示すように、容器本体 2 0 4 の最下部の高さは、改質器 1 2 0 の最上部の高さよりも高くなっている。

【 0 0 6 5 】

環状固定部材 2 0 8 は、円環状を呈しており、環状固定部材 2 0 8 の外径は燃烧触媒 2 0 6 の直径よりも大径となっている。環状固定部材 2 0 8 は、容器本体 2 0 4 内に嵌め込まれた状態で固定されている。

【 0 0 6 6 】

燃烧触媒 2 0 6 は円柱状を呈しており、容器本体 2 0 4 内に配置されている。燃烧触媒 2 0 6 は、一对の環状固定部材 2 0 8 により前後前後から挟み込まれることにより、容器本体 2 0 4 内に固定されている。図 1 0 は、燃烧触媒の構成を示す図である。同図に示すように、燃烧触媒 2 0 6 はシート状触媒 2 1 0 を巻き上げることにより構成されている。シート状触媒 2 1 0 は一对の上下面 2 1 0 A の間にジグザグに延びる中間材 2 1 0 B が配置されてなる。これら上下面 2 1 0 A 及び中間材 2 1 0 B の表面に触媒が塗布されている。これにより、シート状触媒 2 1 0 は、上下面 2 1 0 A の間に三角形の貫通孔 2 0 6 A が連続して並ぶような構成となっている。このような構成のシート状触媒 2 1 0 が巻き上げられてなる燃烧触媒 2 0 6 は、長手方向に三角形の断面を有する貫通孔 2 0 6 A が隙間なく螺旋状に連続して並ぶ構成となっている。本明細書では、このように複数の連通孔が平行に延びているような構成をハニカム型という。

30

40

【 0 0 6 7 】

このような蒸発器 1 4 0 では、排気管 1 7 1 から供給された排ガスは排気ガス流路 1 5 4 を流れ、排気ガス排出管 8 2 へと排出される。そして、水供給配管 6 2 から蒸発室 1 5 0 に供給された水は、底面 1 4 3 A 1 上を拡がりながら流れる。そして、底面 1 4 3 A 1 を介して排ガスと水との間で熱交換が行われ、水が蒸発して水蒸気が生成される。蒸発室 1 5 0 で発生した水蒸気は、原料供給配管 6 3 から供給された原料ガスとともに混合室 1 5 1 に流れこみ、水蒸気と燃料ガスとが混合されて、混合ガス供給管 1 1 2 へと排出される。

【 0 0 6 8 】

また、排気ガス排出管 8 2 から排出された排ガスは、燃烧触媒器 2 0 0 に供給される。

50

燃焼触媒器 200 に供給された排ガスは、燃焼触媒 206 の貫通孔 206 A 内の内部流路を通り、一酸化炭素等の有害ガス（未燃燃料）が酸化され、排ガス放出管 202 へと排出される。

【0069】

つぎに、図 2 及び図 3 に示すように、改質器 120 は、燃焼室 18 の上方でモジュールケース 8 の長手方向に沿って水平方向に延びるように配置され、モジュールケース 8 の天板 8 a との間に排気ガス誘導部材 130 を介して所定距離隔てられて状態で、天板 8 a に対して固定されている。改質器 120 は、上面視で外形略矩形であるが、中央部に貫通孔 120 b が形成された環状構造体であり、上側ケース 121 と下側ケース 122 とが接合された筐体を有している。この貫通孔 120 b は、天板 8 a に形成された排気口 111 と上面視で重なるように位置し、好ましくは、貫通孔 120 b の中央位置に排気口 111 が形成される。貫通孔 120 b は、上側ケース 121 及び下側ケース 122 の中央に形成された上下方向に延びる環状側壁 121 A、122 A により周囲を囲まれて形成されている。

10

【0070】

改質器 120 の長手方向の一端側（モジュールケース 8 の閉鎖側板 8 e 側）では、上側ケース 121 に設けられた混合ガス供給口 120 a に混合ガス供給管 112 が連結されており、他端側（閉鎖側板 8 d 側）では、燃料ガス供給管 64 が下側ケース 122 に、脱硫器 36 まで延びる水添脱硫器用水素取出管 65 が上側ケース 121 にそれぞれ連結されている。したがって、改質器 120 は、混合ガス供給管 112 から混合ガス（つまり水蒸気が混合された原燃料ガス（改質用空気を含めてもよい））を受け取り、内部で混合ガスを改質し、燃料ガス供給管 64 及び水添脱硫器用水素取出管 65 から改質後のガス（即ち、燃料ガス）を排出するように構成されている。

20

【0071】

図 11 は、図 2 の X I - X I 断面斜視図である。図 12 は、図 2 の X I - X I 断面における改質器の断面図である。図 13 は、図 12 における X I I I - X I I I 断面図である。図 14 は、図 13 における X I V 部を拡大して示す図である。

改質器 120 は、その内部空間が 2 つの仕切り板 123、124 によって 3 つの空間に仕切られることにより、改質器 120 内に、混合ガス供給管 112 からの混合ガスを受入れる混合ガス受入部 120 A と、混合ガスを改質するための改質触媒（図示せず）が充填された触媒充填部 120 B と、触媒充填部 120 B を通過したガスを排出するガス排出部 120 C と、が形成されている（図 2 参照）。触媒充填部 120 B は、仕切り板 123、124 に挟まれた空間であり、この空間に改質触媒が保持されている。混合ガス及び改質後の燃料ガスは、仕切り板 123、124 に設けられた複数の連通孔（スリット）を通過して移動可能となっている。また、改質触媒としては、アルミナの球体表面にニッケルを付与したものや、アルミナの球体表面にルテニウムを付与したものが適宜用いられる。

30

【0072】

改質器 120 の上流側に設けられる仕切り板 123 は、水平方向に延びる水平部 123 A と、水平部 123 A の一方の端縁から上方に延びる鉛直部 123 B とを備える。仕切り板 123 の水平部 123 A の混合ガス供給管 112 側の接続される側（以下、改質器の上流側という）の縁は、改質器 120 を構成する上側ケース 121 の上流側の側壁 121 C と当接している。また、仕切り板 123 の鉛直部 123 B の上端縁は上側ケース 121 の天面 121 B に当接している。仕切り板 123 の水平部 123 A には改質器の長手方向に延びる複数のスリット 123 C が幅方向に等しい間隔を開けて形成されている。

40

【0073】

改質器 120 の下流側に設けられる仕切り板 124 は、一对の側壁部 124 A と、一对の側壁部 124 A の上流側端縁の間を連結する正面壁部 124 B とを備え、上面視においてコの字形を呈している。仕切り板 124 の各側壁部 124 A の下流側の側縁は上側及び下側ケース 121、122 の下流側の側壁 121 D、122 D に当接している。また、仕切り板 124 の上縁及び下縁はそれぞれ上側ケース 121 の天面 121 B 及び下側ケース

50

122の底面122Bに当接している。仕切り板124は、燃料ガス供給管64が接続される下側ケース122の排出口120cの近傍に設けられており、排出口120cは改質器120の内壁と仕切り板124により周囲が包囲されている。

【0074】

一对の側壁部124Aには、複数の開口部（スリット）124Cが形成されている。複数の開口部124Cは水平方向に等しい間隔をあけて鉛直方向に延びている。複数の開口部124Cの幅は等しく、触媒充填部120Bに充填された改質触媒の直径よりも小さくなっている。複数の開口部124Cは下端が等しい高さとなっている。開口部124Cの長さは、下流側ほど長く、上流側ほど短くなっている。すなわち、改質器120の混合ガス供給口120aと排出口120cとを結ぶ最短経路に近いほど、開口部124Cの長さは短く、この最短経路から離間するほど開口部124Cの長さは長くなっている。このような形状の異なる開口部124Cにより、後に詳述するように、原料ガスのガス流の指向性が最短経路から離間するように調整され、原料ガスが触媒充填部120Bの全体にわたって均一に流れることになり、すなわち、これら開口部124Cが流動調整部として機能する。

10

【0075】

なお、本実施形態では、上流側の仕切り板123に形成されたスリット123Cは、長さが等しいものであったが、これに限らず、下流側の仕切り板124と同様に改質器120の混合ガス供給口120aと排出口120cとを結ぶ最短経路に近いほど短くし、この最短経路から離間するほど長くしてもよい。少なくとも上流側又は下流側の仕切り板の何れか一方の開口が上述した構成となっていればよい。

20

【0076】

また、上側ケース121の天面121Bには、上方に向かって突出する複数の上方突出部121Fと、下方に向かって突出する下方突出部121Gが形成されている。上方突出部121F及び下方突出部121Gは幅方向に延びるように、すなわち、改質器120を流れる原料ガスの流れを横切るように形成されている。なお、下方突出部121Gは原料ガスの流れを横切るように形成されていることが好ましいが、上方突出部121Fは必ずしも原料ガスの流れを横切るように形成されている必要はない。また、上方突出部121Fと、下方突出部121Gとは原料ガスが流れる方向に交互に設けられている。本実施形態では、隣接する下方突出部121Gの間と、最下流側の下方突出部121Gと排出口120cの間と、最上流側の下方突出部121Gと混合ガス供給口120aとの間とに上方突出部121Fが形成されている。

30

【0077】

上側ケース121は板状の金属材料をプレス成形することにより形成されている。すなわち、上方突出部121F、下方突出部121G、及び上側ケースの天面121Bのその他の部位とはひと続きに継ぎ目なく形成されている。

【0078】

天面121Bの水平方向に延びる平坦な部分と、上方突出部121Fとの接続部121F1にはR形状が形成されている。接続部121F1のR形状の曲率半径は、改質触媒の半径よりも大きい。また、天面121Bの水平方向に延びる平坦な部分と、下方突出部121Gとの接続部121G1にはR形状が形成されている。接続部121G1のR形状の曲率半径は、改質触媒の半径よりも大きい。

