

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-518643

(P2005-518643A)

(43) 公表日 平成17年6月23日(2005.6.23)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/06	HO 1 M 8/06	5HO18
HO 1 M 4/86	HO 1 M 8/06	5HO26
HO 1 M 8/00	HO 1 M 4/86	5HO27
HO 1 M 8/02	HO 1 M 8/00	
HO 1 M 8/12	HO 1 M 8/02	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 51 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-570412 (P2003-570412)
 (86) (22) 出願日 平成15年2月20日 (2003. 2. 20)
 (85) 翻訳文提出日 平成16年10月15日 (2004. 10. 15)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2003/004808
 (87) 国際公開番号 W02003/071618
 (87) 国際公開日 平成15年8月28日 (2003. 8. 28)
 (31) 優先権主張番号 60/357, 636
 (32) 優先日 平成14年2月20日 (2002. 2. 20)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

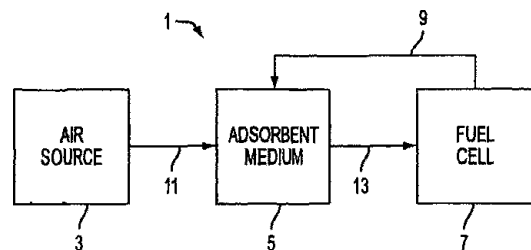
(71) 出願人 504317466
 イオン アメリカ コーポレーション
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 モフ
 エット フィールド ピー. オー. ボッ
 クス 97
 (74) 代理人 100102978
 弁理士 清水 初志
 (74) 代理人 100108774
 弁理士 橋本 一憲
 (74) 代理人 100128048
 弁理士 新見 浩一
 (72) 発明者 フィン ジョン イー.
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 マウ
 ンテン ビュー フランクリン アベニュー
 ー 13155

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体酸化物燃料電池およびシステム

(57) 【要約】

構成部材 (a) から (g)、すなわち、(a) 温度感応吸着酸素濃縮システム、(b) 固体酸化物燃料電池と熱ポンプと選択的なターピンを含む負荷適合発電システム、(c) 加工された燃料電池セラミック電解質、(d) 環境耐性燃料電池アノード触媒、(e) アノード側エンタルピー・ホイールを含む燃料水蒸気補充システム、(f) 燃料電池内のフェルト・シール、および (g) 燃料電池内のフェルト収集器のうちの任意の1つまたは複数を含む固体酸化物燃料電池。



- 【特許請求の範囲】
- 【請求項 1】
以下を含むシステム：
空気供給源；
酸素に比べて窒素を選択的に吸着する吸着媒体；および
燃料電池。
- 【請求項 2】
以下の手段を含むシステム：
第2の手段に空気を提供する第1の手段；
空気から酸素に比べて窒素を選択的に吸着する第2の手段；および
第2の手段から酸素濃厚空気を受ける第3の手段。 10
- 【請求項 3】
以下の段階を含む、空気の酸素を濃縮する方法：
空気から酸素に比べて窒素を選択的に吸着する吸着媒体を通して空気を供給する段階；
および
温度感応吸着サイクルを用いて空気の酸素濃度を高める段階。
- 【請求項 4】
酸素濃厚空気を燃料電池に供給する段階をさらに含む、請求項3記載の方法。
- 【請求項 5】
固体酸化物燃料電池スタック、および 20
熱ポンプを含む、発電システムであって、
固体酸化物燃料電池スタックが、データ・センター用の電力を供給し、かつ熱ポンプに
高温の熱を供給するよう適合化されており、
熱ポンプが、固体酸化物燃料電池スタックから高温の熱を受けて、データ・センターを
冷却するよう適合化されており、かつ
固体酸化物燃料電池スタックから与えられる電力負荷および熱ポンプに対する冷却負荷
が、データ・センターの要件に適合するシステム。
- 【請求項 6】
熱駆動熱ポンプ用のヒート・シンクをさらに含み、データ・センターに電力を供給し、
かつ冷却するのに追加的な冷却装置も顕著な追加電力も必要とされない、請求項5記載の 30
システム。
- 【請求項 7】
以下を含む発電システム：
固体酸化物燃料電池スタック；
熱ポンプ；および
タービン。
- 【請求項 8】
以下をさらに含む、請求項7記載のシステムであって、熱ポンプが、熱駆動熱ポンプを
含むシステム：
ヒート・シンク； 40
燃料入口；
酸化剤入口；
燃料圧縮機；
第1の酸化剤圧縮機；
燃料入口と燃料電池スタックの間の燃料プレヒータ；
酸化剤入口と燃料電池スタックの間の酸化剤プレヒータ；
燃料出口冷却機；
酸化剤出口冷却機；
燃料および酸化剤を受けるバーナ；
タービン排気熱交換機；ならびに 50

発電機。

【請求項 9】

以下の段階を含む、発電方法であって、固体酸化物燃料電池スタックから与えられる電力負荷および熱ポンプに対する冷却負荷が、器具の要件に適合する方法：

電力を固体酸化物燃料電池スタックから器具に供給する段階；

高温の熱を固体酸化物燃料電池から熱ポンプに供給する段階；および

熱ポンプを用いて器具を冷却する段階。

【請求項 10】

以下の段階を含む、発電方法であって、固体酸化物燃料電池スタックから与えられる電力負荷および熱ポンプに対する加熱負荷が、器具の要件に適合する方法：

電力を固体酸化物燃料電池スタックから器具に供給する段階；

高温の熱を固体酸化物燃料電池から熱ポンプに供給する段階；および

熱ポンプを用いて器具を加熱する段階。

10

【請求項 11】

固体酸化物燃料電池スタック、および

吸収式熱駆動熱ポンプを含む、発電システムであって、

固体酸化物燃料電池スタックが、器具用の電力を供給し、かつ熱ポンプに高温の熱を供給するよう適合化されており、

熱ポンプが、固体酸化物燃料電池スタックから高温の熱を受けて、器具を冷却するよう適合化されているシステム。

20

【請求項 12】

少なくとも1つの非一様表面部を含む、固体酸化物燃料電池用のセラミック電解質。

【請求項 13】

非一様表面が、加工された表面を含み、かつ

加工された表面が、0.5ミクロンから2.5ミクロンの粗さを有する、請求項12記載の電解質。

【請求項 14】

以下の段階を含む、固体酸化物燃料電池用のセラミック電解質を製造する方法：

グリーン・シートを設ける段階；

グリーン・シートの少なくとも1つの表面の少なくとも一部をパターン化して、少なくとも1つの表面の少なくとも非一様な部分を形成する段階；および

30

グリーン・シートを焼成して、セラミック電解質を形成する段階。

【請求項 15】

以下の段階を含む、固体酸化物燃料電池用のセラミック電解質を製造する方法：

セラミック電解質を設ける段階；および

セラミック電解質の1つの表面の少なくとも一部を加工する段階。

【請求項 16】

以下を含む、固体酸化物燃料電池：

カソード；

固体セラミック電解質；および

環境耐性触媒を包含するサーメットを含むアノード。

40

【請求項 17】

触媒が、硫黄耐性触媒および燃料枯渇耐性触媒の少なくとも一方を含む、請求項16記載の燃料電池。

【請求項 18】

以下を含むシステム：

固体酸化物燃料電池スタック；および

生成水蒸気を燃料電池スタック・アノード排気から燃料電池スタック燃料供給へ移動させるエンタルピー・ホイール。

【請求項 19】

50

以下を含むシステム：

固体酸化物燃料電池スタック；および

生成水蒸気を燃料電池スタック・アノード排気から燃料電池スタック燃料供給へ移動させる少なくとも2つの吸着層。

【請求項20】

以下の段階を含む、固体酸化物燃料電池スタックに提供された燃料を水和させる方法：

固体酸化物燃料電池スタックのアノード入力に炭化水素燃料を提供する段階；および

生成水蒸気を燃料電池スタック・アノード排気から燃料電池スタック燃料供給へ移動させる段階。

【請求項21】

10

以下を含む封止装置：

第1の合わせ面；

第2の合わせ面；ならびに

第1の合わせ面および第2の合わせ面と接するフェルト密封用部材。

【請求項22】

ガス通路が、第1の合わせ面および第2の合わせ面の間に配置され、

封止装置が、ガス不透過性であり、

第1の合わせ面が、固体酸化物燃料電池のセラミック面を含み、かつ

第2の合わせ面が、固体酸化物燃料電池の金属面を含む、請求項21記載の装置。

【請求項23】

20

以下を含む、燃料電池スタック：

電解質；

アノード；

カソード；

第1の導電フェルト電流導体／ガス流量分配器；および

第1の隔離板。

【請求項24】

以下を含む、燃料電池スタック；

第1の燃料電池；

第2の燃料電池；および

30

第1の燃料電池と第2の燃料電池の間のフェルト導体／分配器シート。

【請求項25】

構成部材(a)から(g)のうちの少なくとも2つを含むシステム：

(a) 温度感応吸着酸素濃縮システム；

(b) 固体酸化物燃料電池および熱ポンプおよび選択的なターピンを含む負荷適合発電システム；

(c) 加工された燃料電池セラミック電解質；

(d) 環境耐性燃料電池アノード触媒；

(e) アノード側エンタルピー・ホイールを含む燃料水蒸気補充システム；

(f) 燃料電池内のフェルト・シール；ならびに

40

(g) 燃料電池内のフェルト収集器。

【請求項26】

固体酸化物燃料電池システム内に配置された構成部材(a)から(g)のうちの3つ、4つ、5つ、6つ、または7つすべてをさらに含む、請求項25記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

発明の分野

本出願は、参照として本明細書に全体的に組み入れられる、2002年2月20日に出願された米国暫定特許出願第60/357,636号の優先権の恩典を主張する。本発明は概して、燃料電

50

池に関し、特に固体酸化物燃料電池および発電システムに関する。

【背景技術】

【0002】

発明の背景

燃料電池は、水素または様々な炭化水素燃料から電気を生成する。いくつかの燃料電池では、空気などの酸素含有気体が、電解質のカソード側に与えられ、一方、水素または炭化水素燃料が電解質のアノード側に与えられる。燃料電池は電気化学反応によって電気を生成する。たとえば、固体酸化物燃料電池では、酸素含有空気が固体セラミック電解質のカソード側に与えられ、一方、炭化水素燃料が電解質のアノード側に与えられる。

【0003】

燃料電池は、主として、酸素の部分圧の方が高いときに電池のネルンスト電位が高くなるため、入口空気の酸素含有量が高いときにより効率的に動作する。したがって、燃料電池に与えられる空気の酸素含有量は、圧力スイング吸着（たとえば、QuestAir Inc.のPulsar 技術）、酸素選択膜（たとえば、Boyerら、J. Appl. Electrochem、1095ページ、1999年）、または磁気分離装置（たとえば、参照として本明細書に全体的に組み入れられるNittaら米国特許第6,106,963号）を含む、様々なプロセスを用いて増大または濃縮されることがある。しかし、これらの方法は一般に、電力（すなわち、電気）を使用する必要があり、したがって、燃料電池および発電システムの効率が低下するため非効率的である。

【発明の開示】

【0004】

発明の要約

本発明の好ましい態様は、1つまたは複数の構成部材（a）から（g）、すなわち、

（a）温度感応吸着酸素濃縮システム、

（b）固体酸化物燃料電池と熱ポンプと選択的なタービンを含む負荷適合発電システム

、

（c）加工された燃料電池セラミック電解質、

（d）環境耐性燃料電池アノード触媒

（e）アノード側エンタルピー・ホイールを含む燃料水蒸気補充システム、および

（f）燃料電池内のフェルト・シール、および

（g）燃料電池内のフェルト収集器の任意の組合せを含むシステムを提供する。

【0005】

好ましい態様の詳細な説明

1. 第1の好ましい態様

本発明の第1の好ましい態様では、発明者は、温度感応吸着サイクルを用いて燃料電池に与えられる空気の酸素含有量を増やせることを知った。好ましくは、温度感応吸着サイクルは、発電時に燃料電池によって生成された熱を利用する。燃料電池によって生成された熱を用いて、循環吸着分離プロセス中の入口空気流の酸素含有量を増やすと、発電の効率が高くなる。しかし、この代わりに、燃料電池以外の手段によって生成された熱を使用することができる。

【0006】

温度感応吸着プロセスでは、空気流（窒素と酸素の混合物）が、窒素の一部を選択的に除去する低温吸着媒体を通過させられ、元の流れよりも高い酸素含有量を有する気体流が得られる。吸着剤がプロセス条件の下で窒素で飽和すると、燃料電池の動作または他の供給源によって生成された熱が吸着媒体に運ばれ、窒素が排気口を通して吸着媒体から出される。したがって、分離が行われる。

【0007】

図1は、温度感応酸素濃縮システム1を概略的に示している。このシステムは、空気供給源3、吸着媒体5、および燃料電池7を含んでいる。空気供給源3は、エア・ブロー、空気入口導管、および/または吸着媒体5に空気を提供する他の任意の装置であってよい。吸着媒体5は、酸素ではなく窒素を選択的に吸着する任意の媒体であってよい。好ましくは、

10

20

30

40

50

吸着媒体5は、ゼオライトやゼオライトの混合物などの窒素吸着材料を含む層である。たとえば、銀Xゼオライトや、ナトリウムXゼオライトや、カルシウムXゼオライトを使用することができる。燃料電池7は空気が提供される任意の燃料電池であってよい。好ましくは、燃料電池7は固体酸化物燃料電池である。しかし、PEM燃料電池、直接メタノール燃料電池、溶融カーボネート燃料電池、リン酸燃料電池、アルカリ燃料電池のような他の燃料電池を使用することができる。

【0008】

システム1は好ましくは、燃料電池7と吸着媒体5との間に配置された伝熱導管9も含んでいる。導管9は、熱を燃料電池7から吸着媒体5に伝える。導管9は、熱をある位置から熱の位置に伝えることのできる任意の装置を含んでよい。たとえば、導管9は、パイプ、ダクト、壁同士の間の空間、または場合によっては固体伝熱材料を含んでよい。好ましくは、導管9は、システム1を通して伝熱流体を移動させるパイプである。

10

【0009】

吸着媒体5ハウジング内に空気入口11が位置している。この入口は、空気供給源3からの空気を吸着媒体5に提供する。吸着媒体5と燃料電池7との間に酸素濃厚空気導管13が位置している。導管13は、酸素濃厚空気を吸着媒体5から燃料電池7に供給するパイプ、ダクト、または開放空間であってよい。

【0010】

第1の態様の好ましい一局面では、伝熱導管9は、燃料電池7に隣接し、ヒート・シンク15に隣接し、吸着媒体5に隣接して位置するパイプを含んでいる。たとえば、図2に示されているように、導管9は吸着媒体5のハウジングおよび燃料電池7の周りに巻かれている。導管9は、ヒート・シンク15も通過している。伝熱導管9は、水などの加熱された伝熱液体を、燃料電池7に隣接する位置から吸着媒体5まで移動させる。加熱された伝熱液体は、吸着媒体5を加熱し、吸着媒体5から窒素を脱着させる。伝熱導管9はまた、水などの冷却された伝熱液体をヒート・シンク15に隣接する位置から吸着媒体5まで移動させる。冷却された伝熱液体は吸着媒体5を冷却し、したがって、吸着媒体5は、入口11から与えられている空気から窒素を吸着することができる。

20

【0011】

次に、図2に示されている伝熱導管9の動作についてさらに詳しく説明する。導管9には伝熱液体が充填されている。この液体は、熱を伝えることのできる任意の液体であってよい。好ましくは、液体は水である。しかし、鉱物油のような他の液体、または場合によっては伝熱気体を使用することができる。液体は、導管9および少なくとも1つの弁を通して与えられる。好ましくは、導管9は出口弁17および入口弁19を含む。しかし、この2つの弁の一方のみを使用することができる。出口弁17は好ましくは、液体を導管9の第1のセグメント21または導管9の第2のセグメント23を通過させるか、あるいは導管9を通る液体の流れを防止する3方向弁である。燃料電池7に隣接して位置する第1のセグメント21を通して液体を供給する場合、液体は、燃料電池7で生成された熱によって加熱される。たとえば、「隣接して位置する」は、複数の燃料電池を使用する場合に導管9の第1のセグメント21が燃料電池7または燃料電池のスタックの周りに巻かれていることを意味する。しかし、「隣接して位置する」は、燃料電池7がセグメント21内の液体を加熱するのを可能にするセグメント21の他の任意の構成も含む。たとえば、セグメント21は、燃料電池7の1つまたは複数の表面に接触して位置してよく、または、セグメント21は、燃料電池の周りに巻くのではなく燃料電池の近くに配置してもよい。

30

40

【0012】

加熱された伝熱導管は次いで、第1のセグメント21から入口弁19を通して、導管9の、吸着媒体5に隣接して位置する部分に提供される。たとえば、「隣接して位置する」は、伝熱導管が吸着媒体5を加熱するのを可能にする導管9の他の任意の構成も含む。たとえば、導管9は、吸着媒体5の1つまたは複数の表面に接触して位置してよく、または、導管9は、吸着媒体5の周りに巻くのではなく吸着媒体5の近くに配置してもよい。加熱された伝熱液体は、吸着媒体5を加熱し、吸着媒体5内に吸着された窒素を脱着させる。

50

【0013】

吸着媒体5を冷却するのが望ましいとき、導管9の第2のセグメント23を通して伝熱導流体を供給するように弁17および19が切り換えられる。第2のセグメント23はヒート・シンク15に隣接して位置している。ヒート・シンク15は、導管9の第2のセグメント23内の液体を冷却できる任意のものを含んでよい。たとえば、ヒート・シンク15は、冷却塔、熱交換器、冷風によるラジエータ、冷風ブローア、または場合によってはセグメント23の、低温の地面もしくは壁を通過する部分であってよい。セグメント23は、どんな種類のヒート・シンクを使用するかに応じて、ヒート・シンク15を通過することも、ヒート・シンク15に接触または隣接して配置することができる。

【0014】

冷却された伝熱液体は次いで、第2のセグメント23から入口弁19を通して、導管9の、吸着媒体5に隣接して位置する部分に提供される。冷却された伝熱流体は吸着媒体5を冷却し、一方、入口11からの空気は吸着媒体5を通過して空気から窒素を脱着させる。

【0015】

図2に示されているように、伝熱液体は導管9を通して閉制御ループに供給される。図2のシステム1はバッチ・モードまたは非連続モードで動作する。したがって、空気が空気供給源3から吸着媒体5を通して燃料電池7に提供されると、伝熱液体は、ヒート・シンク15に隣接する第2のセグメント23を通過させられる。冷却された伝熱液体は、吸着媒体5を冷却して空気から窒素を吸着する。空気が空気供給源3から吸着媒体5を通して燃料電池7に供給されないとき、伝熱液体は、燃料電池7に隣接する第1のセグメント21を通過させられる。加熱された伝熱液体は吸着媒体5を加熱して窒素を脱着させる。

【0016】

しかし、第1の態様の第2の好ましい局面では、システム1は連続モードで動作する。システム100は、連続モードで動作するために、図3に示されているように、2つ以上の吸着媒体5A、5Bを含んでいる。図3で、図1~2の構成部材と同じ番号を有する構成部材は、同じであると仮定される。図3の好ましい局面では、一方の吸着媒体5Aを用いて、燃料電池に供給されている酸素含有空気に窒素が吸着されるが、他方の吸着媒体5Bは燃料電池からの熱によって加熱され、吸着媒体5Bから窒素を脱着させる。

【0017】

図3に示されているシステム100は以下の構成部材を含んでいる。システム100は、ブローアのような1つまたは複数の空気供給源3と、酸素ではなく窒素を選択的に吸着する複数の吸着媒体5A、5Bとを含んでいる。図3に2つの媒体しか示されていないが、必要に応じて2つよりも多くの媒体があってもよい。システム100は、燃料電池からの熱を（明確にするために図3には示されていない）複数の吸着媒体5A、5Bに伝える複数の伝熱導管9A、9Bをさらに含んでいる。導管9A、9Bは、燃料電池と複数の吸着媒体5A、5Bとの間に位置している。

【0018】

複数の吸着媒体5A、5Bへの複数の空気入口11A、11Bと、酸素濃厚空気を複数の吸着媒体5A、5Bから燃料電池に供給する複数の出口13A、13B（すなわち、複数の酸素濃厚空気導管）もある。導管13A、13Bは、複数の吸着媒体5A、5Bと燃料電池との間に位置している。

【0019】

好ましくは、システム100は、以下にさらに詳しく説明するように7つの3方向弁を含んでいる。しかし、必要に応じて7つよりも多くまたは7つよりも少ない弁を使用することができる。システム100は、空気供給源3と複数の吸着媒体5A、5Bとの間に位置する少なくとも1つの入口切換え弁27を含んでいる。入口切換え弁27は、空気供給源3からの空気を第1の吸着媒体5Aまたは第2の吸着媒体5Bに送る。

【0020】

システム100は、複数の吸着媒体5A、5Bと燃料電池との間に位置する少なくとも1つの切換え弁29も含んでいる。出口切換え弁29は、酸素濃厚空気を第1の吸着媒体5Aまたは第2の吸着媒体5Bから酸素濃厚空気導管13A、13B、13Cを通して燃料電池に送り込む。

