

(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2017-503174  
(P2017-503174A)

(43) 公表日 平成29年1月26日(2017.1.26)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO 1 N 21/78 (2006.01)</b>	GO 1 N 21/78	Z 2 G 0 5 4
<b>HO 1 M 8/04 (2016.01)</b>	HO 1 M 8/04	Z 5 H 1 2 7
	HO 1 M 8/04	N

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 55 頁)

(21) 出願番号 特願2016-544115 (P2016-544115)  
 (86) (22) 出願日 平成27年1月5日 (2015.1.5)  
 (85) 翻訳文提出日 平成28年8月22日 (2016.8.22)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2015/010137  
 (87) 国際公開番号 W02015/103529  
 (87) 国際公開日 平成27年7月9日 (2015.7.9)  
 (31) 優先権主張番号 61/923,886  
 (32) 優先日 平成26年1月6日 (2014.1.6)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 514116578  
 ブルーム エネルギー コーポレーション  
 アメリカ合衆国、94089、カリフォル  
 ニア州、サニーベール、オルレアン ドラ  
 イブ 1299  
 (74) 代理人 100075144  
 弁理士 井ノ口 壽  
 (72) 発明者 バランタイン、アーン  
 アメリカ合衆国、94089、カリフォル  
 ニア州、サニーベール、オルレアン ドラ  
 イブ 1299、ブルーム エネルギー  
 コーポレーション内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池システムにおける望ましくない成分を示すための構造および方法

(57) 【要約】

燃料電池システムにおいて望ましくない成分を検出するための光学検出システムは、望ましくない成分が存在すると変色するように構成された感知材料と、感知材料の変色を示すように構成された少なくとも一つのセンサとを備える。このセンサは、対応する光源に結合される。感知材料、センサおよび光源はハウジングに封入される。

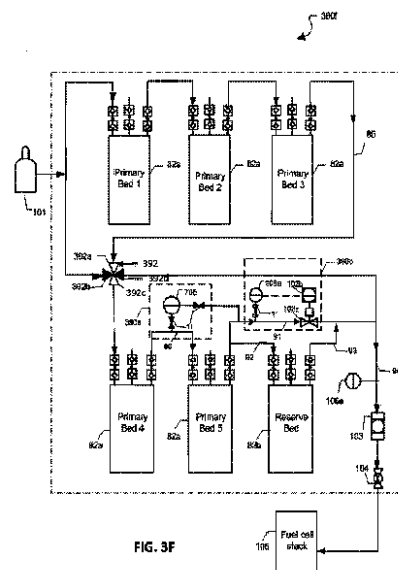


FIG. 3F

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

燃料電池システムにおいて望ましくない成分を検出するための光学検出システムであって、

前記望ましくない成分が存在すれば変色するように構成された感知材料と、  
前記感知材料の変色を示すように構成された少なくとも1つのセンサと、を備え、  
前記感知材料、前記センサおよび光源は、ハウジング内に封入されるシステム。

## 【請求項 2】

請求項 1 記載のシステムにおいて、

前記ハウジングは、光に対して不透過性である外側を有し、

前記少なくとも1つのセンサは、対応する光源に結合されるシステム。 10

## 【請求項 3】

請求項 1 記載のシステムにおいて、

前記ハウジングは、白色の内側を有するシステム。

## 【請求項 4】

請求項 2 記載のシステムにおいて、

複数のセンサおよび複数の光源をさらに備えるシステム。

## 【請求項 5】

請求項 2 記載のシステムにおいて、

前記ハウジングは、光に対して不透過性である外部ケーシング内にさらに封入されるシステム。 20

## 【請求項 6】

請求項 2 記載のシステムにおいて、

前記望ましくない成分が存在しても変色しない基準材料、および前記基準材料の変色を示すように構成されて光源に光学的に結合された基準センサをさらに備えるシステム。

## 【請求項 7】

請求項 6 記載のシステムにおいて、

前記感知材料および前記基準材料は、それぞれ基板上的のペイントまたは染料を含み、

前記センサは、前記基板に面する光検出器を含み、

前記光源は、前記基板を照明するように構成されるシステム。 30

## 【請求項 8】

請求項 6 記載のシステムにおいて、

前記感知材料は変色する粒子または顆粒から構成され、前記基準材料は基板上的のペイントまたは染料から構成され、

前記センサは、前記基板および変色する顆粒に面する光検出器を含み、

前記光源は、前記基板および変色する粒子または顆粒を照明するように構成されるシステム。

## 【請求項 9】

請求項 6 記載のシステムにおいて、

信号対雑音比を高めるために前記基準センサからの信号の値を前記センサからの信号の値から引くように構成されたプロセッサをさらに備えるシステム。 40

## 【請求項 10】

請求項 6 記載のシステムにおいて、

前記望ましくない成分が存在しないときの前記感知材料の色と前記基準材料の色とは実質的に同じであるシステム。

## 【請求項 11】

請求項 7 記載のシステムにおいて、

前記感知材料は、硫黄敏感な変色する化合物を含むシステム。

## 【請求項 12】

請求項 11 記載のシステムにおいて、

前記基準材料は、硫黄敏感でない化合物を含むシステム。

【請求項 1 3】

請求項 4 記載のシステムにおいて、

前記センサの各々は、色敏感な光検出器を含む変色検出器を含むシステム。

【請求項 1 4】

請求項 4 記載のシステムにおいて、

前記複数のセンサの各々は、赤色センサ、緑色センサおよび青色センサを含むシステム

。

【請求項 1 5】

請求項 4 記載のシステムにおいて、

前記前記望ましくない成分は前記燃料電池システムの入口燃料流中の硫黄または硫黄化合物を含み、前記センサおよび前記感知材料は燃料入口管路内または前記燃料電池システムのスリップストリーム管路内に配置されるシステム。

10

【請求項 1 6】

請求項 4 記載のシステムにおいて、

アラーム基準が満たされたときにアラーム信号を生成するように構成されたプロセッサをさらに備えるシステム。

【請求項 1 7】

請求項 1 6 記載のシステムにおいて、

前記アラーム基準は、前記センサのうちのいずれかの絶対値がその較正済み値からプリセット値より大きく逸れたときに満たされるシステム。

20

【請求項 1 8】

請求項 1 6 記載のシステムにおいて、

前記プロセッサは、前記感知材料の変色に対応する信号の信号対雑音比を高めるために信号平均値算出アルゴリズムを適用するように構成されるシステム。

【請求項 1 9】

請求項 1 6 記載のシステムにおいて、

前記アラーム信号は、前記アラーム基準が所定の長さの時間にわたって満たされたときに生成されるシステム。

【請求項 2 0】

請求項 1 6 記載のシステムにおいて、

前記アラーム信号は、センサ値が所定のアラーム値範囲内にあるときに生成されるシステム。

30

【請求項 2 1】

請求項 1 6 記載のシステムにおいて、

前記アラーム基準は、前記センサのうちのいずれかの個々の値が所定の範囲外にあるときに満たされるシステム。

【請求項 2 2】

請求項 1 6 記載のシステムにおいて、

各センサは、それ自身の所定の許容可能範囲を有するシステム。

40

【請求項 2 3】

請求項 1 6 記載のシステムにおいて、

前記アラーム基準は、最小自乗法回帰係数がプリセット範囲外に出たときに満たされるシステム。

【請求項 2 4】

請求項 1 6 記載のシステムにおいて、

前記アラーム基準は、センサ値の時間に関する二次導関数がプリセット範囲外に出たときに満たされるシステム。

【請求項 2 5】

請求項 1 6 記載のシステムにおいて、

50

前記アラーム基準は、センサ値の時間に関しての一次導関数がプリセット範囲外に出たときに満たされるシステム。

【請求項 26】

請求項 16 記載のシステムにおいて、

前記アラーム基準は、センサ値の絶対値の合計がプリセット範囲外に出たときに満たされるシステム。

【請求項 27】

請求項 16 記載のシステムにおいて、

前記プロセッサは、センサ信号変化の正および負の勾配を区別するように構成されるシステム。

【請求項 28】

請求項 16 記載のシステムにおいて、

前記プロセッサは、前記センサの正および負の読み取り変化を区別するように構成されるシステム。

【請求項 29】

請求項 16 記載のシステムにおいて、

前記プロセッサは、各々のセンサに対して異なるアラーム検出アルゴリズムを適用するように構成されるシステム。

【請求項 30】

請求項 29 記載のシステムにおいて、

各々のセンサは、前記燃料電池システムの燃料入口管路に沿って異なる位置に配置されるシステム。

【請求項 31】

請求項 29 記載のシステムにおいて、

前記アラーム検出アルゴリズムは、時間に関してのセンサ値変化の二次導関数がプリセット範囲外に出ること、時間に関してのセンサ値変化の一次導関数がプリセット範囲外に出ること、センサ値変化の絶対値の合計がプリセット範囲外に出ること、単一のセンサ値変化の最大絶対値がプリセット範囲外に出ること、最小自乗法回帰係数がプリセット範囲外に出ること、およびこれらの任意の組み合わせから成るグループから選択されるシステム。

【請求項 32】

燃料電池システムにおいて望ましくない成分を検出する方法であって、

前記望ましくない成分が存在すると変色するように構成された感知材料を備える光学検出システムを設けるステップと、

前記感知材料を光源からの光で照明するステップと、

センサを用いて前記感知材料において変色が起こっているか否かを判定するステップと

、前記感知材料において変色が起こっていると判定したことに応答して、前記燃料電池システムの燃料流中の望ましくない成分の存在を検出するステップと、

前記望ましくない成分の存在に基づいてアラーム基準が満たされたときにアラーム信号を生成するステップと、

を含む方法。

【請求項 33】

請求項 32 記載の方法において、

前記感知材料、前記センサ、および前記光源は、光に対して不透過性である外側を有するハウジング内に封入される方法。

【請求項 34】

請求項 33 記載の方法において、

前記ハウジングは、白色の内側を有する方法。

【請求項 35】

10

20

30

40

50

請求項 3 2 記載の方法において、  
前記光学検出システムは、プロセッサおよび複数のセンサを含む方法。

【請求項 3 6】

請求項 3 3 記載の方法において、  
前記ハウジングは、光に対して不透過性である外部ケーシングにさらに封入される方法

。

【請求項 3 7】

請求項 3 2 記載の方法において、  
光源に光学的に結合された基準センサにより、前記光学検出システムに含まれる基準材料の変色を示すステップをさらに含み、前記基準材料は前記望ましくない成分が存在しても変色しないように構成される方法。

10

【請求項 3 8】

請求項 3 7 記載の方法において、  
前記感知材料および前記基準材料はそれぞれ基板上のペイントまたは染料を含み、前記センサは前記基板に面する光検出器を含み、前記感知材料を照明するステップは前記基板を照明するステップを含む方法。

【請求項 3 9】

請求項 3 7 記載の方法において、  
前記感知材料の変色に対応する信号の信号対雑音比を高めるために、前記光学検出システムのプロセッサにより、前記センサからの信号の値から前記基準センサからの信号の値を引くステップをさらに含む方法。