40

【0079】

上方突出部121Fの下方には、天面121Bの平坦面の高さよりも上方に突出する予備触媒空間121F2が形成されている。図13に示す断面視において、予備触媒空間121F2は略台形状を呈しており、上方に向かって幅が狭まっている。すなわち、予備触媒空間121F2は上方に向かって水平方向断面積が小さくなっている。なお、本実施形態では、予備触媒空間121F2は、図13に示す断面視において台形状であるが、これに限らず、半円状や後述するように三角形状としてもよいが、上方に向かって原料ガスが流れる方向の幅が小さくなるような形状が好ましい。

50

【 0 0 8 0 】

触媒充填部 1 2 0 B には、改質触媒が天面 1 2 1 B の下面に接触し、さらに、予備触媒空間 1 2 1 F 2 に入り込むような高さまで充填されている。これにより、例えば、燃料電池装置の設置作業などにより、改質器 1 2 0 に振動が加わり、改質触媒の高さが減少したとしても、予備触媒空間 1 2 1 F 2 内の改質触媒が広がるため、改質触媒が天面 1 2 1 B と接触するまで充填された状態を保つことができる。

【 0 0 8 1 】

混合ガス受入部 1 2 0 A には、蒸発器 1 4 0 から混合ガス供給管 1 1 2 を介して供給された混合ガスが混合ガス供給口 1 2 0 a を通して噴出される。この混合ガスは、混合ガス受入部 1 2 0 A 内で拡張されて噴出速度が低下し、仕切り板 1 2 3 を通過して触媒充填部 1 2 0 B に供給される。

10

触媒充填部 1 2 0 B では、低速で移動する混合ガスが改質触媒により燃料ガスに改質され、この燃料ガスが仕切り板 1 2 4 を通過してガス排出部 1 2 0 C に供給される。

ガス排出部 1 2 0 C では、燃料ガスが燃料ガス供給管 6 4 、及び、水添脱硫器用水素取出管 6 5 へ排出される。

【 0 0 8 2 】

燃料ガス供給通路としての燃料ガス供給管 6 4 は、モジュールケース 8 内を閉鎖側板 8 d に沿って下方へ延び、底板 8 c 付近で略 90° 屈曲されて水平方向に延びて、燃料電池セル集合体 1 2 の下方に形成されたマニホールド 6 6 内へ入り、更にマニホールド 6 6 内で逆側の閉鎖側板 8 e 付近まで水平方向に延びている。燃料ガス供給管 6 4 の水平部 6 4 a の下方面には、複数の燃料供給孔 6 4 b が形成されており、この燃料供給孔 6 4 b から、燃料ガスがマニホールド 6 6 内に供給される。このマニホールド 6 6 の上方には、燃料電池セルスタック 1 4 を支持するための貫通孔を備えた下支持板 6 8 が取り付けられており、マニホールド 6 6 内の燃料ガスが、燃料電池セルユニット 1 6 内に供給される。また、燃料ガスと空気との燃焼を開始するための点火装置 8 3 が、燃焼室 1 8 に設けられている。

20

【 0 0 8 3 】

排気ガス誘導部材 1 3 0 は、改質器 1 2 0 と天板 8 a との間でモジュールケース 8 の長手方向に沿って水平方向に延びるように配置されている。排気ガス誘導部材 1 3 0 は、上下方向に所定距離だけ離間された下部誘導板 1 3 1 及び上部誘導板 1 3 2 と、これらの長手方向の両端部が取り付けられる連結板 1 3 3 , 1 3 4 とを備えている（図 2 , 図 3 参照）。上部誘導板 1 3 2 は、幅方向の両端部が下方に向けて折り曲げられ、下部誘導板 1 3 1 に連結されている。連結板 1 3 3 , 1 3 4 は、上端部が天板 8 a に連結され、下端部が改質器 1 2 0 に連結されており、これにより、排気ガス誘導部材 1 3 0 及び改質器 1 2 0 を天板 8 a に固定している。

30

【 0 0 8 4 】

下部誘導板 1 3 1 は、幅方向（図 3 の左右方向）の中央部が下方に向けて突出する凸状段部 1 3 1 a が形成されている。一方、上部誘導板 1 3 2 は、下部誘導板 1 3 1 と同様に、幅方向の中央部が下方に向けて凹状となるように凹部 1 3 2 a が形成されている。凸状段部 1 3 1 a と凹部 1 3 2 a は、上下方向で並行して長手方向に延びている。混合ガス供給管 1 1 2 は、モジュールケース 8 内でこの凹部 1 3 2 a 内を水平方向に延びた後、閉鎖側板 8 e 付近で下方に向けて屈曲し、上部誘導板 1 3 2 及び下部誘導板 1 3 1 を貫通して、改質器 1 2 0 に連結されている。

40

【 0 0 8 5 】

排気ガス誘導部材 1 3 0 は、上部誘導板 1 3 2 、下部誘導板 1 3 1 、連結板 1 3 3 , 1 3 4 によって、断熱層として機能する内部空間であるガス溜 1 3 5 が形成されている。このガス溜 1 3 5 は、燃焼室 1 8 と流体連通している。すなわち、上部誘導板 1 3 2 、下部誘導板 1 3 1 、連結板 1 3 3 , 1 3 4 は、所定の隙間を形成するように連結されており、気密的には連結されていない。ガス溜 1 3 5 には、運転中に燃焼室 1 8 から排気ガスが流入したり、停止時に外部から空気が流入したりすることが可能となっているが、総じてガ

50

ス溜 1 3 5 の内外間のガスの移動は緩やかである。

【 0 0 8 6 】

上部誘導板 1 3 2 は、天板 8 a と所定の上下方向距離を隔てて配置されており、上部誘導板 1 3 2 と天板 8 a との間には、長手方向及び幅方向に沿って水平方向に延びる排気通路 1 7 2 が形成されている。この排気通路 1 7 2 は、モジュールケース 8 の天板 8 a を挟んで空気通路 1 6 1 a と並設されており、排気通路 1 7 2 内には、空気通路 1 6 1 a , 1 6 1 b 内のプレートフィン 1 6 2 , 1 6 3 と同様なプレートフィン 1 7 5 が配置されている。このプレートフィン 1 7 5 は、プレートフィン 1 6 2 と上面視で略同一箇所に設けられており、天板 8 a を挟んで上下方向に対向している。空気通路 1 6 1 a 及び排気通路 1 7 2 のうち、プレートフィン 1 6 2 , 1 7 5 が設けられた部分において、空気通路 1 6 1 a を流れる発電用空気と排気通路 1 7 2 を流れる排気ガスとの間で効率的な熱交換が行われて、排気ガスの熱により発電用空気が昇温されることとなる。

10

【 0 0 8 7 】

また、改質器 1 2 0 は、モジュールケース 8 の側板 8 b と所定の水平方向距離を隔てて配置されており、改質器 1 2 0 と側板 8 b との間には、排気ガスを下方から上方へ通過させる排気通路 1 7 3 が形成されている。また、排気ガス誘導部材 1 3 0 も側板 8 b と所定の水平方向距離を隔てて配置されており、排気通路 1 7 3 は、排気ガス誘導部材 1 3 0 と側板 8 b との間の通路を含んで天板 8 a まで延びている。排気通路 1 7 3 は、天板 8 a と側板 8 b との角部に位置する排気ガス導入口 1 7 2 a で排気通路 1 7 2 と連通している。この排気ガス導入口 1 7 2 a は、モジュールケース 8 内で長手方向に延びている。

20

【 0 0 8 8 】

さらに、下部誘導板 1 3 1 は、改質器 1 2 0 の上側ケース 1 2 1 の天面から所定の上下方向距離を隔てて配置されており、下部誘導板 1 3 1 と上側ケース 1 2 1 との間、及び、改質器 1 2 0 の貫通孔 1 2 0 b は、貫通孔 1 2 0 b を下方から上方へ向けて通過した排気ガスを通過させる排気通路 1 7 4 を形成している。この排気通路 1 7 4 は、改質器 1 2 0 の上方で排気通路 1 7 3 と合流する。

【 0 0 8 9 】

つぎに、図 1 5 を参照して、燃料電池セルユニット 1 6 について説明する。

図 1 5 は、本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池の燃料電池セルユニットを示す部分断面図である。

30

図 1 5 に示すように、燃料電池セルユニット 1 6 は、燃料電池セル 8 4 と、この燃料電池セル 8 4 の両端部にそれぞれ接続されたキャップである内側電極端子 8 6 とを備えている。

【 0 0 9 0 】

燃料電池セル 8 4 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 8 8 を形成する円筒形の内側電極層 9 0 と、円筒形の外側電極層 9 2 と、内側電極層 9 0 と外側電極層 9 2 との間にある電解質層 9 4 とを備えている。この内側電極層 9 0 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 9 2 は、空気と接触する空気極であり、(+) 極となっている。

【 0 0 9 1 】

40

燃料電池セル 8 4 の上端側と下端側に取り付けられた内側電極端子 8 6 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 8 6 について具体的に説明する。内側電極層 9 0 の上部 9 0 a は、電解質層 9 4 と外側電極層 9 2 に対して露出された外周面 9 0 b と上端面 9 0 c とを備えている。内側電極端子 8 6 は、導電性のシール材 9 6 を介して内側電極層 9 0 の外周面 9 0 b と接続され、さらに、内側電極層 9 0 の上端面 9 0 c とは直接接触することにより、内側電極層 9 0 と電氣的に接続されている。内側電極端子 8 6 の中心部には、内側電極層 9 0 の燃料ガス流路 8 8 と連通する燃料ガス流路細管 9 8 が形成されている。