10

20

30

40

50

【0021】

システム100は、空気供給源3と複数の吸着媒体5A、5Bとの間に位置する少なくとも1つの通気切換え弁31を含んでいる。通気切換え弁31は、脱着された窒素を第2の吸着媒体5Bまたは第1の吸着媒体5Aから通気口25を通して排気されるように送る。

【0022】

少なくとも1つの連結導管33が、複数の酸素濃厚空気導管13A、13Bを連結するように設けられている。連結導管33は、パーキング空気を第1および第2の吸着媒体の一方から第1および第2の吸着媒体の他方に送り、受容媒体から窒素をパージする。好ましくは、導管33は1つまたは複数の流量調節弁35を含んでいる。調節弁35は、酸素濃厚空気の流量を制限し、したがって、吸着媒体から出た酸素濃厚空気の大部分は、連結導管33ではなく導管13Cを通して燃料電池に送られる。

【0023】

システム100は、伝熱流体導管9A、9B内に位置する少なくとも1つの伝熱流体入口弁37A、37Bを含んでいる。好ましくは、図3に示されているように2つのそのような弁がある。弁37Aは、加熱された伝熱流体を燃料電池スタックから一方の吸着媒体5A、5Bに送り、一方、弁37Bは、冷却された伝熱流体をヒート・シンクから他方の吸着媒体5A、5Bに送る。

【0024】

さらに、システム100は、伝熱導管流体導管9A、9B内に位置する少なくとも1つの伝熱流体出口弁39A、39Bを含んでいる。好ましくは、図3に示されているように2つのそのような弁がある。弁39Aは、加熱された伝熱流体を吸着媒体からヒート・シンクに送り、一方、弁39Bは、冷却された伝熱流体を吸着媒体から燃料電池に送る。

【0025】

したがって、導管9A、9Bは実際には、1つの共通の導管9の2つのセグメントを含んでいる。たとえば、導管9Aの出力は、弁39B、燃料電池スタック、および弁37Aを通して導管9Bの入力に与えられ、一方、導管9Bの出力は、弁39A、ヒート・シンク、および弁37Bを通して導管9Aの入力に与えられる。しかし、弁37A、37B、および弁39A、39Bは、以下に詳しく論じるように導管9Aおよび9Bが分離されたままになるように設定することができる。

【0026】

次に、図3および4を参照して、システム100を動作させる方法について説明する。図3に示されているように、各弁は、第1の吸着媒体5Aが酸素濃厚空気を燃料電池に提供するのを可能にし、一方、第2の吸着媒体5Bから窒素を脱着させるように設定される。第1の吸着媒体5Aは導管9A内の低温の伝熱流体によって冷却され、一方、第2の吸着媒体5Bは導管9B内の高温の伝熱流体によって加熱される。

【0027】

次いで、各弁位置が図4に示されているように切り換えられる。図4に示されているように、各弁は、第2の吸着媒体5Bが酸素濃厚空気を燃料電池に提供するのを可能にし、一方、第1の吸着媒体5Aから窒素を脱着させるように設定される。第2の吸着媒体5Bは導管9B内の低温の伝熱流体によって冷却され、一方、第1の吸着媒体5Aは導管9A内の高温の伝熱流体によって加熱される。したがって、システム100はバッチ・モードではなく連続モードで動作することができる。少なくとも1つの吸着媒体を用いて燃料電池に酸素濃厚空気を提供することができ、一方、他の吸着媒体を加熱しパージして、この吸着媒体に吸着された窒素を脱着させることができる。

【0028】

次に、図3に示されているシステム100の動作について詳しく説明する。空気供給源3からの空気が入口切換え弁27に送られ、入口切換え弁27は空気を複数の吸着媒体の少なくとも1つに送り込む。たとえば、弁27は空気を第1の吸着媒体5Aに送り込むが第2の吸着媒体5Bには送り込まない。第1の吸着媒体5Aは、第1の伝熱導管9A内の伝熱流体によって冷却され、第1の吸着媒体5Aは選択的に空気から窒素を吸着する。酸素濃厚空気は、第1の吸着媒体5Aから出て、選択的に、酸素濃厚空気導管13A、13Cおよび出口切換え弁29を通して燃料電池に送られる。入口切換え弁27は、空気が空気供給源3から第2の吸着媒体5Bに流れ込む

のを防止する。さらに、出口切換え弁29は、第2の吸着媒体5Bから燃料電池への流れを妨げる。したがって、酸素濃厚空気が第2の吸着媒体5Bから燃料電池に流れることはない。

【0029】

酸素濃厚空気の一部は、第1の吸着媒体5Aから導管13A、連結導管33、および導管13Bを
通って第2の吸着媒体5Bに流れ込む。連結導管33内の流量調節弁35は、酸素濃厚空気のわ
ずかな部分のみを第2の吸着媒体5Bに流れ込ませる。第1の吸着媒体5Aからのこの酸素濃厚
空気は、第2の吸着媒体5B用のパージング空気として用いられ、第2の吸着媒体5Bから窒素
をパージする。第2の吸着媒体5Bは、導管9B内の加熱された伝熱流体によって加熱され、
第2の吸着媒体5B内の窒素を吸着し、一方、パージング空気は、第2の吸着媒体5Bを通過す
る。脱着した窒素は選択的に、通気切換え弁31によって、第2の吸着媒体から排気される
が第1の吸着媒体からは排気されないように送られる。

10

【0030】

伝熱流体は、図3に示されているシステム100において以下のように送られる。伝熱流体
は、ヒート・シンクを通過して、冷却する。冷却された伝熱流体は選択的に、伝熱流体入
口弁37Bの「低温入口」を通し、導管9Aを通して第1の吸着媒体5Aに送られる。

【0031】

次いで、第1の吸着媒体5Aからの冷却された伝熱流体は選択的に、導管9Aを通し伝熱流
体出口弁39Bの「低温出口」を通して燃料電池に送られる。弁39Bからの伝熱流体は、燃料
電池に隣接する位置を通過して、加熱される。

【0032】

加熱された伝熱流体は次いで選択的に、伝熱流体入口弁37Aの「高温入口」を通し導管9
Bを通して第2の吸着媒体5Bに送られる。次いで、第2の吸着媒体5Bからの加熱された伝熱
流体は選択的に、導管9Bを通し伝熱流体出口弁39Aの「高温出口」を通してヒート・シン
クに送られる。

20

【0033】

次に、図4に示されているシステム100の動作について詳しく説明する。図4のすべての
弁が、図3と反対方向への流れを与えるように設定される。空気供給源3からの空気が入口
切換え弁27に送られ、入口切換え弁27は空気を第2の吸着媒体5Bに送り込むが第1の吸着媒
体5Aには送り込まない。第2の吸着媒体5Bは、第2の伝熱導管9B内の伝熱流体によって冷却
され、第2の吸着媒体5Bは選択的に空気から窒素を吸着する。酸素濃厚空気は、第2の吸着
媒体5Bから出て、選択的に、酸素濃厚空気導管13B、13Cおよび出口切換え弁29を通して燃
料電池に送られる。入口切換え弁27は、空気が空気供給源3から第1の吸着媒体5Aに流れ込
むのを防止する。さらに、出口切換え弁29は、第1の吸着媒体5Aから燃料電池への流れを
妨げる。したがって、酸素濃厚空気が第1の吸着媒体5Aから燃料電池に流れることはない
。

30

【0034】

酸素濃厚空気の一部は、第2の吸着媒体5Bから導管13B、連結導管33、および導管13Aを
通って第1の吸着媒体5Aに流れ込む。連結導管内の流量調節弁35は、酸素濃厚空気のわ
ずかな部分のみを第1の吸着媒体5Aに流れ込ませる。第2の吸着媒体5Bからのこの酸素濃厚
空気は、第1の吸着媒体5A用のパージング空気として用いられ、第1の吸着媒体5Aから窒素を
パージする。第1の吸着媒体5Aは、導管9A内の加熱された伝熱流体によって加熱され、第1
の吸着媒体5A内の窒素を吸着し、一方、パージング空気は、第1の吸着媒体5Aを通過する
。脱着した窒素は選択的に、通気切換え弁31によって、第1の吸着媒体から排気されるが
第2の吸着媒体からは排気されないように送られる。

40

【0035】

伝熱流体は、図4に示されているシステム100において以下のように送られる。伝熱流体
は、ヒート・シンクを通過して、冷却される。冷却された伝熱流体は選択的に、伝熱流体
入口弁37Bおよび導管9Bを通して第2の吸着媒体5Bに送られる。

【0036】

次いで、第2の吸着媒体5Bからの冷却された伝熱流体は選択的に、導管9Bおよび伝熱流

50

体出口弁39Bを通して燃料電池に送られる。弁39Bからの伝熱流体は、燃料電池に隣接する位置を通過して、加熱される。

【0037】

加熱された伝熱流体は次いで選択的に、伝熱流体入口弁37Aおよび導管9Bを通して第1の吸着媒体5Aに送られる。次いで、第2の吸着媒体5Aからの加熱された伝熱流体は選択的に、導管9Aおよび伝熱流体出口弁39Aを通してヒート・シンクに送られる。

【0038】

したがって、導管9Aおよび9Bは、伝熱流体がシステム100内に完全なループを形成するため、同じ導管の各セグメントを含んでいる。しかし、必要に応じて、弁37A、37B、39A、および39Bは、加熱された伝熱流体が、1つの吸着媒体を加熱した後に燃料電池に戻り、一方、冷却された伝熱流体が、他の吸着媒体を冷却した後にヒート・シンクに戻るよう設定することができる。

10

【0039】

本発明が、図3および4に示されているシステム100に限らないことに留意されたい。いくつかの媒体（すなわち、吸着媒体を含む層）を、所望の酸素濃縮を連続的に実現するように様々な異なる方法で連結することができる。

【0040】

図5は、第1の態様の第3の好ましい局面による他のシステム200を示している。図5のシステム200は、図3および4のシステム100に類似しているが、吸着媒体5A、5Bは、伝熱液体ではなく、燃料電池7から放出される高温の空気によって加熱される。

20

【0041】

図5に示されているように、空気は入口11Aから第1の吸着媒体5Aに供給される。吸着媒体5Aでは、窒素が吸着され、酸素濃厚空気が、導管13A、13C、および弁29を通して燃料電池7のカソード側入力に提供される。図3に示されているシステム100と同様に、図5の弁27の位置のために、空気が、入口11Bから第2の吸着媒体5Bに供給されることはない。

【0042】

伝熱導管9は、燃料電池7のカソード側出力に連結されている。高温の空気は、燃料電池7のカソード側出力から出て、導管9に入る。高温の空気は次いで、高温空気切換え弁41に到達し、高温空気切換え弁41は高温の空気を導管9の第1のセグメント9Aまたは第2のセグメント9Bに送り込む。図5に示されているように、弁41は、高温の空気を第2のセグメント9Bに送り込むように設定される。

30

【0043】

第2のセグメント9Bが第2の吸着媒体5Bに隣接して位置しているため、燃料電池7からの加熱された空気は第2の吸着媒体5Bを加熱し、吸着媒体から窒素を脱着させる。高温の空気が導管9Bを通過した後、空気は、通気口43Bを通して排気されるか、または他の何らかの目的のために再利用される。

【0044】

第2の吸着媒体5Bを用いて燃料電池7に酸素濃厚空気を提供する際、各弁27、31、29、および41の位置が逆になり（図4に示されている位置と同様）、第1の吸着媒体5Aが燃料電池7からの高温の空気によって加熱され、第1の吸着媒体5Aから窒素を脱着させる。高温の空気は次いで、通気口43Aを通して排気されるかまたは他の何らかの目的に使用される。

40

【0045】

図5において、燃料電池7はアノード側に燃料入力45および燃料出力47を含んでいる。使用時には、吸着媒体5A、5Bを外部空気または他の伝熱導管（図5には示されていない）によって冷却し、入口11A、11Bから吸着媒体5A、5Bを通過して導管13A、13Bに流れ込む空気から窒素を吸着することができる。したがって、伝熱気体（すなわち、高温の空気）が、図5の開ループに供給され、システム200は連続モードで動作する。

【0046】

これらの態様のそれぞれで、流入する空気の条件付けが重要である場合がある。たとえば、入口空気を、その初期状態に応じて乾燥することも、加熱することも、冷却すること

50

ができる。

【0047】

気体の分離と急速な伝熱の両方を最適化するように吸着材料を選択することが望ましい。層における圧力降下を最低限に抑え、プロアの資本コストおよび運転コストを削減すべきである。したがって、粒径、層の形状、ならびに全体的なシステム・レイアウトおよび設計を、圧力降下を最低限に抑えるように最適化することができる。それぞれの異なる層における吸着材料は、システム要件に応じて同じであっても異なる材料であってもよい。

【0048】

たとえば、ある場合には、酸素濃縮システムを、図2に示されている2つの層と同様な、互いに並行して動作する3つの吸着層で構成することができる。各層は、標準メッシュ・サイズが20x30の、1kgのAgXゼオライト・ペレットを含んでいる。各層は、形状を有し、好ましくは金属フォームで作られた伝熱面のネットワークを含んでいる。

【0049】

第1の態様の空気の酸素含有量を濃縮する温度感応吸着プロセスが、燃料電池に酸素濃厚空気を供給することに限らないことに留意されたい。このプロセスを用いて他の任意の適切な用途向けに酸素濃厚空気を供給することができる。たとえば、入口空気が酸素濃縮される場合、不活性窒素を加熱する必要がないため、燃焼プロセス(ガス・タービンなど)の効率を高くすることができる。

【0050】

11. 第2の好ましい態様

高出力電気器具は熱管理に問題がある。同じ場所に配置されたコンピュータや製造機械のような大電力負荷は、熱として供給される電気エネルギーの大部分を散逸させる。適切な動作条件を維持するために、この熱を除去する必要がある。従来構成では、電力がグリッドを通して供給されるが、器具を駆動し冷却機構を動作させるのに電力が必要である。ある種の配電システムは新規の特徴を有している。固体酸化物燃料電池などの発電機は電力と高品質の廃熱を生成する。この熱を利用して冷却装置を駆動し、それによって電力要件を低減させることができる。発明者は、関連する機器を適切に選択することによって、電力要件および冷却要件を理想的に満たすことのできるシステムを提供することができる。

【0051】

本発明の第2の好ましい態様では、発明者は、固体酸化物燃料電池などの燃料電池を含む発電機と、熱ポンプと、コンピュータなどの電力消費器具が、電力要件および冷却要件に関して理想的に適合したシステムを形成することを知った。

【0052】

固体酸化物燃料電池は通常、概ね同じ量の熱を電力として生成する。この熱は、通常250 から1000 の範囲の高温で得られ、熱駆動熱ポンプを駆動するのに適している。

【0053】

効率が概ね1の効率を有する熱駆動熱ポンプがある。効率1は、熱ポンプが、熱ポンプを駆動するのに供給されるのと同じ量の熱を除去できることを意味する。関連する熱蒸気が異なる温度の蒸気であることに留意されたい。燃料電池から熱駆動熱ポンプまでの熱蒸気は、冷却負荷(この場合、電気器具)から熱駆動熱ポンプへの熱蒸気よりも高温で与えられる。

【0054】

燃料電池から供給される電力は、器具によって消費される。器具に供給される電力の一部は熱として散逸される。システムのこの部分を詳しく調べると、器具に供給されるすべての電力は、器具に貯蔵されることも、器具からシステムの境界を越えて送られることもなく、散逸されることが分かる。コンピュータや機械のようなたいの器具では、供給される電力のわずかな一部のみがシステムの境界を越えて送られ、供給される電気エネルギーの大部分は熱として散逸される。散逸された熱は、器具内の過度の温度を回避するために除去する必要がある。

10

20

30

40

50

【0055】

発明者は、上述のシステムが冷却負荷を電気負荷に適合させる極めて好都合な特徴を有することを知った。熱駆動熱ポンプと固体酸化物燃料電池を組み合わせると、多数の電気器具の要件を満たす電源および冷却能力が実現される。このようなシステムは、追加的な冷却装置も追加的な顕著な電力（すなわち、総電力の10%を超える電力）も組み込む必要がないため好都合である。発電機と熱駆動熱ポンプを慎重に選択すると、様々な用途に適合した冷却および加熱を行うことができる。発電機は、固体酸化物燃料電池と、ボトミング・サイクル・ガス・タービンなどのガス・タービンとの組合せであってもよい。

【0056】

さらに、与えられる冷却および電力の量は、燃料電池の適切な動作条件を選択することによって調整することができる。たとえば、燃料電池に余分の燃料を供給した場合、より高温の熱を生成し、それによってより多くの冷却電力を生成することができる。この調整は、追加的な熱負荷を除去する必要がある状況で特に重要である。追加的な熱負荷の一例は、高大気圧温度（すなわち、高温気候帯）のために条件付けされた器具の加熱である。

【0057】

他の好ましい選択肢は、器具または熱的に条件付けされた空間の、熱ポンプによる加熱である。たとえば、低温気候帯では、加熱は器具の動作または器具を操作する作業員にとって重大である。熱駆動熱ポンプは極めて効率的に加熱を行うことができる。

【0058】

発電機では様々な燃料を用いることができる。気体燃料の例には、水素、生物的に生成されたガス、天然ガス、圧縮天然ガス、液化天然ガス、およびプロパンがある。液体燃料を使用することもできる。システムを固体燃料に適合させることもできる。

【0059】

図6は、第2の好ましい態様のシステムを概略的に示している。システムは、発電機2、熱駆動熱ポンプ4、器具6、およびヒート・シンク8を含んでいる。発電機2は固体酸化物燃料電池であってもよい。発電機はガス・タービンと組み合わされた固体酸化物燃料電池であってもよい。電力だけでなく高温の熱も供給する、熔融カーボネート燃料電池のような他の発電機を使用することもできる。熱駆動熱ポンプ4は、LiBr-Waterやアンモニア-水熱ポンプなどの吸収式冷凍機であってもよい。熱駆動熱ポンプは、高温の熱を使用して冷却を行い（すなわち、低温の熱を吸収する）、中間温度の熱を受け入れない。従来のランキン・サイクル冷却装置と比べて、熱駆動熱ポンプは少量の電力または機械力しか必要としない。熱駆動熱ポンプの説明は、参照として本明細書に組み入れられたBernard D. Woods「熱力学の応用（Applications of Thermodynamics）」Waveland Press Inc., Prospect Heights, Illinois, Second Edition, 1991に記載されている。

【0060】

この態様に適した他の種類の熱駆動熱ポンプは吸着熱ポンプである。吸着熱ポンプでは、通常は気体である冷媒が固体と相互作用する。冷媒の固体上への吸着および固体からの脱着によって冷媒が加圧される。冷媒の高圧吸着は、高温の熱を用いて行われる。冷媒ループの高圧部分では、熱が受け入れられず、低圧部分では熱が吸収される。吸着熱ポンプは、液体を取り扱う必要なしに固体装置として実現することができる。このことは、たとえば、一般に吸収熱ポンプで使用される液体を加熱すると危険すぎる環境で有利である。吸着熱ポンプでは環境に影響を与えない気体/蒸気を使用することができる。

【0061】

器具6は、任意の目的で電力を消費し、主として除去する必要のある寄生損失として熱（器具冷却負荷）を生成する装置である。この器具の1つの好ましい例は、コンピュータまたはデータ・センター内の同じ場所に配置された一群のコンピュータである。

【0062】

システム用のヒート・シンク8は、大量の固体、液体、または気体であってもよい。たとえば、ヒート・シンクは冷却塔、大気、土壌、または水蒸気を含んでよい。

【0063】

図6にはサブシステム同士の間で交換されるエネルギーも示されている。発電機2によって器具16に供給される電力12は、電線を用いて送ることができるが、他の送電機構を使用することもできる。高温の熱10は、発電機2によって生成され、熱駆動熱ポンプ4によって消費される。高温の熱10は、流体が発電機2内または発電機2の近くの熱を吸収し、熱を熱駆動熱ポンプ4に対して放出する液体ループなどの汲出し液体ループによって伝えることができる。一般に、この伝熱は伝熱機構（すなわち、伝導、対流、放射、またはそれらの組合せ）によって行うことができる。冷却ループは、気体もしくは蒸気冷却剤および/または固体層で構成することもできる。器具冷却負荷14は、熱ポンプ4によって除去する必要がある、器具16によって生成される熱の量である。熱は、器具6の所でまたは器具6の近くで吸収され、熱駆動熱ポンプ4に伝えられる。液体汲出しループまたは気体流を用いて冷却負荷14を器具6から吸収して熱駆動熱ポンプ4に伝えることができる。適度な温度の熱16は、熱駆動熱ポンプ4からヒート・シンク8に伝えられる熱である。ここでも、対流、伝導、放射、またはこれらの伝熱機構の任意の組合せを用いてこの熱を伝えることができる。1つの可能な実施態様は、熱駆動熱ポンプの内側の熱交換機から空気を汲み出し、周囲に放出することである。すべての3つの伝熱（10、14、16）は単一または複数の熱流によって実施することができる。LiBr-水熱駆動熱ポンプの場合、熱駆動熱ポンプ4からヒート・シンク8への適度な温度の熱16は一般に、この伝熱ループによって実現される。

