

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6280384号
(P6280384)

(45) 発行日 平成30年2月14日 (2018. 2. 14)

(24) 登録日 平成30年1月26日 (2018. 1. 26)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 M 8/04 (2016. 01)	HO 1 M 8/04 Z
HO 1 M 8/12 (2016. 01)	HO 1 M 8/12
	HO 1 M 8/04 J

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2014-25009 (P2014-25009)	(73) 特許権者	000005326
(22) 出願日	平成26年2月13日 (2014. 2. 13)		本田技研工業株式会社
(65) 公開番号	特開2015-153540 (P2015-153540A)		東京都港区南青山二丁目1番1号
(43) 公開日	平成27年8月24日 (2015. 8. 24)	(74) 代理人	100077665
審査請求日	平成28年11月29日 (2016. 11. 29)		弁理士 千葉 剛宏
		(74) 代理人	100116676
			弁理士 宮寺 利幸
		(74) 代理人	100149261
			弁理士 大内 秀治
		(74) 代理人	100136548
			弁理士 仲宗根 康晴
		(74) 代理人	100136641
			弁理士 坂井 志郎
		(74) 代理人	100169225
			弁理士 山野 明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池モジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料ガスと酸化剤ガスとの電気化学反応により発電する平板積層型の燃料電池を複数積層した燃料電池スタックと、

第1 燃焼ガスとの熱交換により前記酸化剤ガスを昇温させるとともに、前記燃料電池スタックに前記酸化剤ガスを供給する第1 熱交換器と、

前記燃料電池スタックから排出される前記燃料ガスである燃料排ガスと前記酸化剤ガスである酸化剤排ガスを燃焼させ、前記第1 燃焼ガスを発生させるとともに、該第1 燃焼ガスを前記第1 熱交換器に供給する排ガス燃焼器と、

第2 燃焼ガスとの熱交換により前記酸化剤ガスを昇温させるとともに、前記燃料電池スタックに前記酸化剤ガスを供給する第2 熱交換器と、

原燃料と前記酸化剤ガスを燃焼させて前記第2 燃焼ガスを発生させるとともに、該第2 燃焼ガスを前記第2 熱交換器に供給する起動用燃焼器と、

を備え、

前記燃料電池スタックの燃料電池積層方向一端には、前記第1 熱交換器及び前記排ガス燃焼器が配設される一方、

前記燃料電池スタックの燃料電池積層方向他端には、前記第2 熱交換器及び前記起動用燃焼器が配設されることを特徴とする燃料電池モジュール。

【請求項 2】

請求項 1 記載の燃料電池モジュールにおいて、前記第1 熱交換器から排出された前記酸

10

20

化剤ガスを流通させる第1酸化剤ガス流通通路と、

前記第2熱交換器から排出された前記酸化剤ガスを流通させる第2酸化剤ガス流通通路と、

前記第1酸化剤ガス流通通路と前記第2酸化剤ガス流通通路とを合流させるとともに、前記燃料電池スタックの上流側に連通する合流部と、

を備えることを特徴とする燃料電池モジュール。

【請求項3】

請求項2記載の燃料電池モジュールにおいて、前記第1酸化剤ガス流通通路又は前記第2酸化剤ガス流通通路は、前記燃料電池スタックの燃料電池積層方向に延在する積層方向側部に沿って設けられることを特徴とする燃料電池モジュール。

10

【請求項4】

請求項1～3のいずれか1項に記載の燃料電池モジュールにおいて、前記燃料電池モジュールは、固体酸化物形燃料電池モジュールであることを特徴とする燃料電池モジュール。

【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の電気化学反応により発電する平板積層型の燃料電池を複数積層した燃料電池スタックを備える燃料電池モジュールに関する。

【背景技術】

20

【0002】

通常、固体酸化物形燃料電池(SOFC)は、固体電解質に酸化物イオン導電体、例えば、安定化ジルコニアを用いている。固体電解質の両側にアノード電極及びカソード電極を配設した電解質・電極接合体(MEA)は、セパレータ(バイポーラ板)によって挟持されている。この燃料電池は、通常、電解質・電極接合体とセパレータとが所定数だけ積層された燃料電池スタックとして使用されている。

【0003】

この種の燃料電池スタックを組み込むシステムとして、例えば、特許文献1に開示された燃料電池バッテリーが知られている。この燃料電池バッテリーは、図6に示すように、燃料電池スタック1aを備えるとともに、前記燃料電池スタック1aの一端側には、断熱スリーブ2aが取り付けられている。断熱スリーブ2aの内部には、熱交換装置3aが反応装置4a内に組み込まれて配置している。

30

【0004】

反応装置4aでは、液体燃料の処理として、水を使用しない部分酸化による改質が行われている。液体燃料は、排ガスにより蒸発された後、熱交換装置3aの一部である送り込み位置5aを通過している。その際、燃料は、排ガスにより加熱された酸素搬送ガスと接触することにより、部分酸化による改質が行われた後、燃料電池スタック1aに供給されている。

【0005】

また、特許文献2に開示された固体酸化物燃料電池は、図7に示すように、電池コア1bを内装して熱交換器2bが設けられている。そして、熱交換器2bは、排熱によりカソードエアを昇温している。

40

【0006】

さらに、特許文献3に開示された燃料電池システムは、図8に示すように、鉛直円柱状の第1領域1c、その外周側に環状の第2領域2c、その外周側に環状の第3領域3c、その外周側に環状の第4領域4cを有している。

【0007】

第1領域1cには、バーナ5cが設けられるとともに、第2領域2cには、改質管6cが設けられている。第3領域3cには、水蒸発器7cが設けられ、第4領域4cには、CO変成器8cが設けられている。

50

【0008】

さらにまた、特許文献4に開示された固体酸化物形燃料電池発電システムでは、図9に示すように、発電セル1dが多数接続された電池スタック2dを備えている。燃料電池発電システムは、電池スタック2dから排出されたガスを用いて燃焼を行う燃焼室3d、及び前記燃焼室3dから発生する燃焼排ガスにより空気を予熱する空気予熱器4dを備えている。燃料電池発電システムは、さらに空気予熱器4dで加熱された空気を発電セル1dの空気極に分配する空気マニホールド5d、及び前記空気マニホールド5dに接続された昇温用補助燃焼装置6dを備えている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0009】