20

【請求項 4 0】

請求項 3 7 記載の方法において、  
前記望ましくない成分が存在しないときの前記感知材料の色と前記基準材料の色とは実質的に同じである方法。

【請求項 4 1】

請求項 3 7 記載の方法において、  
前記感知材料は、硫黄敏感な変色化合物である方法。

【請求項 4 2】

請求項 4 1 記載の方法において、  
前記基準材料は、硫黄敏感でない化合物である方法。

30

【請求項 4 3】

請求項 3 5 記載の方法において、  
前記センサの各々は、色敏感な光検出器で構成された変色検出器である方法。

【請求項 4 4】

請求項 3 5 記載の方法において、  
前記複数のセンサは、少なくとも 1 つの赤色センサ、少なくとも 1 つの緑色センサ、および少なくとも 1 つの青色センサを含む方法。

【請求項 4 5】

請求項 3 5 記載の方法において、  
前記燃料電池システムの燃料流中の望ましくない成分の存在を検出するステップは前記燃料電池システムの入口燃料流中の硫黄を検出するステップを含み、前記センサおよび前記感知材料は燃料入口管路または前記燃料電池システムのスリップストリーム管路内に配置される方法。

40

【請求項 4 6】

請求項 3 2 記載の方法において、  
前記システムは、複数の光源をさらに含む方法。

【請求項 4 7】

請求項 3 2 記載の方法において、  
前記アラーム基準は、前記センサのうちのいずれかの絶対値がその較正済み値からプリ

50

セット値より大きく逸れたときに満たされる方法。

【請求項 48】

請求項 35 記載の方法において、

信号対雑音比を高めるために前記感知材料の変色に対応する信号に対して、前記光学検出システムのプロセッサにより、信号平均値算出アルゴリズムを適用するステップをさらに含む方法。

【請求項 49】

請求項 35 記載の方法において、

前記アラーム信号は、前記アラーム基準が所定の長さの時間にわたって満たされたときに生成される方法。

【請求項 50】

請求項 35 記載の方法において、

前記アラーム信号は、センサ値が所定のアラーム値範囲内にあるときに生成される方法。

【請求項 51】

請求項 35 記載の方法において、

前記アラーム基準は、前記センサのうちのいずれかの個々の値がプリセット範囲外に出たときに満たされる方法。

【請求項 52】

請求項 35 記載の方法において、

各センサは、それ自身の許容可能な値の所定の範囲を有する方法。

【請求項 53】

請求項 35 記載の方法において、

前記アラーム基準は、最小自乗法回帰係数がプリセット範囲外に出たときに満たされる方法。

【請求項 54】

請求項 35 記載の方法において、

前記アラーム基準は、センサ値の時間に関する二次導関数がプリセット範囲外に出たときに満たされる方法。

【請求項 55】

請求項 35 記載の方法において、

前記アラーム基準は、センサ値の時間に関する一次導関数がプリセット範囲外に出たときに満たされる方法。

【請求項 56】

請求項 35 記載の方法において、

前記アラーム基準は、センサ値の絶対値の合計がプリセット範囲外に出たときに満たされる方法。

【請求項 57】

請求項 35 記載の方法において、

前記感知材料において変色が起こっているか否かを判定するステップは、前記複数のセンサのうちの少なくとも 1 つについて、前記プロセッサにより、信号変化の正および負の勾配を区別するステップを含む方法。

【請求項 58】

請求項 57 記載の方法において、

前記複数のセンサのうちの少なくとも 1 つについて信号変化の正および負の勾配を区別するステップは、前記少なくとも 1 つのセンサからの値の時間に関する二次導関数を前記プロセッサにより計算するステップを含む方法。

【請求項 59】

請求項 58 記載の方法において、

計算された二次導関数がプリセット範囲外に出ているときに前記感知材料において変色

10

20

30

40

50

が起きていると判定するステップをさらに含む方法。

【請求項 6 0】

請求項 3 5 記載の方法において、

前記複数のセンサのうち少なくとも 1 つについて値の正および負の読み取り変化を前記プロセッサにより区別するステップをさらに含む方法。

【請求項 6 1】

請求項 3 5 記載の方法において、

前記プロセッサにより前記複数のセンサの各々に対して異なるアラーム検出アルゴリズムを適用するステップをさらに含み、前記複数のセンサの各々は前記燃料電池システムの燃料入口管路に沿って異なる位置に配置される方法。

10

【請求項 6 2】

請求項 6 1 記載の方法において、

前記アラーム検出アルゴリズムは、時間に関してのセンサ値変化の二次導関数がプリセット範囲外に出ること、時間に関してのセンサ値変化の一次導関数がプリセット範囲外に出ること、センサ値変化の絶対値の合計がプリセット範囲外に出ること、単一のセンサ値変化の最大絶対値がプリセット範囲外に出ること、最小自乗法回帰係数がプリセット範囲外に出ること、およびこれらの任意の組み合わせから成るグループから選択される方法。

【請求項 6 3】

請求項 6 1 記載の方法において、

前記センサからの信号は、流れ媒体流量、流れ媒体圧力、流れ媒体温度、センサ温度、および流れ媒体湿度のうち 1 つ以上から選択された現行の動作条件に基づいて正規化される方法。

20

【請求項 6 4】

請求項 3 2 記載の方法において、

前記燃料電池システムは、燃料電池スタックと、前記燃料電池スタックに流体的に接続された燃料処理モジュールとを備え、

前記燃料処理モジュールは、主収着剤ベッドと、予備収着剤ベッドと、前記予備収着剤ベッドへの燃料の流れを制御するように構成されたバルブとを含み、

前記バルブは、前記アラーム信号が生成されていないときには燃料の流れの全部または大部分に前記主収着剤ベッドを通過させ、

30

前記バルブは、前記アラーム信号が生成されているときには全ての燃料の流れまたはより多くの燃料の流れに前記予備収着剤ベッドを通過させるように構成される方法。

【請求項 6 5】

燃料電池システムにおいて望ましくない成分を検出する方法であって、

時間の経過に連れて前記燃料電池システムの燃料電池スタックにより使用される燃料の量を監視するステップであって、時間の経過に連れて使用される燃料の量に基づいて燃料流量が計算されるステップと、

時間の経過に連れて前記燃料電池スタックの電圧出力を測定するステップと、

所与の計算された燃料流量の期間中に電圧出力が少なくとも 5 % の電圧低下を示すか否かを判定するステップと、

40

計算された燃料流量がほぼ一定である期間中に電圧出力が少なくとも 5 % の電圧低下を示すと判定したことに応答して、前記望ましくない成分の存在を信号するアラームを生成するステップと、

を含む方法。

【請求項 6 6】

請求項 6 5 記載の方法において、

計算された燃料流量がほぼ一定である期間中に電圧出力が振動する電圧を示すか否かを判定するステップと、

計算された燃料流量がほぼ一定である期間中に電圧出力が振動する電圧を示すことに応答して、アラームを生成するステップと、

50

をさらに含む方法。

【請求項 67】

請求項 65 記載の方法において、

前記電圧出力が少なくとも 5% の電圧低下を示すか否かを判定するステップは、

電圧出力値の時間に関しての一次導関数が負の値を含む所定のしきい値より低くなることと、

電圧出力値の時間に関しての一次導関数の勾配の変化であって、正の勾配から負の勾配または負の勾配から正の勾配への切り替わりを含む変化と、

から成るグループから選択されたアラーム検出アルゴリズムを適用するステップを含む方法。

10

【請求項 68】

燃料電池システムにおいて望ましくない成分を検出する方法であって、

前記望ましくない成分が存在すると変色するように構成された感知材料と、前記感知材料の変色を示すように構成された少なくとも 1 つの成分センサと、前記望ましくない成分が存在しても変色しないように構成された基準材料と、前記基準材料の変色を示すように構成された基準センサとを備える光学検出システムを設けるステップと、

前記感知材料と前記基準材料との変色の差に基づいて前記燃料電池システムの燃料流中の望ましくない成分を検出するステップと、

アラーム基準が満たされたときにアラーム信号を生成するステップと、

を含む方法。

20

【請求項 69】

請求項 68 記載の方法において、

前記少なくとも 1 つの成分センサと前記基準センサとはそれぞれ光源に結合され、前記感知材料と、前記成分センサと、前記基準材料と、前記基準センサと前記光源とはハウジングに封入される方法。

【請求項 70】

請求項 69 記載の方法において、

前記ハウジングは、光に対して不透過性である外側を有する方法。

【請求項 71】

請求項 69 記載の方法において、

前記ハウジングは、白色の内側を有する方法。

30

【請求項 72】

請求項 68 記載の方法において、

前記光学検出システムは、複数の成分センサと、対応する光源とを含む方法。

【請求項 73】

請求項 68 記載の方法において、

前記感知材料の変色に対応する信号について信号対雑音比を高めるために前記少なくとも 1 つの成分センサからの信号の値から前記基準センサからの信号の値を引くステップをさらに含む方法。

【請求項 74】

40

燃料電池システムにおいて望ましくない成分を検出するための光学検出システムであって、

前記望ましくない成分が存在すると変色するように構成された感知材料と、

前記感知材料の変色を示すように構成され、対応する光源に結合された少なくとも 1 つのセンサと、

前記望ましくない成分が存在しても変色しない基準材料と、

前記基準材料の変色を示すように構成され、光源に光学的に結合された基準センサと、を備えるシステム。

【請求項 75】

請求項 74 記載のシステムにおいて、

50

前記感知材料、前記センサ、前記基準材料、前記基準センサおよび前記光源は、ハウジングに封入されるシステム。

【請求項 76】

請求項 75 記載のシステムにおいて、  
前記ハウジングは、光に対して不透過性である外側を有するシステム。

【請求項 77】

請求項 75 記載のシステムにおいて、  
前記ハウジングは、白色の内側を有するシステム。

【請求項 78】

燃料電池システムにおいて望ましくない成分を検出する方法であって、  
前記望ましくない成分が存在すると変色するように構成された感知材料と、赤色センサ、緑色センサおよび青色センサを含む少なくとも 1 つのセンサと、各色センサからの色値を受け取るように構成されたプロセッサとを備える光学検出システムを設けるステップと、  
各色センサから個々の値を前記プロセッサに送るステップと、  
アラーム基準が満たされたときにアラーム信号を生成するステップと、  
を含む方法。

10

【請求項 79】

請求項 78 記載の方法において、  
前記燃料電池システムは、燃料電池スタックと、前記燃料電池スタックに流体的に接続された燃料処理モジュールとを備え、  
前記燃料処理モジュールは、主収着剤ベッドと、予備収着剤ベッドと、前記予備収着剤ベッドへの燃料の流れを制御するように構成されたバルブとを含み、  
前記バルブは、前記アラーム信号が生成されていないときには燃料の流れの全部または大部分に前記主収着剤ベッドを通過させ、  
前記バルブは、前記アラーム信号が生成されているときには全ての燃料の流れまたはより多くの燃料の流れに前記予備収着剤ベッドを通過させる方法。

20

【請求項 80】

請求項 78 記載の方法において、  
平均値信号を計算するために全てのセンサの個々の値を組み合わせるステップをさらに含む方法。

30

【請求項 81】

請求項 78 記載の方法において、  
前記アラーム基準は、センサ値の絶対値の合計がプリセット値を超えたとき、センサ値の時間に関する二次導関数がプリセット範囲外に出たとき、またはセンサ値の時間に関する一次導関数がプリセット値を超えたときに満たされる方法。