10

【0064】

熱駆動熱ポンプ4からヒート・シンク8までの伝熱ループの例として、熱駆動熱ポンプ4の、冷却と土壤に埋められたチューブのコイルとを必要とする部分の周りに巻かれた汲出しループがある。他の例として、大気を吸収し、冷却すべき表面に吹き付けるブローア、および高温の空気を周囲に放出する導管がある。

20

【0065】

発電機2および熱駆動熱ポンプ4で形成されたサブシステムは、高温燃料電池が発電機2として使用される場合について図7に示されている。燃料電池68は好ましくは、固体酸化物燃料電池などの高温燃料電池である。

【0066】

燃料は、圧縮機であってもよい燃料ブローア18の助けで燃料電池に供給される。液体燃料の場合、ブローア18はポンプで置き換えられる。選択的な燃料プレコンディショナ104は燃料を前処理する。たとえば、この装置は、硫黄のような、発電機の機能に悪影響を及ぼす汚染物質を除去することができる。燃料プレコンディショナ104の他の可能な機能は予備改質および/または改質である。

30

【0067】

燃料プレヒータ22は燃料を燃料電池動作温度にする。このプレヒータは、燃料電池68に外付けしても、燃料電池68の一体部分であってもよい。プレヒータは、単一または複数の装置に含めることができる。液体燃料の場合、燃料プレヒータ22は、液体燃料を蒸発させる。気体燃料の場合、燃料プレヒータ22はフィン付き熱交換機であってもよい。燃料プレコンディショナ104は、燃料プレヒータ22の後段に設置しても、燃料プレヒータ22と統合しても、燃料電池68と一体であってもよい。

【0068】

燃料予熱54は、入力燃料の温度を燃料電池動作温度まで上昇させるのに必要な熱である。燃料取入れ導管34は、燃料ブローア18から燃料プレヒータ22までの燃料の経路を構成している。燃料取入れ導管34は、中間燃料プレコンディショナ104を有しても有さなくてもよい。燃料供給導管36は、燃料プレヒータ22から燃料電池68までの燃料の経路を構成している。

40

【0069】

酸化剤ブローア20は、空気または他の任意の適切な酸化剤を燃料電池68の方へ移動させる。酸化剤取入れ導管42は、酸化剤ブローア20と酸化剤プレヒータ24との間に酸化剤の移送経路を構成している。選択的な酸化剤プレコンディショナ106は酸化剤流を前処理する。プレコンディショナ106の例には、フィルタおよび酸素濃縮装置が含まれる。プレコンディ

50

シヨナ熱11Aは、この選択的な装置を動作させるのに必要な熱である。プレコンディショナ106の1つの構成部材の一例として、第1の好ましい態様で説明したように温度スイング吸着を利用する酸素濃縮装置がある。酸化剤プレコンディショナ106は、酸化剤プロア20の上流側に設置することもできる。酸化剤プレヒータ24は、酸化剤予熱62を用いて入力酸化剤を燃料電池動作温度にする。酸化剤プレヒータ24は、単一または複数の装置に含めることができる。好ましい一態様では、酸化剤は、酸化剤プレヒータ24で部分的に予熱され、燃料電池68の内側の追加的な熱を取り込み、それによって燃料電池68を冷却する。酸化剤プレヒータ24の一例としてフィン付き熱交換機がある。酸化剤供給導管44は酸化剤を酸化剤プレヒータ24から燃料電池68まで運ぶ。

【0070】

燃料電池68では、燃料と酸化剤が電気化学的に反応する。この反応によって電気エネルギー12および高温の熱が生成される。燃料電池の高温の熱58は、燃料電池によって生成された熱の、さらに使用できるように処理され排気や酸素が失われた酸化剤によって除去されない部分を表す。燃料電池によって生成された熱のすべてを処理して他の装置に運べるわけではない。

【0071】

燃料電池の高温の熱58は、様々な目的に利用することができる。この熱は、燃料予熱54、酸化剤予熱62、プレコンディショナ熱11A、または熱駆動熱ポンプの高温の入力熱10に用いることができる。燃料電池の高温の熱58は、これらの負荷(10、54、62、11A)の任意の組合せに送ることができる。燃料電池の高温の熱58を処理できるものとして、燃料電池までの酸化剤流ループから分離されたガス冷却ループがある。

【0072】

燃料電池出口導管38および46は電気化学反応生成物を運ぶ。燃料電池68が固体酸化物燃料電池である場合、排気導管38は反応した燃料を運び、出口酸化剤導管46は、酸素が失われた酸化剤を運ぶ。燃料出口冷却機28は、排気流から排気冷却熱56を抽出する。燃料出口冷却機28は、1つまたは複数の装置であってよく、燃料電池68と部分的または完全に一体化することができる。燃料出口冷却機28の一例としてフィン付き熱交換機がある。排気冷却熱56は、燃料予熱54、酸化剤予熱62、プレコンディショナ熱11A、または熱駆動熱ポンプの高温の入力熱10に使用することができる。排気冷却熱56は、これらの熱負荷(10、54、62、11A)の任意の組合せに送ることができる。

【0073】

酸化剤出口冷却機26は、出口酸化剤流から酸化剤冷却熱60を抽出する。酸化剤出口冷却機26は、1つまたは複数の装置であってよく、かつ燃料電池68と部分的または完全に一体化することができる。酸化剤出口冷却機26の一例としてフィン付き熱交換機がある。酸化剤冷却熱60は、燃料予熱54、酸化剤予熱62、プレコンディショナ熱11A、または熱駆動熱ポンプの高温の入力熱10に使用することができる。酸化剤冷却熱60は、これらの熱負荷(10、54、62、11A)の任意の組合せに送ることができる。

【0074】

燃料出口(すなわち、排気)導管38および酸化剤出口(すなわち、排気)導管46は、燃料排気および酸素が失われた酸化剤を選択的なバーナ30に供給する。バーナ30では、この2つのガス流が化学的に反応し、バーナの高温の熱48を生成する。この化学反応は、選択的な触媒材料によって開始することができる。

【0075】

バーナの高温の熱48は、燃料予熱54、酸化剤予熱62、プレコンディショナ熱11A、または熱駆動熱ポンプの高温の入力熱10に使用することができる。バーナの高温の熱48は、これらの熱負荷(10、54、62、11A)の任意の組合せに送ることができる。バーナの高温の熱48の伝達の好ましい一例として、バーナを直接負荷と一体化することが挙げられる(すなわち、伝導による負荷への伝熱)。この伝熱の他の好ましい例として汲出し流体ポンプがある。

【0076】

10

20

30

40

50

バーナ排気導管50は反応生成物をバーナ30から選択的なバーナ排気熱交換機32まで運ぶ。バーナ排気熱交換機32では、バーナ反応生成物からバーナ排気熱64が抽出される。バーナ排気熱交換機32の一例としてフィン付き熱交換機がある。

【0077】

バーナ排気熱64は、燃料予熱54、酸化剤予熱62、プレコンディショナ熱11A、または熱駆動熱ポンプの高温の入力熱10に供給することができる。バーナ排気熱64は、これらの熱負荷(10、54、62、11A)の任意の組合せに送ることができる。バーナ熱交換機排気導管102はバーナ排気をシステムから排出する(好ましくは周囲または排気後処理装置に排気する)。

【0078】

熱駆動熱ポンプ4は、高温の熱10によって駆動される。熱駆動熱ポンプ4は、高温の熱10からの熱を使用した後、1つの熱流を熱ポンプの低温流出16Aにおいて排気する。器具6からの器具冷却負荷14は冷却流16Bによって除去される。高温の熱10は、燃料電池の高温の熱58、排気冷却熱56、酸化剤冷却熱60、バーナの高温の熱48、またはバーナの排気熱64によって供給することができる。高温の熱10は、これらの熱源(48、56、58、60、64)の任意の組合せによって供給することができる。

【0079】

器具冷却負荷14および熱16Bの好ましい一実施態様では、大気がフロアによって熱駆動熱ポンプに送り込まれ、熱駆動熱ポンプで周囲温度よりも低い温度に冷却され、次いで冷却を必要とする器具に送られる。器具において、冷却空気は冷却負荷14を取り込み加熱される。加熱された空気は周囲に排気される。

【0080】

図7に示されているシステムの好ましい一態様が図8Aに示されている。図8Aに示されているシステムは、図7に関して示されているのと同じ外形を有している。図8Aは、図7に示されている熱流の好ましい1つの経路を含んでいる。燃料予熱54は、燃料排気冷却熱56によって供給される。選択的に、燃料は燃料電池内の追加的な熱を取り込むことができる。排気冷却熱56から燃料予熱54への伝熱は、熱交換機、たとえばフィン付き熱交換機で実現することができる。この構成の一例として、熱交換機22および28を単一の構成部材として組み合わせることが挙げられる。燃料の選択に応じて、水蒸気を排気から入力燃料まで移動させることができる。この水の移動は、熱交換機に組み込むことも、別個の装置によっ

【0081】

酸化剤予熱62は、酸化剤排気冷却熱60によって部分的に供給される。酸化剤を燃料電池動作温度にするのに必要な熱の残りの部分は燃料電池に吸収され、それによって、追加的な伝熱ループなしに燃料電池からすべての高温の熱が除去される。酸化剤排気冷却熱60から酸化剤予熱62への伝熱は、熱交換機、たとえばフィン付き熱交換機で実現することができる。この構成の一例として、熱交換機24および26を単一の構成部材として組み合わせることが挙げられる。バーナの高温の熱48がただちに抽出されることはない。その代わりに、バーナの高温の熱48はバーナ排気熱64と一緒に抽出される。バーナ排気熱64は、熱駆動熱ポンプ4を作動させるのに必要な熱を与える高温の熱10に送られる。バーナ排気熱64から熱駆動熱ポンプ4への伝熱は、熱駆動熱ポンプ4に組み込まれた熱交換機によって実現することができる。したがって、バーナ排気熱交換機32は、熱ポンプ4内の熱交換機と組み合わせられ、単一の構成部材を形成している。この熱交換機はフィン付き熱交換機であってよい。冷却負荷14は、熱駆動熱ポンプ4によって供給される低温空気流によって器具6から抽出することができる。熱駆動熱ポンプ4は、冷却空気導管76によって器具に送られる冷却空気入口ダクト74を通して冷却空気フロア72によって駆動される。

【0082】

表1は、図8Aに基づく100kW電力システムのエネルギー収支を示している。適用される命名規約は図8Aと一致している。

【0083】

10

20

30

40

50

【表 1】

項目	通常の範囲		例 レイアウト	単位
	低	高		
DC 電力出力 12 燃料電池排気効率 (供給される燃料の、DC 電力として利用できるより発熱量の高い部分)	0.005	100	0.1	[MW]
燃料電池対流効率 (供給される燃料の、燃料電池において酸化される部分)	35%	75%	50%	
熱漏れ燃料電池 (燃料電池で生成される熱の、処理されない部分)	5%	50%	20%	
熱駆動熱ポンプ動作係数 (高温の熱 10 の、冷卻力 14 として利用できる部分)	0.6	1.5	1.2	
燃料電池効率 (燃料電池において酸化される燃料の熱の、DC 電力として利用できる部分)			62.5%	
燃料電池によって生成される高温の熱			0.060	[MW]
燃料電池からの熱漏れ (処理されない熱)			0.012	[MW]
バーナの高温の熱 60			0.049	[MW]
高温入力熱 10			0.088	[MW]
熱駆動熱ポンプから得られる冷卻力			0.106	[MW]

10

【0084】

図8Bは、本発明の第2の態様の別の好ましい態様を示している。図8Bに示されているシステムは、図7に示されている熱流の他の好ましい経路を示している。図8Bに示されているシステムは、図8Aに示されているシステムと同様であるが、酸化剤冷却熱60は高温の熱10として熱交換機4に供給され、パーナ排気熱64は酸化剤予熱62として酸化剤プレヒータ24に供給される。したがって、酸化剤出口導管46は、熱ポンプ4の熱交換機に挿入され、次いでパーナ30に挿入されており、一方、パーナ排気導管50はパーナ排気熱交換機32に挿入されている。酸化剤冷却熱60から高温の熱10への伝熱とパーナ排気熱64から酸化剤予熱62への伝熱はどちらも熱交換機によって実現することができる。したがって、酸化剤プレヒータ24とパーナ排気熱交換機32は、単一の構成部材として組み合わせられ、同じ熱交換機の一部24/32を含んでいる。同様に、出口酸化剤冷却機26と熱ポンプ4の熱交換機部分は、単一の構成部材として組み合わせられ、同じ熱交換機の一部を含んでいる。

20

【0085】

図8Cは、本発明の第2の態様の別の好ましい局面を示している。図8Cに示されているシステムは、図7に示されている熱流の他の好ましい経路を示している。図8Cに示されているシステムは、図8Aに示されているシステムと同様であるが、排気燃料経路と酸化剤経路が交差する点が異なっている。図8Cでは、燃料出口導管38は酸化剤出口冷却機28に挿入されており、一方、酸化剤出口導管46は燃料出口冷却機26に挿入されている。したがって、排気冷却熱56は酸化剤予熱62として供給され、酸化剤冷却熱60は燃料予熱54として供給される。どちらの伝熱も熱交換機によって実現することができる。したがって、酸化剤プレヒータ24と燃料出口冷却機28は、単一の構成部材として組み合わせられ、同じ熱交換機の一部24/28を含んでいる。同様に、出口酸化剤冷却機26と燃料プレヒータ22は、単一の構成部材として組み合わせられ、同じ熱交換機の一部22/26を含んでいる。

30

【0086】

図9は、図6に示されているシステムの別の好ましい態様を示している。図7と図9との主要な違いは、ガス・タービン駆動発電機が追加されていることである。ガス・タービンは、燃料電池からの高温の熱を利用して追加的な電気エネルギーを生成し、それによってさらに、発電機の電氣的効率を高めることができる。それにもかかわらず、高温の廃熱を利用して、熱駆動熱ポンプを駆動し、それによって、互いに適合した電力および冷却を与えることのできる補助システム形成することができる。発電機の効率が高くなることは、生成される電力当たり得られる高温の熱が少なくなることを意味する。このような態様は、電気負荷要件が冷却負荷要件よりも大きく、かつガス・タービンの使用に対する環境および許可上の問題がないときに優先的に使用される。この態様は、上述のシステムにおける電気負荷と熱負荷との釣合いを完全にすようにより効率の高い熱駆動熱ポンプと一緒に使用することもできる。

40

【0087】

図9では、燃料は、燃料圧縮機80によって圧縮されシステムに提供される。燃料圧縮機

50

入口導管82は、燃料圧縮機80に燃料を供給する。液体燃料の場合、燃料圧縮機80の代わりに燃料ポンプを使用することができる。選択的な燃料プレコンディショナ104は燃料を前処理する。たとえば、この装置は、硫黄のような、発電機の機能に悪影響を及ぼす汚染物質を除去することができる。燃料プレコンディショナ104の他の可能な機能は予備改質および/または改質である。

【0088】

燃料プレヒータ22は燃料を燃料電池動作温度にする。燃料は、液体として与えられた場合、燃料プレヒータ22内で蒸発させられる。このプレヒータは、燃料電池68に外付けしても、燃料電池68の一体部分であってもよい。プレヒータは、単一または複数の装置に含めることができる。燃料予熱54は、燃料を燃料電池動作温度にするのに必要な熱である。燃料取入れ導管34は、燃料圧縮機80から燃料プレヒータ22までの燃料の経路を構成する。燃料供給導管36は、燃料プレヒータ22から燃料電池68までの燃料の経路を構成する。

10

【0089】

酸化剤圧縮機84は、空気または他の任意の適切な酸化剤を燃料電池68に供給する。酸化剤圧縮機入口導管86は、酸化剤圧縮機84に酸化剤を供給する。選択的な酸化剤プレコンディショナ106は酸化剤流を前処理する。プレコンディショナ106の例には、フィルタおよび酸素濃縮装置が含まれる。プレコンディショナ熱11Aは、この選択的な装置を動作させるのに必要な熱である。プレコンディショナ106の1つの構成部材の一例として、温度スイング吸着を利用する酸素含有装置がある。酸化剤プレコンディショナ106は、酸化剤圧縮機84の下流に設定することも可能である。酸化剤取入れ導管42は、酸化剤圧縮機84と酸化剤プレヒータ24との間に酸化剤の移動経路を構成する。酸化剤プレヒータ24は、酸化剤予熱62を用いて入力酸化剤を燃料電池動作温度にする。酸化剤プレヒータ24は、単一または複数の装置に含めることができる。好ましい一態様では、酸化剤は、酸化剤プレヒータ24で部分的に予熱され、燃料電池68の内側の追加的な熱を取り込み、それによって燃料電池68を冷却する。酸化剤供給導管44は酸化剤を酸化剤プレヒータ24から燃料電池68まで運ぶ。

20

【0090】

燃料電池68では、燃料と酸化剤が電気化学的に反応する。この反応によって電気エネルギー12Aおよび高温の熱58が生成される。

【0091】

酸化剤出口冷却機26は、出口酸化剤流から酸化剤冷却熱60を抽出する。出口酸化剤冷却機26は、1つまたは複数の装置であってよく、かつ燃料電池68と部分的または完全に一体化することができる。燃料出口冷却機28は、排気流から排気冷却熱56を抽出する。燃料出口冷却機28は、1つまたは複数の装置であってよく、かつ燃料電池68と部分的または完全に一体化することができる。冷却機26、28の一例としてフィン付き熱交換機がある。

30

【0092】

熱排気導管38および酸化剤出口導管46は、燃料排気と酸素が失われた酸化剤とを選択的なバーナ30に供給する。バーナ30では、この2つのガス流が化学的に反応し、バーナの高温の熱48を生成する。

【0093】

バーナの高温の熱48は、燃料予熱54、酸化剤予熱62、プレコンディショナ熱11A、または高温の熱10に供給することができる。バーナの高温の熱48は、これらの熱負荷(10、11A、54、62)の任意の組合せに送ることができる。

40

【0094】

バーナ排気導管50は、反応生成物をバーナ30から選択的なバーナ排気熱交換機32まで運ぶ。バーナ排気熱交換機では、バーナ反応生成物からバーナ排気熱64が抽出される。

【0095】

バーナ排気熱64は、燃料予熱54、酸化剤予熱62、プレコンディショナ熱11A、または高温の熱10に供給することができる。バーナ排気熱64は、これらの熱負荷(10、11A、54、62)の任意の組合せに送ることができる。

【0096】

50

タービン入口導管88はパーナ排気をタービン90まで運ぶ。機械的結合92は、機械的エネルギーをタービン90から酸化剤圧縮機84、燃料圧縮機80、および/または発電機94まで伝える。必要に応じて、圧縮機は他の機械的エネルギー源および/または電力源によって作動させることができる。発電機94は追加的な電力12Bを生成する。

【0097】

タービン出口導管96はタービン排気を選択的なタービン排気熱交換機98まで運ぶ。タービン排気熱交換機では、ガス流からタービン排気熱100Aが抽出される。タービン排気熱100Aは、燃料予熱54、酸化剤予熱62、プレコンディショナ熱11A、または高温の熱10に供給することができる。タービン排気熱100Aはこれらの熱負荷(10、11A、54、62)の任意の組合せに送ることができる。排気導管102は排気ガスをシステムから排出する(好ましくは周囲または排気後処理装置に排気する)。

10

【0098】

熱駆動熱ポンプ4は、高温の熱10によって駆動される。熱駆動熱ポンプ4は、高温の熱10からの熱を利用した後、適度な温度の熱16Aにおいて1つの熱流を排気する。器具6からの器具冷却負荷14は冷却流16Bによって除去される。高温の熱10は、燃料電池の高温の熱58、排気冷却熱56、酸化剤冷却熱60、パーナの高温の熱48、パーナの排気熱64、またはタービン排気熱100Aによって供給することができる。高温の熱10は、これらの熱源(46、56、58、60、64、100A)の任意の組合せによって供給することもできる。

【0099】

図9に示されているシステムの好ましい一態様が図10Aに示されている。図10Aに示されているシステムは、図9に関して示されているのと同じ外形を有している。図10Aは、関連する熱流の好ましい1つの経路を含んでいる。燃料予熱54は、燃料排気冷却熱56によって供給される。選択的に、燃料は燃料電池内の追加的な熱を取り込むことができる。排気冷却熱56から燃料予熱54への伝熱は、熱交換機、たとえばフィン付き熱交換機22/28で実現することができる。燃料の選択に応じて、水蒸気を排気から入力燃料まで移動させることができる。この水の移動は、熱交換機に組み込むことも、別個の装置によって実現することもできる。酸化剤予熱62は、酸化剤排気冷却熱60によって部分的に供給される。酸化剤を燃料電池動作温度にするのに必要な熱の残りの部分は燃料電池に吸収され、それによって、追加的な伝熱ループなしに燃料電池からすべての高温の熱が除去される。酸化剤冷却熱60から酸化剤予熱62への伝熱は、熱交換機、たとえばフィン付き熱交換機24/26で実現

20

30

【0100】

パーナの高温の熱48は、パーナ排気熱64によって運ばれる、燃料電池からの高温の熱と一緒に、まずタービン90を駆動するのに用いられる。タービンの後の残りの熱は、熱駆動熱ポンプ4を駆動する高温の熱10として使用される。