【特許文献1】特開2001-236980号公報

【特許文献2】特表2010-504607号公報

【特許文献3】特開2004-288434号公報

【特許文献4】特開2009-99264号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

ところで、上記の特許文献1では、燃料電池スタック1aの積層方向一端に熱交換装置3aが反応装置4a内に組み込まれて配置される一方、前記燃料電池スタック1aの積層方向他端は、外部雰囲気に曝されている。このため、燃料電池スタック1aは、積層方向に沿って温度分布及び電圧差が惹起され易く、発電効率が低下するという問題がある。

20

【0011】

また、上記の特許文献2では、熱交換器2bが電池コア1bと同心状に配置されている。従って、電池コア1bの積層方向両端を良好に昇温させることが困難であり、積層方向に沿って温度分布及び電圧差が惹起され易く、発電効率が低下するという問題がある。

【0012】

さらに、上記の特許文献3では、燃料電池スタックの積層方向両端に加熱手段が設けられていない。これにより、積層方向に沿って温度分布及び電圧差が惹起され易く、発電効率が低下するという問題がある。

30

【0013】

さらにまた、上記の特許文献4では、電池スタック2dの発電セル積層方向に交差する側部側に、燃焼室3d及び昇温用補助燃焼装置6dが配置されている。このため、電池スタック2dの積層方向に沿って温度分布及び電圧差が惹起され易く、発電効率が低下するという問題がある。

【0014】

本発明は、この種の問題を解決するものであり、燃料電池スタックの積層方向の温度分布及び電圧差を均一化させることができ、発電効率の向上を図るとともに、熱効率及び熱自立を促進させることが可能な燃料電池モジュール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】

40

【0015】

本発明に係る燃料電池モジュールは、燃料電池スタック、第1熱交換器、排ガス燃焼器、第2熱交換器及び起動用燃焼器を備えている。燃料電池スタックは、燃料ガスと酸化剤ガスとの電気化学反応により発電する平板積層型の燃料電池を複数積層している。第1熱交換器は、第1燃焼ガスとの熱交換により酸化剤ガスを昇温させるとともに、燃料電池スタックに前記酸化剤ガスを供給している。排ガス燃焼器は、燃料電池スタックから排出される燃料ガスである燃料排ガスと酸化剤ガスである酸化剤排ガスを燃焼させ、第1燃焼ガスを発生させるとともに、該第1燃焼ガスを第1熱交換器に供給している。

【0016】

第2熱交換器は、第2燃焼ガスとの熱交換により酸化剤ガスを昇温させるとともに、燃

50

料電池スタックに前記酸化剤ガスを供給している。起動用燃焼器は、原燃料と酸化剤ガスとを燃焼させて第2燃焼ガスを発生させるとともに、該第2燃焼ガスを第2熱交換器に供給している。

【0017】

そして、燃料電池スタックの燃料電池積層方向一端には、第1熱交換器及び排ガス燃焼器が配設される一方、前記燃料電池スタックの燃料電池積層方向他端には、第2熱交換器及び起動用燃焼器が配設されている。

【0018】

また、この燃料電池モジュールでは、第1熱交換器から排出された酸化剤ガスを流通させる第1酸化剤ガス流通通路と、第2熱交換器から排出された前記酸化剤ガスを流通させる第2酸化剤ガス流通通路とを備えることが好ましい。その際、第1酸化剤ガス流通通路と第2酸化剤ガス流通通路とは、合流部により合流されるとともに、前記合流部は、燃料電池スタックの上流側に連通することが好ましい。

10

【0019】

このため、第1酸化剤ガス流通通路及び第2酸化剤ガス流通通路を流通した各酸化剤ガスに温度差が発生しても、燃料電池スタックに供給される前に合流させることができる。従って、簡単な構成で、燃料電池スタックの温度管理を迅速に遂行することが可能になる。

【0020】

例えば、昇温時には、各燃焼器で昇温されて第1酸化剤ガス流通通路及び第2酸化剤ガス流通通路を流通した酸化剤ガスは、合流部で合流して燃料電池スタックに供給される。これにより、燃料電池スタックの起動時間を短縮させることができる。一方、冷却時には、排ガス燃焼器で昇温されて第1酸化剤ガス流通通路を流通した酸化剤ガスと、昇温されずに第2酸化剤ガス流通通路を流通した酸化剤ガスとは、合流部で合流される。このため、酸化剤ガスは、良好に降温されて燃料電池スタックに供給され、前記燃料電池スタックの停止時間を短縮させることが可能になる。

20

【0021】

従って、燃料電池スタックの積層方向の温度分布及び電圧差を均一化させることができ、発電効率の向上を図ることが可能になる。

【0022】

さらに、この燃料電池モジュールでは、第1酸化剤ガス流通通路又は第2酸化剤ガス流通通路は、燃料電池スタックの燃料電池積層方向に延在する積層方向側部に沿って設けられることが好ましい。これにより、第1酸化剤ガス流通通路又は第2酸化剤ガス流通通路を流通する酸化剤ガスの放熱を有効に抑制することができる。

30

【0023】

さらにまた、この燃料電池モジュールは、固体酸化物形燃料電池モジュールであることが好ましい。このため、特にSOFC等の高温型燃料電池に最適である。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、燃料電池スタックの燃料電池積層方向一端には、第1熱交換器及び排ガス燃焼器が配設される一方、前記燃料電池スタックの燃料電池積層方向他端には、第2熱交換器及び起動用燃焼器が配設されている。従って、燃料電池スタックの積層方向の温度分布及び電圧差を均一化させることができ、発電効率の向上を図ることが可能になる。

40

【0025】

しかも、燃料電池スタックの燃料電池積層方向両端からの放熱を抑制することができる。これにより、熱効率の向上が図られて熱自立が良好に促進される。ここで、熱自立とは、外部から熱を加えることなく自ら発生する熱のみで燃料電池の動作温度を維持することをいう。

【図面の簡単な説明】

【0026】

50

【図１】本発明の実施形態に係る燃料電池モジュールが組み込まれる燃料電池システムの概略構成説明図である。

【図２】前記燃料電池モジュールを構成するＦＣ周辺機器の斜視説明図である。

【図３】前記ＦＣ周辺機器の断面説明図である。

【図４】前記ＦＣ周辺機器の断面平面図である。

【図５】前記ＦＣ周辺機器の要部断面側面図である。

【図６】特許文献１に開示されている燃料電池バッテリーの概略説明図である。

【図７】特許文献２に開示されている固体酸化物燃料電池の一部切り欠き斜視説明図である。

【図８】特許文献３に開示されている燃料電池システムの概略説明図である。

10

【図９】特許文献４に開示されている固体酸化物形燃料電池発電システムの概略説明図である。

【発明を実施するための形態】

【００２７】

図１に示すように、燃料電池システム１０は、本発明の実施形態に係る燃料電池モジュール（ＳＯＦＣモジュール）１２を組み込むとともに、定置用の他、車載用等の種々の用途に用いられる。