【請求項 82】

燃料電池システムであって、  
燃料電池スタックと、  
前記燃料電池スタックに流体的に接続された燃料処理モジュールであって、  
主収着剤ベッドと、  
予備収着剤ベッドと、  
前記予備収着剤ベッドへの燃料の流れを制御するように構成されたバルブと、  
前記主収着剤ベッドにおける突破イベントを検出するための検出器と、を備える燃料処理モジュールと、を備え、  
前記バルブは、燃料の流れの全部または大部分に前記主収着剤ベッドを通過させるように構成され、突破イベントが検出されると前記バルブは全ての燃料の流れまたはより多くの燃料の流れに前記予備収着剤ベッドを通過させるように構成されるシステム。

40

【請求項 83】

請求項 82 記載のシステムにおいて、

50

前記バルブは、突破イベントを検出する前は燃料の流れの小部分に前記予備収着剤ベッドを通過させるとともに燃料の流れの大部分に前記主収着剤ベッドを通過させるように構成されるシステム。

【請求項 8 4】

請求項 8 3 記載のシステムにおいて、

前記バルブは、前記主収着剤ベッドにおいて突破イベントを検出したことに応答して、燃料の流れの全部または大部分に前記予備収着剤ベッドを通過させるとともに燃料の流れのゼロ部分または小部分に前記主収着剤ベッドを通過させるように構成されるシステム。

【請求項 8 5】

請求項 8 2 記載のシステムにおいて、

前記バルブは、突破イベントを検出する前は全ての燃料の流れに前記主収着剤ベッドを通過させるように構成されるシステム。

【請求項 8 6】

請求項 8 5 記載のシステムにおいて、

前記バルブは、前記主収着剤ベッドにおいて突破イベントを検出したことに応答して、燃料の流れの全部または大部分に前記予備収着剤ベッドを通過させるとともに燃料の流れのゼロ部分または小部分に前記主収着剤ベッドを通過させるように構成されるシステム。

【請求項 8 7】

請求項 8 2 記載のシステムにおいて、

前記予備収着剤ベッドは、前記燃料処理モジュールの外側にあつて、前記主収着剤ベッドより大きく、また定期的にバイパスされるシステム。

【請求項 8 8】

請求項 8 2 記載のシステムにおいて、

前記検出器は、燃料電池スタック性能監視システム、変色検出器、抵抗変化検出器、および人工鼻のうちの少なくとも 1 つであるシステム。

【請求項 8 9】

請求項 8 8 記載のシステムにおいて、

前記検出器は前記燃料電池スタック性能監視システムであり、前記燃料電池スタック性能監視システムは燃料電池スタック電圧が少なくとも 5 % 低下したときに突破イベントを検出するシステム。

【請求項 9 0】

請求項 8 2 記載のシステムにおいて、

前記主収着剤ベッドおよび前記予備収着剤ベッドは、流体的に直列に接続されるシステム。

【請求項 9 1】

請求項 8 2 記載のシステムにおいて、

前記主収着剤ベッドおよび前記予備収着剤ベッドは、流体的に並列に接続されるシステム。

【請求項 9 2】

燃料電池システムであつて、

燃料電池スタックと、

前記燃料電池スタックに流体的に接続された燃料制御バルブと、

前記燃料電池スタックおよび前記燃料制御バルブに流体的に接続された燃料処理モジュールと、

変色検出器、電気抵抗検出器、人工鼻検出器のうちの少なくとも 1 つを含む検出器と、を備え、

前記検出器が燃料流中にしきい値レベルより多い望ましくない成分を検出したことに応答して、前記燃料制御バルブが構成を変えるかあるいは前記燃料電池スタックが運転停止されるシステム。

【請求項 9 3】

10

20

30

40

50

請求項 9 2 記載のシステムにおいて、

望ましくない成分データベースをさらに備え、前記データベースは、或る量の望ましくない成分が前記燃料電池システム中に存在することまたは或るタイプの望ましくない成分が前記燃料電池システム中に存在することのうちの少なくとも一方を判定するために使用されるシステム。

【請求項 9 4】

請求項 9 2 記載のシステムにおいて、

中間消尽検出器をさらに備え、前記中間消尽検出器は、前記燃料処理モジュール内に位置して前記燃料処理モジュールの中の収着剤ベッドの部分的消尽を検出するシステム。

【請求項 9 5】

請求項 9 2 記載のシステムにおいて、

前記検出器は、前記燃料処理モジュールの上流側に位置するシステム。

【請求項 9 6】

請求項 9 2 記載のシステムにおいて、

前記検出器は、前記燃料処理モジュールの中または下流側に位置するシステム。

【請求項 9 7】

請求項 9 2 記載のシステムにおいて、

前記望ましくない成分を検出すると、前記燃料制御バルブは、異なる燃料源を選択すること、前記燃料電池スタックへの燃料の流れを遮断すること、前記燃料電池スタックへの燃料の流れを減らすこと、または前記燃料処理モジュールの中の前記収着剤ベッド間の燃料の流れを変化させることの中の少なくとも 1 つを実行するように構成されるシステム。

【請求項 9 8】

燃料電池システムにおいて予備収着剤ベッドへの燃料の流れを制御する方法であって、

主収着剤ベッドにおける突破イベントを、燃料の全部または大部分が前記主収着剤ベッドを通過して燃料電池スタックへ流れる場合に検出するステップと、

前記主収着剤ベッドにおける突破イベントを検出するステップに応答して、ゼロ燃料または燃料の小部分に前記主収着剤ベッドを通過させるステップと、

を含む方法。

【請求項 9 9】

請求項 9 8 記載の方法において、

前記突破イベントを検出するステップの前は燃料の流れの小部分に前記予備収着剤ベッドを通過させるとともに燃料の流れの大部分に前記主収着剤ベッドを通過させるステップをさらに含む方法。

【請求項 1 0 0】

請求項 9 9 記載の方法において、

前記主収着剤ベッドにおける突破イベントを検出するステップに応答して、燃料の流れの全部または大部分に前記予備収着剤ベッドを通過させるステップをさらに含む方法。

【請求項 1 0 1】

請求項 9 8 記載の方法において、

前記主収着剤ベッドにおける突破イベントを検出するステップの前は全ての燃料の流れに前記主収着剤ベッドを通過させる方法。

【請求項 1 0 2】

請求項 1 0 1 記載の方法において、

前記主収着剤ベッドにおける突破イベントを検出するステップに応答して、燃料の流れの全部または大部分に前記予備収着剤ベッドを通過させるとともに燃料の流れのゼロ部分または小部分に前記主収着剤ベッドを通過させるステップをさらに含む方法。

【請求項 1 0 3】

請求項 9 8 記載の方法において、

燃料の流れの少なくとも一部分に前記予備収着剤ベッドを通過させるステップと、

10

20

30

40

50

前記予備収着剤ベッドを定期的にバイパスさせるステップと、をさらに含み、  
前記予備収着剤ベッドは、燃料処理モジュールの外側にあつて前記主収着剤ベッドより大きい方法。

【請求項 104】

請求項 98 記載の方法において、

前記主収着剤ベッドにおける突破イベントを検出するステップは、燃料電池スタック性能監視システム、変色検出器、抵抗変化検出器、および人工鼻のうちの少なくとも 1 つを用いて突破イベントを検出するステップを含む方法。

【請求項 105】

請求項 104 記載の方法において、

前記主収着剤ベッドにおける突破イベントを検出するステップは、前記燃料電池スタック性能監視システムおよび燃料電池スタック電圧の少なくとも 5 % の低下を用いて検出するステップを含む方法。

【請求項 106】

請求項 98 記載の方法において、

前記燃料は、流体的に前記予備収着剤ベッドと直列に接続された前記主収着剤ベッドを通過して流れる方法。

【請求項 107】

請求項 98 記載の方法において、

前記燃料は、流体的に前記予備収着剤ベッドと並列に接続された前記主収着剤ベッドを通過して流れる方法。

【請求項 108】

燃料電池システムにおいて望ましくない成分を検出する方法であつて、

燃料電池スタックに入る燃料の流れの中のしきい値レベルより多い望ましくない成分を、変色検出器、電気抵抗検出器、および人工鼻検出器のうちの少なくとも 1 つを用いて検出するステップと、

前記しきい値レベルより多い望ましくない成分を検出するステップに応答して、前記燃料電池スタックを運転停止させるステップおよび燃料の流れの少なくとも一部分に異なる収着剤ベッドを通過させるステップのうちの少なくとも 1 つを実行するステップと、  
を含む方法。

【請求項 109】

請求項 108 記載の方法において、

或る量の望ましくない成分が燃料の流れの中に存在するかまたは或るタイプの望ましくない成分が燃料の流れの中に存在するかのうちの少なくとも一方を望ましくない成分データベースを用いて判定するステップをさらに含む方法。

【請求項 110】

請求項 108 記載の方法において、

少なくとも 1 つの収着剤ベッドを含む燃料処理モジュールの上流側で望ましくない成分を検出するステップをさらに含む方法。

【請求項 111】

請求項 108 記載の方法において、

少なくとも 1 つの収着剤ベッドを含む燃料処理モジュールの中でまたは下流側でしきい値レベルより多い望ましくない成分を検出するステップをさらに含む方法。

【請求項 112】

請求項 108 記載の方法において、

異なる燃料源を選択すること、燃料電池スタックへの燃料の流れを遮断すること、前記燃料電池スタックへの燃料の流れを減らすこと、または収着剤ベッド間の燃料の流れを変化させることのうちの少なくとも 1 つを実行するステップをさらに含む方法。

【請求項 113】

燃料電池スタックに流体的に接続される燃料処理モジュールにおいて収着剤ベッドの健

10

20

30

40

50

全性を検出する方法であって、

前記収着剤ベッドを通過して流れる燃料の総量の前記燃料処理モジュールの少なくとも1つのセンサを通過して流れる燃料の総量に対する比に基づいて流量比を計算するステップであって、前記少なくとも1つのセンサは前記収着剤ベッドを出る望ましくない成分を検出することができるステップと、

計算された流量比に基づいて許容可能なセンサ値範囲を決定するステップと、

前記センサ値が計算された流量比について許容可能な範囲の外に出た場合にはアラームをトリガするステップと、

を含む方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池システムにおける望ましくない成分を示すための構造および方法に関する。

【背景技術】

【0002】

関連特許出願の相互参照

本願は、その全体が本願明細書において参照により援用されている、「燃料電池システムにおける望ましくない成分を示すための構造および方法」という2014年1月6日出願された米国仮特許出願第61/923,886号明細書(特許文献1)に対する優先権の利益を主張する。