【0101】

タービン排気熱100Aから熱駆動熱ポンプ4への伝熱は、熱駆動熱ポンプ4に組み込まれた熱交換機によって実現することができる。したがって、タービン排気熱交換機98と熱ポンプ4の熱交換機部分は、単一の熱交換機として組み合わされている。この熱交換機はフィン付き熱交換機であってよい。冷却負荷14は、熱駆動熱ポンプ4によって供給される低温空気流によって器具6から吸収することができる。熱駆動熱ポンプ4は、冷却空気導管76によって器具に送られる冷却空気入口ダクト74を通して冷却空気プロア72によって駆動される。

40

【0102】

図10Bは、本発明の第2の態様の別の好ましい局面を示している。図10Bに示されているシステムは、図9および10Aに示されている酸化剤流の他の好ましい経路を示している。図10Bに示されているシステムは、酸化剤経路を除いて、図10Aに示されているシステムと同様である。図10Bのシステムでは、ガス・タービン90および燃料電池68に別々の酸化剤流が供給される。酸化剤プロア20は、燃料電池に酸化剤を供給するのに用いられる。このプロアは圧縮機であってもよい。圧縮機84は酸化剤を導管45Aを介してパーナ30に供給する

50

。燃料電池からの未反応の燃料は、バーナで燃焼させられる。バーナ排気はタービン90を駆動する。このシステムの利点は、より酸素含有量の高い酸化剤がバーナに供給されることである。これによって、バーナ内の燃焼プロセスが改善され、その後タービン動作が改善される。

【0103】

図10Cは、本発明の第2の態様の別の好ましい局面を示している。図10Cに示されているシステムは、図9に示されている熱流の他の好ましい経路を示している。図10Cのシステムは、酸化剤からの熱使用シーケンスが図10Aと異なっている。図10Cでは、燃料電池68から出た酸化剤は、まず酸化剤冷却熱60を熱ポンプ4内の高温入力熱10に供給し、次いでバーナ30に入る。酸化剤予熱62はタービン排気熱100Aによって供給される。したがって、酸化剤プレヒータ24とタービン出口熱交換機98は、単一の構成部材として組み合わせられ、同じ熱交換機の一部24/98を含んでいる。同様に、出口酸化剤冷却機26と熱ポンプ4の熱交換機部分は、単一の構成部材として組み合わせられ、同じ熱交換機の一部を含んでいる。

10

【0104】

図10Cのシステムは、図8Bのシステムが図8Aのシステムに関係するのと同様に図10Aに関係している。図10Cのシステムは、図10Bに示されているように、燃料電池およびバーナ30への別々の酸化剤の使用を組み込むこともできる。燃料電池68およびタービン90に別々の酸化剤流を与えると有利である場合がある。

【0105】

図10Dは、本発明の第2の態様の別の好ましい局面を示している。図10Dに示されているシステムは、図9に示されている熱流の他の好ましい経路を示している。図10Dに示されているシステムは、図10Aに示されているシステムと同様であるが、熱束の経路が異なっている。図10Dでは、燃料予熱54はタービン排気熱100Aによって与えられ、一方、高温の熱10は排気冷却熱56によって与えられる。したがって、タービン出口導管96はタービン排気熱交換機98に挿入されており、一方、燃料電池燃料出口導管38は熱ポンプ4の熱交換機部分に挿入されている。したがって、タービン排気熱交換機98と燃料プレヒータ22は、単一の構成部材として組み合わせられ、同じ熱交換機の一部22/98を含んでいる。同様に、出口燃料冷却機28と熱ポンプ4の熱交換機部分は、単一の構成部材として組み合わせられ、同じ熱交換機の一部を含んでいる。この経路は、前述の図10A、10B、および10Cのシステムのうちのどれに適用してもよい。

20

30

【0106】

図6から10Dは、第2の態様の好ましい局面のシステムの各構成部材の基本的レイアウトを示している。これらの構成部材は、これらの図に示されていない他の多数の方法で組み合わせることもできる。1つの図に示されている任意の構成部材または構成部材の組合せを他の任意の図に示されているシステムに使用することができる。たとえば、図8Cに示されている燃料電池燃料経路と酸化剤排気経路の交差を、図8A、8B、10A、10B、10C、10Dに示されているシステムとこれらのシステムの組合せに適用することができる。

【0107】

部品リスト発電機	2
熱駆動熱ポンプ	4
器具	6
ヒート・シンク	8
高温の熱	10
プレコンディショナ入力熱	11A
電力	12
器具冷却負荷	4
適度な温度の熱	16
熱ポンプの低温流出	16A
低温流出	16B
燃料プロア	18

40

50

酸化剤プロア	20	
燃料プレヒータ	22	
酸化剤プレヒータ	24	
酸化剤出口冷却機	26	
燃料出口冷却機	28	
バーナ	30	
バーナ排気熱交換機	32	
燃料取入れ導管	34	
燃料供給導管	36	
燃料電池燃料出口導管	38	10
酸化剤取入れ導管	42	
酸化剤供給導管	44	
酸化剤圧縮機からバーナまでの導管	45A	
燃料出口酸化剤出口導管	46	
バーナの高温の熱	48	
バーナ排気導管	50	
燃料プレヒート	54	
燃料排気冷却熱	56	
燃料電池の高温の熱	58	
酸化剤排気冷却熱	60	20
酸化剤プレヒート	62	
バーナ排気熱	64	
燃料電池	68	
器具冷却負荷	70	
冷却空気プロア	72	
冷却空気導管	74	
冷却空気出口	76	
バーナ排気冷却機	78	
燃料圧縮機	80	
燃料圧縮機入口導管	82	30
酸化剤圧縮機	84	
酸化剤圧縮機入口導管	86	
タービン入口導管	88	
タービン	90	
機械的結合	92	
発電機	94	
タービン出口導管	96	
タービン排気熱交換機	98	
タービン排気熱	100A	
排気導管	102	40
燃料電池電力	12A	
発電機電力出力	12B	
燃料プレコンディショナ	104	
酸化剤プレコンディショナ	106	

【 0 1 0 8 】

III. 第3の好ましい態様

ある先行技術の固体酸化物燃料電池100では、図11に示されているように、セラミック電解質101が波形である。電解質101全体が湾曲し、すなわち波形になっているが、その主面103、105は平滑または一様である。したがって、電解質101はその長さに沿って同じ厚さを有している。しかし、電解質101の長さに沿って延びる点線の中心線107は点線の直線

109から著しく逸脱している。電解質101の一樣な表面103、105上にアノード111およびカソード113が形成されている。このような波形電解質101は製造するのが困難であり、複数の燃料電池を含む燃料電池スタックとして適切に統合するのはさらに困難である。

【0109】

本発明者は、電解質の少なくとも1つの表面の少なくとも一部を非一樣にした場合、いくつかの利点を実現できることを知った。固体酸化物燃料電池内の電解質を通じた酸素の拡散は、いわゆる「3相境界」間を進行する。この3相境界は、図12に示されているように、電極（すなわち、カソードまたはアノード）と電解質の境界の所の電解質粒子境界領域である。拡散する酸素は第3の「相」を構成する。電解質の一方または両方の主面の有効部分を非一樣にした場合、電解質と非一樣な表面に接触する電極との間の表面積が大きくなる。電解質の「有効部分」は、電極同士の間、電流を生成する領域である。これに対して、電解質の周囲部は、電解質を燃料電池スタックに付着させるのに用いられ、燃料および酸素の通路を含んでよい。表面積が大きくなると、3相境界領域が増え、それによって、より多くの酸素が電解質を通して拡散することができる。これによって燃料電池の電力密度（すなわち、 1cm^2 当たりワット数）が高くなり、燃料電池1W当たりコストが安くなる。さらに、加工または荒削りされた電解質表面などの非一樣表面は、機械的な連動が改善されるために燃料電池の互いに隣接する電極への付着によりうまく付着することができる。

10

【0110】

図13は、第3の態様の第1の好ましい局面による、少なくとも1つの非一樣表面部分を有するセラミック電解質201を含む固体酸化物燃料電池200を示している。第1の好ましい局面における少なくとも1つの非一樣表面は加工面である。好ましくは、2つの互いに向かい合う主面203、205が加工される。加工面203、205は、平均電解質厚さ209の5%以下、好ましくは1%以下の高さ208を有する複数の突起206（すなわち、ランプ、ピークなど）を含んでいる。この態様の好ましい局面では、電解質は、0.5ミクロンから2ミクロン、好ましくは1ミクロンから2ミクロンの表面粗さを有する電解質を得るように加工される。この表面粗さは一般的なSOFC電極に適切に付着するのを可能にする。図13では、突起206の高さおよび幅が、説明を明確にするために誇張されている。突起206は、矩形、多角形、三角形、角錐、半球、任意の不規則な形状のような任意の所望の形状を有してよい。好ましくは、互いに向かい合う主面203、205の有効部分210のみが加工され、一方、表面203、205の周囲部202は加工されない。しかし、必要に応じて、主面203、205全体を加工してよい。たとえば、シールの完全性が接触面の面積に応じて高くなる接着シールまたは圧縮シールにおいて、周囲部を加工すると、シールの完全性を高くし、かつ/または燃料電池の「非有効」周囲面積を小さくすることができる。

20

30

【0111】

図11の波形電解質とは異なり、図13に示されている電解質は実質的に平坦である。電解質201の長さに沿って延びる点線の中心線207は点線の直線からそれほど逸脱していない。電解質201全体が実質的に平坦であるが、その互いに向かい合う主面203、205は非一樣であり加工されている。アノード211およびカソード213は電解質201の加工面203、205上に形成されている。実質的に平坦な電解質は、製造がより容易であり、燃料電池スタックに組み込むのがより容易であり、かつ波形電解質よりも耐久性が高いため有利である。しかし、必要に応じて、加工面を非平坦電解質または波形電解質上に配置することができる。

40

【0112】

電解質、アノード、およびカソードは任意の適切な材料で作ることができる。好ましくは、電解質はイットリア安定化ジルコニア（YSZ）セラミックを含む。カソードは好ましくは、 LaSrMnO_3 （「LSM」）のような、一般化学式 ABO_3 を有するペロブスカイト・セラミックを含む。アノードは好ましくは、Niなどの金属、またはNi-YSZサーメットやCu-YSZサーメットなどのサーメットを含む金属を含む。必要に応じて、他の適切な材料を使用することができる。

【0113】

50

電解質の非一様な表面は、任意の適切な方法によって形成することができる。好ましくは、非一様な表面は、セラミック・グリーン・シートを設け、グリーン・シートの少なくとも1つの表面の少なくとも一部をパターン化して少なくとも1つの表面の少なくとも非一様な部分を形成することによって作られる。グリーン・シートを次いで、焼結して（すなわち、高温で焼成するかまたは焼きなます）セラミック電解質を形成することができる。用語「グリーン・シート」がグリーン・テープまたは有限サイズのシートを含むことに留意されたい。好ましくは、グリーン・シートの両側が、グリーン・シートの互いに向かい合う2つの非一様な表面部分を形成するようにパターン化される。

【0114】

本発明の第3の態様の別の好ましい局面は、テクスチャ加工された界面を有する複合電解質に関する。図14は、先行技術の複合電解質を示し、一方、図15および16は、第3の好ましい態様によるテクスチャ加工された界面を有する複合電解質を示している。電解質を、通常イットリア安定化ジルコニア（YSZ）である単一の材料で製造するのではなく、複数の材料層を使用した方が有利である場合がある。複合電解質の一例として、一方の側または両側をYSZで被覆されたサマリア添加セリア（SDC）電解質がある。しかし、SDCの適用は、SDCの、低酸素分圧に耐える能力によって制限される。酸素分圧が低いと、SDCは、還元され、そのイオン伝導性を部分的または全体的に失い、それによって、固体酸化物燃料電池の重大な故障を生じさせる可能性がある。YSZは、イオン伝導率がより低く、このことは、この材料内の電氣的損失はより多くなるが、SDCよりも低い酸素分圧に耐えられることを意味する。さらに、SDCは、高温で電子伝導性を示し、これは燃料電池の性能に悪影響を及ぼす。SDCの隣にYSZ層を配置すると電子伝導性が効果的に抑制される。というのはYSZは非常に弱い電子導体であるからである。

10

20

【0115】

図14は、SDC層305で被覆されるかまたはSDC層305が貼り合わされた、先行技術のYSZ電解質300を示している。一例として、反応する燃料にさらされず、それによって低酸素分圧にさらされない固体酸化物燃料電池のカソード側にSDCが使用され、一方、アノード側にYSZが使用される。

【0116】

SDCでは酸素イオン伝導率が高いため、SDCとYSZとの間の界面にレート制限段を形成することができる。2つの材料の間の界面における損失は、界面の表面積を大きくすることによって少なくすることができる。表面積の増大は、界面を加工することによって実現することができる。図15は、テクスチャ加工された内側表面を有する複合電解質の断面を示している。ここで、SDCのテクスチャ加工された層315は、YSZの層310に貼り付けられている。

30

【0117】

YSZとSDCの組合せは、テクスチャ加工された界面を使用できる一例である。他の材料の組合せをテクスチャ加工された界面と一緒に使用することもできる。複合電解質は、図15に示されているように2つの層で構成することも、少なくとも1つ、好ましくは図16に示されているように1つよりも多くのテクスチャ加工された界面303、305を有する3つ以上の層310、315、320で構成することもできる。

40

【0118】

テクスチャ加工された界面は任意の適切な方法で形成することができる。1つの方法は、2枚のテクスチャ加工された適合表面を貼り合わせることであり、他の方法は、たとえば、テープ・キャストまたはスクリーン印刷法によって、第1の材料のテクスチャ加工された表面上に第2の層を貼り付けることである。好ましい例では、SDCは、約50マイクロメートルから200マイクロメートル、好ましくは約100マイクロメートルの厚さを有する機械的支持基板として設けられ、YSZは、約10マイクロメートルから50マイクロメートル、好ましくは約20マイクロメートルの薄い保護層として基板上に堆積される。この場合、表面テクスチャは、約10マイクロメートルの厚さを有することができる。しかし、より大きな長さスケールおよびより小さな長さスケールに対するテクスチャ加工も可能である

50

【0119】

図15および16に示されているテクスチャ加工された内側表面(すなわち、界面)を、やはりテクスチャ加工された外側表面203、205(すなわち、電極に接触する表面)を有する複合電解質上に形成することができる。複合電解質外側表面の一方をテクスチャ加工しても両方をテクスチャ加工してもよい。

【0120】

優れた機械的特性、熱特性、および/または電気的特性を実現する追加的な層を複合層電解質または単一層電解質に追加して、単一層電解質と比べて改善された優れた機械的特性、熱特性、および/または電気的特性を実現することができる。さらに、機能的に分類された電極(アノードおよび/またはカソード)の複数の層を単一層電極または複合電極上に設けることができる。

【0121】

図13および15に示されているテクスチャ加工された表面203、205は、いくつかの異なる方法でテクスチャ加工することができる。第3の態様の好ましい一局面では、テクスチャ加工された表面は、グリーン・シートをレーザ・アブレートし、その後焼結することによって形成される。任意の適切なレーザ・アブレーション方法および装置を用いてグリーン・シートをテクスチャ加工することができる。グリーン・シート表面をテクスチャ加工するのに適したレーザ・アブレーション装置250の概略図が図17に示されている。レーザ源251はレーザ光線253を反射鏡255に向ける。鏡255は光線253を集束レンズ257を通して、精密XYZテーブル259上に配置されたグリーン・シート261(焼成されていない電解質テープなど)上に向ける。グリーン・シート261をアブレートするのに十分なパワーを有する任意のレーザ源251を使用することができる。たとえば、エキサイマ・レーザまたはYAGレーザをレーザ源251として使用することができる。レーザ光線253は、XYZテーブルを移動させ、かつ/または鏡255を移動させることによってグリーン・シート261の表面上を走査される。レーザ光線のパワーは、非一様なテクスチャ加工されたグリーン・シート表面が得られるように走査中に変化させてよい。たとえば、レーザ源251は、オンとオフを周期的に切り換えても、レーザ光線パワーを変化させるように減衰器(図示せず)によって減衰させてもよい。または、XYZテーブルは、グリーン・シート261に入射する光線パワーを変化させるように光線253の走査中に上下に移動させることができる。レーザ光線の位置および/またはパワーおよび/またはテーブルの移動は、電解質上に所望のパターンを形成するようにコンピュータによって調節することができる。レーザ光線253はグリーン・シート261の頂部表面の一部をアブレートして(除去するかまたは荒削りする)テクスチャ加工された表面を残す。テクスチャ加工されたグリーン・シートは次いで、セラミック電解質を形成するように焼結または焼成される。または、レーザ・アブレーションを、焼結段階の後で焼結された電解質に対して行うことができる。

【0122】

または、グリーン・シートのテクスチャ加工された表面を、半導体製造に用いられるフォトリソグラフィ方法によって形成することができる。たとえば、図18に示されているように、グリーン・シート261上にエッチング・マスク271が形成される。エッチング・マスク271は、露光マスクを通して露光され現像されたフォトレジスト層を含んでよい。グリーン・シートのマスクされていない部分273は、グリーン・シートのマスクされていない部分は、グリーン・シートの頂部表面に凹所を形成するようにエッチングされる。グリーン・シートのマスクされた部分275は、マスク271によってエッチングされないように保護され、凹所273同士の間突起275として残る。突起275および凹所273はテクスチャ加工された表面を形成する。フォトレジスト・マスク271は、エッチング後に、アッシングのような従来の選択的な除去プロセスによって除去される。マスク材料よりもグリーン・シート材料を優先的にエッチングする任意のエッチング・ガスまたは液体を使用することができる。図18に示されているように、異方性エッチング媒体を用いて直線的な側壁を有する凹所273を形成した。この結果、凹所同士の間矩形の突起275が得られる。または、異方

10

20

30

40

50

性エッチング媒体を用いて、外側に傾斜した壁を有する凹所273を形成することができる。この結果、凹所同士の間には台形または三角錐形の突起275が得られる。

【0123】

マスクは、フォトレジスト以外の材料を含んでよい。一例では、他の感光層を使用することができる。または、いわゆる「ハード・マスク」をマスクとして用いてグリーン・シートをエッチングすることができる。たとえば、図19に示されているように、グリーン・シート261上にハード・マスク層281が堆積される。ハード・マスク層281は、エッチング媒体によるエッチングにグリーン・シート261よりも高度に耐える任意の材料であってよい。ハード・マスク層は、任意の適切な金属、セラミック、半導体、または絶縁体であってよい。フォトレジスト・マスク271は、ハード・マスク層281上に形成され、露光され、現像される。ハード・マスク層281は次いで、フォトレジストをマスクとして用いてエッチングされる。次いで、グリーン・シート261は、ハード・マスク281をマスクとして用いて複数の凹所273および275を含むテクスチャ加工された表面を形成するようにエッチングされる。フォトレジスト・マスク271は、グリーン・シートがエッチングされる前または後に除去することができる。ハード・マスク281は、ハード・マスク281を除去するがグリーン・シート261をエッチングしない選択的なエッチング媒体によってグリーン・シート261がテクスチャ加工された後で除去される。

10

【0124】

他の例では、マスクは複数の粒子を含んでよい。図20に示されているように、グリーン・シート261の表面上に複数の不連続的な粒子291が形成される。粒子291は、エッチング媒体によるエッチングにグリーン・シート261よりも高度に耐える任意の材料であってよい。粒子は、任意の適切な金属、セラミック（チタニアやアルミナなど）、半導体（ポリシリコンや炭化ケイ素など）、または絶縁体であってよい。粒子は、スプレー・コーティング、ディップ・コーティング、インク・ジェット付着、スパッタリング、化学蒸着のような任意の粒子付着方法によって形成することができる。グリーン・シート261の、粒子291で覆われていない部分273は、グリーン・シートの頂部表面に凹所を形成するようにエッチングされる。グリーン・シートの覆われている部分275は、粒子291によってエッチングされないように保護され、凹所273同士の間には突起として残る。突起275および凹所273はテクスチャ加工された表面を形成する。粒子291は、粒子291を除去するがグリーン・シート261をエッチングしない選択的なエッチング媒体によってグリーン・シート261がテクスチャ加工された後で除去される。

20

30

【0125】

または、粒子291は、粒子291をグリーン・シート261上に直接付着させるのではなく、テクスチャ加工された層293をグリーン・シート261上にエッチングすることによって形成することができる。たとえば、図21に示されているように、粗な表面またはテクスチャ加工された表面を有する層293がグリーン・シート261上に付着させられる。層293のテクスチャ加工された表面は突起295を含んでいる。この層293は、半球状の粒子ポリシリコン、セラミック、絶縁体、金属のような粗な表面を有する任意の材料であってよい。層293は次いで、図22に示されているように、グリーン・シート261の表面上に突起295のみが残るまで異方性エッチングされる。残りの突起295は、グリーン・シート261上の複数の粒子として現れる。グリーン・シート261は次いで、突起295をマスクとして用いてエッチングされる。