【００２８】

燃料電池モジュール１２は、燃料ガス（水素ガスにメタン、一酸化炭素が混合した気体）と酸化剤ガス（空気）との電気化学反応により発電する。燃料電池システム１０は、さらに原燃料供給装置（燃料ガスパンプを含む）１４、酸化剤ガス供給装置（空気ポンプを含む）１６、水供給装置（水ポンプを含む）１８及び制御装置２０を備える。

20

【００２９】

原燃料供給装置１４は、燃料電池モジュール１２に原燃料（例えば、都市ガス）を供給するとともに、酸化剤ガス供給装置１６は、前記燃料電池モジュール１２に酸化剤ガスを供給する。水供給装置１８は、燃料電池モジュール１２に水を供給する一方、制御装置２０は、前記燃料電池モジュール１２の発電量を制御する。

【００３０】

燃料電池モジュール１２は、複数の固体酸化物形の平板積層型燃料電池２２が、鉛直方向（又は水平方向）に積層される固体酸化物形の燃料電池スタック２４を備える。燃料電池２２は、例えば、安定化ジルコニア等の酸化物イオン導電体で構成される電解質２６の両面に、カソード電極２８及びアノード電極３０が設けられた平板状の電解質・電極接合体（ＭＥＡ）３２を備える。

30

【００３１】

電解質・電極接合体３２の両側には、平板状のカソード側セパレータ３４と平板状のアノード側セパレータ３６とが配設される。カソード側セパレータ３４には、カソード電極２８に酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス流路３８が形成されるとともに、アノード側セパレータ３６には、アノード電極３０に燃料ガスを供給する燃料ガス流路４０が形成される。なお、燃料電池２２としては、従来より使用されている種々の平板積層型ＳＯＦＣを用いることができる。

40

【００３２】

燃料電池２２は、作動温度が数百℃と高温であり、アノード電極３０では、燃料ガス中のメタンが改質されて水素、ＣＯが得られ、この水素、ＣＯが電解質２６の前記アノード電極３０側に供給される。

【００３３】

燃料電池スタック２４には、各酸化剤ガス流路３８の入口側に一体に連通する酸化剤ガス入口連通孔４２ａ、及び前記酸化剤ガス流路３８の出口側に一体に連通する酸化剤ガス出口連通孔４２ｂが設けられる。燃料電池スタック２４には、さらに各燃料ガス流路４０の入口側に一体に連通する燃料ガス入口連通孔４４ａ、及び前記燃料ガス流路４０の出口側に一体に連通する燃料ガス出口連通孔４４ｂが設けられる。

50

【0034】

燃料電池モジュール12は、改質器46、蒸発器48、第1熱交換器50、排ガス燃焼器52、第2熱交換器54及び起動用燃焼器55を備える。改質器46は、炭化水素を主体とする原燃料（例えば、都市ガス）と水蒸気との混合ガスを改質し、燃料電池スタック24に供給される燃料ガスを生成する。蒸発器48は、水を蒸発させるとともに、水蒸気を改質器46に供給する。

【0035】

第1熱交換器50は、第1燃焼ガスとの熱交換により酸化剤ガスを昇温させるとともに、燃料電池スタック24に前記酸化剤ガスを供給する。排ガス燃焼器52は、燃料電池スタック24から排出される第1燃料ガスである燃料排ガスと酸化剤ガスである酸化剤排ガスとを燃焼させ、前記第1燃焼ガスを発生させるとともに、該第1燃焼ガスを第1熱交換器50に供給する。

10

【0036】

第2熱交換器54は、必要に応じて第2燃焼ガスとの熱交換により酸化剤ガスを昇温させるとともに、燃料電池スタック24に前記酸化剤ガスを供給する。起動用燃焼器55は、原燃料と酸化剤ガスとを燃焼させて第2燃焼ガスを発生させるとともに、該第2燃焼ガスを第2熱交換器54に供給する。

【0037】

図2及び図3に示すように、燃料電池スタック24の燃料電池積層方向一端には、第1熱交換器50及び排ガス燃焼器52が配設される。燃料電池スタック24の燃料電池積層方向他端には、第2熱交換器54及び起動用燃焼器55が配設される。

20

【0038】

燃料電池モジュール12は、基本的には、燃料電池スタック24とFC周辺機器（BOP）56とにより構成される（図1及び図2参照）。FC周辺機器56は、改質器46、蒸発器48、第1熱交換器50、排ガス燃焼器52、第2熱交換器54及び起動用燃焼器55を備える。

【0039】

図3に示すように、FC周辺機器56は、排ガス燃焼器52が構成される第1領域R1と、改質器46及び蒸発器48が構成されるとともに、前記第1領域R1を環状に周回する第2領域R2とを備える。第1領域R1と第2領域R2との間には、円筒形状の第1仕切り板57aが配設され、前記第1仕切り板57aの上部には、開口部57aaが形成される。

30

【0040】

FC周辺機器56は、第1熱交換器50が構成されるとともに、第2領域R2を環状に周回する第3領域R3を備える。第2領域R2と第3領域R3との間には、円筒形状の第2仕切り板57b及び第3仕切り板57cが配設される。第2仕切り板57bの下部には、開口部57baが形成される一方、第3仕切り板57cの上部には、開口部57caが形成される。第3領域R3の外周には、外壁を構成する円筒状の外周部材58が配設される。

【0041】

外周部材58の周囲には、必要に応じて断熱用筐体60aが設けられる。筐体60a上には、断熱用上部筐体60bが必要に応じて設けられるとともに、前記筐体60b内には、第2熱交換器54及び起動用燃焼器55が構成される第4領域R4が設けられる。

40

【0042】

排ガス燃焼器52は、外筒部材62aと、前記外筒部材62aの内周面から所定の間隔を有して配置される内筒部材62bとを有する。外筒部材62aは、ケーシング部材64を介して連結板66に固定されるとともに、前記連結板66は、燃料電池スタック24に固定される。内筒部材62bは、連結板66に直接固定される。