20

【0003】

固体酸化物形燃料電池(SOFC)システムなどの燃料電池システムの信頼性は、燃料流の中の望ましくない成分の存在および濃度に大きく依存する。水分、酸素、シロキサン、および硫黄(硫黄化合物を含む)などの望ましくない成分は、燃料電池スタックの性能を低下させ、効率の低下および費用のかかる交換という結果をもたらす回復不能なダメージの原因となることがある。特に、燃料として天然ガスを使用するとき、燃料電池システムは、例えば硫黄および硫黄化合物、シロキサン、水分などを除去するためにガス浄化を必要とする。燃料を収着剤ベッドに通すことは、燃料電池で使用する前の燃料から天然ガスを浄化する1つの方法である。しかし、収着剤ベッド(例えば、脱硫吸着ベッド)は有限の寿命を有し、いったん収着剤ベッドが消尽されてしまえば、硫黄は吸収されずに収着剤ベッドを通過して燃料電池スタックに到達し、永久的なダメージを引き起こす可能性がある。収着剤ベッドが消尽される前に交換されたとしても、収着剤ベッドには十分に活用されていない部分が存在することがあって、収着剤ベッド交換のコストを高める。さらに、ガス浄化収着剤ベッドによって濾過されない他の望ましくない成分は、燃料電池スタックに対するダメージを引き起こしてその運転寿命を縮めることがある。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国仮特許出願第61/923,886号明細書

40

【特許文献2】米国特許第8,652,697号明細書

【発明の概要】

【0005】

種々の実施形態が、燃料電池システムにおいて望ましくない成分を検出するための光学検出システムを提供する。その光学検出システムは、望ましくない成分が存在すると変色するように構成された感知材料と、感知材料の変色を示すように構成された少なくとも1つのセンサとを備えることができ、その感知材料およびセンサはハウジングに封入される。

【0006】

いくつかの実施形態は、望ましくない成分が存在すると変色するように構成された感知

50

材料を含む光学検出システムを提供することによって、燃料電池システムにおいて望ましくない成分を検出する方法を提供する。このような実施形態の方法は、感知材料を光源からの光で照明するステップと、センサを用いて感知材料において変色が起こっているか否かを判定するステップと、感知材料において変色が起こっていると判定するステップに回答して、燃料電池システムの燃料流の中の望ましくない成分の存在を検出するステップと、望ましくない成分の存在に基づいてアラーム基準が満たされたときにアラーム信号を生成するステップとを含むことができる。

【0007】

このような実施形態の方法は、感知材料の変色を示すように構成された少なくとも1つの成分センサと、望ましくない成分が存在しても変色しないように構成された基準材料と、基準材料の変色を示すように構成された基準センサとをも備える光学検出システムを設けるステップを含むことができる。このような実施形態の方法は、感知材料の変色と基準材料との差に基づいて燃料電池システムの燃料流の中の望ましくない成分を検出するステップと、アラーム基準が満たされたときにアラーム信号を生成するステップとを含むことができる。

10

【0008】

種々の実施形態の光学検出システムにおいて、センサを対応する光源に接続することができる。このような実施形態の光学検出システムは、望ましくない成分が存在しても変色しない基準材料と、基準材料の変色を示すように構成された基準センサとをも備えることができ、基準センサは光学的に光源に接続される。

20

【0009】

このような実施形態の方法は、赤色センサ、緑色センサおよび青色センサを含む少なくとも1つのセンサと、各色センサからの色値を受け取るように構成されたプロセッサとをも備える光学検出システムを設けるステップを含むことができる。このような実施形態の方法は、各色センサからの個々の値をプロセッサに送るステップと、アラーム基準が満たされたときにアラーム信号を生成するステップとを含むことができる。

【0010】

種々の実施形態は、燃料電池スタックと、燃料電池スタックに流体的に接続された燃料処理モジュールとを備える燃料電池システムを含むことができる。燃料処理モジュールは、主収着剤ベッドと、予備収着剤ベッドと、予備収着剤ベッドへの燃料の流れを制御するように構成されたバルブと、主収着剤ベッドにおける突破イベントを検出するための検出器とを含むことができる。いくつかの実施形態では、バルブは、燃料の流れの全部または大部分に主収着剤ベッドを通過させるように構成され、突破イベントが検出されるとバルブは燃料の流れの全部またはより多くの燃料の流れに予備収着剤ベッドを通過させるように構成される。

30

【0011】

このような実施形態の方法は、変色検出器、電気抵抗検出器、および人工鼻検出器のうちの少なくとも1つを用いて、燃料電池スタックに入る燃料の流れの中のしきい値レベルより多い望ましくない成分を検出することによって燃料電池システムにおいて望ましくない成分を検出するステップと、しきい値レベルより多い望ましくない成分を検出するステップに回答して、燃料電池スタックを運転停止させるステップおよび燃料の流れの少なくとも一部分に異なる収着剤ベッドを通過させるステップのうちの少なくとも1つを実行するステップとを含むことができる。

40

【0012】

本願明細書に組み込まれてこの明細書の一部を構成する添付の図面は、本発明の実施例を説明し、前述した一般的な記述および以下の詳細な説明とともに本発明の特徴を説明するのに役立つものである。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1A】典型的な実施形態に従う燃料電池システムのための回転可能な収着剤ベッドア

50

センブリの等角図を示す。

【図 1 B】典型的な実施形態に従う図 1 A の収着剤ベッドアセンブリのための収着剤ベッドの等角図を示す。

【図 1 C】典型的な実施形態に従う図 1 B の収着剤ベッドの平面図である。

【図 1 D】典型的な実施形態に従う内部チャンバを示すために頂部が除去されている図 1 B の収着剤ベッドの等角図を示す。

【図 1 E】典型的な実施形態に従う内部チャンバを示すために頂部が除去されている図 1 B の収着剤ベッドの平面図を示す。

【図 2】典型的な実施形態に従う図 1 A の回転可能な収着剤ベッドアセンブリの収着剤ベッドのための接続を略図示する。

10

【図 3 A】直列に接続された主収着剤ベッドおよび予備収着剤ベッドを有する収着剤ベッドアセンブリを示し、ここで燃料電池スタックの性能は予備収着剤ベッドの使用に影響を及ぼすことができる。

【図 3 B】直列に接続された主収着剤ベッドおよび予備収着剤ベッドを有する収着剤ベッドアセンブリを示し、ここで主収着剤ベッドの下流側にある検出器は予備収着剤ベッドの使用に影響を及ぼすことができる。

【図 3 C】直列に接続された主収着剤ベッドおよび予備収着剤ベッドを有する収着剤ベッドアセンブリを示し、ここで主収着剤ベッド上に置かれた 1 つ以上の検出器は予備収着剤ベッドの使用に影響を及ぼすことができる。

【図 3 D】直列に接続された複数の収着剤ベッドを有する収着剤ベッドアセンブリを示し、最後の主収着剤ベッドの後の検出器と燃料電池スタックの性能とは予備収着剤ベッドの使用に影響を及ぼすことができる。

20

【図 3 E】直列に接続された複数の収着剤ベッドを有する収着剤ベッドアセンブリを示し、サブシステムにおいて動作する検出器は予備収着剤ベッドの使用に影響を及ぼすことができる。

【図 3 F】サブシステムにおいて動作する検出器が予備収着剤ベッドの使用に影響を及ぼすことができる構成で接続された複数の収着剤ベッドを有する収着剤ベッドアセンブリを示す。

【図 4 A】並列に接続された複数の収着剤ベッドを有する収着剤ベッドアセンブリを示し、ここで燃料電池スタックの性能が予備収着剤ベッドおよび主収着剤ベッドへの燃料の流れに影響を及ぼすことができる。

30

【図 4 B】並列に接続された複数の収着剤ベッドを有する収着剤ベッドアセンブリを示し、ここで検出器が予備収着剤ベッドおよび主収着剤ベッドへの燃料の流れに影響を及ぼすことができる。

【図 4 C】主収着剤ベッドおよび / または予備収着剤ベッド上に置かれた 1 つ以上の検出器がどちらの収着剤ベッドの使用にも影響を及ぼし得ることを除いて図 4 B と同様の、収着剤ベッドアセンブリを示す。

【図 4 D】並列に接続された複数の収着剤ベッドと検出器とを有する収着剤ベッドアセンブリを示し、燃料電池の性能は主収着剤ベッドおよび予備収着剤ベッドへの燃料の流れに影響を及ぼし得る。

40

【図 5】望ましくない成分の含有量が多い燃料のためのバイパスを有する上流側収着剤ベッドを示す。

【図 6】望ましくない成分の検出器と、その検出器からのフィードバックに基づいて燃料源を選択するためのバルブとを有する燃料電池システムを示す。

【図 7】種々の収着剤ベッドアセンブリに使用されるスリップストリーム検出器を示す。

【図 8 A】検出システムを略図示する。

【図 8 B】種々の実施形態に用いるのに適する感知材料に生じ得る変色を示すイメージのセットである。

【図 8 C】脱硫システムにおいて光学検出器の例を試験する時間の関数としてセンサ値のプロットを示す。

50

【図 8 D】脱硫システムにおいて光学検出器の例を試験する時間の関数として燃料電池スタック電圧のプロットを示す。

【図 9】望ましくない成分にさらされたときに測定された燃料電池スタックの性能低下を示す、時間の関数としてのスタック電圧およびシステム電流のプロットである。

【図 10】どの実施形態に用いられるのにも適する計算装置のブロック図を示す。

【図 11】どの実施形態に用いられるのにも適するサーバ計算装置のブロック図を示す。

【図 12 A】望ましくない成分を検出するための光学検出器のブロック図を示す。

【図 12 B】ハウジングおよびケーシングを有する、望ましくない成分を検出するための光学検出器のブロック図を示す。

【図 12 C】主収着剤ベッドおよび予備収着剤ベッドへの燃料の流れに影響を及ぼし得る光学検出器を有する収着剤ベッドアセンブリを示す。

【図 13】燃料電池システムにおいて望ましくない成分を検出する方法を示すフローチャートである。

【図 14】燃料電池システムにおいて望ましくない成分を検出する方法を示すフローチャートである。

【図 15】燃料電池システムにおいて望ましくない成分を検出する方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

種々の実施形態を添付図面と関連して詳しく記載する。可能な場合には、同じかまたは似た部分を指すために図面全体において同じ参照番号を使用する。特定の例および実施形態に対してなされる言及は説明を目的としたものであって、本発明または特許請求の範囲を限定するべく意図されたものではない。

【0015】

「流体的に接続された」またはその変化形は、本願明細書では 1 つのコンポーネントから他の 1 つのコンポーネントへの流体の移動を許すように接続されると定義される。例えば、主収着剤ベッドと予備収着剤ベッドとは流体的に直列に接続され得る。この例では、流体（例えば、天然ガス、バイオガスなど）が主収着剤ベッドから予備収着剤ベッドへ移動し得るように主収着剤ベッドと予備収着剤ベッドとを直列に接続させるために、主収着剤ベッドと予備収着剤ベッドとはステンレススチール、カーボンスチール、またはプラスチック（例えば、ポリエチレン）のパイピングなどのパイピング（すなわち、導管）を有することができる。パイピングが可撓性であるか、撓まないか、あるいはこの 2 つのうちの何らかの組み合わせであり得ることに留意するべきである。他の 1 つの例では、主収着剤ベッドは燃料電池スタック（例えば、燃料電池スタックが内部に置かれている発電モジュール）に流体的に接続され得る。この例では、流体接続はステンレススチール管類であり、主収着剤ベッドから燃料電池スタック（すなわち、発電モジュール）への燃料（すなわち、流体）の移動を容易にし得る。流体的に接続されるという用語は、個々のコンポーネント間のフランジ、クイックコネク、バルブ、検出器、および/またはメータ（例えば、流量計）などの他の接続メカニズムをも含み得る。直接的流体接続は、2 つのユニットの間（例えば、第 1 の主収着剤ベッドと第 2 の主収着剤ベッドとの間）に 2 つのユニットを接続する導管以外の他のコンポーネントがないことを意味する。間接的流体接続は、流体が中間のコンポーネント（例えば、バルブ、検出器、流量計）を通り得ることも、2 つのユニットを導管で接続することをも意味する。