【 0 0 9 2 】

この燃料ガス流路細管 9 8 は、内側電極端子 8 6 の中心から燃料電池セル 8 4 の軸線方

50

向に延びるように設けられた細長い細管である。このため、マニホールド 66 (図 2 参照) から、下側の内側電極端子 86 の燃料ガス流路細管 98 を通って燃料ガス流路 88 に流入する燃料ガスの流れには、所定の圧力損失が発生する。従って、下側の内側電極端子 86 の燃料ガス流路細管 98 は、流入側流路抵抗部として作用し、その流路抵抗は所定の値となるように設定されている。また、燃料ガス流路 88 から、上側の内側電極端子 86 の燃料ガス流路細管 98 を通って燃焼室 18 (図 2 参照) に流出する燃料ガスの流れにも所定の圧力損失が発生する。従って、上側の内側電極端子 86 の燃料ガス流路細管 98 は、流出側流路抵抗部として作用し、その流路抵抗は所定の値となるように設定されている。

【0093】

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体、Ni と、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。

【0094】

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。

【0095】

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。

【0096】

つぎに、図 16 を参照して、燃料電池セルスタック 14 について説明する。

図 16 は、本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池の燃料電池セルスタックを示す斜視図である。

図 16 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 は、8 本ずつ 2 列に並べて配置されている。

各燃料電池セルユニット 16 は、下端側がセラミック製の長方形の下支持板 68 (図 2 参照) により支持され、上端側は、両端部の燃料電池セルユニット 16 が 4 本ずつ、概ね正方形の 2 枚の上支持板 100 により支持されている。これらの下支持板 68 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。

【0097】

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 と電氣的に接続される燃料極用接続部 102a と、空気極である外側電極層 92 の外周面と電氣的に接続される空気極用接続部 102b とを接続するように一体的に形成されている。また、各燃料電池セルユニット 16 の外側電極層 92 (空気極) の外表面全体には、空気極側の電極として、銀製の薄膜が形成されている。この薄膜の表面に空気極用接続部 102b が接触することにより、集電体 102 は空気極全体と電氣的に接続される。

【0098】

さらに、燃料電池セルスタック 14 の端 (図 6 では左端の奥側) に位置する燃料電池セルユニット 16 の空気極には、2 つの外部端子 104 がそれぞれ接続されている。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 の内側電極端子 86 に接続され、上述したように、128 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。

【 0 0 9 9 】

つぎに、図 1 7 及び図 1 8 を参照して、本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池装置の燃料電池モジュール内のガスの流れについて説明する。

図 1 7 は、図 2 と同様の、本発明の一実施形態による固体酸化物形燃料電池装置の燃料電池モジュールを示す側面断面図であり、図 1 8 は、図 3 と同様の、図 2 の I I I - I I I 線に沿った断面図である。なお、図 1 7 及び図 1 8 は、それぞれ、図 2 及び図 3 中にガスの流れを示す矢印を新たに付加した図である。図中、実線矢印は燃料ガスの流れ、破線矢印は発電用空気の流れ、一点鎖線矢印は排気ガスの流れを示す。

【 0 1 0 0 】

図 1 7 及び図 1 8 に示すように、水及び原燃料ガス（原料ガス）は、蒸発器 1 4 0 の長手方向の一端側に連結された水供給配管 6 2 及び原料供給配管 6 3 から蒸発器 1 4 0 の上層に設けられた蒸発室 1 5 0 内に供給される。蒸発室 1 5 0 に供給された水は、第 1 の容器 1 4 3 の底面 1 4 3 A 1 の上面が粗面として形成されているため、広範囲に拡がる。また、第 1 の容器 1 4 3 の底面 1 4 3 A 1 の上面には、連続溝 1 5 6 が形成されているため、広範囲に拡がる。このようにして広範囲に広がった水は、蒸発器 1 4 0 の下層に設けられた排気ガス流路 1 5 4 を流れる排気ガスにより加熱され水蒸気となる。この際、蒸発室 1 5 0 内にはアルミナボール（熱伝導部材）が充填されているため、排気ガス流路 1 5 4 からの熱がアルミナボールを介して水に伝達される。この水蒸気と、原料供給配管 6 3 から供給された原燃料ガスとが、蒸発室 1 5 0 内を下流方向に流れて行く。

【 0 1 0 1 】

図 1 9 は、蒸発室及び混合室内における水蒸気と原燃料ガスとの流れを示す斜視図である。蒸発室 1 5 0 内で発生した水蒸気と原燃料ガスとは、隔壁 1 4 7 の中央に形成された凹部 1 4 7 A 内を通過して混合室 1 5 1 へと流入する。この際、凹部 1 4 7 A が混合室 1 5 1 に向けて幅が狭くなっているため、凹部 1 4 7 A を通過する際に水蒸気と原燃料ガスとが、より均一に混合される。なお、この際、隔壁 1 4 7 の内側の空間 1 4 7 D に排ガスが入り込むため、水蒸気と原燃料ガスが隔壁 1 4 7 によって加熱される。そして、凹部 1 4 7 A から混合室 1 5 1 の第 1 の空間 1 5 3 A 内に流入した水蒸気と原燃料ガスとは、幅方向両側に分かれて流れる。ここで、上述したように仕切り部材 1 5 2 と混合室 1 5 1 の内壁との間を介した第 1 の空間 1 5 3 A から第 3 の空間 1 5 3 C への圧力損失は、開口部 1 5 2 D を介した第 1 の空間 1 5 3 A から第 2 の底面 1 4 3 A 2 の底面に形成された開口部までの圧力損失よりも高くなっているため、第 1 の空間 1 5 3 A 内に流れこんだ水蒸気と原燃料ガスとは、図 1 9 に実線で示すように、仕切り部材 1 5 2 の開口部 1 5 2 D を通って第 2 の空間 1 5 3 B 内に流れこむ。水蒸気と原燃料ガスとは、このように第 1 の空間 1 5 3 A 及び第 2 の空間 1 5 3 B を流れる間に混合されて、混合ガス供給管 1 1 2 へと排出される。

【 0 1 0 2 】

なお、蒸発室 1 5 0 内において突沸現象が生じた場合には、蒸発室 1 5 0 内に急激に水蒸気が発生し、第 1 の空間 1 5 3 A 内に流れる。そして、このように突沸現象が生じた場合には、一時的に蒸発室 1 5 0 及び混合室 1 5 1 の第 1 の空間 1 5 3 A 内の気圧が高くなる。このように第 1 の空間 1 5 3 A の気圧が高くなると、第 1 の空間 1 5 3 A 内の水蒸気は仕切り部材 1 5 2 の側部と第 1 の容器 1 4 3 の内壁との間の隙間を介して第 3 の空間 1 5 3 C へと流れこむ。これにより、突沸現象が生じた場合であっても、蒸発室 1 5 0 及び混合室 1 5 1 内の圧力の急激な上昇を抑えることができる。

【 0 1 0 3 】

また、図 2 0 は、第 1 の重なり部 1 5 8 A 及び第 2 の重なり部 1 5 8 B の近傍を拡大して示す断面図である。同図に示すように、蒸発器 1 4 0 の第 1 の重なり部 1 5 8 A 及び第 2 の重なり部 1 5 8 B と当接するように、ヒータ 1 5 7 が配置されている。このため、ヒータ 1 5 7 から熱が図中矢印で示すように、第 1 の重なり部 1 5 8 A 及び第 2 の重なり部 1 5 8 B を介して効果的に第 1 の容器 1 4 3 の底面 1 4 3 A 2、第 2 の容器 1 4 4 の底面 1 4 4 A、及び天板 1 4 2 を加熱する。これにより、蒸発室 1 5 0 及び混合室 1 5 1 内の

水蒸気及び原料ガスが加熱される。また、排気ガス流路 1 5 4 内の排ガスも加熱され、この熱が第 1 の容器 1 4 3 の底面 1 4 3 A 2 を介して水蒸気及び原料ガスに伝達されるため、より効率良く、水蒸気及び原料ガスを加熱することができる。

【 0 1 0 4 】

混合ガス供給管 1 1 2 へと排出した混合ガス（燃料ガス）は、混合ガス供給管 1 1 2 を通って、モジュールケース 8 内の改質器 1 2 0 に供給される。混合ガス供給管 1 1 2 は、排気ガス流路 1 5 4 , 排気管 1 7 1 , 及び排気通路 1 7 2 の近傍を順に通過しているため、これらの通路を流れる排気ガスにより、混合ガス供給管 1 1 2 内の混合ガスは更に加熱される。

【 0 1 0 5 】

図 2 1 は改質器内の混合ガスの流れを説明するための図であり、図 2 の X I - X I 断面における改質器の断面図である。また、図 2 2 (A) は改質器の下方突出部における混合ガスの流れを示す鉛直断面図であり、(B) は改質器の上方突出部における混合ガスの流れを示す鉛直断面図である。なお、図 2 2 において、混合ガスの上側ケース 1 2 1 の天面 1 2 1 B に沿った流れを直線で示す。

10

【 0 1 0 6 】

図 2 1 に示すように、混合ガスは、改質器 1 2 0 内の混合ガス受入部 1 2 0 A 内に流入し、ここから仕切り板 1 2 3 のスリット 1 2 3 C を通過して触媒充填部 1 2 0 B に流入する。仕切り板 1 2 3 が改質器 1 2 0 の幅方向全域にわたって延びているため、混合ガスは幅方向全域にわたって拡がった状態で触媒充填部 1 2 0 B に流れ込む。

20

【 0 1 0 7 】

触媒充填部 1 2 0 B に流れこんだ混合ガスは、改質器 1 2 0 の中央部に環状側壁 1 2 1 A、1 2 2 A が設けられているため、この環状側壁 1 2 1 A、1 2 2 A の両側に分岐して流れる。