【0043】

連結板66には、酸化剤ガス出口連通孔42bに連通孔する酸化剤排ガス通路68と、

50

燃料ガス出口連通孔 4 4 b に連通孔する燃料排ガス通路 7 0 とが形成される (図 1 参照)。図 3 に示すように、酸化剤排ガス通路 6 8 は、ケーシング部材 6 4、連結板 6 6 及び内筒部材 6 2 b の外周により形成される酸化剤排ガス室 7 2 に連通する。燃料排ガス通路 7 0 は、内筒部材 6 2 b 内に形成される燃料排ガス室 7 4 に連通する。

【0044】

外筒部材 6 2 a 及び内筒部材 6 2 b の先端部では、燃料ガス (具体的には、燃料排ガス) と酸化剤ガス (具体的には、酸化剤排ガス) との燃焼反応により、第 1 燃焼ガスが生成される。第 1 領域 R 1 には、排ガス燃焼器 5 2 の先方に配置され、第 1 燃焼ガスを生成するための点火ヒータ 7 5 が設けられる。

【0045】

改質器 4 6 は、都市ガス (原燃料) 中に含まれるエタン (C_2H_6)、プロパン (C_3H_8) 及びブタン (C_4H_{10}) 等の高級炭化水素 (C_{2+}) を、主としてメタン (CH_4)、水素、CO を含む燃料ガスに水蒸気改質するための予備改質器であり、数百℃の作動温度に設定される。

【0046】

改質器 4 6 は、排ガス燃焼器 5 2 の外周に配設される複数本の改質管路 7 6 を備える。各改質管路 7 6 内には、改質用のペレット状触媒 (図示せず) が充填される。改質管路 7 6 の一端部 (下端部) は、第 1 下側円板部材 7 8 a に固定されるとともに、前記改質管路 7 6 の他端部 (上端部) は、第 1 上側円板部材 7 8 b に固定される。第 1 下側円板部材 7 8 a は、略円盤状の第 1 下部チャンバ部材 8 0 a 内に設けられる一方、第 1 上側円板部材 7 8 b は、略円盤状の第 1 上部チャンバ部材 8 0 b 内に設けられる。

【0047】

第 1 下部チャンバ部材 8 0 a の内部には、第 2 下側円板部材 8 2 a が設けられ、前記第 2 下側円板部材 8 2 a の上方には、混合ガス (原燃料と水蒸気) が供給される環状の混合ガス供給室 8 4 a が形成される。第 2 下側円板部材 8 2 a の下方には、第 3 下側円板部材 8 3 が設けられ、前記第 2 下側円板部材 8 2 a と前記第 3 下側円板部材 8 3 との間には、原燃料が供給される環状の原燃料供給室 8 5 が形成される。第 3 下側円板部材 8 3 の下方には、水が供給される環状の水供給室 8 6 a が形成される。第 1 下部チャンバ部材 8 0 a の下部は、段状に形成され、外形寸法が上部よりも小径な小径下端部 8 0 a u が設けられる。

【0048】

第 1 上部チャンバ部材 8 0 b の内部には、第 2 上側円板部材 8 2 b が設けられ、前記第 2 上側円板部材 8 2 b の下方には、生成された燃料ガス (改質ガス) が排出される環状の燃料ガス排出室 8 4 b が形成される。第 2 上側円板部材 8 2 b の上方には、水蒸気が排出される環状の水蒸気排出室 8 6 b が形成される。各改質管路 7 6 の両端は、混合ガス供給室 8 4 a と燃料ガス排出室 8 4 b とに開放される。

【0049】

蒸発器 4 8 は、改質器 4 6 を構成する改質管路 7 6 の外方 (外側) に近接して配置される蒸発管路 8 8 を備える。各蒸発管路 8 8 の下端は、第 3 下側円板部材 8 3 に固定されるとともに、各蒸発管路 8 8 の上端は、第 2 上側円板部材 8 2 b に固定される。各蒸発管路 8 8 の両端は、水供給室 8 6 a と水蒸気排出室 8 6 b とに開放される。

【0050】

図 4 に示すように、改質管路 7 6 は、第 1 領域 R 1 を中心とする 2 つの仮想円周上に均等に配列される。内方の仮想円周上の改質管路 7 6 と、外方の仮想円周上の改質管路 7 6 とは、互いにオフセットして (ジグザグ状に) 配列される。改質管路 7 6 の外方には、第 1 領域 R 1 を中心とする仮想円周上に蒸発管路 8 8 が均等に配列される。蒸発管路 8 8 は、外方の仮想円周上の改質管路 7 6 間に対応して配置される。

【0051】

図 5 に示すように、水蒸気排出室 8 6 b には、少なくとも 1 本以上の蒸発管路 8 8 により構成され、水蒸気を流通させる蒸発リターン管路 9 0 の一端が配設される。蒸発リター

10

20

30

40

50

ン管路90は、蒸発管路88よりも大径に構成され、例えば、改質管路76と同一の径に設定される。蒸発リターン管路90の上端は、第2上側円板部材82bに溶接等により固着される一方、前記蒸発リターン管路90の下端は、混合ガス供給室84aに開放される。

【0052】

蒸発リターン管路90内には、前記蒸発リターン管路90の下流から上流に向かって原燃料が流通するように、原燃料管路92が挿入される。原燃料管路92は、前記原燃料管路92内と蒸発リターン管路90内とを連通する1以上、好ましくは、複数の原燃料供給口（例えば、孔部）92aを設ける。

【0053】

原燃料管路92は、蒸発リターン管路90内を水蒸気排出室86bに近接する位置まで延在して設けられるとともに、原燃料供給口92aは、前記原燃料管路92の有底先端縁部の外周部に所定角度毎に開口する。原燃料は、ベンチュリ効果を利用して原燃料供給口92aから水蒸気に混合される。原燃料管路92の下端は、原燃料供給室85に開放される。

【0054】

図3に示すように、原燃料供給室85には、原燃料供給路94が接続される。燃料ガス排出室84bには、燃料ガス通路96の一端が連通するとともに、前記燃料ガス通路96の他端は、燃料電池スタック24の燃料ガス入口連通孔44aに連通する（図1参照）。水供給室86aには、水通路98が配設される。

【0055】

第1熱交換器50は、第3仕切り板57cの外周外方に沿って配設される複数本の第1熱交換管路100を備える。第1熱交換管路100の一端部（下端部）は、第2下部チャンバ部材102aに固定されるとともに、前記第1熱交換管路100の他端部（上端部）は、第2上部チャンバ部材102bに固定される。

【0056】

第2下部チャンバ部材102a内には、酸化剤ガスが供給される環状の第1酸化剤ガス供給室104aが形成される。第2上部チャンバ部材102b内には、昇温された酸化剤ガスが排出される環状の第1酸化剤ガス排出室104bが形成される。第1熱交換管路100の両端は、第1酸化剤ガス供給室104aと第1酸化剤ガス排出室104bとに開放される。