40

【0126】

他の例では、マスクなしでテクスチャ加工された表面が形成される。一例では、グリーン・シート261の粒子境界297を優先的に腐食させる、エッチング液体などのエッチング媒体が、グリーン・シートの頂部表面に塗布される。エッチング媒体は、グリーン・シートの粒子境界297を選択的にエッチングして凹所273を形成する。グリーン・シート261の、粒子境界297同士の間には領域は、エッチングされないか、またはより軽くエッチングされ、図23に示されているように突起275として残る。したがって、突起275および凹所273を含むテクスチャ加工された表面がマスクなしで形成される。

50

【0127】

他の例では、テクスチャ加工された表面はエンボス加工によって形成される。テクスチャ加工されるかまたは荒削りされた表面299を有する本体298（すなわち、プレス、モールドなど）が、図24に示されているようにグリーン・シート261の頂部表面に押し込まれるか巻き付けられる。または、グリーン・シートが表面299に押し込まれるか巻き付けられる。本体298の下部表面299は、グリーン・シート261よりも高い硬度を有している。本体298は、グリーン・シートをエンボス加工するのに適切な硬度を有するセラミック、絶縁体、または金属本体であってよい。エンボス加工段階によってグリーン・シート261にくぼみまたは凹所が残り、グリーン・シートにテクスチャ加工された表面を形成する。グリーン・シート261の両側を上述の方法によってテクスチャ加工できることに留意されたい。必要に応じて、プロセスに熱を加えてグリーン・シートの結合剤成分を軟化させ、グリーン・シートを容易にテクスチャ加工できるようにすることができる。

10

【0128】

他の例では、テクスチャ加工された表面は、平坦なグリーン・テープ上にリッジを作製することによって形成される。これは、クラディング・プロセス、あるいは粉末および/またはスラリがグリーン・テープと同じ材料で作られる粉末/スラリ・スプレー・プロセスを用いて行うことができる。他の例では、荒削りまたはテクスチャ加工を、研磨材を用いたラップ仕上げ、研削、研磨（化学・機械的研磨など）のような様々な機械的および化学・機械的加工方法によって電解質に適用することができる。好ましい研磨材には、ダイヤモンド、炭化ホウ素、および炭化ケイ素が含まれる。好ましくは、焼結された電解質が研磨材を含む回転するラップ盤、研削盤、または研磨盤上に配置される。研磨材は、ダイヤモンド、炭化ホウ素、炭化ケイ素の粉末またはスラリのような研磨粉末またはスラリであってよい。研磨粉末サイズは好ましくは、15ミクロンから30ミクロンのような5ミクロンから45ミクロンである。または、といしの上部表面は研磨材で作られている。といしは、電解質に対して回転させられ、電解質表面を研磨材に接触させてテクスチャ加工する。次いで、このプロセスを電解質の他方の側について繰り返すことができる。この態様の好ましい局面では、電解質は、表面粗さが0.5ミクロンから2.5ミクロン、好ましくは1ミクロンから2ミクロンのYSZ電解質を得るようにテクスチャ加工される。この表面粗さによって、一般的なSOFC電極への付着が良好になる。

20

【0129】

グリーン・シートまたはテープではなく、平坦な「焼結された」シートまたはテープ上にテクスチャ加工された表面を形成することも可能である。一般に、グリーン・シートまたはテープは、焼結されたセラミック製品よりも容易にテクスチャ加工されるが、焼結されたセラミックをエッチングするエッチング剤を用いて、焼結された電解質をエッチングすることができる。

30

【0130】

この態様の一局面では、テープ・キャストによってグリーン・テープが準備される。この製造手順では、生セラミック粉末、たとえばYSZが溶剤、結合材、可塑剤、および解こう剤と混合されてスラリを形成する。スラリは、マイラ膜（「担体」）に塗布され、ブレードによって一様に延ばされる。ブレードは、ブレードと担体の間の隙間を厳密に調整しながら担体の長さに沿って引っ張られる。大規模な製造では、このプロセスは、静止したブレードの下方で単体を移動させ、ブレードの上流側で担体にスラリを塗布することによって連続的に行われる。グリーン・テープの厚さは、約20マイクロメートルから1000マイクロメートルの間、好ましくは約50マイクロメートルから1000マイクロメートルの間の範囲であってよい。表面テクスチャの振幅は、5マイクロメートルから1000マイクロメートルの間、好ましくは10マイクロメートルから30マイクロメートルの間であってよい。

40

【0131】

表面テクスチャ加工は、押し出し成形によって形成された電解質のような、他の方法によって形成された電解質に適用することもできる。テクスチャ加工は、平面形状を有する電

50

解質に限らず、非平面形状を有する電解質に適用することもできる。

【0132】

IV. 第4の好ましい態様

本発明の第4の好ましい態様では、発明者は、環境耐性アノード触媒を用いることによって、固体酸化物燃料電池の品質、頑丈さ、および環境耐性を向上させることができることを知った。たとえば、硫黄で汚染された燃料を供給する際、硫黄耐性を持つ固体酸化物燃料電池アノード触媒を使用することができる。燃料電池は燃料枯渇モードで動作させられる際、燃料枯渇耐性を持つ燃料電池アノード触媒を使用することができる。

【0133】

先行技術の低温酸性燃料電池では、燃料側アノード触媒にある種の化合物を添加したときに硫黄耐性がある程度向上することが観測されている。ある種の正の耐性を示している化合物には MoWO_x 、 RuO_2 、 WO_x ($\text{WO}_{2.5}$ など)、 MoS_2 、 WS_2 、および PtS_x が含まれる。先行技術の溶融カーボネート燃料電池では、燃料側アノード触媒にある種の化合物を添加したときに硫黄耐性がある程度向上することが観測されている。ある種の正の耐性を示している化合物には、参照として本明細書に組み入れられる米国特許第4,925,745号に記載されているように、 Cr_2O_3 、 FeO 、 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 、 Al_2O_3 、 LiAlO_2 、 LiCrO_2 、 MO_2 、 MO_3 、および WO_3 が含まれる。

【0134】

しかし、低温酸性燃料電池は固体酸化物燃料電池と基本的に異なる。酸性燃料電池では、イオン化された燃料が電解質を通過し、酸化剤によってカソードの所で還元されなければならない。この場合の燃料イオンは水素陽子である。燃料中に硫黄が存在するとき、アノードの所のイオン化反応が減速する。これが起こるメカニズムはよく分かっていないが、触媒が、活性触媒材料上に吸着された硫黄でマスクされることに関係していると考えられる。これに対して、固体酸化物燃料電池では、酸化剤酸素アニオンが電解質を通過して燃料を酸化しなければならない。燃料の硫黄汚染によって酸素のイオン化や酸素による電解質の通過が妨げられることはない。

【0135】

2種類の燃料電池間の基本的な違いは、図25に最も良く示すことができる。図25は、固体酸化物燃料電池400と酸性燃料電池410の機能を比較するものである。

【0136】

酸性燃料電池410を参照すると、電解質411は、duPontのNafion(登録商標)などの膜またはリン酸で満たされた不活性マトリックスであってよい。他の酸を使用することができるが、Nafion(登録商標)およびマトリックス・リン酸が使用されることが最も多い。カソード電極412は、電解質411に付着させられるかまたは電解質411に接触して配置され、通常、空気酸化剤414用のイオン化触媒として白金金属を含んでいる。白金は、テフロンによって結合された密に分割された白金黒、または炭素上に支持されNafion(登録商標)イオノマーによって結合された白金であることが多い。アノード電極413は、電解質411に付着させられるかまたは電解質411に接触して配置され、カソード電極412と同様であるが、アノード電極413の、水素燃料415中のCOガスに対する耐性をより高くするようにルテニウム、ロジウム、または他の金属が白金に添加されることが多い。多くの燃料電池用途では、水素燃料415の供給源は、改質された炭化水素である。通常、燃料源から硫黄がPPB範囲までこすり落とされる。そうでない場合、アノード電極413機能が著しく低下させられる。さらに、改質された燃料は、水素燃料415中のCO体積含有量を50PPMよりも少なくし、電極に対する汚染効果を最低限に抑えるように処理される。水素燃料415は、アノード電極413の所でイオン化され、水素陽子が生成される。次いで、陽子は、空気酸化剤414からカソード電極412上で生成された酸素アニオンとの組合せによって形成される勾配によって膜411を通過し、生成水412を生成する。

【0137】

固体酸化物燃料電池400を参照すると、電解質401は好ましくはイットリア安定化ジルコニア(YSZ)である。ただし、セリアのような他のセラミック酸化物は、YSZと一緒にまた

10

20

30

40

50

はYSZの代わりに使用されることもある。好ましいカソード電極402は、YSZと $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ (LSM) の50:50混合物で作られる。必要に応じて他の材料を使用することができる。カソード電極402は、電解質401に付着させられるかまたは電解質401に接触して配置され、空気酸化剤404中の酸素をイオン化する。酸素アニオンは、燃料イオンとの組合せによりアニオンが消費されることによって形成される勾配によって電解質401を通過する。先行技術の固体酸化物燃料電池では、アノード電極403は、NiおよびYSZのセラミック - 金属 (サーメット) であることが多く、一方、Niの代わりにCuが使用されることもある。水素燃料405は、アノード電極403の所でイオン化され、酸素アニオンと組み合わせられて水を形成する。

【0138】

固体酸化物燃料電池の顕著な利点の1つは、炭化水素燃料を動作中の電池アノードに送れることである。先行技術のNi/YSZアノード電極は、純水素燃料によって非常にうまく動作するが、炭化水素燃料の水素含有燃料流への内部改質を試みる際、Ni/YSZアノード電極は炭素形成および硫黄汚染に関する欠点を有する。先行技術の固体酸化物燃料電池内の炭素形成を低減させるために、炭素形成を防止する水 (すなわち、水蒸気) が炭化水素燃料に添加される。燃料電池生成水はアノード電極内に生成されるが、炭素を形成するには燃料にずっと多くの水を添加しなければならない。この余分の水は、燃料電池の動作を複雑にする流入燃料と一緒に提供しなければならない。第2に、先行技術のNi/YSZ電極は、通常天然ガスに存在する10ppm硫黄にも耐えられない。したがって、発電コストを増大させる燃料の硫黄含有量を低減させるのに高価な硫黄洗浄機器が用いられることが多い。

【0139】

したがって、第4の態様の第1の好ましい局面では、硫黄耐性化合物が固体酸化物燃料電池のアノード・サーメット中のNiと組み合わせられるかまたはNiの代わりに使用される。硫黄耐性化合物は、燃料流中の硫黄に対するアノードの耐性を高くするあらゆる化合物を含む。発明者は、硫黄耐性化合物の動作理論によって拘束されることを望まないが、硫黄耐性化合物はアノード上の硫黄の形成を防止するかまたは低減させると考えられる。好ましい硫黄耐性化合物には MoWO_x 、 RuO_2 、 $\text{WO}_{2.5}$ などの WO_x 、 MoS_2 、 WS_2 、および PtS_x が含まれる。 WO_x のようないくつかの化合物はCO耐性も有する。次に好ましい化合物には、参照として本明細書に組み入れられる米国特許第4,925,745号に記載された、 Cr_2O_3 、 FeO 、 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 、 Al_2O_3 、 LiAlO_2 、 LiCrO_2 、 MO_2 、 MO_3 、 WO_3 などの熔融カーボネート燃料電池に使用できる硫黄耐性触媒が含まれる。好ましくは、アノード・サーメットは、(YSZ)などのセラミックと触媒とを含む。触媒は好ましくは、10wt%から90wt%のNiまたはCuと10wt%から90wt%の硫黄耐性化合物とを含む。最も好ましくは、触媒は、30wt%から70wt%のNiまたはCuと30wt%から70wt%の硫黄耐性化合物とを含む。しかし、 PtS_x のようないくつかの硫黄耐性化合物は、NiやCuなしで使用することができ、100%の触媒を含む。

【0140】

これらの硫黄耐性触媒化合物は、アノード電極サーメット中のNiと組み合わせられるかまたはNiに置き換わると、燃料中の硫黄に対する耐性を高くする。硫黄耐性触媒は、固体酸化物燃料電池を、10ppbよりも多く、たとえば100ppbよりも多くの汚染レベルの硫黄化合物を含む水素燃料源と一緒に使用するのが可能にする。この耐性を実現するために非自明的な方法で組み合わせられる3つの要素には、硫黄に対するNiサーメットの弱い耐性、アノード電極内での酸化剤の無制限の可用性、および高い動作温度が含まれる。

【0141】

第4の態様の別の好ましい局面では、環境耐性アノード触媒は燃料枯渇耐性触媒を含んでいる。固体酸化物燃料電池が定常状態で動作する際、反応物質は独立に流量制御される。カソード空気流は一般に、カソード反応に十分な酸素を供給し、燃料電池反応から廃熱を除去するように制御される。通常、化学両論的要件の1.5倍から2.5倍の空気流は、カソード反応を実現するのに十分である。熱の除去には一般に、カソード反応を実現する際に必要になるよりもずっと多くの空気流が必要であり、したがって、電池の酸素の枯渇に対して合理的な懸念はなされていない。

10

20

30

40

50

【0142】

一方、燃料はアノード反応を支援するようにのみ流量制御される。この場合、流量は一般に、高レベルの燃料利用度を維持するようにアノードの化学量論的要件の約1.2倍に設定される。この高レベルの燃料利用度は、高い全体的なシステム効率を得るのに必要である。

【0143】

先行技術の固体酸化物燃料電池では、固体酸化物燃料電池スタックからの電気出力を増大させる瞬間的な要件がある。このような条件の下で、空気の供給量は、すべての電池内で高い反応率を支援するのに十分過ぎるほどの量である。しかし、スタック内の1つまたは複数の電池は、燃料制御によって燃料流が新しい反応率に調整されるまで燃料が枯渇する可能性がある。燃料流を調整するのにかかる数秒の間、アノード触媒が永久的な損傷を受ける可能性がある。平面固体酸化物スタック内の電池は電氣的に直列であるため、スタック全体が無用になる可能性がある。

10

【0144】

電池アノード損傷の基本的な理由は図26に示されている。図26は、通常モードおよび通常カソード反応モードおよびにおける固体酸化物燃料電池500の機能を示している。

【0145】

通常動作モードにおける固体酸化物燃料電池500を参照すると、電解質501は通常、イットリア安定化ジルコニア (YSZ) である。ただし、セリアのような他のセラミック酸化物が使用されることもある。代表的なカソード電極502は、YSZと $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ (LSM) の50:50混合物で作られる。必要に応じて他の材料を使用することができる。カソード電極502は、電解質501に付着させられるかまたは電解質501に接触して配置され、空気酸化剤504中の酸素をイオン化する。酸素アニオンは、燃料イオンとの組合せによりアニオンが消費されることによって形成される勾配によって電解質501を通過する。先行技術の固体酸化物燃料電池では、アノード電極503は、NiおよびYSZのセラミック-金属(サーメット)で構成されている。またはCuがアノード電極用のサーメット中の金属として使用されることもある。水素/CO燃料505は、アノード電極503の所でイオン化され、酸素アニオンと組み合わせられて水および CO_2 を形成する。

20

【0146】

スタック内の個々の固体酸化物燃料電池の一部が燃料枯渇すると、その電池は発電機ではなく電氣的負荷になる。これが起こるのは、スタック内の他の電池が反応を支援するのに十分な燃料を有しており、これらの電池が負荷となって電池を駆動するからである。このような条件の下で、燃料枯渇した電池の極性が反転し、アノードから酸素が放出される。カソード電極および電解質は引き続き、燃料電池モードのときと同様に動作する。

30

【0147】

燃料流量が通常状態に復元されると、負荷電池は発電燃料電池モードに戻る。残念なことに、酸素を放出するプロセスにおいて、標準Ni/YSZアノード電極は、Niが燃料枯渇耐性触媒ではないため、酸化され永久的な損傷を受ける。

【0148】

本発明者は、金属を損傷させずに可逆的な酸化物を形成する金属をアノードに添加した場合に、アノードが燃料枯渇耐性になることを知った。このような金属は、酸化されると酸化物を形成し、酸化物がアノードの所での燃料反応によって還元されるときにそれほど損傷を受けずに純金属に戻る。好ましくは、燃料枯渇耐性化合物には、白金、パラジウム、ロジウム、イリジウム、オスミウム、ルテニウム白金族金属が含まれる。この特徴を示す他の触媒材料または添加剤には、様々な酸化物レベルでのルテニウムおよびタングステンが含まれる。低温水電解質は、白金金属材料を損傷なしに酸化し還元できることを示す。この特徴を示す他の触媒材料および添加剤には、様々な酸化物レベルでのルテニウムおよびタングステンが含まれる。これらの金属/酸化物を様々な比で使用すると、燃料枯渇中に酸化的アノード条件に対する耐性が得られる。

40

【0149】

50

好ましくは、アノード503は、(YSZ)などのセラミックを含むサーメットと、燃料枯渇耐性触媒とを含んでいる。触媒は好ましくは、10wt%から90wt%のNiまたはCuと、10wt%から90wt%の燃料枯渇耐性材料とを含んでいる。最も好ましくは、触媒は30wt%から70wt%のNiまたはCuと、30wt%から70wt%の燃料枯渇耐性材料とを含んでいる。好ましくは、燃料枯渇耐性材料は燃料枯渇時にNiを優先的に酸化させる。しかし、Ptのようないくつかの燃料枯渇耐性材料は、NiやCuなしで使用することができ、100%の触媒を含む。

【0150】

第4の態様の第3の局面では、アノードは、硫黄耐性触媒と燃料枯渇耐性触媒の両方である環境耐性触媒を含んでいる。たとえば、アノードは、PtとPtS_x、RuとRuO₂、WとWO_xのような、同様な塩基を有する燃料枯渇耐性材料と硫黄耐性材料の組合せを含んでよい。または、アノードは、参照として本明細書に全体的に組み入れられる米国特許第5,922,488号に開示されているように、Pt-WO_xとPt-H_xWO₃のような互いに異なる触媒の組合せを含んでよい。したがって、上述の硫黄耐性材料と燃料枯渇耐性材料の任意の組合せをアノード組成用に選択することができる。

10

【0151】

好ましくは、アノード503は、(YSZ)などのセラミックを含むサーメットと環境耐性触媒とを含んでいる。触媒は好ましくは、10wt%から90wt%のNiまたはCuと、5wt%から45wt%の硫黄耐性材料と、5wt%から45wt%の燃料枯渇耐性材料とを含んでいる。最も好ましくは、触媒は30wt%から70wt%のNiまたはCuと、15wt%から35wt%の硫黄耐性材料と、15wt%から35wt%の燃料耐枯渇性材料とを含んでいる。しかし、Ptのようないくつかの硫黄耐性・燃料枯渇耐性材料は、NiやCuなしで使用することができ、100%の触媒を含む。

20

【0152】

アノードは、任意の既知のサーメット製造方法を用いて形成することができる。NiまたはCu金属、硫黄耐性材料、および/または燃料枯渇耐性材料は、任意の適切な方法によってサーメットに取り込むことができる。たとえば、これらの金属は、共蒸着、共電着、凍結乾燥、または順次蒸着によって付着させることができる。したがって、環境性耐材料をNiまたはCuと合金化または混合し、次いでYSZに提供してサーメットを形成することができる。たとえば、環境耐性材料をNiまたはCuと合金化または混合し、次いでウェット・プロセス(溶液)、ドライ・プロセス(粉末)、またはスパッタリング・プロセスを用いてYSZに提供することができる。または、環境耐性材料をNiまたはCuと合金化または混合し、次いでフォーム支持体やドライ・アイス支持体のような支持体上に配置し、YSZに接触させることができる。触媒は、YSZ中に拡散されて、焼結および/またはプレス成形によってサーメットを形成する。ドライ・アイスを使用する場合、ドライ・アイスは昇華させられ、触媒をYSZ中に拡散させる。

30

【0153】

V. 第5の好ましい態様

本発明の第5の態様では、発明者は、アノード排気エンタルピー回復による改質プロセス流を供給することによって水素含有反応物質を内部改質できるように固体酸化物燃料電池に直接炭化水素を供給する際に、固体酸化物燃料電池を簡略化できることを知った。言い換えれば、アノードに提供された燃料に生成水(すなわち、水蒸気)のみが添加される。

40

【0154】

低温PFM燃料電池では、カソード・エンタルピーが回復され、カソード入口に戻され、水で飽和した膜の乾燥が防止される。この場合、流入酸化剤空気は増湿され、膜の乾燥が回避される。この水および熱の移動を実現するために、水和膜、水注入、循環乾燥剤を含むいくつかの方法が開発されている。1つの方法は、エンタルピー・ホイールと呼ばれる装置を使用することを含む。エンタルピー・ホイールは、乾燥剤で被覆された内部通路を有する多孔性の円筒状ホイールである。エンタルピー・ホイールは、1方向に低速で回転し、顕熱および潜熱を高温の飽和空気の排気から低温の乾燥空気の入口へ移動するのを可能にする。