【 0 1 0 8 】

また、仮に改質器の排出口の仕切り板に形成された開口部が全て同じ長さであったとすると、混合ガスは改質器の混合ガス供給口と排出口とを結ぶ最短経路、すなわち、環状側壁 1 2 1 A、1 2 2 A に沿うような経路に集中して流れる。これに対して、本実施形態では、改質器 1 2 0 の混合ガス供給口 1 2 0 a と排出口 1 2 0 c とを結ぶ最短経路に近いほど、開口部 1 2 4 C の長さが長くなっているため、開口部 1 2 4 C の長さが等しい場合に比べて最短経路に近い経路を流れる混合ガスの流量が低減するとともに、最短経路から離れた経路（すなわち、改質器の側壁に沿うような経路）を流れる混合ガスの流量が増加する。すなわち、ガス流は最短経路から離れるような経路に向かう指向性に調整される。これにより、混合ガスが触媒充填部 1 2 0 B を幅方向に均一に流れる。

30

【 0 1 0 9 】

そして、図 2 2 (A) に矢印で示すように、混合ガスは改質器 1 2 0 の下方突出部 1 2 1 G に当たる部分に到達すると、流路の上方を流れる混合ガスの流動方向は、下方突出部 1 2 1 G により下方に向けられる。これにより、仮に天面 1 2 1 B と改質触媒 1 2 5 との間に隙間が生じて、混合ガスが改質触媒 1 2 5 内を通過する。さらに、下方突出部 1 2 1 G は下方に突出しているため、下方突出部 1 2 1 G と下側ケース 1 2 2 の底面 1 2 2 B との間には、改質触媒 1 2 5 が全断面にわたって充填されている。これにより、下方突出部 1 2 1 G の下方において、混合ガスを確実に改質触媒 1 2 5 に接触させることができる。

40

【 0 1 1 0 】

また、図 2 2 (B) に矢印で示すように、混合ガスは上方突出部 1 2 1 F に当たる部分においても水平方向に流れる。この際、上述した通り、改質触媒 1 2 5 が上方突出部 1 2 1 F 内の予備触媒空間 1 2 1 F 2 まで充填されているため、天面 1 2 1 B と底面 1 2 2 B との間には確実に改質触媒 1 2 5 が充填されている。これにより、混合ガスを確実に改質触媒 1 2 5 と接触させることができる。従って、燃料電池装置の移動等による振動によって天面 1 2 1 B と改質触媒 1 2 5 との間に生じうる隙間の発生を防止し、混合ガスが触媒

50

充填部 120B を確実に通過させることができる。また、改質器 120 内を流れる混合ガスの一部は上方突出部 121F 内の予備触媒空間 121F2 に入り込む。これに対して、本実施形態では、予備触媒空間 121F2 が上方に向かって幅が狭まるような台形状であるため、予備触媒空間 121F2 に入り込んだ混合ガスのリークパスを短くすることができる。

【0111】

このようにして混合ガスが触媒充填部 120B を確実に通過することにより、混合ガスが改質触媒と接触して水素を含有する燃料ガスに改質される。こうして生成された燃料ガスは、仕切り板 124 の開口部 124C を通過して、ガス排出部 120C に流入する。

【0112】

さらに、燃料ガスは、ガス排出部 120C から燃料ガス供給管 64 と水添脱硫器用水素取出管 65 とに分岐する。そして、燃料ガス供給管 64 に流入した燃料ガスは、燃料ガス供給管 64 の水平部 64a に設けられた燃料供給孔 64b からマニホールド 66 内に供給され、マニホールド 66 から各燃料電池セルユニット 16 内に供給される。

【0113】

また、図 17 及び図 18 に示すように、発電用空気は、発電用空気導入管 74 から空気通路 161a に供給される。発電用空気は、空気通路 161a, 161b 内において、プレートフィン 162, 163 を通過する際に、これらプレートフィン 162, 163 の下部のモジュールケース 8 内に形成された排気通路 172, 173 を通過する排気ガスとの間で効率的な熱交換を行い、加熱されることとなる。特に、排気通路 172 内には、空気通路 161a のプレートフィン 162 に対応してプレートフィン 175 が設けられているので、発電用空気は、プレートフィン 162 とプレートフィン 175 とを介して、排気ガスとより効率的な熱交換を行う。この後、発電用空気は、モジュールケース 8 の側板 8b の下部に設けられた複数の吹出口 8f から燃料電池セル集合体 12 に向けて発電室 10 内に噴射される。

【0114】

なお、本実施形態では、燃料電池セル集合体 12 の側方部位には排気通路が形成されていないため、この部位において発電用空気と排気ガスとの間の熱交換は抑制される。したがって、燃料電池セル集合体 12 の側方部位において、空気通路 161b 内の発電用空気に上下方向の温度勾配が生じ難くなっている。

【0115】

また、発電室 10 内で発電に利用されなかった燃料ガスは、図 18 に示すように、燃焼室 18 で燃焼されて排気ガス（燃焼ガス）となり、モジュールケース 8 内を上昇していく。具体的には、排気ガスは、排気通路 173 と排気通路 174 とに分岐して、改質器 120 の外側面とモジュールケース 8 の側板 8b との間、及び、改質器 120 の貫通孔 120b から改質器 120 と排気ガス誘導部材 130 との間をそれぞれ通過する。このとき、排気通路 174 を通過する排気ガスは、改質器 120 の貫通孔 120b の上方に配置された凸状段部 131a によって幅方向に二分され、排気ガス誘導部材 130 の下部に留まることなく排気通路 173 に向けて誘導され、排気通路 173 を流れる排気ガスに素早く合流される。

【0116】

その後、排気ガスは、排気ガス導入口 172a から排気通路 172 に流入する。排気通路 172 内では、排気ガスは、排気通路 172 を水平方向に流れていき、モジュールケース 8 の天板 8a の中央に形成された排気口 111 から流出する。

【0117】

なお、排気ガスが排気通路 173 を上方へ流れていく際に、空気通路 161b 内に設けられたプレートフィン 163 を介して、発電用空気と排気ガスとの間で熱交換が行われる。また、排気ガスが排気通路 172 を水平方向に流れていく際に、排気通路 172 内に設けられたプレートフィン 175 と、このプレートフィン 175 に対応して空気通路 161a 内に設けられたプレートフィン 162 とを介して、発電用空気と排気ガスとの間で効率

10

20

30

40

50

的な熱交換が行われる。このようにして、排気ガスの熱により発電用空気が昇温される。

【0118】

そして、排気口111から流出した排気ガスは、モジュールケース8の外部に設けられた排気管171を通過して蒸発器140の排気ガス流路154に流入する。排気ガス流路154に流入した排気ガスは、排気ガス流路154内を排気ガス排出管82に向かって流れる。この際、排気ガス流路154には、プレートフィン155が設けられているため、より効率良く排気ガスと蒸発室150内の水との熱交換が行われる。

【0119】

また、排気ガス流路154を通る排ガスは、ヒータ157により加熱される。このヒータ157からの熱は、蒸発器140及び排気ガス流路154を介して燃焼触媒器200に伝達される。さらに、排ガスは排気ガス流路154内でヒータ157により加熱され、加熱された排ガスが燃焼触媒器200に流入する。このようにして、ヒータ157の熱が間接的に燃焼触媒器200に伝達され、燃焼触媒206を加熱することができる。

10

【0120】

そして、排気ガス流路154を通過した排気ガスは、排気ガス排出管82に排出され、燃焼触媒器200に流入する。燃焼触媒器200に流入した排気ガスは、燃焼触媒206の貫通孔206Aを通過する。これにより排気ガスに含まれる一酸化炭素などの未燃焼ガス（有害ガス）が触媒と接触し、酸化される。そして、燃焼触媒器200を流通した排気ガスは排ガス放出管202に排出される。

【0121】

なお、上記実施形態では、蒸発室150の底面143A1に図7に示すような連続溝156が形成された場合について説明したが、蒸発室150の底面143A1に形成される連続溝のパターンはこれに限られない。

20

【0122】

図23は別の実施形態による蒸発室150の底面143A1に形成された連続溝256を示す図である。なお、図23における下方が水供給配管62側である。同図に示すように、本実施形態では、第1の容器143の第1の底面143A1上には、正六角形状の突起部256Cが設けられている。これら突起部256Cは、隣接する突起部256Cのそれぞれの辺同士が平行に対向するように配置されており、これにより、突起部256Cの間には正六角形状の溝が網目状に形成される。このような構成により、例えば、図23の中央下方から溝256内に入り込んだ水は、D部において左右に屈曲及び分割され、E部の溝内を直進し、再びD部において屈曲及び分割される。このように、連続溝256に供給された水は、D部における屈曲及び分割と、E部の溝内の直進と、を繰り返すことにより、広域に拡がりながら流れる。

30

【0123】

また、図14を参照して説明したように、上記実施形態では、改質器120の下流側の仕切り板124に鉛直方向に延びる開口部124Cを形成したが、本発明はこれに限られない。

図24(A)及び(B)は、それぞれ別の実施形態の燃料電池装置の改質器の下流側の仕切り板の構成を示す鉛直拡大図である。図24(A)に示すように、この実施形態では、下流側の仕切り板224には水平方向に延びる複数の開口部224Cが高さ方向に等間隔で形成されている。複数の開口部224Cの下流側（図24の左側）の端部は水平方向に略等しい位置となっている。また、開口部224Cは下方ほど長く、上方ほど短くなっている。これにより、改質器120の混合ガス供給口120aと排出口120cとを結ぶ最短経路に近いほど、開口部224Cの割合が少なく、この最短経路から離間するほど開口部224Cの割合が高くなっている。

40

【0124】

また、図24(B)に示すように、この実施形態では、下流側の仕切り板の仕切り板324には、正形状の開口部324Cが縦横に等間隔で形成されている。この実施形態では、下から1列目及び2列目の横列には5個の開口部324Cが並んでおり、下から3列