【0057】

図4に示すように、第1熱交換管路100は、第1領域R1を中心とする2つの仮想円周上に均等に配列される。内方の仮想円周上の第1熱交換管路100と、外方の仮想円周上の第1熱交換管路100とは、互いにオフセットして（ジグザグ状に）配列される。

【0058】

図3に示すように、第2下部チャンバ部材102aは、第1下部チャンバ部材80aの小径下端部80auを嵌合する略リング形状を有するとともに、前記第1下部チャンバ部材80aの下方にオフセットした位置に配置される。第2下部チャンバ部材102aの上面、第1下部チャンバ部材80aの下面及び小径下端部80auの周面により空間部106が形成される。第2上部チャンバ部材102bは、略リング形状を有し第1上部チャンバ部材80bの外方に且つ下方にオフセットした位置に配置される。

【0059】

外周部材58の外周部には、下方にずれて円筒状のカバー部材108が設けられる。カバー部材108は、外周部材58に溶接等により固着されるとともに、前記外周部材58の外周部との間には、空間部110が形成される。

【0060】

第1酸化剤ガス供給室104aを構成する外周部材58の下端縁部には、孔部（開口部）112が形成され、前記孔部112を介して前記第1酸化剤ガス供給室104aと空間部110とが連通する。カバー部材108には、空間部110に連通する第1酸化剤ガス

10

20

30

40

50

供給管 1 1 4 が接続される。図 1 及び図 2 に示すように、外周部材 5 8 には、第 3 領域 R 3 に連通する排ガス配管 1 1 5 が接続される。

【0061】

図 1 及び図 3 に示すように、第 1 酸化剤ガス排出室 1 0 4 b には、第 1 酸化剤ガス流通通路 1 1 6 a 一端が配設される。第 1 酸化剤ガス流通通路 1 1 6 a の他端は、合流部 1 1 8 に接続されるとともに、前記合流部 1 1 8 から酸化剤ガス合流通路 1 2 0 が延在する。酸化剤ガス合流通路 1 2 0 は、燃料電池スタック 2 4 の酸化剤ガス入口連通孔 4 2 a に接続される（図 1 参照）。

【0062】

図 3 に示すように、第 2 熱交換器 5 4 は、水平方向に延在する軸心を中心とする 1 つ又は 2 つの仮想円周上に均等に配列される複数本の第 2 熱交換管路 1 2 2 を備える。第 2 熱交換管路 1 2 2 の水平方向一端部は、入口チャンバ部材 1 2 4 a に固定されるとともに、前記第 2 熱交換管路 1 2 2 の水平方向他端部は、出口チャンバ部材 1 2 4 b に固定される。

10

【0063】

入口チャンバ部材 1 2 4 a 内には、酸化剤ガスが供給される環状の第 2 酸化剤ガス供給室 1 2 6 a が形成される。出口チャンバ部材 1 2 4 b 内には、必要に応じて昇温された酸化剤ガスが排出される環状の第 2 酸化剤ガス排出室 1 2 6 b が形成される。第 2 熱交換管路 1 2 2 の両端は、第 2 酸化剤ガス供給室 1 2 6 a と第 2 酸化剤ガス排出室 1 2 6 b とに開放される。

20

【0064】

入口チャンバ部材 1 2 4 a には、第 2 酸化剤ガス供給室 1 2 6 a に連通する第 2 酸化剤ガス供給管 1 2 8 が接続される。出口チャンバ部材 1 2 4 b を構成する第 2 酸化剤ガス排出室 1 2 6 b には、第 2 酸化剤ガス流通通路 1 1 6 b の一端が配設される。第 2 酸化剤ガス流通通路 1 1 6 b は、燃料電池スタック 2 4 の燃料電池積層方向に延在する積層方向側部に沿って設けられるとともに、その他端は、合流部 1 1 8 に接続されて酸化剤ガス合流通路 1 2 0 に連なる。なお、第 1 酸化剤ガス流通通路 1 1 6 a は、第 2 酸化剤ガス流通通路 1 1 6 b に代わって燃料電池スタック 2 4 の積層方向側部に沿って設けられてもよい。

【0065】

起動用燃焼器 5 5 は、第 2 熱交換器 5 4 を構成する入口チャンバ部材 1 2 4 a の中央部に固定される。起動用燃焼器 5 5 には、空気供給管 1 3 0 及び原燃料供給管 1 3 2 が設けられる。起動用燃焼器 5 5 は、エゼクタ機能を有し、空気供給管 1 3 0 から導入される空気流により原燃料供給管 1 3 2 に負圧を発生させて、原燃料を吸引する。

30

【0066】

図 1 に示すように、原燃料供給装置 1 4 は、燃料ガスポンプに接続された原燃料通路 1 3 4 を備える。原燃料通路 1 3 4 は、原燃料用調整弁 1 3 6 を介して脱硫器 1 3 8 の入口側に接続される。脱硫器 1 3 8 は、都市ガス（原燃料）中に含まれる硫黄化合物を除去するものであり、前記脱硫器 1 3 8 の出口側には、原燃料供給路 9 4 が接続される。原燃料供給装置 1 4 は、さらに原燃料供給管 1 3 2 を備え、前記原燃料供給管 1 3 2 は、原燃料通路 1 3 4 に接続された燃料ガスポンプに、又は個別の燃料ガスポンプに接続される。

40

【0067】

酸化剤ガス供給装置 1 6 は、酸化剤ガス通路 1 4 0 を備える。酸化剤ガス通路 1 4 0 は、酸化剤ガス用調整弁 1 4 2 を介して第 1 酸化剤ガス供給管 1 1 4 と第 2 酸化剤ガス供給管 1 2 8 とに分岐する。酸化剤ガス供給装置 1 6 は、さらに空気供給管 1 3 0 を備え、前記空気供給管 1 3 0 は、酸化剤ガス通路 1 4 0 に接続された空気ポンプに、又は個別の空気ポンプに接続される。水供給装置 1 8 は、水通路 9 8 を備える。

【0068】

このように構成される燃料電池システム 1 0 の動作について、以下に説明する。

【0069】

燃料電池システム 1 0 の起動時には、空気（酸化剤ガス）及び原燃料が起動用燃焼器 5

50

5に供給される。具体的には、図1に示すように、酸化剤ガス供給装置16では、空気ポンプの駆動作用下に、空気供給管130に空気が供給されるとともに、酸化剤ガス通路140に空気が供給される。空気供給管130に供給された空気は、起動用燃焼器55内に供給される。