50

【0155】

固体酸化物燃料電池では、どの成分の飽和も維持する必要がない。純水素と空気の反応物質によって動作する固体酸化物燃料電池の場合、このような反応物質から水蒸気を完全に除去することができる。先行技術のNi/YSZアノード電極は、純水素燃料によって非常にうまく動作する。しかし、炭化水素燃料の水素含有燃料流への内部改質を試みる際、Ni/YSZアノード電極は炭素形成に関する欠点を有する。先行技術の固体酸化物燃料電池内の炭素形成を低減させるために、アノード上の炭素形成を防止する水（すなわち、水蒸気）が外部ボイラから炭化水素燃料に添加される。固体酸化物燃料電池のアノード内の燃料流を改質するには、燃料が燃料電池アノードに提供される前に、約3:1の蒸気・炭素比に相当する高率の水蒸気（すなわち、蒸気）を燃料に注入しなければならない。特別なボイラを使用すると、発電プロセスが複雑になり、そのコストが増大する。 10

【0156】

本発明者は、固体酸化物燃料電池のアノード側排気から放出される生成水蒸気を、アノード入力に供給されている燃料に再循環して、アノード上の炭素形成を防止または低減させることができることを知った。エンタルピー・ホイールは、固体酸化物燃料電池のアノード排気からアノード入口に送られる水および熱を制御するのに好ましい装置である。燃料と一緒に提供される水の量の調節を用いて、水をほとんど含まない状態での炭素形成が防止され、水の多すぎる状態での燃料枯渇が防止される。水の移動速度は、ホイールの速度によって調節される。

【0157】

固体酸化物燃料電池燃料流にエンタルピー・ホイールを使用するシステム600の基本的構成が図27Aに示されている。供給炭化水素燃料は導管604を通してエンタルピー・ホイール601に供給される。エンタルピー・ホイール601内で、燃料供給はアノード側燃料排気から水蒸気および熱を受ける。次いで、高温の湿った燃料供給が、導管605を通して選択的な熱交換機602に供給される。熱交換機602内で、燃料排気は、高温の湿った燃料供給をさらに加熱する。高温の湿った燃料供給は次いで、導管606を通して固体酸化物燃料電池スタック603内のアノード・チャンバに供給される。固体酸化物燃料電池のアノード・チャンバ内で、高温の湿った供給炭化水素燃料は、水素、水蒸気、酸化炭素の混合物に改質される。ほぼ同時に、水素および一酸化炭素の大部分が、アノード触媒中の酸素アニオンとの反応によって、それぞれより多くの水蒸気およびより多くの二酸化炭素に転換される。 30

【0158】

燃料排気ガスは、固体酸化物燃料電池のアノード・チャンバに提供されたよりもずっと多くの水蒸気を含んでおり、導管607を通して熱交換機602に戻る。熱交換機602内で、排気流中の熱のいくらかは供給入口燃料に与えられる。次いで、燃料排気は導管608を通してエンタルピー・ホイール601に供給される。エンタルピー・ホイール601内で、燃料排気中の水蒸気および残りの熱の多くは供給入口燃料に送られる。

【0159】

エンタルピー・ホイールの回転速度は、水蒸气流束を最適化するように変調される。燃料排気は次いで、出口導管609を通過してシステムから出る。好ましくは、生成水蒸気の20%から70%など、生成水蒸気の0%から90%が燃料供給に送られる。好ましくは、燃料供給に送られるすべての熱がエンタルピー・ホイールおよび熱交換機を通過する。 40

【0160】

他の態様では、図27Bに示されているように、エンタルピー・ホイールが少なくとも2つの吸着層で置き換えられる。第1の吸着層610は、アノード排気から水および水蒸気を吸着し、一方、CO、CO₂、H₂、メタンなどのアノード排気ガスを出口導管609に至らせるのに用いられる。第2の吸着層611は、すでにアノード排気から収集された水を供給するのに用いられる。供給された水が第2の層611で枯渇すると、アノード排気が第2の層に提供され、一方、第1の層610を用いて水または水蒸気が入口燃料に提供される。必要に応じて、燃料入口604と燃料電池スタック603との間、好ましくは熱交換機602と燃料電池スタック603との間に改質装置を付加してもよい。 50

【0161】

任意の適切な方法を用いて、アノード排気および燃料供給を吸着層を通して供給することができる。たとえば、図27Bに示されているように、4方向弁のような第1の弁612は、燃料入口604からの燃料入力を第1の吸着層610と第2の吸着層611との間で切り換える。弁612はまた、供給されている排気を第1の層610または第2の層611から出口導管609に切り換える。導管608は、第1の吸着層610を4方向弁のような第2の弁613を介して第1の熱交換機入口614または第1の熱交換機出口615に連結する。導管605は、第2の吸着層611を弁613を介して第1の熱交換機入口614または第1の熱交換機出口615に連結する。弁613は、第1の位置にあるとき、第1の吸着層610と第1の熱交換機出口615との間および第2の吸着層611と第1の熱交換機入口614との間に流路を形成する。弁613は、第2の位置にあるとき、第1の吸着層610と第1の熱交換機入口614との間および第2の吸着層611と第1の熱交換機出口615との間に流路を形成する。必要に応じて、他の構成を使用することができる。たとえば、4方向弁613を、それぞれの弁が熱交換機602とそれぞれの導管605、608との間に位置する2つの3方向弁で置き換えることができる。

10

【0162】

動作時には、システム600は、ボイラを用いて水蒸気を入口燃料に供給することなしに動作することができる。しかし、小形のボイラをシステムに追加することができる。このボイラは、動作立上げ時に、システムが暖気運転し、アノード排気側で十分な水蒸気が生成されている間に、水を燃料入口に提供するように動作することができる。

【0163】

このシステムは、内部蒸気改質に関する固体酸化物燃料電池アノード電極における適切な条件が満たされるように、水蒸気および熱を制御しながら簡単に移動できるので有利である。エンタルピー・ホイールおよび熱交換機を用いて、固体酸化物燃料電池を動作させる燃料供給用の水蒸気および熱を完全に供給することができる。

20

【0164】

VI. 第6の好ましい態様

第6の好ましい態様はフェルト・シールに関する。燃料電池スタック、特に平面形状を有する燃料電池スタックは、電解質と相互連結表面との間にシールを用いて燃料および空気を閉じ込めることが多い(図28参照)。このようなシールは、高動作温度および(カソード側の)酸化環境においてその完全性を維持しなければならない。さらに、熱循環または圧縮による、シールおよびシールに接触する構成部材の膨張および収縮によって、いずれかの構成部材が、その寿命中に損傷を受けてはならない。

30

【0165】

弾性リングやガスケットのような多くのコンプライアント・シールは、亀裂を生じず、熱膨張および圧縮によって起こる組立体における応力を吸収する傾向がある。しかし、このようなシールは、それに用いられる弾性材料が分解、劣化、または酸化するため高温で使用することはできない。

【0166】

ろうや金属ガスケットのような、高温で使用される多くの種類のシールは、コンプライアントでも弾性でもない。組立体によっては、動作条件または材料の不適合性のためにろうまたはガスケットによる密封が困難である。このような組立体は寿命も限られていることが多く、破壊するまでに耐えられる熱サイクルの数は比較的少ない。さらに、組立体によっては、これらの材料で密封される際、熱膨張率の差によって機械的応力が生じ、シールまたは組立体の構成部材が破壊される可能性がある。さらに、非コンプライアント・シールでは、たとえば平坦度においてより厳密な公差が必要になるため、製造および組立てが難しくかつコストが高くなることが多い。

40

【0167】

第6の好ましい態様は、コンプライアントであると共に、酸化環境および還元環境において高温で動作できる密封構成に関する。この密封部材は、金属とセラミックのような互いに異なる材料と、2つのセラミックや2つの金属のような、組成が異なる場合も異ならな

50

い場合もある互いに同様な材料を密封することができる。密封部材は、装置動作温度で弾性でコンプライアントであるため、熱膨張率が互いに異なる2つの材料を密封するのに用いることができる。このシールは有利には、動作温度が600 から800 の範囲の固体酸化物燃料電池で使用することができる。

【0168】

表面同士の間的气密コンプライアント・シールはフェルトで作ることができる。ここで、「フェルト」は、それが貼り付けられる装置の高い動作温度および雰囲気能耐えることができる材料のコンプライアント層を表すのに用いられる。場合によっては、フェルトは可鍛金属または合金で構成することができる。しかし、この定義はこの語を金属に制限するものではない。コンプライアント層はたとえば、シリカなどの非金属繊維材料で作ることができる。このコンプライアント層は、用語「フェルト」で示されるように繊維で作ることも、他の厚いコンプライアント構造、たとえば、小気泡フォームのようなフォームで作ることもできる。したがって、シールは好ましくは、コンプライアント金属またはセラミック繊維もしくはフォーム材料で作られる。

10

【0169】

フェルトは、いくつかの手段によって気体不透過性になっており、いくつかの手段のうちの一つによって合わせ面を密封する。フェルトは、シールにコンプライアンスを与え、シールが、それが一部である組立体の圧縮ならびに熱膨張および収縮によって生じた応力を吸収するのを可能にする。フェルトを不透過性にし、フェルトを合わせ面を密封するのに用いられる手段もコンプライアントである。シールの様々な要素の組成を適切に選択することによって、動作温度、酸化または還元環境、およびコストを含む様々な基準に従ってシールを作ることができる。

20

【0170】

2つの合わせ面(701および702)が図28に示されている。側面705と側面706との間のいずれの方向へのガス交換も防止するために、この2つの表面の間にシールを形成しなければならない。

【0171】

図28に示されている場合には、合わせ面701と合わせ面702との間にフェルト密封部材710が配置される。フェルト密封部材710は、装置動作温度で軟性であるが、適用時に気体対象のガス不透過性の密封材料720を貼り付けることによって合わせ面を密封する。たとえば、これはガラスまたはグレース化合物であってよい。グレースの一例として、Duncan(登録商標)セラミック・グレースGL611がある。この材料は、たとえば、フェルト密封部材を浸し塗りし、および/または組立ての前にフェルトまたは合わせ面に貼り付けることができる。この材料は高温で軟化し、フェルトを各表面に合わせるが、ガス不透過性のままである。材料720は、フェルト・シールがフェルトを各表面に合わせる適切な手段を含む場合、選択的である。

30

【0172】

フェルト密封部材710は、いくつかの方法のうちの一つによってガス不透過性にされる。好ましい一局面では、多孔性フェルトは、装置動作温度で軟性の溶加材730と組み立てる前に充填される。たとえば、これはガラスまたはグレース混合物であってよい。焼成後、ガラス状残渣はフェルトをガス不透過性にするが、材料730は動作温度で軟化するため、フェルト・ガラス複合体はコンプライアントのままである。以後のパラグラフおよび図では、同じ参照番号の項目は前の定義を有すると仮定する。

40

【0173】

他の好ましい局面(図29)では、フェルト密封部材710は、フェルト表面740を合わせ面に平行ではなく、たとえば合わせ面に垂直な固体層にすることによって、ガス不透過性にされる。可とう性を維持するのに十分な薄さに形成された固体層。固体層とは、フェルトの70%以下のようなフェルトよりもずっと低い多孔度を有する層を意味する。この固体層は、フェルト密封部材710の一部を選択的に加熱して、加熱された部分を独立気泡金属フォーム層のような固体層に転換することによって形成することができる。たとえば、フェ

50

ルト密封部材710の表面740を、固体層を形成するようにレーザによって選択的に加熱することができる。

【0174】

他の好ましい局面(図30)では、フェルト密封部材710は、前述の合わせ面に垂直でかつ平行な固体層750をフェルト密封部材710上に形成することによってガス不透過性にされる。平行な固体表面はシールの接触面積を改善する。

【0175】

他の好ましい局面(図31)では、フェルト密封部材710は、合わせ面に平行ではなく、たとえば合わせ面に垂直な障壁箔層760を貼り付けることによって、ガス不透過性にされる。箔は、フェルトを合わせ面に付着させるのに用いられるような材料を介してフェルトに付着する。または、箔は、第2のフェルト密封部材または他の成分に押し込み、第2のフェルト密封部材または他の成分によって保持することができる。箔760は、薄いのでコンプライアントである。好ましくは、箔は薄い金属箔である。箔は、合わせ面701と合わせ面702との間を延びて側面705と側面706との間のガスの流れを遮断する。

【0176】

他の好ましい局面(図32)では、フェルト密封部材710は、数枚の箔を貼り付けることによってガス不透過性にされる。箔770は、前述のように合わせ面に平行ではなく、たとえば合わせ面に垂直であり、箔は、合わせ面に平行な領域内まで延びている。これらの箔772、774は、密封部材の接触面積を改善する。箔772、774は密封部材と合わせ面を付着させることもできる。箔770、772、および774は、フェルト710ならびに合わせ面701および702の様々な組成に応じて同じ材料であってもそれぞれの異なる材料であってもよい。箔770、772、および774は、別々の成分を含んでも、1枚の連続的な箔であってもよい。

【0177】

他の好ましい局面(図33)では、フェルト密封部材710は、フェルト710上にガス不透過性材料層を付着させることによってガス不透過性にされる。この材料は、浸し塗りおよび蒸着、物理的蒸着、化学的蒸着、熱スプレー、プラズマ・スプレー、液体からの析出を含むがこれらに制限されない様々な方法によってフェルト上に付着させることができる。材料部分780は、合わせ面701、702に平行ではなく、たとえば合わせ面701、702に垂直である。好ましくは、ガス不透過性材料層の一部782、784は、合わせ面701、702に平行な領域内まで延びる。これらの部分782、784は、密封部材の接触面積を改善する。部分782、784は密封部材710と合わせ面を付着させることもできる。ガス不透過性材料層の部分780、782、および784は、フェルト710ならびに合わせ面701および702の様々な組成に応じて同じ材料であってもそれぞれの異なる材料であってもよい。

【0178】

他の好ましい局面(図34)では、フェルト密封部材790は、その初期準備時にガス不透過性にされる。たとえば、フェルトを独立気泡フォームとして準備することができる。

【0179】

フェルト組成は、フェルト・シールを含む装置に存在する雰囲気であまりうまく動作するように選択することができる。たとえば、酸化雰囲気では、フェルトは適切なM-Cr-Al-Y材料で構成することができ、この場合、Mは、Fe、Co、またはNiから選択された少なくとも1つの金属を含む。他の例では、フェルトはインコネル合金で構成することができる。他の例では、還元雰囲気において、フェルトをニッケルで構成することができる。用途の要件に応じて他の金属、合金、または他の可鍛材料または化合物を使用することができる。ガス不透過性材料730(ガラス)でフェルト密封部材710(ニッケル・フェルト)を形成する一例を以下に示す。固体ニッケルに対する密度が15%のニッケル・フェルト(すなわち、フォーム)を溶融ガラスで飽和させる。フェルトを焼成して揮発成分を除去し、フェルトをガス不透過性にするガラス残渣を残す。フェルトを2つの合わせ面、たとえば、金属シートとジルコニアとの間に配置する。各合わせ面にガラス・シール層を貼り付け、フェルト・ガラス複合体が各表面に接触するようにする。フェルトを各表面間に配置し、圧縮し、焼成する。

10

20

30

40

50

【0180】

シールは、密封すべき各合わせ面の形状をとることができる。たとえば、合わせ面が矩形である場合、シールは矩形ガスケットの形をとってよい。合わせ面が、内部ガス・マニフォルドまたはフロー・ダクトとの組立体のように開放領域を含んでいる場合、シールはそのような開放領域を収容し密封することができる。これは図35に示されており、一方の合わせ面(794)が、表面の中央から密封され、かつフェルト・ガスケット797によって表面の外側から密封された流路を含んでいる。

【0181】

フェルト・シールのすべての態様は、たとえば、閉じ込めを行い、かつ追加的な圧縮・付着面を形成する一方または両方の合わせ面内の構造、たとえば、合わせ面の溝内に配置

10

【0182】

することができる。シールのフェルト部分は、たとえば、固体酸化物燃料電池などの燃料電池スタックにおける集電器/配電器、流量分配器などのような他の役割を果たすこともできる。

【0183】

VII. 第7の好ましい態様

第7の好ましい態様は、燃料電池スタック用のフェルト導体/ガス流量分配器に関する。燃料電池スタック、特に平面形状を有する燃料電池スタックは、ある種の材料を利用して電子をアノードから隔離板に導き、隔離板からカソードに導くことが多い。この材料は通常、多孔性電極(すなわち、アノードおよび/またはカソード)材料よりも優れた導電性を有する。通常、この材料は、酸素または燃料含有ガスの流量分配も行わなければならないという点で電極とは区別される。この材料は導体/ガス流量分配器(以下導体/分配器)と呼ばれることが多い。場合によっては、これらの導体/分配器は燃料電池スタックの構造上の支持体を構成することができる。先行技術の導体/分配器の例には、金属ワイヤ・コイル、ワイヤ・グリッド、および金属リブが含まれる。これらは、独立にまたは任意に組み合わせて使用することができる。

20

【0184】

先行技術の導体/分配器は、最適でない導電特性またはガス流量分配特性を示すことがある。これらの導体/分配器を実施するにはコストもかかる。さらに、先行技術の導体/分配器の多くはコンプライアントではない(すなわち、燃料電池動作温度で弾力的でない)。非コンプライアント成分では、より厳密な燃料電池公差が必要であるため、製造および組立てが難しくコストが高くなることが多い。

30

【0185】

本発明者は、多孔性導電フェルトが、先行技術の導体/分配器よりも優れた特性を有する導体およびガス流量分配器として働くことができ、かつ実施コストを削減できることを知った。いくつかの好ましい局面では、フェルト導体/分配器は、他の燃料電池スタック構成部材用のシールまたは支持体として働くこともできる。コンプライアントな導電フェルトを使用すると、燃料電池スタック、好ましくは、固体酸化物や溶融カーボネートの燃料電池スタックなどの高温燃料電池スタックを熱循環させ圧縮する間に構成部材および組立体が破壊する可能性が低くなる。

40

【0186】

ここで、「導電フェルト」は、それが配置された装置(すなわち、燃料電池スタック)の動作温度および雰囲気に耐えることのできる導電材料のコンプライアント層を表すために用いられている。場合によっては、フェルトは可鍛金属または合金で構成することができる。しかし、この定義は用語「フェルト」を金属に制限するものではない。フェルト導体/分配器はたとえば、シリカ-金属複合体のような他の多孔性導電材料から作ることができる。フェルト導体/分配器は導電性およびガス透過性にすべきであり、繊維、フォーム、およびその他の比較的厚いコンプライアントな導電・ガス透過性構造で構成することができる。

【0187】

50

用途ごとに指定された条件に適合するように選択された組成を有するガス透過性（すなわち、多孔性）導電フェルトを含む導体／分配器。たとえば、フェルト材料は、燃料電池動作温度で導電性およびガス透過性を維持するように選択される。フェルト導体／分配器は、燃料電極（すなわち、アノードまたはカソード）の有効領域に接触して配置されている。燃料電池隔離板は、導体／分配器に接触して配置されている。様々な方法を用いて、電極と導体／分配器と隔離板との間の電氣的接触を確保することができる。

【0188】

図36は、電解質810、アノード820、カソード830、アノード・シール840、カソード・シール845、および金属板などの隔離板850を含む燃料電池スタックの反復要素を示している。この図には、スタックの次の電池との接続を示すために第2の隔離板850も図示されている。このスタックは、以下に詳しく説明するように、多岐管によって内部で連結することも外部と連結することもできる。

10

【0189】

アノード820およびカソード830は、それらが触媒として働く電気化学反応に対して最適化されることが多い。アノード820およびカソード830は、導電性に関しても、燃料および酸素含有ガスの分配に関しても最適化されないことが多い。したがって、これらの役割を果たすアノード導体／分配器860およびカソード導体／分配器870が設けられている。隔離板850は、フェルト導体／分配器が隔離板の機能も実行するように構成されている場合には省略することができる。

【0190】

第7の好ましい態様の好ましい一局面では、アノード導体／分配器860は導電フェルトで構成されている。フェルトは、電子をアノードから隔離板まで導く。フェルトはガス透過性であるため、燃料がアノード表面に到達するのを可能にし、かつ反応副産物がこの表面を離れ、電池から排気されるのを可能にする。アノードとフェルトとの間および隔離板とフェルトとの間の電氣的接触は、選択的な接着剤材料または接触材料の層を付加することによって改善することができる。フェルトの組成は、燃料電池動作条件に適合するように選択される。たとえば、固体ニッケルに対する密度が15%から35%、好ましくは約25%であり、厚さが0.5mmから4mm、好ましくは約2mmであるニッケル・フェルトを、還元雰囲気および800 など、600 から850 の温度を有する固体酸化物燃料電池などの高温燃料電池に使用することができる。フェルトは、接続のアノード側または隔離板側、あるいは両方の側でニッケル-YSZサーメットに入れることができる。

20

30

【0191】

第7の好ましい態様の別の好ましい局面では、カソード導体／分配器870は導電フェルトで構成されている。フェルトは、電子を隔離板からカソードまで導く。フェルトは、酸素がカソード表面に到達するのを可能にし、かつ酸素が失われた空気がこの表面を離れ、電池から排気されるのを可能にする。カソードとフェルトとの間および隔離板とフェルトとの間の電氣的接触は、選択的な接着剤材料または接触材料の層を付加することによって改善することができる。フェルトの組成は、燃料電池動作条件に適合するように選択される。たとえば、固体金属合金に対する密度が5%から30%、好ましくは約15%であり、厚さが0.5mmから4mm、好ましくは約2mmであるFe-Cr-Al-Yフェルトを、約800 など、650 から850