50

目の横列には４個の開口部３２４Ｃが並んでおり、下から２列目には３個の開口部３２４Ｃが並んでおり、最上列には２個の開口部３２４Ｃが並んでいる。すなわち、この実施形態では、下方ほど上流側まで開口部３２４Ｃが配置されている。これにより、図２４（Ａ）を参照して説明した実施形態と同様に、改質器１２０の混合ガス供給口１２０ａと排出口１２０ｃとを結ぶ最短経路に近いほど、開口部３２４Ｃの割合が少なく、この最短経路から離間するほど開口部３２４Ｃの割合が高くなっている。

【０１２５】

また、上記実施形態では、改質器１２０の上側ケース１２１に形成された上方突出部１２１Ｆが鉛直断面視において台形状の場合について説明したが、本発明はこれに限られない。

10

図２５は別の実施形態の改質器１２０の構成を示す図である。本実施形態では、上方突出部の形状のみが上記実施形態と異なっている。図２５に示す実施形態では、上方突出部２２１Ｆは排ガスの流れに沿った鉛直断面視において三角形形状となっている。これに伴い、予備触媒器空間２２１Ｆ２の形状も三角形形状になっている。このように予備触媒器空間２２１Ｆ２を三角形形状とすることにより、予備触媒器空間２２１Ｆ２を通過する混合ガスの経路をより短くすることができる。

【０１２６】

以上説明したように、上記実施形態によれば以下の効果が奏される。

上記実施形態では、上方突出部１２１Ｆの下方に形成された予備触媒空間１２１Ｆ２を含む空間内に改質触媒が充填されているため、燃料電池装置に振動が加わり改質触媒の嵩高が低下したとしても、予備触媒空間１２１Ｆ２内に位置していた改質触媒が広がるため、改質器１２０の天板と改質触媒との間に隙間が生じるのを防止できる。これにより、燃料電池装置に振動が加わり、改質触媒の嵩高が低下しても、改質効率が低下するのを防止できる。

20

【０１２７】

また、例えば、予備触媒空間が、原料ガスが流れる方向に平行な鉛直断面視において矩形形状であると、予備触媒空間に流れ込んだ原料ガスのリークパスが大きくなってしまふ。これに対して、上記実施形態では、予備触媒空間１２１Ｆ２が、原料ガスが流れる方向に平行な鉛直断面視において、上方に向かって狭まるような形状であるため、矩形形状である場合に比べてリークパスを短くすることができる。

30

【０１２８】

また、上記実施形態では、触媒充填部１２０Ｂには、さらに、原料ガスが流れる方向を横切るように、改質器の天面が部分的に下方に突出する燃料ガス流動規制部としての下方突出部１２１Ｇが形成されている。これにより、仮に触媒充填部１２０Ｂの上部に改質触媒と天板との間に隙間が生じた場合であっても、下方突出部１２１Ｇにより天面に沿って流れる混合ガスの流れが下方に向けて誘導される。これにより、改質効果の低減をより確実に防止できる。また、天面に下方突出部１２１Ｇを形成することにより、改質器１２０の表面積が増加するため、排ガスによる改質器１２０の加熱効率をより向上することができる。

【０１２９】

40

また、上記実施形態では、天面１２１Ｂの水平方向に延びる平坦な部分と、上方突出部１２１Ｆとの接続部１２１Ｆ１、及び、天面１２１Ｂの水平方向に延びる平坦な部分と、下方突出部１２１Ｇとの接続部１２１Ｇ１にはＲ形状が形成されている。これにより、これら接続部１２１Ｆ１、１２１Ｇ１の隅まで高密度に改質触媒を充填することができる。また、上記実施形態によれば、上方突出部１２１Ｆ、下方突出部１２１Ｇ、及び上側ケースの天面１２１Ｂのその他の部位とはひと続きに継ぎ目なく形成されている。これにより、Ｒ形状の接続部１２１Ｆ１、１２１Ｇ１を容易に形成することができる。

【０１３０】

また、上記実施形態において、改質器１２０内の粒状の改質触媒は球状であり、Ｒ形状の曲率半径は、改質触媒の半径よりも大きい。これにより、改質触媒を接続部１２１Ｆ１

50

、 1 2 1 G 1 に隙間なく充填することができる。

【 0 1 3 1 】

また、下方突出部 1 2 1 G が連続して設けられていると、振動が加わり改質触媒の嵩高が減った場合であっても、隣接する下方突出部 1 2 1 G の間には予備触媒空間 1 2 1 F 2 の改質触媒が入り込むことができない。これに対して、上記実施形態では、予備触媒空間 1 2 1 F 2 と、下方突出部 1 2 1 G とが原料ガスが流れる方向に交互に配置されているため、隣接する下方突出部 1 2 1 G の間に予備触媒空間 1 2 1 F 2 が配置され、振動が加わり改質触媒の嵩高が減った場合に隣接する下方突出部 1 2 1 G の間において天板と改質触媒との間に隙間が生じるのを防止できる。

【 符号の説明 】

【 0 1 3 2 】

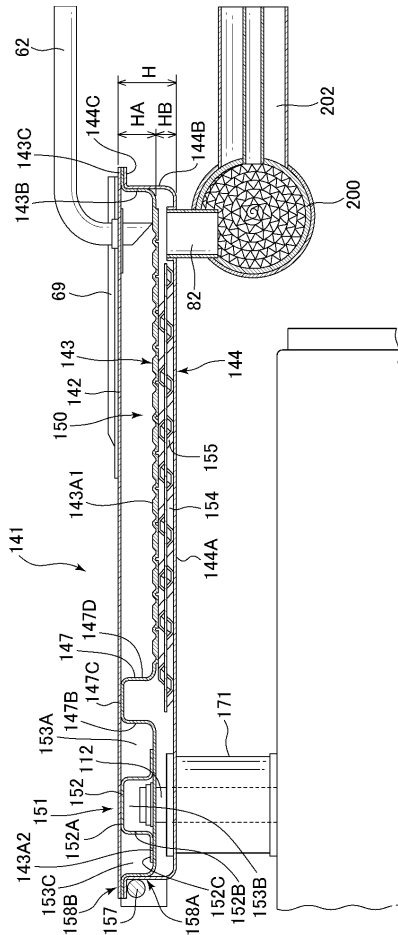
1	固体酸化物形燃料電池装置	
2	燃料電池モジュール	
4	補機ユニット	
6	ハウジング	
7	断熱材	
8	モジュールケース	
8	閉鎖側板	
8 a	天板	
8 b	側板	20
8 c	底板	
8 d	閉鎖側板	
8 e	閉鎖側板	
8 f	吹出口	
1 0	発電室	
1 2	燃料電池セル集合体	
1 3	下部誘導板	
1 4	燃料電池セルスタック	
1 6	燃料電池セルユニット	
1 8	燃焼室	30
2 4	水供給源	
2 6	純水タンク	
2 8	水流量調整ユニット	
3 0	燃料供給源	
3 2	ガス遮断弁	
3 6	脱硫器	
3 8	燃料流量調整ユニット	
3 9	バルブ	
4 0	空気供給源	
4 2	電磁弁	40
4 4	改質用空気流量調整ユニット	
4 5	発電用空気流量調整ユニット	
5 0	温水製造装置	
5 2	制御ボックス	
5 4	インバータ	
6 2	水供給配管	
6 3	原料供給配管	
6 4	燃料ガス供給管	
6 4 a	水平部	
6 4 b	燃料供給孔	50

6 5	水添脱硫器用水素取出管	
6 6	マニホールド	
6 8	下支持板	
6 9	温度センサ	
6 9 A	センサ部	
7 4	発電用空気導入管	
8 2	排気ガス排出管	
8 3	点火装置	
8 4	燃料電池セル	
8 6	内側電極端子	10
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	
9 4	電解質層	
9 6	シール材	
9 8	燃料ガス流路細管	
1 0 0	上支持板	20
1 0 2	集電体	
1 0 2 a	燃料極用接続部	
1 0 2 b	空気極用接続部	
1 0 4	外部端子	
1 1 1	排気口	
1 1 2	混合ガス供給管	
1 2 0	改質器	
1 2 0 A	混合ガス受入部	
1 2 0 B	触媒充填部	
1 2 0 C	ガス排出部	30
1 2 0 a	混合ガス供給口	
1 2 0 b	貫通孔	
1 2 0 c	排出口	
1 2 1	上側ケース	
1 2 1 A	環状側壁	
1 2 1 B	天面	
1 2 1 C	側壁	
1 2 1 D	側壁	
1 2 1 F	上方突出部	
1 2 1 F 2	予備触媒空間	40
1 2 1 G	下方突出部	
1 2 2	下側ケース	
1 2 2 A	環状側壁	
1 2 2 B	底面	
1 2 3	仕切り板	
1 2 3 A	水平部	
1 2 3 B	鉛直部	
1 2 3 C	スリット	
1 2 4	仕切り板	
1 2 4 A	側壁部	50