【0016】

収着剤ベッドアセンブリ（例えば、燃料処理モジュール内に置かれた 1 つ以上の収着剤ベッド）は、突破イベント（すなわち、ベッド消尽）を示す所与の収着剤ベッドの下流の側の望ましくない成分を検出することによって燃料電池スタックの望ましくない成分への被曝を低減させる能力を持つことができる。突破イベントが検出されると、望ましくない成分が燃料電池スタック（すなわち、発電モジュール）に到達するのを防止するために予備容量収着剤ベッドが使用され得る。特に、制御システムは、燃料の流れを変更し、予備

10

20

30

40

50

収着剤ベッドを利用し、燃料電池システムの部分のパワーをオン/オフし、異なる燃料源を選択するなどによって燃料電池システムの働きを変更することができる。さらに、検出システムは、シロキサン、水分、酸素、硫黄（有機硫黄化合物などの硫黄化合物を含む）、および他の燃料電池スタック有害物質などの望ましくない成分の検出を可能にすることができる。望ましくない成分のマッピングを作るために、望ましくない成分のタイプを表すデータをデータベースへ送ることができる。プロセス制御は、燃料の流れ、燃料源選択、および燃料電池システムの種々の部分へのパワーなどの動作を変更するために望ましくない成分タイプのデータおよび望ましくない成分のマッピングにアクセスすることができる。燃料電池システム動作に対するこれらの変更は、燃料電池スタックの望ましくない成分への被曝を阻止または低減し、これにより燃料電池スタックの効率および運転寿命を改善することができる。

10

**【0017】**

本発明の実施形態は、SOFCシステムなどの燃料電池システムにおいて収着剤ベッド（すなわち、吸収および/または吸着ベッド）を使用するための改善を提供する。本発明者たちは、燃料電池システムにおいて、望ましくない成分（例えば、硫黄）の除去のための主使用収着剤ベッドが消尽されて、硫黄を燃料電池スタック（すなわち、発電モジュール）に送ってスタックに回復不能のダメージを生じさせることがあるということを見出した。主使用ベッドは、カレンダー推定に基づいて消尽前に定期的に交換され得るけれども、燃料源または他の変数を変更されると収着剤ベッド消尽が変化することがある。燃料電池性能の低下は、主使用収着剤ベッドが消尽されたことを示し得る。あるいは、収着剤ベッドの下流側の望ましくない成分の検出器も、収着剤ベッドが消尽されたときを判定し、収着剤ベッドを保守点検する必要があることを示し、これにより燃料電池スタックの望ましくない成分に対する被曝を低減するのに役立つことができる。

20

**【0018】**

本発明の一実施形態は、主使用ベッドが消尽されたと判定されたときに硫黄（硫黄化合物を含む）などの望ましくない成分を濾過するための予備収着剤ベッドの使用を伴う。その時、予備収着剤ベッドは主使用ベッドに取って代わることができる。あるいは、予備収着剤ベッドは、主使用ベッドが消尽されたと判定した後に主使用ベッドを補うことができる。構成により、主使用ベッドを取って代えられることができ、燃料電池システムは予備収着剤ベッドを用いて動作を持続することができる（すなわち、収着剤ベッド交換中に停止せずに発電し続けることができる）。望ましくない成分の含有量が多い燃料については、主収着剤ベッドアセンブリ（すなわち、燃料処理モジュール）および燃料電池システムの残りの部分を通して燃料を送る前に燃料中の望ましくない成分の含有量を減らすために低コストの上流側収着剤ベッドを定期的に用いることができ、これによりメイン主使用ベッドおよび燃料電池スタック（すなわち、発電モジュール）の寿命を延ばすことができる。

30

**【0019】**

従来の代案は、直列に接続された2つの収着剤ベッドを用いる。予定された期間の後または1つの収着剤ベッドが消尽されたと判定された後に、両方の収着剤ベッドが交換される。これは、1つまたは両方の収着剤ベッドが十分に利用されず、それらを交換するために無駄なコストがかかるという結果につながる。従って、ベッド消尽を検出すれば、収着剤ベッドアセンブリ（すなわち、燃料処理モジュール）の各収着剤ベッドを十分に使用することによって燃料電池システムに追加のコスト利益をもたらすことができる。

40

**【0020】**

収着剤ベッド消尽は、燃料電池スタック（すなわち、発電モジュール）性能の低下に基づいて検出され得る。燃料電池スタック性能の低下の検出は、燃料電池スタックにより使用される燃料の量を燃料電池スタックの電位差（電圧）出力と比較することおよび/または燃料利用、出力電力などのスタック性能特性を監視することを含み得る。所与の燃料流量について燃料電池スタックの電圧出力がしきい値以下に落ちたならば（例えば、少なくとも5%の電圧低下）、燃料電池スタックは、おそらく燃料流の中に存在する望ましくな

50

い成分を燃料電池スタックが受け取ったことによる著しい劣化があると検出することができる。変色検出器、電気抵抗検出器、または人工鼻などの別の検出器は、ベッド消尽、あるいは収着剤ベッドにより濾過されなかった追加の望ましくない成分を検出することができる。これらのタイプの検出メカニズムは、消尽されたベッドから予備収着剤ベッドへ流れを転換させ、燃料源を切り替え、燃料電池スタックへの燃料の流れを減らすか、あるいは燃料電池スタックへの燃料の流れを止めるようにバルブに（例えば、直接または中央コントローラを介して）信号を発して燃料電池スタックへのダメージを阻止することができる。さらに、変色検出器などの検出器は、変色マップを作るために、変色に基づく望ましくない成分のデータを変色データベースに送ることができる。燃料電池システムからの制御は、望ましくない成分のマップと現在検出されている望ましくない成分とに基づいて燃料電池システムを変更することができる（例えば、燃料を予備収着剤ベッドへ向ける、燃料電池スタックを運転停止させるなど）。

10

20

30

40

50

#### 【0021】

本発明の実施形態に適する収着剤ベッドアセンブリ（すなわち、燃料処理モジュール）の非限定的な例が図1に示されている。収着剤ベッドアセンブリ（すなわち、燃料処理モジュール）80は、脱硫材料などのガス浄化のための材料を各々含む4つの収着剤ベッド82を含むことができる。4つの収着剤ベッドが示されているけれども、アセンブリは例えば2個、3個、または4個より多くの（例えば、5個～10個）任意の適切な数の収着剤ベッドを含むことができる。種々の実施形態において、収着剤ベッドアセンブリ80は、図を簡略化するために、2個または4個の収着剤ベッドとともに描かれている。収着剤ベッド82を、中心軸85の周りに回転する回転可能な支持パッド84の上に配置することができる。回転可能なパッド84は、他の収着剤ベッド82の動作を妨げることなく各収着剤ベッド82に容易にアクセスして別々に保守点検することを可能にする。

#### 【0022】

収着剤ベッド82は、面取りされた縁83を有する概して矩形の角柱状物体である。面取りされた縁83は、回転可能なパッド84上で収着剤ベッド82を適宜方向付けするのに役立つ。面取りされた縁83は、さらに、そうでなければ回転可能なパッド84を越えて延びて収着剤ベッドアセンブリ（すなわち、燃料処理モジュール）80の回転を妨げることになるであろう収着剤ベッド82の角をなくすことによって、4個の収着剤ベッド82の全てを一緒に回転させるときに、より良好なスペース利用を可能にする。背が高く細い収着剤ベッド82は、収着剤ベッドアセンブリをキャビネットなどの深くて狭いスペースに置くことを可能にする。

#### 【0023】

図1B～1Eを参照すると、収着剤ベッド82の各々は4個の内部チャンネル86（例えば、区画チャンバ）を持つことができ、燃料は収着剤ベッド内のチャンネル86の各々を流体直列に通過する。従って、4つの収着剤ベッド82の全てが流体直列に接続されたならば、収着剤ベッドアセンブリ80（すなわち、燃料処理モジュール）は本質的に流体直列の16個のチャンネル86を有することになる。これに反して、セットとして直列に接続された2つの収着剤ベッド82を2つの収着剤ベッド82の他の1つのセットと並列に接続することができる。この場合、直列の8個のチャンネルのセットが、直列の8個のチャンネルの他の1つのセットと並列に接続される。とにかく、収着剤ベッド82は低コストのデザインであり、押出方法を用いて製造することができる。チャンネル86の比較的に大きな長さ/差し渡し比は、材料効率を高める。チャンネル86の形状寸法は、燃料入口流の適度な圧力降下と割合に一樣な流れとをもたらす。各収着剤ベッド82の4か所でバルク混合が生じ、エッジ効果とバイパスとを低減させる。

#### 【0024】

チャンネル86は、燃料流の中の異なる成分を除去するように最適化された異なる化合物を含むことができる。さらに、流体的に接続される複数のベッド82は、燃料流から異なる成分を除去するように最適化された互いに異なる化合物を含むことができる。

#### 【0025】

収着剤ベッド 8 2 のための全ての入出力 ( I / O ) 接続部 8 8 は収着剤ベッドアセンブリ ( すなわち、燃料処理モジュール ) 8 0 の同じ側 ( 例えば、頂部側 ) に設けられる。I / O 接続部 8 8 は、旋回する密閉接続部である。旋回接続部は、収着剤ベッドアセンブリ 8 0 が中心軸 8 5 の周りを回転するとき収着剤ベッドアセンブリが動作し続けることを可能にする。

#### 【 0 0 2 6 】

図 2 は、I / O 接続部と直列に接続された 4 個の硫黄収着剤ベッドの収着剤ベッドアセンブリ ( すなわち、燃料処理モジュール ) 2 8 0 を示す。4 個の収着剤ベッド D E S 8 0 1、D E S 8 0 2、D E S 8 0 3 および D E S 8 0 4 は、保守点検要員が容易にバイパスして収着剤ベッドを交換することを可能にするクイックコネク / ディスコネク 8 0 1 s ~ 8 1 5 s などの I / O 接続部 8 8 を有することができる。