40

の酸化雰囲気において固体酸化物燃料電池などの高温燃料電池に使用することができる。必要に応じて、Fe-Cr-Al-YフェルトにおけるFeの一部またはすべてをCoおよび／またはNiで置き換えることができる。フェルトは、接続のカソード側または隔離板側、あるいは両方の側でランタン-ストロンチウムマンガナイト（LSM）ペロブスカイトに入れることができる。

【0192】

好ましくは、アノード導体／分配器860とカソード導体／分配器870の両方がフェルトから作られる。以後のパラグラフおよび図では、同じ参照番号の項目は前の定義を有すると仮定する。

【0193】

50

第7の好ましい態様の別の好ましい局面では、アノードおよび/またはカソード導体/分配器は非一様な表面を含んでいる。好ましくは、導体/分配器は、所望の圧力降下パターンまたは流量分配パターンを与えるリブを含んでいる。へこみ、線、特定の孔形状のような他の表面微細形状を用いて、圧力降下または流量分配を制御することができる。

【0194】

第7の態様の別の好ましい局面(図37)では、アノード導体/分配器860が第6の好ましい態様のアノード側フェルト・シールと組み合わされる。アノード導体/分配器およびシールは1つの連続的な材料で作られている。アノード導体/分配器860は、フェルト・シールについて説明した第6の態様の様々な好ましい局面のうちのどれでも一緒に使用することができる。

【0195】

第7の態様の別の好ましい局面(図38)では、カソード導体/分配器870が第6の好ましい態様のカソード側フェルト・シールと組み合わされる。カソード導体/分配器およびシールは、1つの連続的な材料で作られている。カソード導体/分配器870は、フェルト・シールについて説明した第6の態様の様々な好ましい局面のうちのどれでも一緒に使用することができる。最も好ましくは、アノード導体/分配器とカソード導体/分配器の両方がフェルト・シールと組み合わされる。

【0196】

第7の好ましい態様の別の好ましい局面(図39)では、アノード導体/分配器860は隔離板850の構造上の支持体を構成する。この局面では、隔離板材料は、実用性および保守容易性の点で可能なかぎり薄くすることができる。好ましくは、隔離板は、熱またはプラズマ・スプレー、化学的または物理的蒸着(すなわち、CVDまたはスパッタリング)、析出、および浸し塗りを含むがこれらに限らない様々な薄膜付着技術によってアノード導体/分配器860上に付着させられた薄膜を含んでいる。または、薄い隔離板850は、導体/分配器に接触して配置された一体的な構成部材を含んでよい。好ましくは、「薄膜」は、厚さが500ミクロン未満であり、より好ましくは100ミクロン未満であり、最も好ましくは10ミクロンから30ミクロンである。この場合、フェルト導体/分配器の厚さは、30ミクロンを超え、好ましくは100ミクロンを超える厚さなど、薄膜用の基板として働くのに十分な厚さである。

【0197】

第7の好ましい態様の別の好ましい局面(図40)では、カソード導体/分配器870は、隔離板850の構造上の支持体を構成する。この局面では、隔離板材料は、実用性および保守容易性の点で可能なかぎり薄くすることができる。好ましくは、隔離板は、熱またはプラズマ・スプレー、化学的または物理的蒸着(すなわち、CVDまたはスパッタリング)、析出、および浸し塗りを含むがこれらに限らない様々な薄膜付着技術によってカソード導体/分配器870上に付着させられた薄膜を含んでいる。または、薄い隔離板850は、導体/分配器に接触して配置された一体的な構成部材を含んでよい。好ましくは、アノード導体/分配器とカソード導体/分配器の両方がそれぞれの隔離板の支持体として働く。

【0198】

図41に示されている別の好ましい態様では、アノード導体/分配器860はシールおよび隔離板支持体として働く。この図では、別の参照番号を有するアノード導体/分配器865は、その様々な好ましい構成のうちの1つとして示されている。

【0199】

図42に示されている別の好ましい態様では、カソード導体/分配器870はシールおよび隔離板支持体として働く。この図では、別の参照番号を有するアノード導体/分配器875は、その様々な好ましい構成のうちの1つとして示されている。

【0200】

以後の段落および図では、導体/分配器の、燃料電池スタックの他の構成部材用の支持構造としての役割について説明する。これらの段落および図で、項目865は、その様々な前述の構成のうちの1つにおけるアノード導体/分配器を指し、項目875は、

10

20

30

40

50

その様々な前述の構成のうちの1つにおけるカソード導体 / 分配器を指す。

【0201】

図43に示されている別の好ましい態様では、アノード導体 / 分配器865とカソード導体 / 分配器875は共に、それらの間に位置する共通の隔離板850を支持する。隔離板850は、材料および組立てコストを削減し、組立体の性能および品質を向上させるように任意の方法で配置するかまたは付着させることができる。通常、隔離板850は、薄膜板のように、実用性および保守容易性の点で可能な限り薄くされる。

【0202】

フェルト導体 / 分配器865および875をシールと組み合わせた場合、導体 / 分配器のシール部を、第6の態様で説明した方法のうちのいずれかによってガス不透過性に行うことができる。または、隔離板850の一部を用いてシールを形成することができる。たとえば、図44に示されているように、薄い隔離板材料または箔をいずれかまたは両方の導体 / 分配器の周りに延ばすことができる。このような隔離板の延長部は、ガス不透過性シールとして働く。

【0203】

図45に示されている第7の態様の別の好ましい局面では、アノード導体 / 分配器865とカソード導体 / 分配器875は共に、隔離板850だけでなく、カソード830、電解質810、およびアノード820も支持する。隔離板850、カソード830、電解質810、およびアノード820は、材料および組立てコストを削減し、組立体の性能および品質を向上させるように任意の方法で配置するかまたは付着させることができる。通常、これらの構成部材は、実用性および保守容易性の点で可能な限り薄くされる。これらの構成部材は、好ましくは上述の様々な薄膜付着技術によって導体 / 分配器865/875「基板」上に付着させられた（上記に定義されている）薄膜を含むことが好ましい。

【0204】

図46は、共通の導体 / 分配器およびシールを含む内部において多岐管で連結された燃料電池スタックの三次元図である。図46では、燃料電池スタックは、隔離板850、アノード・フェルト導体 / 分配器860、電解質810、アノード820、およびカソード・フェルト導体 / 分配器シール870を含んでいる。カソードは、電解質820の後方に位置しているので図46では見えない。隔離板850および電解質810はガス通路または開口部876、877、878、および879を含んでいる。具体的には、通路876は燃料入口通路であり、通路877は燃料出口通路であり、通路878は酸化剤入口通路であり、通路879は酸化剤出口通路である。

【0205】

アノード・フェルト導体 / 分配器 / シール860は導電フェルトで作られている。ガス不透過性シール領域またはストリップ880を除いてアノード・フェルト導体 / 分配器 / シール860全体がガス透過性である。カソード・フェルト導体 / 分配器 / シール870は導電フェルトで作られている。ガス不透過性シール領域またはストリップ881を除いてカソード・フェルト導体 / 分配器 / シール870全体がガス透過性である。

【0206】

アノード・フェルト導体 / 分配器 / シール860では、ガス不透過性ストリップ880がガス透過性領域882を囲み、この領域をガス透過性領域883から密封している。カソード・フェルト導体 / 分配器 / シール870では、ガス不透過性ストリップ881がガス透過性領域884を囲み、この領域をガス透過性領域885から密封している。

【0207】

領域882は、スタックが組み立てられたときにアノード820に整列すると共に燃料通路876および877に整列する。領域883は酸化剤通路878および879に整列する。領域884は、カソード（図示せず）に整列すると共に酸化剤通路878および879に整列する。領域885は燃料通路876および877に整列する。

【0208】

燃料電池スタックは以下のように動作する。入力または入口燃料886（図46の点線）は隔離板850の燃料入口通路876に提供される。燃料は、アノード導体 / 分配器 / シール860

10

20

30

40

50

のガス透過性領域882に到達する。ここから、入力燃料は2方向に分割される。燃料の一方の部分は、ガス透過性フェルト領域882を通過して「下向きに」流れ、アノード820の所で反応する。燃料反応生成物887は次いで、隔離板850のフェルト出口通路877を通過して領域882から出る。燃料の別の部分は、電解質の通路876を通過して、カソード導体/分配器/シール870のガス透過性領域885を通過する。ガス不透過性ストリップまたはシール880は、燃料が領域883に入り酸化剤と反応するのを防止する。ガス不透過性ストリップまたはシール881は、燃料が領域884に入りカソードに接触するのを防止する。

【0209】

入力または入口燃料888(図46の一点鎖線)は隔離板850の酸化剤入口通路878に提供される。酸化剤は、アノード導体/分配器/シール860のガス透過性領域883を通過する。酸化剤は次いで、電解質の通路878を通過して、カソード導体/分配器/シール870のガス透過性領域884に到達する。ここから、入力燃料は2方向に分割される。燃料の一方の部分は、ガス透過性フェルト領域884を通過して「右側に」流れ、カソードの所で反応する。反応した酸化剤889は次いで、もときた通路を引き返し、隔離板850の酸化剤出口通路879を通過して領域884から出る。ガス不透過性ストリップまたはシール880は、酸化剤が領域882に入りアノードに接触するのを防止する。ガス不透過性ストリップまたはシール881は、酸化剤が領域885に入り燃料と反応するのを防止する。

10

【0210】

ガス不透過性領域880、881は、ガス不透過性材料の選択的な加熱またはレーザー照射やフェルトへの選択的な付加のような、第6の態様で説明した任意の方法によって形成することができる。したがって、ガス不透過性領域880、881はフェルト導体/分配器860、870のフェルト・シールとして働く。ガス不透過性領域880、881は、燃料と酸化剤を分離し、燃料と酸化剤が燃料電池スタック内で互いに接触するのを防止する。燃料スタックおよびシール880、881は、任意の適切な形状を有することができ、図46に示されている形状に限られるとみなすべきではない。さらに、「下向き」および「右側」は、燃料電池スタックの向きに応じた相対的な方向である。燃料と酸化剤が燃料スタックを互いに異なり、好ましくは互いに垂直な方向に横切ることを留意されたい。

20

【0211】

フェルト導体/分配器/シールは、ガス不透過性シール880、881とガス透過性導体/分配器882、884の両方を含む単体の導電フェルト・シート860、870に限らない。ガス不透過性シールは、図47に示されているように、ガス透過性フェルト導体/分配器に隣接して配置された別個のフェルト・ガスケット内に形成することができる。

30

【0212】

図47では、導電フェルト・アノード導体/分配器/シール890は、ガス不透過性フェルト・ガスケット891とガス透過性フェルト導体/分配器860とを含んでいる。ガスケット891は、導体/分配器860に整列すると共に、隔離板850および電解質810における燃料入口通路876および燃料出口通路877(図46に示されている)に整列する大きな開口部892を含んでいる。入口燃料は、開口部892を通過して導体/分配器に入りアノード820まで流れる。または、1つの大きな開口部892を、導体/分配器に整列すると共に、隔離板850および電解質810における燃料通路876、877に整列する2つのより小さな開口部で置き換えることができる。ガスケット891は、アノード導体/分配器860に整列しない酸化剤入口通路878Aおよび酸化剤出口通路879Aも含んでいる。したがって、これらの通路を通る酸化剤は、導体/分配器860に入らず、アノードに到達しない。

40

【0213】

図47では、導電フェルト・カソード導体/分配器/シール895は、ガス不透過性フェルト・ガスケット896とガス透過性フェルト導体/分配器870とを含んでいる。ガスケット896は、導体/分配器870に整列すると共に、隔離板850および電解質810における燃料入口通路878および燃料出口通路879(図46に示されている)に整列する大きな開口部897を含んでいる。入口酸化剤は、開口部897を通過して導体/分配器に入りカソード830まで流れる。または、1つの大きな開口部897を、導体/分配器に整列すると共に、隔離板850および電

50

解質810における燃料通路878、879に整列する2つのより小さな開口部で置き換えることができる。ガスケット896は、カソード導体/分配器870に整列しない燃料入口通路876Aおよび燃料出口通路877Aも含んでいる。したがって、これらの通路を通る燃料は、導体/分配器870に入らず、カソードに到達しない。

【0214】

導体/分配器/シールは、図48に示されているように、外部と多岐管で連結された燃料電池に使用することもできる。図48において、交互に配置された導電フェルト・アノード導体/分配器/シール860と導電フェルト・カソード導体/分配器/シール870が、燃料電池スタック・ハウジング899内に位置するように示されている。ハウジングは、円筒形または他の任意の適切な形状を有してよい。薄い電解質、隔離板、および電極が、導体/分配器/シール860、870間に配置されているが、図48には明確に示されていない。

10

【0215】

燃料通路および酸化剤通路は、燃料電池スタックとハウジング899との間に位置している。具体的には、通路876Bは燃料入口通路であり、通路877Bは燃料出口通路であり、通路878Bは酸化剤入口通路であり、通路879Bは酸化剤出口通路である。アノード導体/分配器/シール860の「垂直」(すなわち、「左」および「右」)表面880Aはガス不透過性になっている。カソード導体/分配器/シール870の「水平」(すなわち、「頂部」および「底部」)表面881Aもガス不透過性になっている。導体/分配器/シール860、870の残りの部分はガス透過性のままである。密封は、表面の選択的な加熱またはレーザ照射、表面に対するガス不透過性材料の選択的な含浸(すなわち、そのような材料への浸漬)、所望の表面への箔または薄膜の選択的な付着、所望の表面縁部での隔離板の湾曲のような、第6の態様で説明した任意の方法によって行うことができる。

20

【0216】

通路876Bからの燃料は、シート860のガス透過性表面882Aを通過してアノードに到達する。通路878Bからの酸化剤は、シート870のガス透過性表面884Aを通過してカソードに到達する。通路876Bおよび877B内の燃料は、表面881Aを透過せず、酸化剤と反応することもカソードに到達することもない。通路878Bおよび879B内の酸化剤は、表面880Aを透過せず、燃料と反応することもアノードに到達することもない。

【0217】

燃料スタックおよび導体/分配器860、870は、任意の適切な形状を有することができ、図48に示されている形状に限られるとみなすべきではない。さらに、「垂直」および「水平」は、燃料電池スタックの向きに応じた相対的な方向である。燃料と酸化剤が燃料スタックを互いに異なり、好ましくは互いに垂直な方向に横切ることを留意されたい。

30

【0218】

VIII. 結論

第1の態様から第7の態様で説明したシステムおよび燃料電池の様々な構成部材ならびに方法の各段階は、任意に組み合わせて使用することができる。好ましくは、すべての7つの態様の構成部材およびシステムがまとめて使用される。したがって、好ましい方法およびシステムは、第1の態様の温度感応吸着酸素濃縮方法およびシステムと、固体酸化物燃料電池および熱ポンプおよび選択的なタービンを含む負荷適合発電システム、および第2の態様のシステムを使用する方法と、第3の態様の加工された燃料電池セラミック電解質と、第4の態様の環境耐性燃料電池アノード電極と、第5の態様の好ましいエンタルピー・ホイールを含む水蒸気補充システムと、第6の態様の燃料電池内のフェルト・シールと、第7の態様のフェルト収集器とを含んでいる。しかし、上記の特徴のうちの任意の1つ、2つ、3つ、4つ、または5つを好ましいシステム、燃料電池、および方法から省略することができる。

40

【0219】

本発明の上記の説明は、例示および説明のために与えられている。この説明は網羅的なものでも、本発明を開示された厳密な形態に制限するものでもなく、上記の教示を考慮して修正態様および変形態様が可能であり、またそのような修正態様および変形態様を本発

50

明を実施することによって取得することができる。図面は必ずしも一定の比例に縮小して描かれておらず、装置を概略的なブロック図で示している。好ましい態様の図面および説明は、本発明の原則およびその実際的な応用を説明するために選択されたものであり、特許請求の範囲を制限するものではない。本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲およびその均等物によって定義されるものである。

【図面の簡単な説明】

【0220】

(図1～5) 第1の好ましい態様による酸素濃縮システムの概略図である。

(図6～10D) 第2の好ましい態様による組合せ発電・冷却システムの概略図である。

(図11) 先行技術の固体酸化物燃料電池の概略側面断面図である。

(図12) 電解質を通じた酸素の移動の概略図である。

(図13、15、および16) 第3の好ましい態様による固体酸化物燃料電池の概略側面断面図である。

(図14) 先行技術の多層固体酸化物電解質の概略側面断面図である。

(図17～24) 第3の好ましい態様による電解質を製造する方法の概略側面断面図である。

(図25～26) 第4の好ましい態様による燃料電池の概略側面断面図である。

(図27A～B) 第5の好ましい態様によるシステムの概略図である。

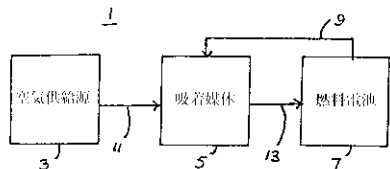
(図28～35) 第6の好ましい態様によるシールの概略図である。

(図36～48) 第7の好ましい態様による、フェルト導体/流量分配器部材を含む、燃料電池スタックの反復部材の概略図である。図36～45は断面分解図であり、図46～48は三次元切欠き図である。