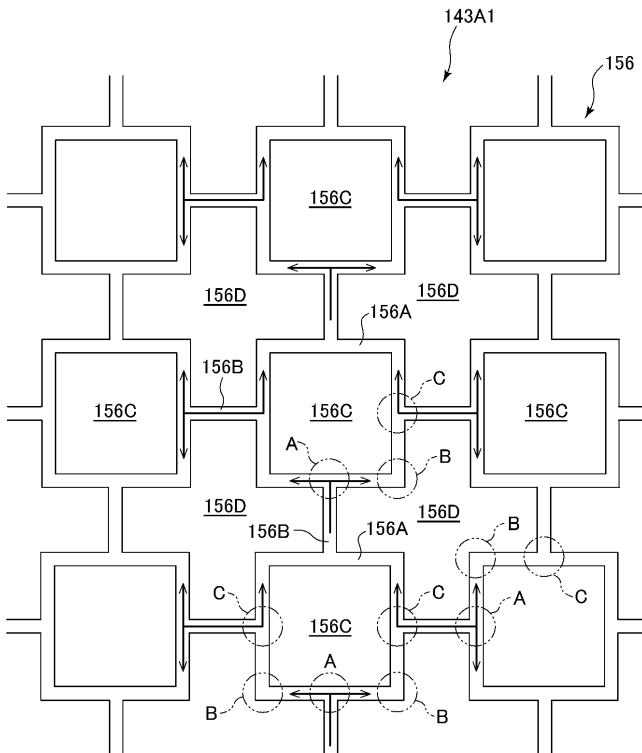
1 2 4 B	正面壁部	
1 2 4 C	開口部	
1 2 5	改質触媒	
1 3 0	排気ガス誘導部材	
1 3 1	下部誘導板	
1 3 1 a	凸状段部	
1 3 2	上部誘導板	
1 3 2 a	凹部	
1 3 3	連結板	
1 3 5	ガス溜	10
1 4 0	蒸発器	
1 4 1	蒸発器ケース	
1 4 2	天板	
1 4 3	第1の容器	
1 4 3 A 1	底面	
1 4 3 A 2	底面	
1 4 3 B	側壁	
1 4 3 C	鍔部	
1 4 4	第2の容器	
1 4 4 A	底面	20
1 4 4 B	側壁	
1 4 4 C	鍔部	
1 4 7	隔壁	
1 4 7 A	凹部	
1 4 7 B	側壁	
1 4 7 C	上面	
1 4 7 D	空間	
1 5 0	蒸発室	
1 5 1	混合室	
1 5 2	仕切り部材	30
1 5 2 A	上面	
1 5 2 B	側壁部	
1 5 2 C	基部	
1 5 2 D	開口部	
1 5 3 A	第1の空間	
1 5 3 B	第2の空間	
1 5 3 C	第3の空間	
1 5 4	排気ガス流路	
1 5 4 A	上部空間	
1 5 4 B	下部空間	40
1 5 5	プレートフィン	
1 5 5 A	本体部	
1 5 5 B	突出部	
1 5 5 B 1	傾斜部	
1 5 5 B 2	連結部	
1 5 5 B 3	通過穴	
1 5 5 B 4	突起部	
1 5 5 C	突出部	
1 5 5 C 1	傾斜部	
1 5 5 C 2	連結部	50

1 5 5 C 3	通過穴	
1 5 6	連続溝	
1 5 6 A	正方形形状の溝	
1 5 6 B	連結溝	
1 5 6 C	突部	
1 5 6 D	突部	
1 5 7	ヒータ	
1 5 8 A	第 1 の重なり部	
1 5 8 B	第 2 の重なり部	
1 6 0	空気通路カバー	10
1 6 0 a	天板	
1 6 0 b	側板	
1 6 1 a	空気通路	
1 6 1 b	空気通路	
1 6 2	プレートフィン	
1 6 3	プレートフィン	
1 6 7	開口部	
1 7 1	排気管	
1 7 2	排気通路	
1 7 2 a	排気ガス導入口	20
1 7 3	排気通路	
1 7 4	排気通路	
1 7 5	プレートフィン	
2 0 0	燃焼触媒器	
2 0 2	排ガス放出管	
2 0 4	容器本体	
2 0 6	燃焼触媒	
2 0 6 A	貫通孔	
2 0 8	環状固定部材	
2 1 0	シート状触媒	30
2 1 0 A	上下面	
2 1 0 B	中間材	
2 2 4 C	開口部	
2 5 6	連続溝	
2 5 6 C	突起部	
3 2 4 C	開口部	