【0070】

酸化剤ガス通路140に供給された空気は、酸化剤ガス用調整弁142の開度調整作用下に、第2酸化剤ガス供給管128に供給される。空気は、第2酸化剤ガス供給管128から第2熱交換器54を構成する第2酸化剤ガス供給室126aに導入され、各第2熱交換管路122内を流通して出口チャンバ部材124bに排出される。

【0071】

一方、原燃料供給装置14では、燃料ガスパンプの駆動作用下に、原燃料供給管132に、例えば、都市ガス(CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 C_4H_{10} を含む)等の原燃料が供給される。原燃料供給管132に供給された原燃料は、起動用燃焼器55内に供給される。

【0072】

このため、起動用燃焼器55内には、原燃料と空気との混合ガスが供給され、この混合ガスが着火されることにより、燃焼が開始される。従って、燃焼により生成された第2燃焼ガスが、第4領域R4を流通することにより、各第2熱交換管路122を流通する空気は、前記第2燃焼ガスにより加熱(熱交換)される。

【0073】

加熱された空気は、出口チャンバ部材124bから第2酸化剤ガス流通通路116bに供給され、合流部118及び酸化剤ガス合流通路120を通過して燃料電池スタック24の酸化剤ガス入口連通孔42aに導入される(図1参照)。従って、加熱された高温の空気は、燃料電池スタック24を昇温した後、酸化剤ガス出口連通孔42bから酸化剤排ガス通路68に排出される。さらに、図3に示すように、高温の空気は、排ガス燃焼器52を構成する酸化剤排ガス室72に供給され、第1領域R1に吹き出される。

【0074】

第1領域R1に導入された高温の空気は、第1仕切り板57aに沿って上昇し、第2領域R2に供給される。第2領域R2では、改質器46及び蒸発器48が昇温されるとともに、第2仕切り板57b及び第3仕切り板57c間に沿って前記第2領域R2から第3領域R3に流動する空気により、第1熱交換器50が昇温される。

【0075】

燃料電池スタック24が設定温度に昇温されると、原燃料供給装置14では、原燃料通路134に原燃料が供給される。図1に示すように、原燃料は、原燃料用調整弁136を介して流量調整された後、脱硫器138を介して脱硫され、原燃料供給路94に送られる。原燃料は、図3に示すように、原燃料供給路94を通過して改質器46の原燃料供給室85に供給される。

【0076】

また、水供給装置18の作用下に、水通路98に導入された水は、蒸発器48に供給される(図1参照)。蒸発器48では、図3に示すように、水が一旦水供給室86aに供給された後、複数本の蒸発管路88内を移動する間、第2領域R2を流通する高温の空気により昇温されて、水蒸気化される。

【0077】

図5に示すように、水蒸気は、水蒸気排出室86bに一旦導入された後、前記水蒸気排出室86bに連通する蒸発リターン管路90に供給される。これにより、水蒸気は、蒸発リターン管路90内を矢印Ld方向に流通する。一方、原燃料は、原燃料管路92内を矢印Lu方向に流通する。蒸発リターン管路90内には、原燃料管路92が設けられるとともに、原燃料供給口92aは、前記蒸発リターン管路90の先端近傍に開口している。

【0078】

このため、ベンチュリ効果を利用して、蒸発リターン管路90内を流通する水蒸気に原燃料管路92から原燃料を良好に混合させることができる。原燃料と水蒸気との混合ガス

10

20

30

40

50

は、蒸発リターン管路 90 を混合ガス供給室 84 a に向かって矢印 L d 方向に流通し、前記混合ガス供給室 84 a に一旦供給される。

【0079】

混合ガスは、複数の改質管路 76 内を移動する。その間に、混合ガスは、第 2 領域 R2 を流通する高温の空気により加熱されて水蒸気改質され、 C_{2+} の炭化水素が除去（改質）されてメタンを主成分とする改質ガスが得られる。

【0080】

この改質ガスは、加熱された燃料ガスとして、一旦燃料ガス排出室 84 b に供給された後、燃料ガス通路 96 を介して燃料電池スタック 24 の燃料ガス入口連通孔 44 a に供給される（図 1 参照）。燃料電池スタック 24 では、加熱された燃料ガスは、アノード電極 30 に供給される。なお、燃料電池スタック 24 では、発電が行われていない。

10

【0081】

アノード電極 30 を流通した燃料ガスは、燃料ガス出口連通孔 44 b から燃料排ガス通路 70 に排出される。燃料排ガス通路 70 は、排ガス燃焼器 52 を構成する燃料排ガス室 74 に開口しており、燃料ガスは、前記燃料排ガス室 74 を通って第 1 領域 R1 に導入される。

【0082】

第 1 領域 R1 には、空気が導入されており、前記空気と燃料ガスとが混合する混合排ガスは、点火ヒータ 75 を介して燃焼される。この燃焼により第 1 燃焼ガスが生成され、前記第 1 燃焼ガスは、第 1 領域 R1 から第 2 領域 R2 及び第 3 領域 R3 に流動して上述した各機器類の昇温を行う。第 1 燃焼ガスは、排ガス配管 115 から外部に排出される。

20

【0083】

第 2 熱交換器 54 による昇温作用下に、排ガス燃焼器 52 内が燃料ガスの自己着火温度を超えると、第 1 領域 R1 では、酸化剤排ガスと燃料排ガスとによる燃焼が開始される。一方、起動用燃焼器 55 による燃焼作業が停止される。

【0084】

そこで、酸化剤ガス供給装置 16 では、図 1 に示すように、酸化剤ガス通路 140 に空気が導入されるとともに、酸化剤ガス用調整弁 142 の開度が調整されて、第 1 酸化剤ガス供給管 114 への空気供給量が増加される。図 3 に示すように、空気は、第 1 酸化剤ガス供給管 114 から外周部材 58 の空間部 110 に供給される。このため、空気は、孔部 112 を通って第 1 熱交換器 50 を構成する第 1 酸化剤ガス供給室 104 a に導入される。

30

【0085】

従って、第 1 熱交換器 50 に導入された空気は、第 1 酸化剤ガス供給室 104 a に一旦供給された後、複数の第 1 熱交換管路 100 内を移動する間に、第 3 領域 R3 に導入された第 1 燃焼ガスにより加熱（熱交換）される。加熱された空気は、一旦第 1 酸化剤ガス排出室 104 b に供給された後、第 1 酸化剤ガス流通通路 116 a、合流部 118 及び酸化剤ガス合流通路 120 を介して燃料電池スタック 24 の酸化剤ガス入口連通孔 42 a に供給される。