10

#### 【 0 0 2 7 】

1 つの実施形態では、直列に接続された収着剤ベッド 8 2 の各々は、飽和レベルの結果として有機硫黄化合物が吸収されずに収着剤ベッド 8 2 から逃れるようになるまで有機硫黄化合物などの硫黄を吸収することができる。収着剤ベッドアセンブリ 2 8 0 が通常動作をしているとき、直列に接続されている初めの 3 個の収着剤ベッド 8 2 は突破を許される。直列の第 3 の収着剤ベッド 8 2 ( 例えば、D E S 8 0 3 ) を硫黄化合物が突破することを硫黄検出器が検出すると、第 1 の収着剤ベッド 8 2 ( 例えば、D E S 8 0 1 ) はバイパスされて除去される。収着剤ベッド D E S 8 0 1 は、接続部 8 0 3 s ~ 8 0 3 p を閉じて接続部 8 0 2 s を接続部 8 0 5 p に接続することによってバイパスされ得る。このようにして、燃料入口流は収着剤ベッド D E S 8 0 1 をバイパスして入口からまっすぐに接続部 8 0 2 s ~ 8 0 5 p を通って第 2 の収着剤ベッド D E S 8 0 2 内に移動する。その後、収着剤ベッド D E S 8 0 1 はアセンブリ 2 8 0 から取り外されて未使用のガス浄化材料で再び満たされる。収着剤ベッド 8 2 は 9 0 度回転され、初めに直列内の 2 番目だった収着剤ベッド 8 2 / D E S 8 0 2 が第 1 の位置に置かれる。同様に、以前は直列内の 3 番目だった収着剤ベッド 8 2 / D E S 8 0 2 は第 2 の位置へ移動され、以前は直列内の最後だった収着剤ベッド 8 2 / D E S 8 0 4 は第 3 の位置へ移動される。その後、新しい収着剤ベッド 8 2 が第 4 の位置に置かれる。新しい収着剤ベッドを、その入口を接続部 8 1 5 p に、その出口を接続部 8 1 5 s に、これら 2 つの接続部がバイパスされている間に、接続することによって、接続することができる。そうすることによって、各収着剤ベッド 8 2 は、硫黄が第 3 の収着剤ベッド 8 2 / D E S 8 0 3 を突破した後も、硫黄を収集することができる。

20

30

#### 【 0 0 2 8 】

回転可能なパッド 8 4 の上に収着剤ベッド 8 2 を配置することにより、回転手順を定数とすることによって混乱を避けることができる。4 個の収着剤ベッド 8 2 を用いることにより、使用済み収着剤ベッド 8 2 を取り外して新しい収着剤ベッド 8 2 を据え付ける間、カスケード列中の中央の収着剤ベッド 8 2 間の接続は乱されないままであることができる。収着剤ベッド 8 2 は回転可能なパッド 8 4 上に配置されているので、4 個の収着剤ベッド 8 2 の全てをモジュールハウジングコンテナの前部の直ぐ近く ( 例えば、米国の U L 規定に適合するように 1 4 インチ以内 ) に配置することができる。I / O 接続部 8 8 は、収着剤ベッド 8 2 が自身の場所を順番に替える間、入口および出口鉛管類が同じ場所に留まることを可能にする。

40

#### 【 0 0 2 9 】

前述した収着剤ベッドアセンブリ ( すなわち、燃料処理モジュール ) 8 0 は概して堅い収着剤ベッド 8 2 内に緩いガス浄化材料を含むが、他の 1 つの典型的な実施形態では、ガス浄化材料はガス透過性のバッグの中に予め装填され得る。そのとき、ガス浄化材料のガス浄化収着剤ベッド 8 2 内への詰込みは、バッグを収着剤ベッド構造内への装填を介して簡単化され、これにより材料を定位置につき込む必要をなくす。これは、バッグを迅速に取り外すことができるので、取り外しをより容易にする。使用済材料のバッグを収着剤ベッド 8 2 から取り外すのに役立つようにハンドル、ロープ、あるいは他のものをバッグに

50

取り付けることができる。ガス浄化アセンブリが前に記載されているが、ガス浄化アセンブリ以外の他の任意の収着剤ベッドアセンブリは回転可能なサポートと回転可能なサポート上に配置された複数の容器とを含むことができ、各容器は収着剤ベッドを含む。

#### 【0030】

##### 予備収着剤ベッドと直列に接続された収着剤ベッド

収着剤ベッドを予備収着剤ベッドとして蓄えて置けば、保守点検要員は、硫黄または他の望ましくない成分が燃料電池スタック（すなわち、発電モジュール）に到達する前に収着剤ベッドを交換するための期間を延ばすことができる。収着剤ベッドアセンブリ（すなわち、燃料処理モジュール）280の通常（すなわち、定常状態）動作中、最後の収着剤ベッドDES804は燃料から硫黄（例えば、有機硫黄化合物）または他の内容物を受け取ることもあり、それは収着剤ベッドの寿命を部分的に消尽し得る。従って、収着剤ベッド/DES804を通常（すなわち、定常状態）動作中にオフラインに取り出すことにより、収着剤ベッド/DES804は、収着剤ベッドDES801～803が消尽された後にオンラインに戻されたならば、硫黄を除去するためにより効率的であり得る。未使用の収着剤ベッド/DES804は、部分的に使用済となった収着剤ベッドより多くの硫黄内容物を除去することができ、ベッドDES801～803が交換/移動される間に保守点検要員により多くの時間を与え、従って燃料電池スタックを活性低下の可能性から守ることができる。さらに、通常（すなわち、定常状態）動作中、燃料電池システムは、燃料がより少ない（例えば、4個の代わりに3個の）ベッドを通ることによる圧力損失の減少から損害を被り得る。

10

20

#### 【0031】

図3A～3Dは、直列に接続されたベッドを有する収着剤ベッドアセンブリ（すなわち、燃料処理モジュール）80の種々の構成を示す。図3Aは、燃料源101および燃料電池スタック（すなわち、発電モジュール）105に流体的に接続された2個の収着剤ベッド82を有する収着剤ベッドアセンブリ380aを示す。燃料源101は、収着剤ベッドアセンブリ380aおよび燃料電池スタックに用いられるのに適した任意の燃料源であり得る。いくつかの例は、保持タンク、加圧タンク、ガスポンプ、または天然ガスなどの広く利用し得る燃料源へのパイプラインを含む。実際の燃料源101は、天然ガス、プロパン、メタン、バイオガス、あるいは燃料電池システムに用いるのに適する他の任意の燃料であり得る。

30

#### 【0032】

収着剤ベッドアセンブリ380a内の1つの収着剤ベッドは主使用ベッド82aであり、他方の収着剤ベッドは予備収着剤ベッド82bであり得る。天然ガスなどの燃料は、燃料源101から、望ましくない成分（例えば、硫黄）を除去する第1の主収着剤ベッド82aに流れることができる。バルブ102aが開いていれば、燃料は、導管91を通過して導管94へ流れて燃料電池スタック105（すなわち、発電モジュール）に流入し、これにより接続部88b、導管92、予備収着剤ベッド82b、および導管93をバイパスする。モニタ110は、電圧計、電流計、および/または電力計および燃料電池スタック105ならびに燃料電池スタックの燃料入口に接続されている流量計に電氣的に（または無線で）接続されたコンピュータサーバまたは他の任意の計算装置であり得る。モニタ110は燃料電池スタック105の性能を監視することができ、燃料電池スタックの性能が活性低下（例えば、燃料電池アノード電極の硫黄汚染）に起因して劣化しているとモニタ110が判定すれば、モニタはバルブコントローラ102bに信号を送ることができ、これはバイパス導管91内のバルブ102aを作動させて閉じさせる。バルブ102aが閉じると、通常ならばバイパス導管91を介して予備収着剤ベッド82bをバイパスする燃料は接続部88bから導管92を介して、燃料流から硫黄材料を捕らえる予備収着剤ベッド82bを通過して移動する。燃料入口流は、その後、収着剤ベッド82bから接続部88cおよび導管93、94を介して燃料電池スタック105のほうへ移動する。収着剤ベッドアセンブリ380aは、各収着剤ベッド82に1つ以上のI/O接続部88を有することができ、使用後の収着剤ベッド82を交換あるいは保守点検することを可能にする。燃料

40

50

入口導管 9 4 内の粒子フィルタ 1 0 3 は、収着剤ベッド材料が燃料電池スタック 1 0 5 に入るのを防ぐために、燃料入口流中に捕らえられたどんな収着剤ベッド材料（例えば、ゼオライト）をも除去する。バルブ 1 0 4 は、粒子フィルタ 1 0 3（例えば、ゼオライトのビルドアップを除去するため）または収着剤ベッドアセンブリの他の任意の部分を保守点検するために収着剤ベッドアセンブリ 3 8 0 a を燃料電池スタック 1 0 5 から分離するために使用され得る。さらに、バルブ 1 0 4 は、任意の望ましくない成分の濃度が高すぎる場合に燃料電池スタックへの燃料の流れを遮断するためのフェイルセーフとして役立つことができる。図 3 A はバルブ 1 0 4 を手動バルブとして示しているけれども、代わりの構成では、それは自動であり得る。

#### 【 0 0 3 3 】

燃料電池スタックの性能は収着剤ベッド消尽または望ましくない成分の検出の指標として使用され得るけれども、これは燃料電池スタック（すなわち、発電モジュール）を不必要なダメージにさらすことを必要とする。従って、検出器を使用すれば、燃料電池スタックの寿命を延ばすことができるとともに収着剤ベッドが消尽されて突破イベントが生じたかどうかを判定するためのより正確でリアルタイムのデータを提供することができる。図 3 B は、収着剤ベッドアセンブリ 3 8 0 b 内のバイパス導管 9 1 内のバルブコントローラ 1 0 2 b に電氣的に接続（または無線で接続）され得る検出器 1 0 6 a を含む収着剤ベッドアセンブリ 3 8 0 b を示す。変色検出器、抵抗性検出器、人工鼻、または他の任意の適切な検出器タイプなどの検出器 1 0 6 a は、主収着剤ベッド 8 2 a の下流側で、またバルブ 1 0 2 a の上流側で、バイパス導管 9 1 内の燃料流の硫黄突破を検出することができる。検出器 1 0 6 a がしきい値レベルの望ましくない成分（例えば、硫黄）を検出すれば、バルブコントローラ 1 0 2 b に対してバルブ 1 0 2 a を閉じるように信号を発することができる。これにより、望ましくない成分が燃料電池スタック 1 0 5 に入るのを防いで燃料を主収着剤ベッド 8 2 a から導管 9 2 を介して予備収着剤ベッド 8 2 b に送ることができる。検出器 1 0 6 a は、主収着剤ベッドが消尽されたことまたは主収着剤ベッド 8 2 a が処理できる量よりも多くの硫黄含有物を燃料流が有していることを示すことができ、これにより予備収着剤ベッドを活性化させることができる。この実施形態の利点は、燃料電池スタック 1 0 5 が燃料中の望ましくない成分の指標ではなくて、それらへの燃料電池スタックの被曝を減少させるということである。図 3 B の他の構成要素は、図 3 A の場合と同じであるので、簡略化するために示していない。

#### 【 0 0 3 4 】

図 3 C は、図 3 C が主収着剤ベッド 8 2 a 上 / 内に位置する追加の検出器 1 0 6 b、1 0 6 c、および 1 0 6 d、ならびに主収着剤ベッド 8 2 a の下流側でバイパス導管 9 1 上に位置する検出器 1 0 6 a を有する収着剤ベッドアセンブリ 3 8 0 c を示していることを除いて、図 3 A および図 3 B と同様である。収着剤ベッドアセンブリ 3 8 0 c は 4 個の検出器 1 0 6 a、1 0 6 b、1 0 6 c、および 1 0 6 d を示しているが、収着剤ベッドアセンブリのために任意の数の検出器が使用され得る。例えば、主収着剤ベッド 8 2 a 上 / 内に位置する検出器 1 0 6 b など、唯一の検出器が収着剤ベッドアセンブリ 3 8 0 c に使用され得る。他の 1 つの例では、主収着剤ベッド 8 2 a 上の 1 つの検出器と、主収着剤ベッド 8 2 a の下流側のバイパス導管 9 1 内の 1 つの検出器とがあり得る。