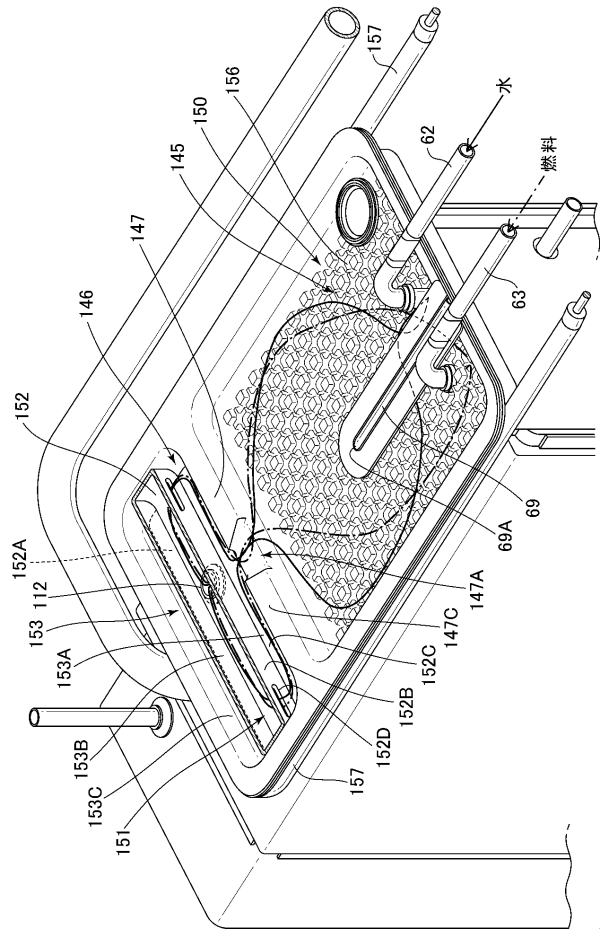
【図 5】



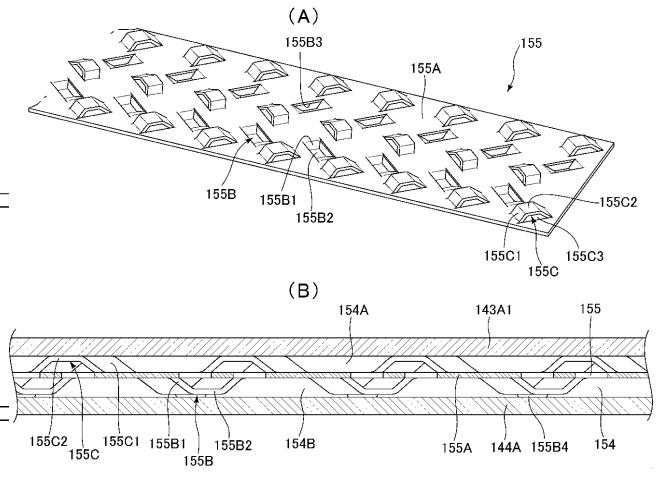
【図 7】



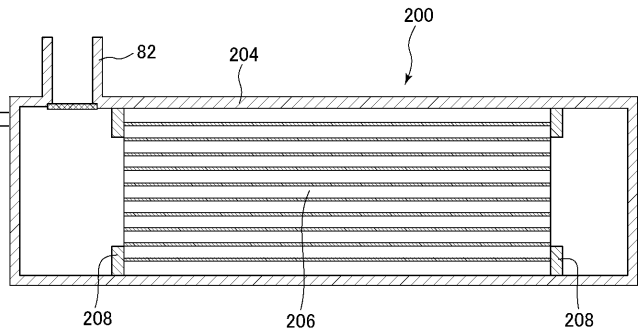
【図 6】



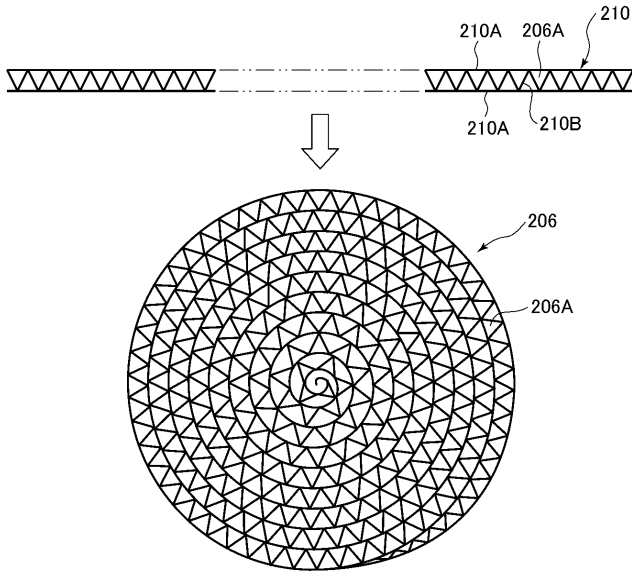
【図 8】



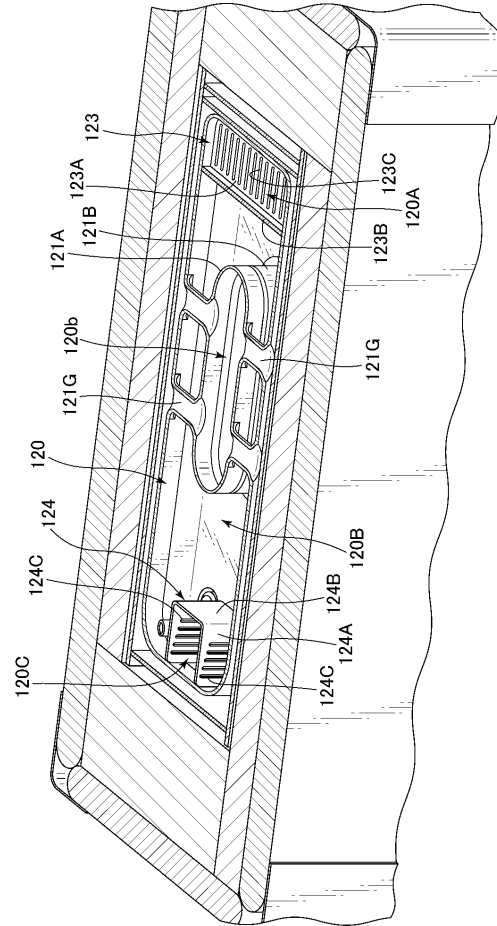
【図 9】



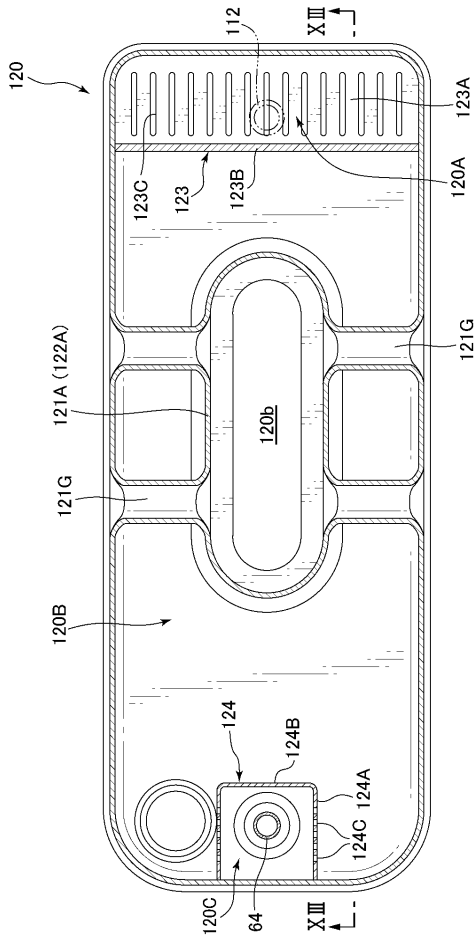
【図 10】



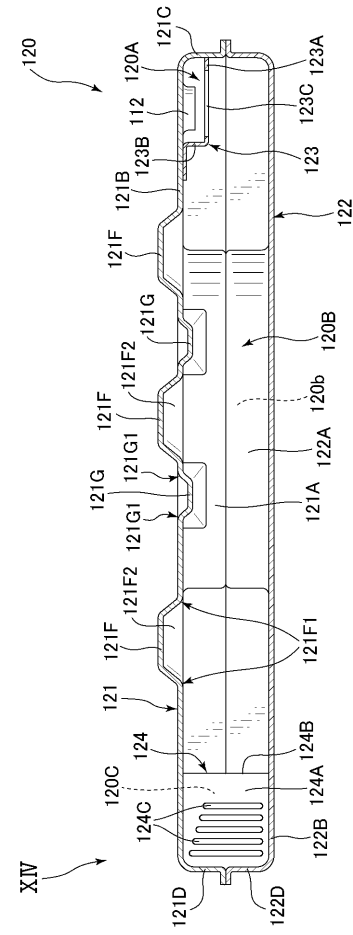
【図 11】



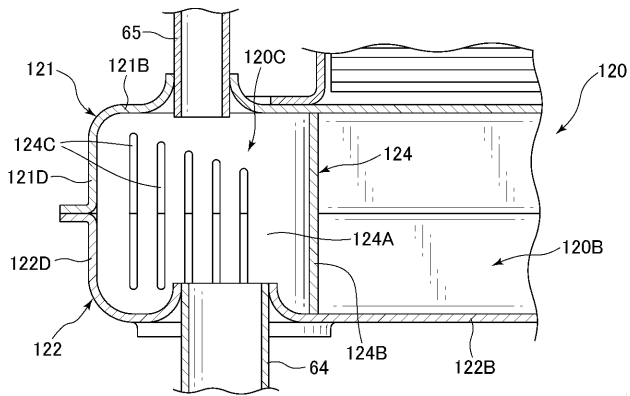
【図 12】



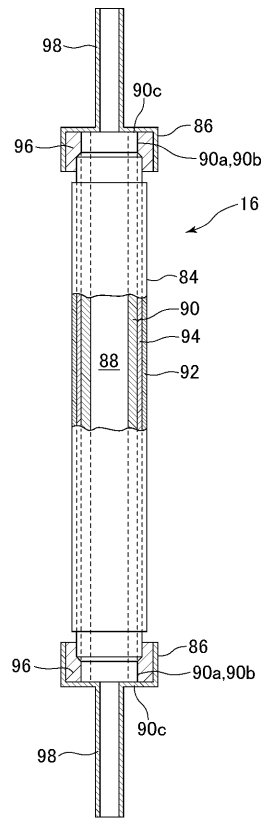
【図 13】



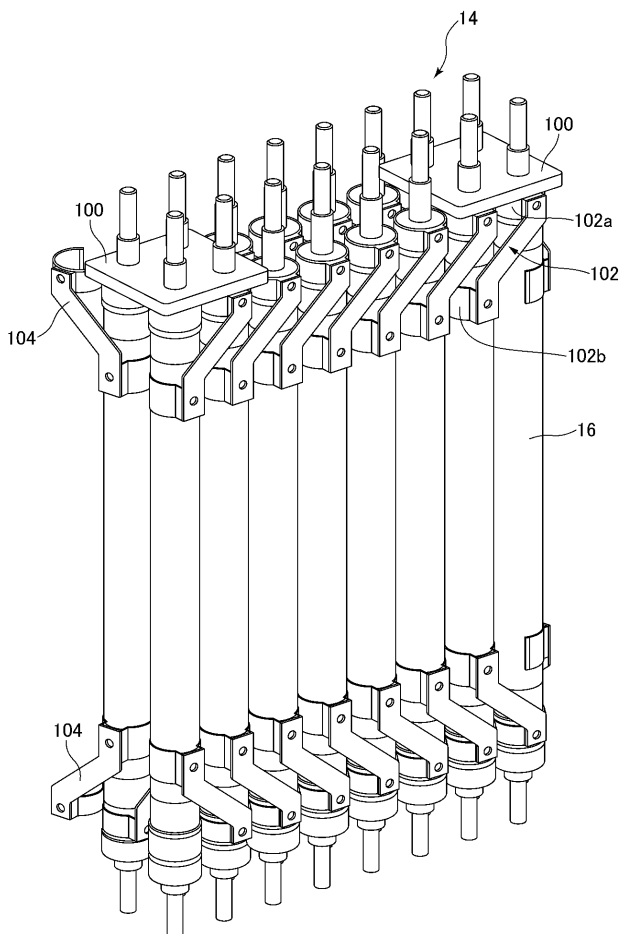
【図 14】



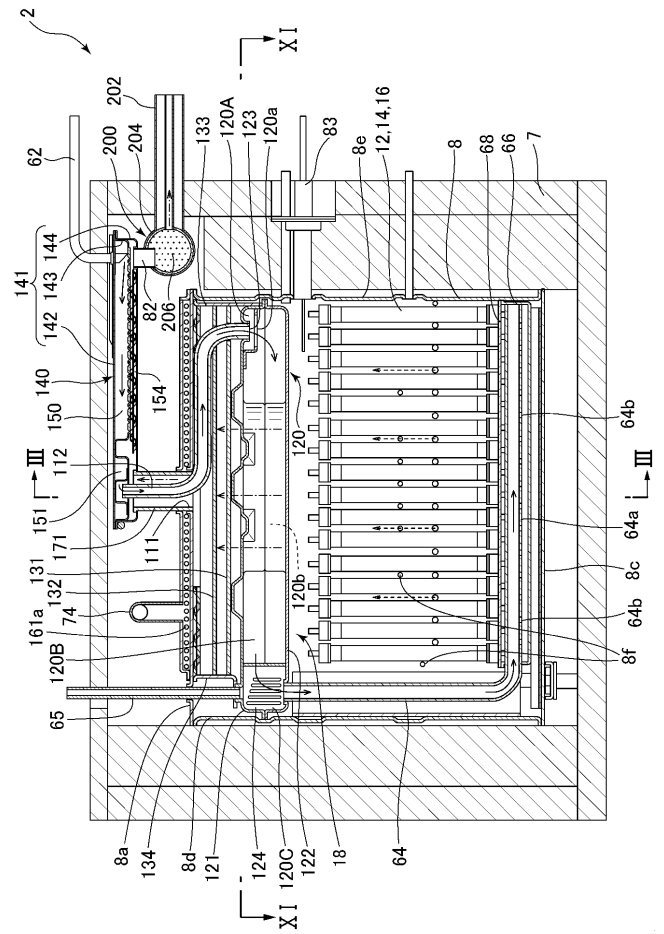
【図 15】



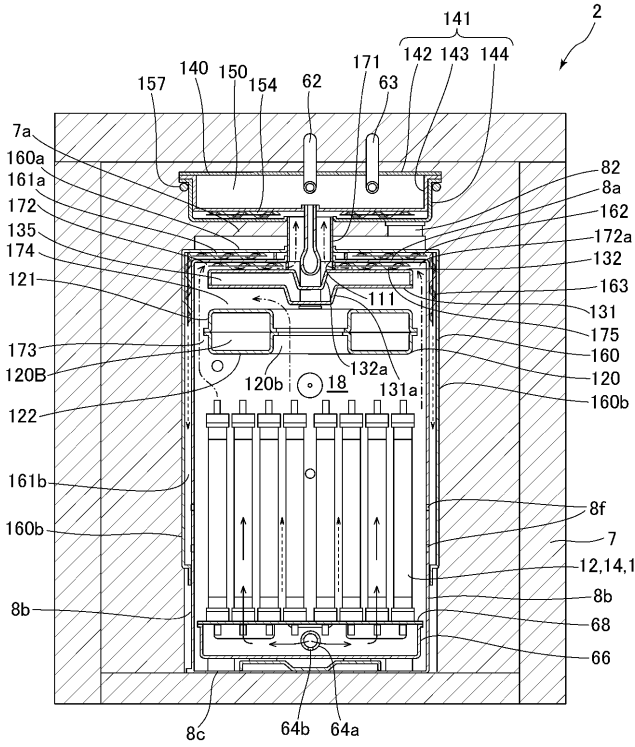
【図 16】



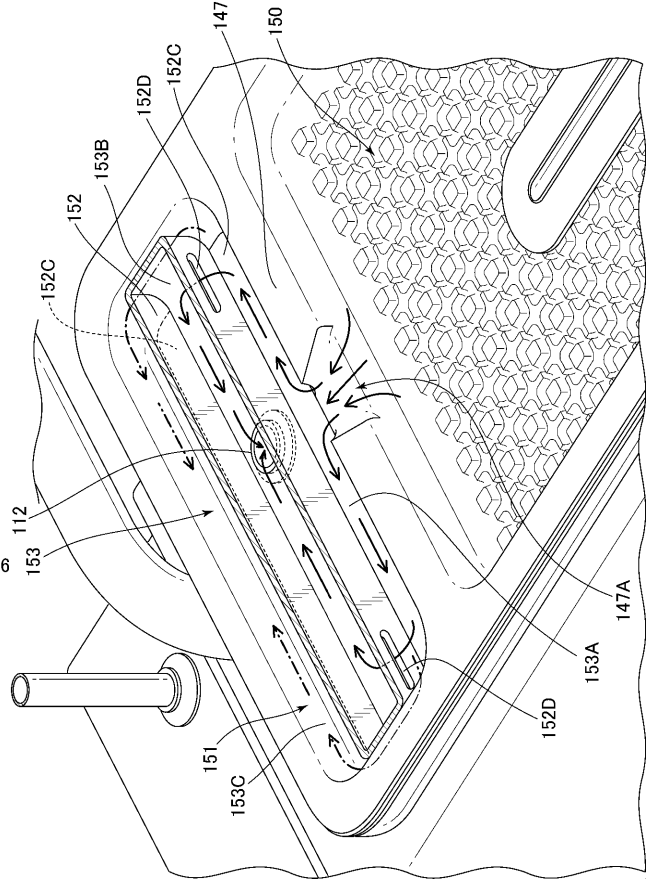
【図 17】