【0086】

燃料電池スタック 24 では、加熱された空気は、酸化剤ガス流路 38 に沿って流通し、カソード電極 28 に供給される一方、燃料ガスは、アノード電極 30 に供給される。これにより、電解質・電極接合体 32 により発電が行われる。

40

【0087】

この場合、本実施形態では、図 3 に示すように、燃料電池スタック 24 の燃料電池積層方向一端には、第 1 熱交換器 50 及び排ガス燃焼器 52 が配設されている。一方、燃料電池スタック 24 の燃料電池積層方向他端には、第 2 熱交換器 54 及び起動用燃焼器 55 が配設されている。このため、燃料電池スタック 24 の積層方向の温度分布及び電圧差を均一化させることができ、発電効率の向上を図ることが可能になるという効果が得られる。

【0088】

50

しかも、燃料電池スタック 24 の燃料電池積層方向両端からの放熱を抑制することができる。従って、熱効率の向上が図られて熱自立が良好に促進される。ここで、熱自立とは、外部から熱を加えることなく自ら発生する熱のみで燃料電池 22 の動作温度を維持することをいう。

【0089】

また、燃料電池モジュール 12 は、第 1 熱交換器 50 から排出された酸化剤ガスを流通させる第 1 酸化剤ガス流通通路 116a と、第 2 熱交換器 54 から排出された酸化剤ガスを流通させる第 2 酸化剤ガス流通通路 116b とを備えている。その際、第 1 酸化剤ガス流通通路 116a と第 2 酸化剤ガス流通通路 116b とは、合流部 118 により合流されるとともに、前記合流部 118 は、燃料電池スタック 24 の上流側に連通している。

10

【0090】

これにより、第 1 酸化剤ガス流通通路 116a 及び第 2 酸化剤ガス流通通路 116b を流通した各酸化剤ガスに温度差が発生しても、燃料電池スタック 24 に供給される前に合流させることができる。このため、簡単な構成で、燃料電池スタック 24 の温度管理を迅速に遂行することが可能になる。

【0091】

例えば、昇温時には、排ガス燃焼器 52 と起動用燃焼器 55 とで昇温されて第 1 酸化剤ガス流通通路 116a と第 2 酸化剤ガス流通通路 116b とを流通した酸化剤ガス（高温の空気）は、合流部 118 で合流して燃料電池スタック 24 に供給されている。従って、燃料電池スタック 24 の起動時間を短縮させることができる。

20

【0092】

一方、冷却時には、排ガス燃焼器 52 で昇温されて第 1 酸化剤ガス流通通路 116a を流通した酸化剤ガスと、起動用燃焼器 55 で昇温されずに第 2 酸化剤ガス流通通路 116b を流通した酸化剤ガスとは、合流部 118 で合流されている。これにより、酸化剤ガスは、良好に降温されて燃料電池スタック 24 に供給され、前記燃料電池スタック 24 の停止時間を短縮させることが可能になる。

【0093】

このため、本実施形態では、燃料電池スタック 24 の積層方向の温度分布及び電圧差を均一化させることができ、発電効率の向上を図ることが可能になるという利点が得られる。

30

【0094】

さらに、燃料電池モジュール 12 では、第 2 酸化剤ガス流通通路 116b（又は第 1 酸化剤ガス流通通路 116a）は、燃料電池スタック 24 の燃料電池積層方向に延在する積層方向側部に沿って設けられている。従って、第 2 酸化剤ガス流通通路 116b（又は第 1 酸化剤ガス流通通路 116a）を流通する酸化剤ガスの放熱を有効に抑制することができる。

【0095】

さらにまた、燃料電池モジュール 12 は、固体酸化物形燃料電池モジュールである。このため、特に SOFC 等の高温型燃料電池に最適である。

【符号の説明】

40

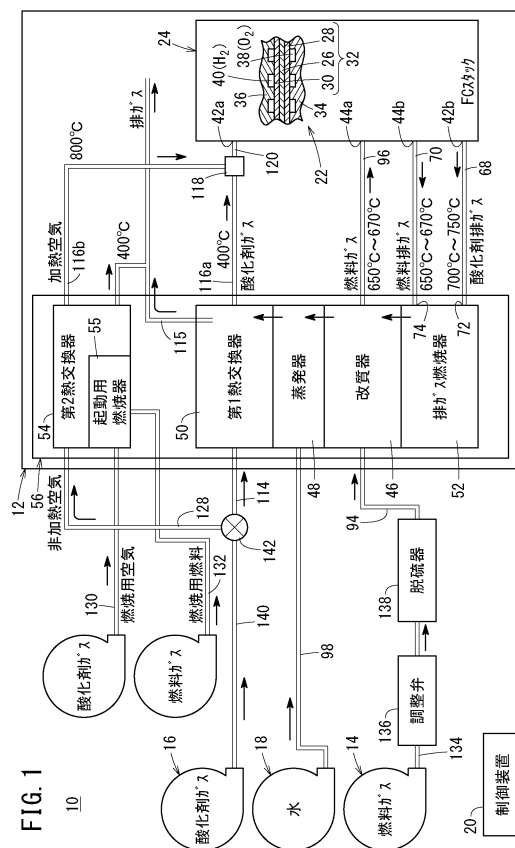
【0096】

10…燃料電池システム	12…燃料電池モジュール
14…原燃料供給装置	16…酸化剤ガス供給装置
18…水供給装置	20…制御装置
22…燃料電池	24…燃料電池スタック
26…電解質	28…カソード電極
30…アノード電極	32…電解質・電極接合体
38…酸化剤ガス流路	40…燃料ガス流路
46…改質器	48…蒸発器
50…第 1 熱交換器	52…排ガス燃焼器