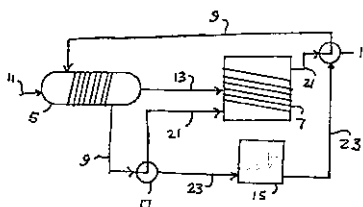
10

20

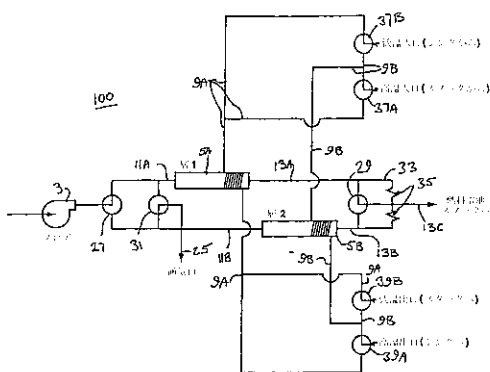
【図1】



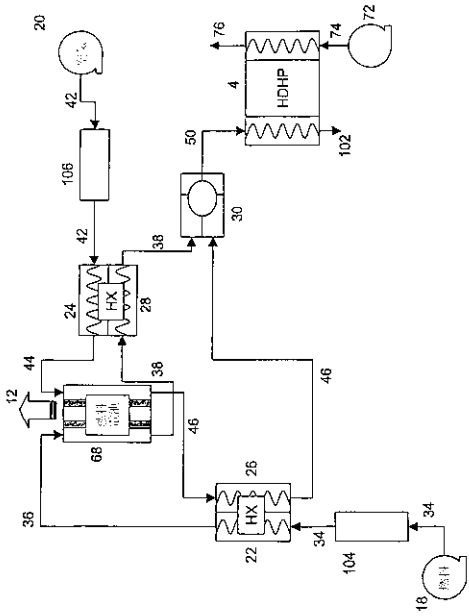
【図2】



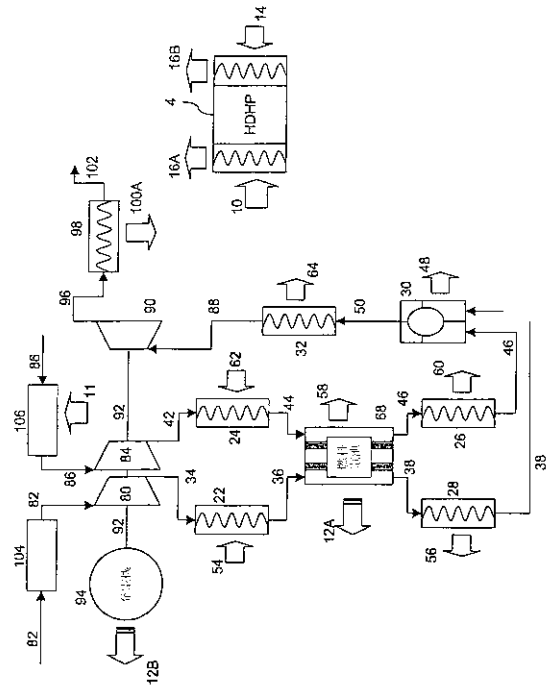
【図3】



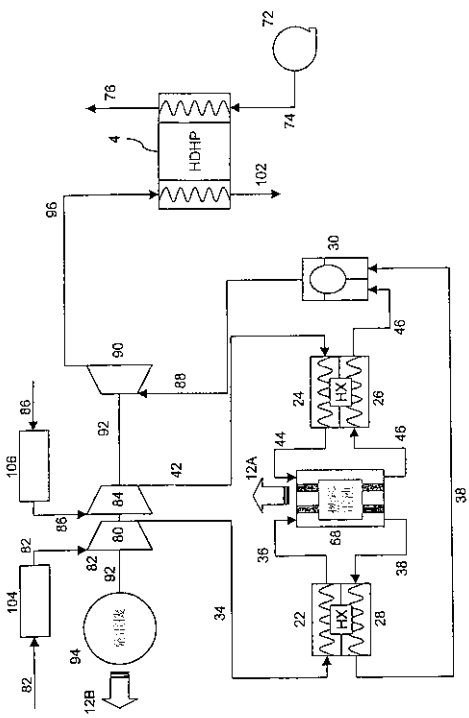
【 図 8 C 】



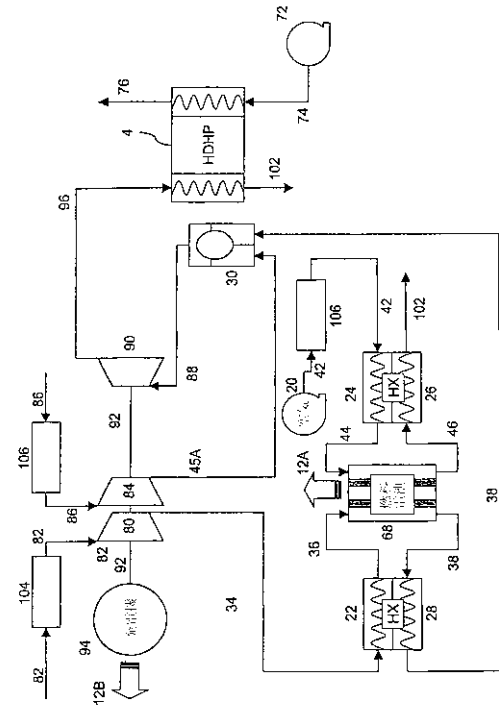
【 図 9 】



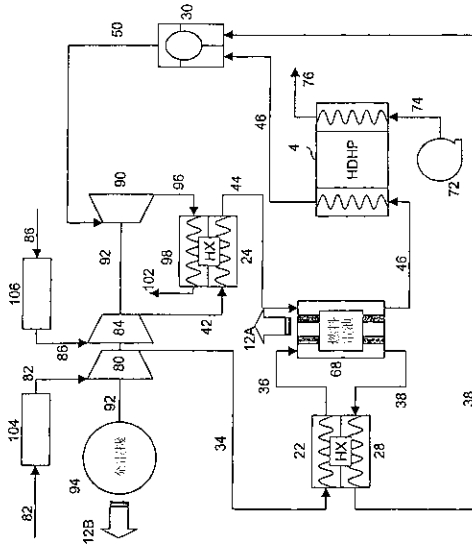
【 図 10 A 】



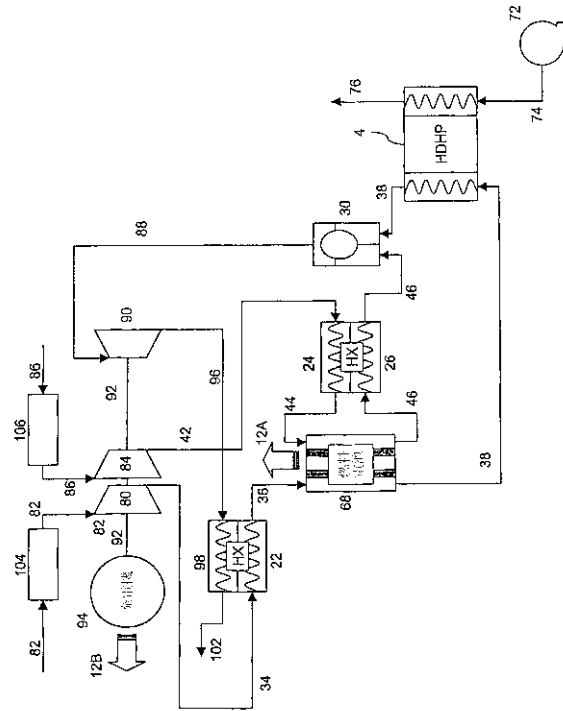
【 図 10 B 】



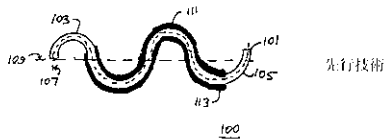
【 図 10 C 】



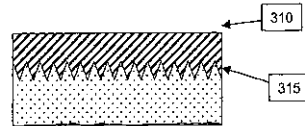
【 図 10 D 】



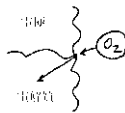
【 図 1 1 】



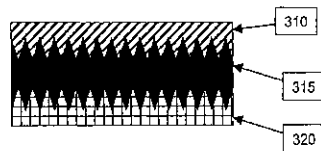
【 図 1 5 】



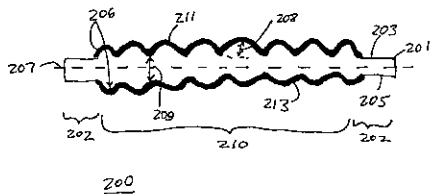
【 図 1 2 】



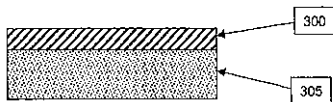
【 図 1 6 】



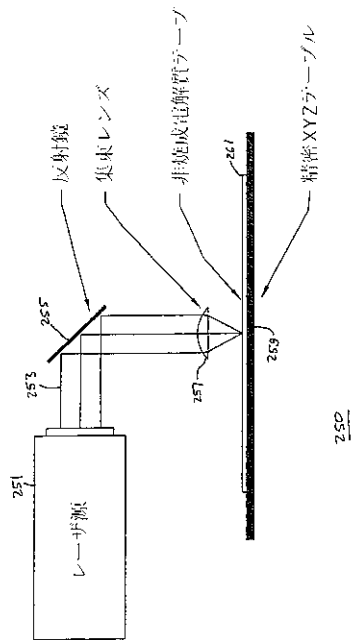
【 図 1 3 】



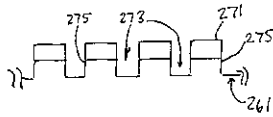
【 図 1 4 】



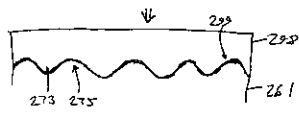
【図17】



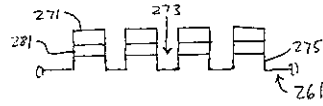
【図18】



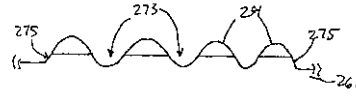
【図24】



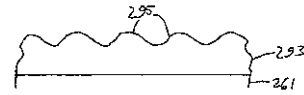
【図19】



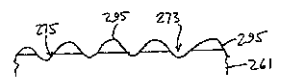
【図20】



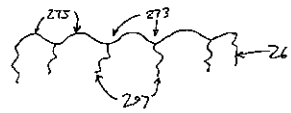
【図21】



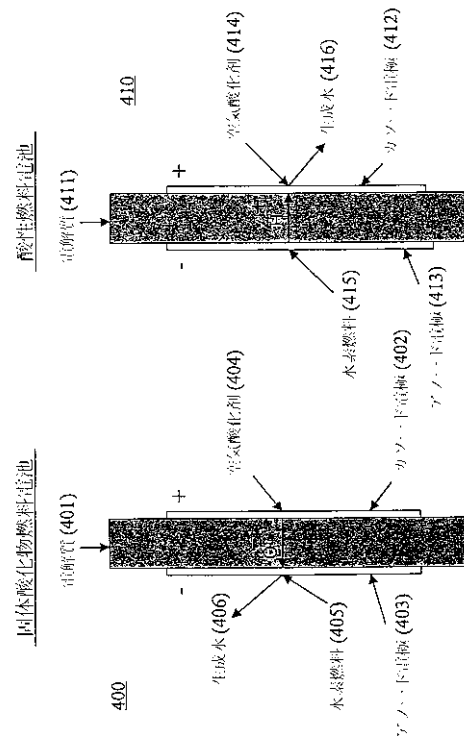
【図22】



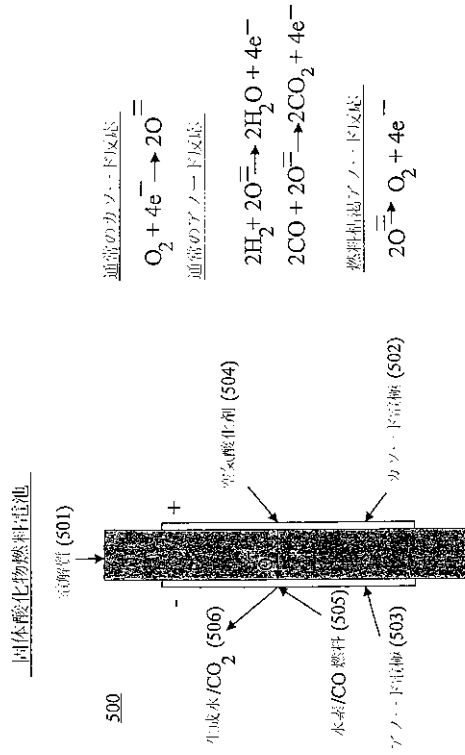
【図23】



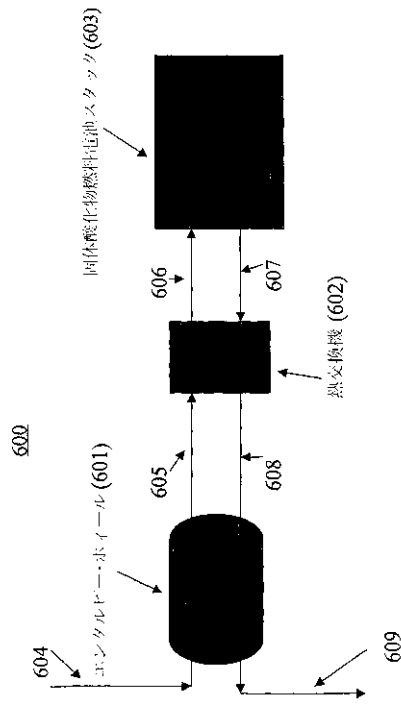
【図25】



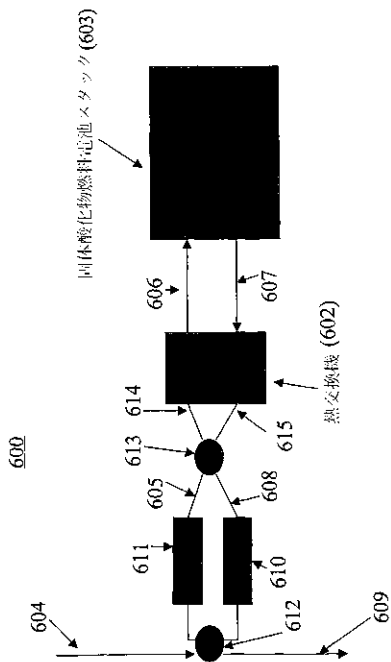
【 図 2 6 】



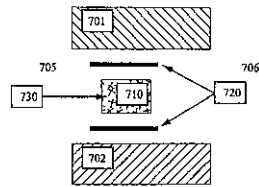
【 図 2 7 A 】



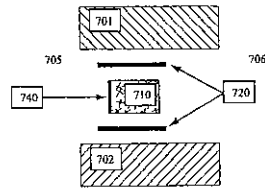
【 図 2 7 B 】



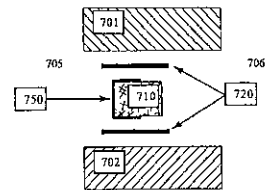
【 図 2 8 】



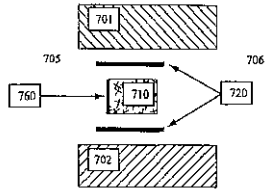
【 図 2 9 】



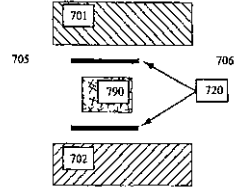
【 図 3 0 】



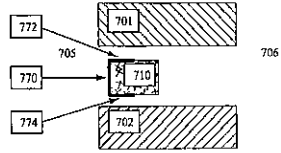
【 図 3 1 】



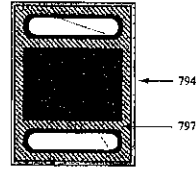
【 図 3 4 】



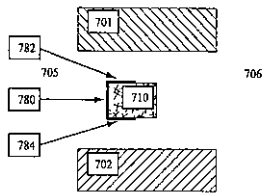
【 図 3 2 】



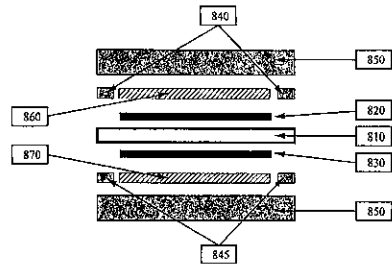
【 図 3 5 】



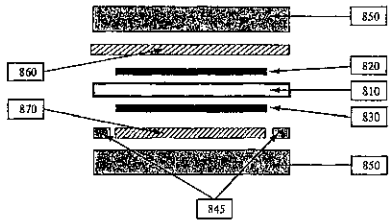
【 図 3 3 】



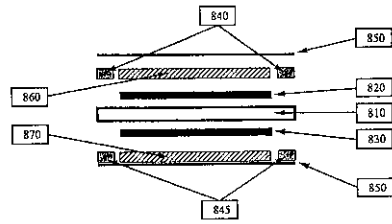
【 図 3 6 】



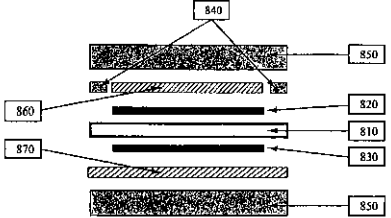
【 図 3 7 】



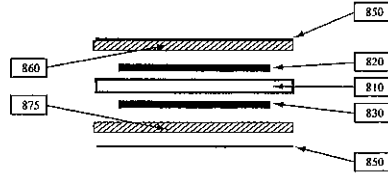
【 図 4 0 】



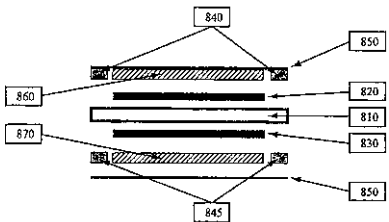
【 図 3 8 】



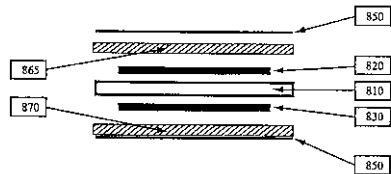
【 図 4 1 】



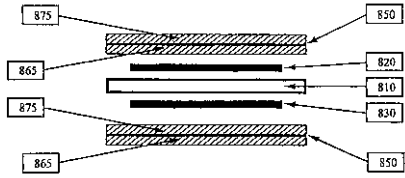
【 図 3 9 】



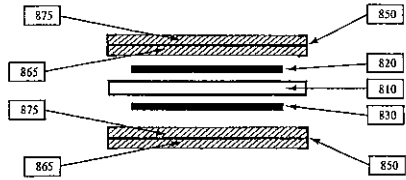
【 図 4 2 】



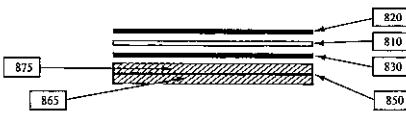
【 4 3 】



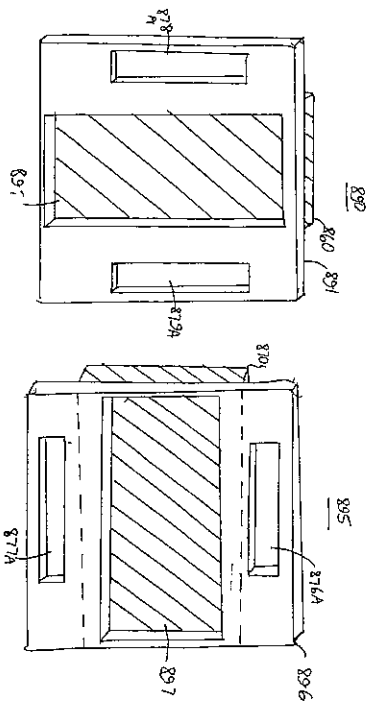
【 4 4 】



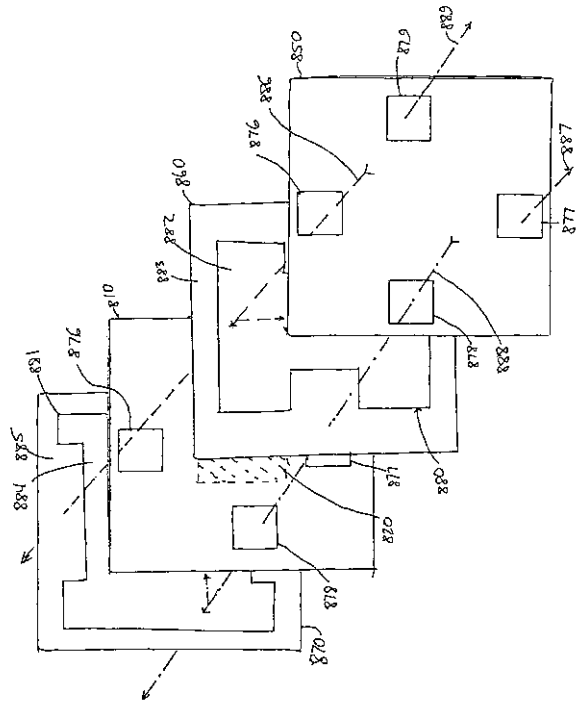
【 4 5 】



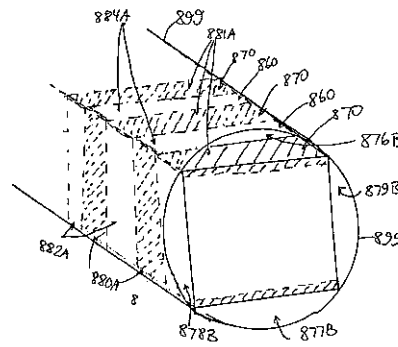
【 4 7 】



【 4 6 】



【 4 8 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US03/04808	
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER			
IPC(7) : C04B 38/00, H01M 8/10, 8/12, 4/00 US CL : 429/26, 30, 34, 38; 501/80			
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC			
B. FIELDS SEARCHED			
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 429/26, 30, 34, 38; 501/80			
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched			
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JPO database			
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	
X	U.S. 5,641,585 (LESSING et al) 24 June 1997 (24.06.1997), col. 1 line 10-15, col. 5 line 33-65.	5, 6	
X	JP 9-199143 (TAIRA et al) 31 July 1997 (31.07.1997), pars. [0012], pars. [0017-0021].	12-15	
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.			
* Special categories of cited documents:			
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"B"	earlier application or patent published on or after the international filing date	"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&"	document member of the same patent family
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 16 June 2003 (16.06.2003)		Date of mailing of the international search report 19 AUG 2003	
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703)305-3230		Authorized officer Julian Mercado Telephone No. (703) 308-0661	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US03/04808

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 1 of first sheet)

This international report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claim Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. Claim Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. Claim Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 2 of first sheet)This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
Please See Continuation Sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.: 5, 6, and 12-15
4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/US03/04808

BOX II. OBSERVATIONS WHERE UNITY OF INVENTION IS LACKING

Group I, claims 1-4, drawn to fuel cell system having an adsorbent medium.

Group II, claims 5 and 6, drawn to a fuel cell system having a heat pump in combination with a data center.

Group III, claims 7-11, drawn to a fuel cell system providing heating and cooling with a heat pump.

Group IV, claims 12-15, drawn to a fuel cell system having a non-uniform surface on the electrolyte.

Group V, claims 16 and 17, drawn to a fuel cell anode having a cermnet with an environmental tolerant catalyst.

Group VI, claim 20, drawn to a method of hydrating a fuel cell, of which claim 18 (via an enthalpy wheel) or 19 (via adsorbent beds) depend therefrom as patentably distinct species.

Group VII, claims 21 and 22, drawn to a sealing arrangement for a fuel cell.

Group VIII, claims 23 and 24, drawn to a fuel cell stack with conductive heat felt.

Group IX, claims 9, 10, 25 and 26, drawn to a fuel cell system comprising at least two or three-to-seven claimed features which more or less read on groups I-VIII listed above.

The inventions listed as Groups I-IX do not relate to a single general inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons: Groups I-IX each recite its own special technical feature as detailed above and therefore unity of invention is lacking.

フロントページの続き

(51) Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード(参考)
	H 0 1 M 8/02	K
	H 0 1 M 8/02	S
	H 0 1 M 8/12	

(81) 指定国 AP(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, M X, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(特許庁注：以下のものは登録商標)

テフロン

- (72) 発明者 ゴットマン マサイアス
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サニーベイル トリヤ アベニュー 6 8 4
- (72) 発明者 マッケルロイ ジェームズ エフ.
 アメリカ合衆国 コネチカット州 スフィールド ハラデイ アベニュー イースト 2 7 8
- (72) 発明者 シュリダー ケイ. アール.
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ロス ガトス オーバルック ロード 1 8 3 5 1
- (72) 発明者 グエン ディエン
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サニーベイル コスタ メサ テラス 4 5 5 - ディー
- F ターム(参考) 5H018 AA06 AS02 AS03 BB01 BB07 EE03 EE04 EE11 EE13
 5H026 AA06 BB01 CC03 CX04 EE11 HH00
 5H027 AA06 BA19 BC06 DD02