#### 【 0 0 3 5 】

さらなる例において、バイパス導管 9 1 内の検出器 1 0 6 a とともに、あるいは検出器 1 0 6 a をともなわずに、主収着剤ベッド 8 2 a 上 / 内に 2 つ以上の検出器があり得る。主収着剤ベッド上 / 内に位置する 1 つ以上の検出器は、その 1 つまたは複数の検出器が特定のしきい値レベルを超える望ましくない成分（例えば、硫黄）を検出したならば、その 1 つまたは複数の検出器がバルブコントローラ 1 0 2 b に対してバルブ 1 0 2 a を閉じるように信号を発し得るように、バルブコントローラ 1 0 2 b に電氣的に接続（または無線で接続）され得る。収着剤ベッドアセンブリ 3 8 0 c が 4 個の検出器 1 0 6 a、1 0 6 b、1 0 6 c、および 1 0 6 d などの 2 個以上の検出器を含む実施形態では、各検出器は異なる望ましくない成分を検出することができる。例えば、検出器 1 0 6 a は硫黄突破イベ

10

20

30

40

50

ントを判定するのに役立つように硫黄を検出することができ、検出器106bは、収着剤ベッド82aおよび82bおよび/または燃料電池スタック(すなわち、発電モジュール)105に望ましくない影響を及ぼして所与の燃料流量からの発電を減少させ得るシリコンを検出することができる。この例を続けると、検出器106cおよび106dはそれぞれ酸素および過剰な水(あるいは水分)を検出することができ、それらも、いずれかの望ましくない成分が燃料流を介して燃料電池スタック105に達すれば、燃料電池スタックの性能を低下させ得る。収着剤ベッドアセンブリが4個の検出器106a、106b、106c、および106dなどの2個以上の検出器を含む他の1つの実施形態では、これらの検出器のうち2つ以上は、同じ望ましくない成分を検出するための冗長検出器であり得る。冗長検出器は、収着剤ベッドアセンブリ380cが2個以上の検出器の検出に基づいてバルブ102aを制御することを可能にする特定の望ましくない成分(例えば、硫黄)の追加の測定を提供することができ、これにより、欠陥のある単一の検出器がバルブコントローラ102bにバルブ102aを閉じるように信号を発したり、あるいは信号を発しなかったりするのを防ぐことができる。例えば、冗長検出器がなければ、単一の検出器の較正の機が既に来ているのに燃料流(または主収着剤ベッド)内の硫黄の検出がなされないという結果になり得る。バルブ102aを閉じるようにバルブコントローラ102bに指令する代わりに、正確で適切に較正された検出器がするであろうように、燃料流内の容認し得る量の硫黄(例えば、しきい値レベルより少ない)を検出し、バルブコントローラ102bに対してバルブ102aを閉じるようには指令しない。従って、燃料は、決して、燃料流内の硫黄の量を減らす予備収着剤ベッド82bへ導管92を通して転換されず、それは、いったん硫黄が燃料入口導管94を通して燃料電池スタックに入れば、燃料電池スタック105の活性を低下させるという結果をもたらす。収着剤ベッドアセンブリ380cが不正確な検出器と正確な冗長検出器とを含む代替りの例では、正確な冗長検出器は、バルブコントローラ102bに対してバルブ102aを閉じるように信号を発して予備収着剤ベッド82bをオンラインにして、燃料電池スタック105が過剰な量(あるいは任意の量)の硫黄を受け取るのを防ぐことができる。

10

20

30

40

50

#### 【0036】

代替りの実施形態では、主収着剤ベッド82aは主収着剤ベッド上/内に位置する少なくとも2個の検出器106bおよび106cを有することができ、各検出器は、同じ望ましくない成分(例えば、硫黄)を、主収着剤ベッド82aの中の異なる位置で、検出する。各検出器106b、106cは、主収着剤ベッド82aの消尽状態を提供するかあるいは消尽状態に貢献して、主収着剤ベッド82aが部分的に消尽されたかあるいは完全に消尽されたかに関する情報を提供することができ、それをデータベースに格納するかあるいはコンピュータスクリーンで表示し得る。例えば、検出器106bを主収着剤ベッドの出口の近くに置くことができ、検出器106cを主収着剤ベッドの中央に置くことができる。検出器106cは主収着剤ベッドが半ば消尽されたことを検出することができ、検出器106bは主収着剤ベッドが完全に消尽されたことおよび予備収着剤ベッドへ切り替えて主収着剤ベッドを交換する時期であることを検出することができる。中間消尽状態情報は、燃料電池システムの運転コストの減少につながるので、収着剤ベッドの消尽のより正確な予測により主収着剤ベッドの不必要な保守点検を減らすとともに交換用収着剤ベッドの在庫を維持する必要を少なくするという結果をもたらし得る。

#### 【0037】

図1A~1Eおよび図2に示されているように配置された4個の収着剤ベッド82などの3個以上の収着剤ベッドを使用すれば、図3A、図3B、および図3Cに示されているような2個の収着剤ベッド82より寿命を長くするとともにベッド材料をより完全に利用することができる。4個の収着剤ベッドの利益と1つの予備収着剤ベッド82bとを組み合わせれば、保守点検要員に使用済収着剤ベッドを交換するためのより多くの時間を許すことができるとともに通常(すなわち、定常状態)動作中に燃料電池システム全体においてより小さな圧力損失を提供することができる。図3Dは4個の収着剤ベッドを含む収着剤ベッドアセンブリ380dを示し、ここで3個の収着剤ベッドは主収着剤ベッド82a

であり、1つの収着剤ベッドは予備収着剤ベッド82bである。この実施形態は、燃料電池スタック（すなわち、発電モジュール）の検出器106aおよびモニタ110が燃料の流れをバイパス導管91から予備収着剤ベッド82bへ転換する指令をバルブ102aに提供し得ることを示しているけれども、検出器106aまたはモニタ110のうちの一つだけがその制御指令を提供することができる。収着剤ベッドアセンブリ360dにおいて、1つの検出器106aがバイパス導管91内で第3の主収着剤ベッド82aの下流側に置かれている。突破イベントが発生していることを検出器106aまたはモニタ110が検出すると、バルブ102aは、閉じられて、普段は予備収着剤ベッド82bをバイパスする燃料を予備収着剤ベッド82b内へ向かわせるように信号を発することができ、これにより、初めの3個の主収着剤ベッド82aによって濾過されると思われる任意の望ましくない成分を吸収する。

10

#### 【0038】

いくつかの実施形態では、複数の検出器106aが使用され、それらは、初めは主収着剤ベッド82aのセット全体の寿命予測値を判定するために流れの中に置かれ、種々の動作を適宜実行することができる。特に、検出器106aは、各主収着剤ベッド82aおよび予備収着剤ベッド82bの下流側の導管95、96、92および/または93のいずれかに置かれて各々について突破イベントを検出することができる。

#### 【0039】

いくつかの実施形態では、複数のサブシステムに複数の検出器106aが実装され得る。図3Eは、検出器106aを各々含む2つのサブシステムを用いて動作する例としての収着剤ベッドアセンブリ380eを示す。種々の実施形態において、収着剤ベッドアセンブリ380eは6個の収着剤ベッドを含むことができ、ここで5個の収着剤ベッドは主収着剤ベッド82aであり、1つの収着剤ベッドは予備収着剤ベッド82bである。この実施形態は、燃料電池スタック（すなわち、発電モジュール）の検出器106aおよびモニタ110が燃料の流れをバイパス導管91から予備収着剤ベッド82bへ転換させる指令をバルブ102aに提供し得ることを示しているけれども、検出器106aまたはモニタ110のうちの一つだけが単独で制御指令を提供し得る。1つの実施形態では、収着剤ベッドアセンブリ380eは4番目の主収着剤ベッド82aの後で導管96に位置する検出器106aを含むことができ、これは第1のサブシステム390aにおいて動作することができる。1つの実施形態では、第1のサブシステム390aの検出器106aは、第1の主収着剤ベッドから第4の主収着剤ベッド82aの突破を示すように構成され得る。通常動作において、第1のサブシステム390aは動作可能にされ、第4の主収着剤ベッド82aからの燃料は第5の主収着剤ベッド82aを通るように向けられて第5の主収着剤ベッド82aからバイパス導管91へ向けられ得る。さらに、通常動作中、同じく検出器106aを含み得る第2のサブシステム390bは、流体的および/または電氣的に絶縁され得る/動作不能にされ得る（すなわち、図3Fに関して後で論じられる遮断バルブを閉じることによって）。第1の主収着剤ベッドから第4の主収着剤ベッド82aからの突破が検出されたならば、種々の実施形態において、バルブコントローラ102bは、導管91内のバルブ102aを閉じて第5の主収着剤ベッド82aからの燃料を予備主収着剤ベッド82bへ向けるように信号を発せられ得る。さらに、第1の主収着剤ベッドから第4の主収着剤ベッド82aからの突破は第2のサブシステム390bの活性化をトリガすることができる、これは導管92内の第5の主収着剤ベッド82aの下流側の他の一つの検出器106aを含み得る。第2のサブシステム390bの動作は、第1の主収着剤ベッドから第5の主収着剤ベッド82aからの突破の検出を含むことができる。第1の主収着剤ベッドから第5の主収着剤ベッド82aからの突破が検出されると、主収着剤ベッド82aの交換を求める要求を予定するために警報が生成される。

20

30

40

#### 【0040】

図3Fは、検出器106aを各々含む2つのサブシステムを用いて動作する他の一つの例である収着剤ベッドアセンブリ380fを示す。種々の実施形態において、収着剤ベッドアセンブリ380fは6個の収着剤ベッドを含むことができ、ここで5個の収着剤ベッ

50

ドは主収着剤ベッド82aであり、1つの収着剤ベッドは予備収着剤ベッド82bである。図3Eに関して前に論じた収着剤ベッドアセンブリ380eと同様に、収着剤ベッドアセンブリ380fは第4および第5の主収着剤ベッド82aの後に置かれた検出器を含むことができ、それらはそれぞれ第1および第2のサブシステム390a、390bにおいて動作することができる。収着剤ベッドアセンブリ380fにおいて、第1のサブシステム390aは第4の主収着剤ベッド82aの出口とバイパス導管91とにまたがることができる。第1のサブシステム390a内の検出器はスリップストリーム検出器706であり得る。図7に関して後でさらに詳しく論じられるように、スリップストリーム検出器706は1つの導管(例えば、導管96)からの小部分の入力燃料の流れを受け取ることができ、それは大部分の燃料の流れ(例えば、第5の主収着剤ベッド82aに入る)と並行して隣接する導管(例えば、バイパス導管91)に入る出力である。さらに、収着剤ベッドアセンブリ380fに示されているように、燃料の流れを転換するために、入口392a、392bを有する四方バルブ392を配置することができる。収着剤ベッドの構成、流れを予備収着剤ベッド82bへ転換させるバルブ102aの配置、および追加の四方バルブ392の配置により、例えば、第1の収着剤ベッドから第3の収着剤ベッド、第4の収着剤ベッドから第6の収着剤ベッド、第1のサブシステム390a、第2のサブシステム390bを分離しおよび/またはバイパスさせるなどの追加の構成オプションを提供することができる。