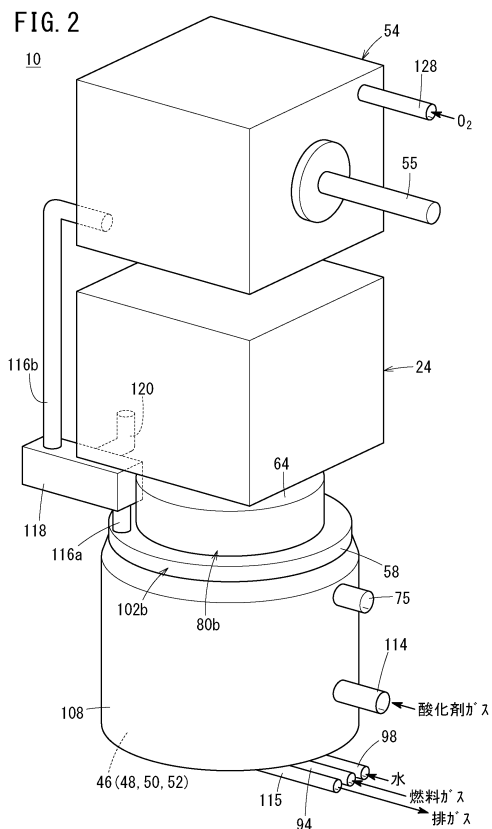
50

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| 5 4 …第 2 熱交換器 | 5 5 …起動用燃焼器 |
| 5 6 …F C 周辺機器 | 7 6 …改質管路 |
| 8 0 a、1 0 2 a …下部チャンバ部材 | 8 0 b、1 0 2 b …上部チャンバ部材 |
| 8 4 a …混合ガス供給室 | 8 4 b …燃料ガス排出室 |
| 8 5 …原燃料供給室 | 8 6 a …水供給室 |
| 8 6 b …水蒸気排出室 | 8 8 …蒸発管路 |
| 1 0 0、1 2 2 …熱交換管路 | |
| 1 0 4 a、1 2 6 a …酸化剤ガス供給室 | |
| 1 0 4 b、1 2 6 b …酸化剤ガス排出室 | |
| 1 1 6 a、1 1 6 b …酸化剤ガス流通通路 | |
| 1 1 8 …合流部 | 1 2 0 …酸化剤ガス合流通路 |
| 1 2 4 a …入口チャンバ部材 | 1 2 4 b …出口チャンバ部材 |

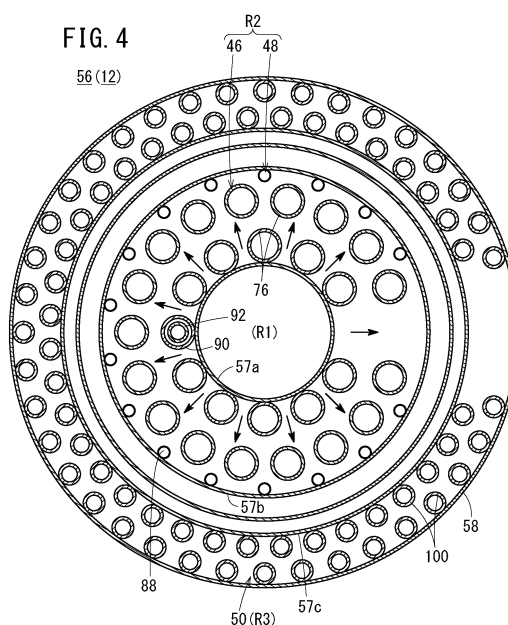
【図 1】



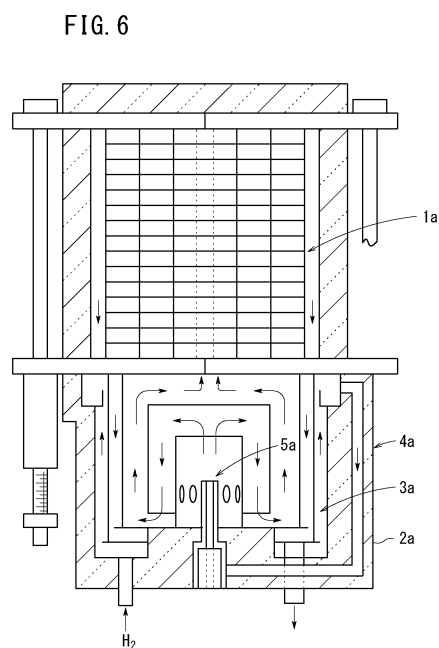
【図 2】



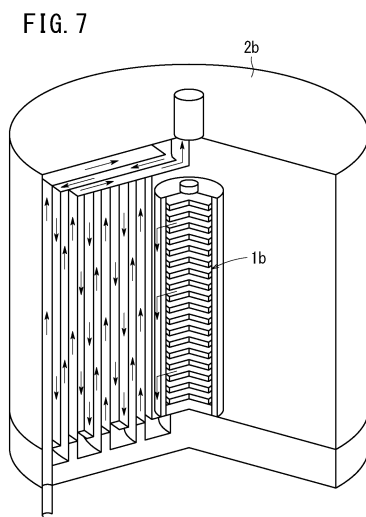
【図 4】



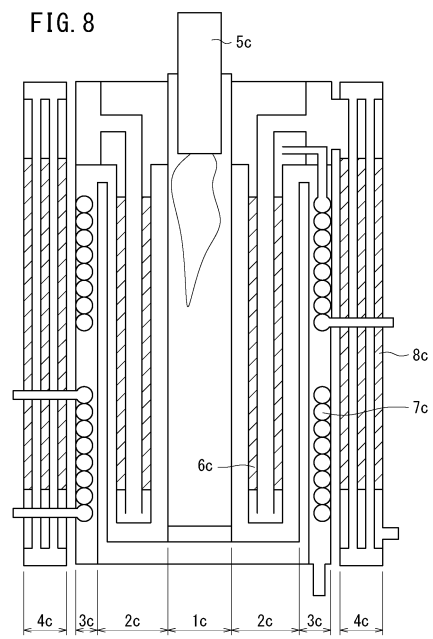
【図 6】



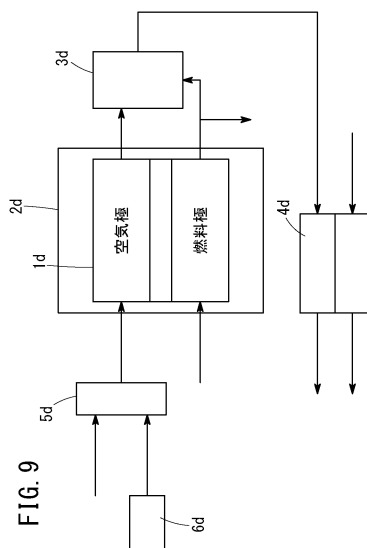
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 小川 哲矢
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 山本 洋佑
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 南郷 あや香
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 山田 隆之
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

審査官 笹岡 友陽

- (56)参考文献 特表2013-525948 (JP, A)
特開2013-175448 (JP, A)
特開2009-277375 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01M 8/04
H01M 8/12