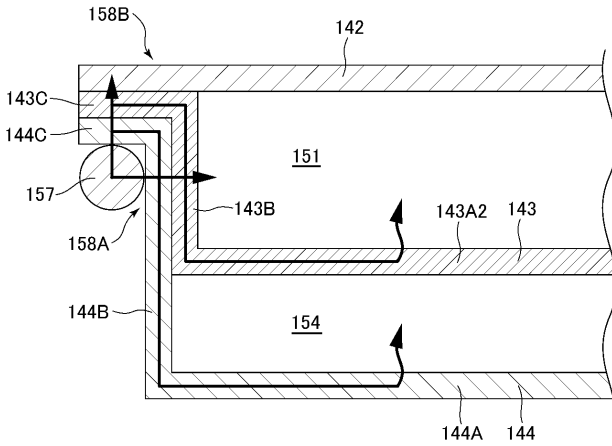
【図 18】



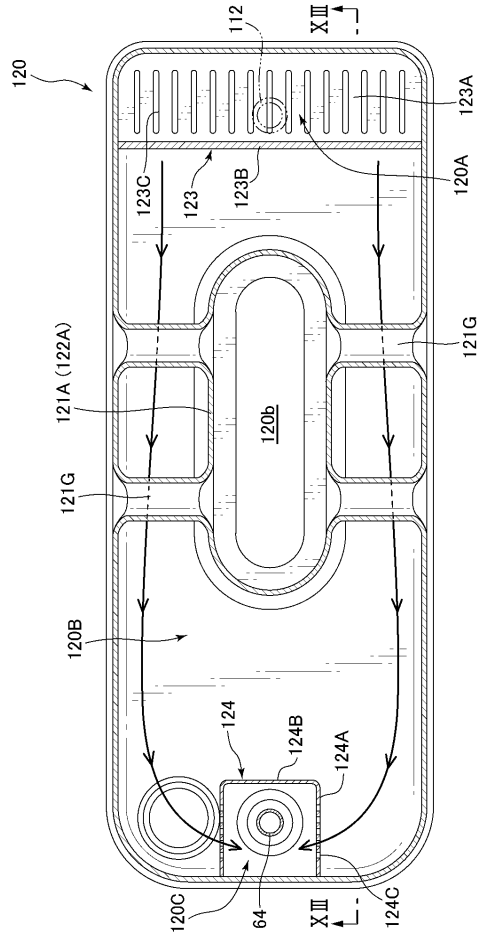
【図 19】



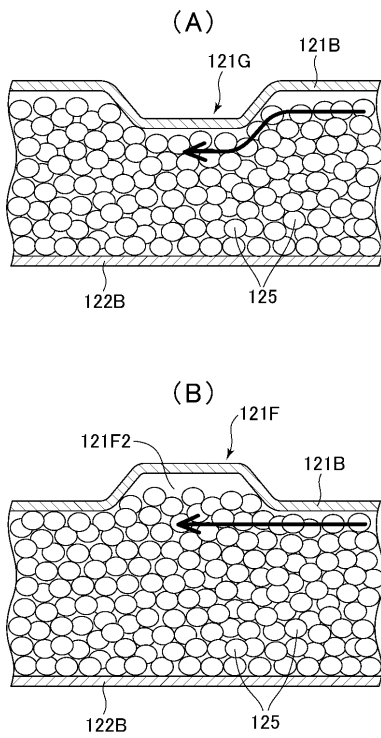
【図 20】



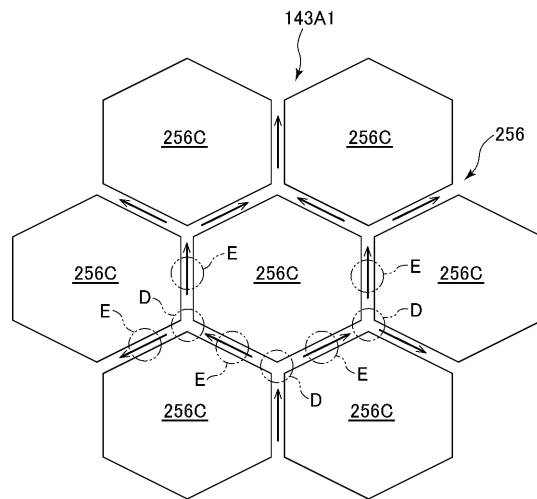
【図 21】



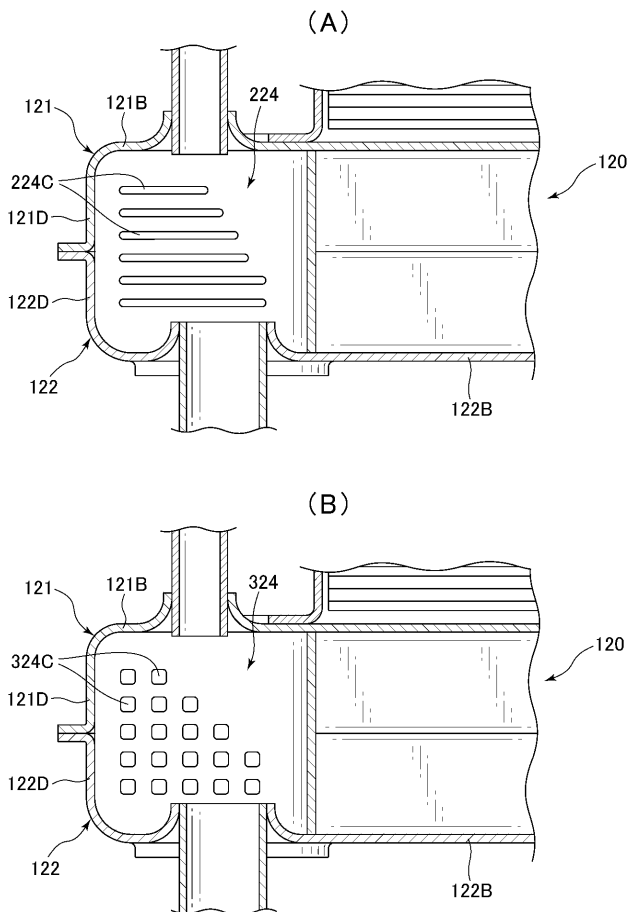
【図 2 2】



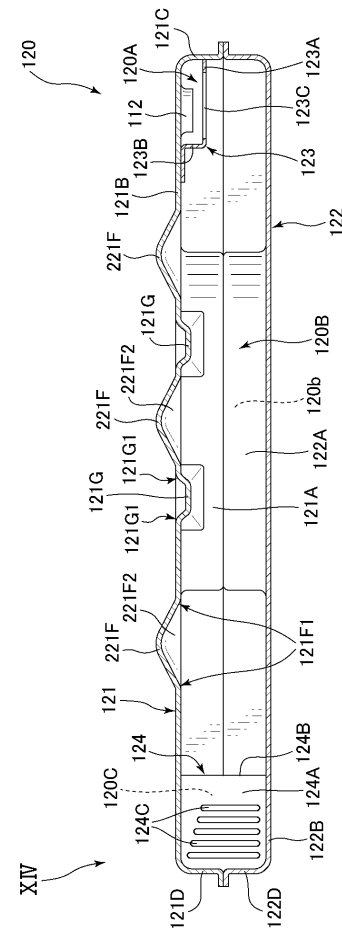
【図 2 3】



【図 2 4】



【図 2 5】



フロントページの続き

(74)代理人 100170634

弁理士 山本 航介

(72)発明者 松尾 卓哉

福岡県北九州市小倉北区中島 2 丁目 1 番 1 号 T O T O 株式会社内

(72)発明者 坪井 文雄

福岡県北九州市小倉北区中島 2 丁目 1 番 1 号 T O T O 株式会社内

F ターム(参考) 4G140 EA06 EB13 EB23 EC08

5H026 AA06

5H126 BB06

5H127 AA07 AB02 AC07 AC15 BA05 BA13 BA18 BA34 BA37 BA47

BA48 BA57 BA59 BB02 BB12 BB19 BB27 BB28 BB37 BB39

EE03 EE12 EE15 EE29 GG04 GG09