10

20

30

40

50

#### 【0041】

例えば、通常動作中、バルブ392の入口392aおよび出口392cは開いていて入口392bおよび出口392dは閉じられ、第3の主収着剤ベッド82aからの導管95内の燃料の流れを第4の主収着剤ベッド82aに流入させることができる。他の1つの構成(図示せず)では、バルブ392の入口392bを開いて入口392aを閉じることによって、四方バルブは、燃料の流れが第1から第3の主収着剤ベッド82aをバイパスして最初に源101から第4の主収着剤ベッド82aに流入することを可能にする。これは、燃料電池スタック105が動作して発電し続けている間に第1から第3のベッドを保守点検したりあるいは交換したりすることを可能にする。他の1つの構成(図示せず)では、出口392cを閉じて出口392dを開くことによって、初めの3個の主収着剤ベッド82aを通して通常の燃料の流れが生じ、導管95内の第3の主収着剤ベッド82aからの出口流は第4および第5の主収着剤ベッド82aおよび予備収着剤ベッド82bをバイパスすることができる。これは、燃料電池スタック105が動作して発電し続けている間に第4から第6のベッドを保守点検したりあるいは交換したりすることを可能にする。例えば、初めの5個のベッドで突破イベントが発生したことを収着剤ベッドアセンブリ380f内のアラームおよび/または検出器が示したならば、バルブ102aを閉じ、これにより燃料の流れに予備ベッド82bを通過させることができる。種々の実施形態において、第1のサブシステム390a内の検出器706および第2のサブシステム390b内の検出器106aは、出入口遮断バルブ11を伴って構成され得る。このようなバルブ11は、種々の動作モードの間に検出器706、106aを分離/動作不能にするために使用され得る。例えば、通常動作中、関連するバルブ11を閉じることによって第2のサブシステム390bの検出器106aを分離し/動作不能にすることができ、予備動作中に(すなわち、突破イベントが第1のサブシステム390aによって検出され、バルブ102aが閉じられた後で)検出器706を、これに関連する遮断バルブ11を閉じることによって分離/動作不能にすることができる。

#### 【0042】

いくつかの実施形態の収着剤ベッドアセンブリは種々のセンシングケータを含むことができる。例えば、センサが電力を受け取って適切に通信しているかをチェックするために「ウォッチドッグ」アラームを含めることができる。他の1つの例であるアラームは、1つ以上のセンサの中の感知材料のための交換アラームであることができる。例えば、1つ以上のセンサの材料が使用済みとなって最早機能していないかを識別するために感知材料の色をしきい値と対照してチェックすることができる。いくつかの実施形態では、セン

サが使用済み感知材料を含んでいると識別されたとき、制御シグナリングは、該当する1つまたは複数の望ましくない成分の存在を仮定するフェイルセーフ下で動作するように構成され得る。例えば、図3Eに関して前に論じた収着剤ベッドアセンブリ380eにおいて、第1のサブシステム390a内の検出器106aが使用済み感知材料を有すると識別されたならば、全ての検出器106aについて感知材料の交換が必要であることを示す交換アラームをトリガすることができる。さらに、使用済み感知材料がそのように識別された後、前に論じたように少なくとも1つの検出器106aを用いて第1～第5の主収着剤ベッドを通る燃料の流れを監視するために第2のサブシステム390bを活性化させることができる。第2のサブシステム390b内の検出器106aが使用済み感知材料を有すると識別されたならば、全ての検出器106aについて感知材料の交換が必要であることを示す交換アラームがトリガされ得る。使用済み感知材料がそのように識別された後、前に論じたように予備収着剤ベッド82bの動作が活性化され得る。存在し得る追加のアラームは、1つ以上の検出器106a内の感知材料について、前もってセットされた最低および/または最高寿命予測値に達しているときを示すものを含む。そのような寿命予測値は、使用される材料、感知される望ましくない成分のタイプなどに基づく見積もりとして構成される、前もってセットされる見積もりであり得る。

10

#### 【0043】

種々の実施形態において、検出器106aは、安定性を保証するとともに誤ってアラームを発生させることを避けるために、使用前に感度試験を受けることができる。例えば、収着剤ベッドアセンブリに用いられる検出器106aに対する多数の因子の効果を同時に測定するために一定のスクリーニングテストを実行することができる。

20

#### 【0044】

いくつかの実施形態では、収着剤ベッドアセンブリのためのシステムは、瞬時データおよび/または寿命統計を監視し受け取ることによって時間経過中のその動作を改善するために動的学習を実行することができる。瞬時データは、各収着剤ベッドにおける流量および圧力推定値、ならびに全ての収着剤ベッドにおける累積ガス流量を含み得るけれども、これらに限定はされない。寿命統計は、各収着剤ベッドについての動作時間数（すなわち、ベッドの燃料の流れがゼロより大きい時間数）、全ての収着剤ベッドにおける累積ガス流量、および各収着剤ベッドの最後の交換日を含み得るけれども、これらに限定はされない。これらの動的学習メトリクスは、収着剤ベッド82および/または検出器106に係り得る。さらに、種々の実施形態は、収着剤ベッド82のためのメトリクスを検出器106のためのメトリクスと比較することに基づく学習メトリクスを含み得る。例えば、収着剤ベッド82を通る総燃料流量を、検出器106を通る総燃料流量と比較することができる。

30

#### 【0045】

##### 予備収着剤ベッドと並列に接続された収着剤ベッド

図4A～4Dは、並列に接続された少なくとも2つの収着剤ベッドを有する収着剤ベッドアセンブリ（すなわち、燃料処理モジュール）の他の1つの実施形態を示す。図4Aは、流体的に並列に接続された1つの主収着剤ベッド82aおよび1つの予備収着剤ベッド82bを有する収着剤ベッドアセンブリ480aを示す。通常（すなわち、定常状態）動作中、主燃料入口導管134内のバルブ124aは開いたままであり、予備燃料入口導管132内のバルブ122aは閉じたままであって、燃料源101からの燃料を導管134および主収着剤ベッド82aだけを通して導管133および94を介して燃料電池スタック（すなわち、発電モジュール）内へ移動させることができる。燃料電池スタック105の性能の低下を検出するモニタ110によって突破イベントが検出されると、モニタ110は、バルブコントローラ124bに信号を送ってバルブ124aを閉じ、同時にバルブコントローラ122bに信号を送ってバルブ122aを開くことができる。これにより、全ての燃料は導管132を通して予備収着剤ベッド82bに流入し、ベッド82bから導管135および94を介して燃料電池スタック105に流入させられる。これにより、燃料電池システムは、主収着剤ベッド82aが保守点検されている間動作し続けることがで

40

50

きる。主収着剤ベッド82aへの燃料の流れを遮断することにより、燃料電池システムから實際上切り離され、容易に保守点検され得る。モニタ110が燃料電池スタック105から別の効率低下を検出し、消尽された主収着剤ベッド82aが交換されているならば、モニタ110は、燃料が交換済みの主収着剤ベッド82aを通して流れることができ予備収着剤ベッド82bが保守点検され得るように、信号を発してバルブ124aを開きバルブ122aを閉じることができる。

#### 【0046】

代替りの1つの実施形態では、バルブ122aおよび124aは流量制御バルブであって、通常(すなわち、定常状態)動作中、両方のバルブが開かれている。バルブ124aは完全に開かれて燃料の大部分(60~95%など、50%より多く)が導管134および主収着剤ベッド82aを通して流れることを可能にし、バルブ122aは部分的に開かれて燃料の小部分(5~40%など、50%未満)が導管132および予備収着剤ベッド82bを通して流れることを可能にする。燃料電池スタック(すなわち、発電モジュール)105において性能の低下が検出されると、モニタ110は、バルブ124aを閉じるようにコントローラ124bに指令するとともにバルブ122aを全開するようにコントローラ122bに指令することができる。これにより、燃料の全てが、導管135および94を介して燃料電池スタック105に入る前に導管132および予備収着剤ベッド82bを通過させられる。消尽された主収着剤ベッド82aを通して流れる燃料はないので、これを交換することができる。消尽済み主収着剤ベッド82aが交換されると、バルブ124aおよび122aは、他の1つの突破イベントが発生するまで、予備収着剤ベッドとして作用する交換済み主収着剤ベッド82aを通して燃料の小部分が流れ、元の予備収着剤ベッド82bが主収着剤ベッドとして作用し得るように、調整され得る。この実施形態のアセンブリ480aは、収着剤ベッド82a、82bの完全利用と燃料電池システムの持続的使用を可能にし、これにより、収着剤ベッドの早めの交換を最小にするとともに燃料電池スタックのエネルギー生産を増大させることによって運転コストを減らすことができる。

#### 【0047】

図4Bは、他の1つの実施形態のシステム480bを示す。このシステムでは、検出器106aは、他の1つの実施形態のシステム480bのバルブコントローラ122b、124bに電氣的に接続(あるいは無線で接続)され得る。検出器106aを、燃料入口導管94に置くことができ、燃料電池スタック(すなわち、発電モジュール)の入口流中の望ましくない成分(例えば、硫黄)の存在を検出し分析することができる。検出器106aは、しきい値レベルの望ましくない成分を検出すると、バルブコントローラ124bに対してバルブ124aを閉じるように信号を発することができる。同時に、検出器106aは、全ての燃料が収着剤ベッド82bを通して流れるようにバルブコントローラ122bに信号を送ってバルブ122aを開かせることができる。収着剤ベッドアセンブリ480bの480aに勝る利点は、燃料電池スタック105が燃料中の望ましくない成分のインジケータではなくて、燃料電池スタックの望ましくない成分に対する被曝を少なくすることである。システム380bと同様に、図4Bの他の構成要素は、図4Aの場合と同じであるので、簡略化するために示していない。

#### 【0048】

主収着剤ベッド82aおよび予備主収着剤ベッド82bの下流側の導管94上に配置された検出器106aと同様に、追加の検出器106b、106c、および106dが主収着剤ベッド82a上/内に配置され、検出器106e、106f、および106gが予備収着剤ベッド82b上/内に配置されている収着剤ベッドアセンブリ480cを図4Cが示していることを除いて、図4Cは図4Aおよび図4Bと同様である。収着剤ベッドアセンブリ480cは7個の検出器106a~106gを示しているけれども、収着剤ベッドアセンブリのために任意の数の検出器が使用され得る。例えば、主収着剤ベッド82a上に配置された検出器106bおよび予備収着剤ベッド82b上に配置された検出器106eなど、検出器が2個だけ収着剤ベッドアセンブリ480cにおいて使用され得る。他の

1つの例では、収着剤ベッドアセンブリは、各収着剤ベッド82a、82b上の唯一の検出器と、収着剤ベッド82a、82bの下流側の導管94内の1つの検出器とを含むことができる。

【0049】

さらなる例において、収着剤ベッドアセンブリは、導管94内の検出器106aをとともなうあるいはともなわずに、各収着剤ベッド82a、82b上/内の2つ以上の検出器を含むことができる。検出器106aと同様に、収着剤ベッド82a、82b上/内に配置された1つ以上の検出器は、その1つまたは複数の検出器が特定のしきい値レベルを超える望ましくない成分（例えば、硫黄）を検出したならば、1つまたは複数の検出器がバルブコントローラ124b、122bに対してそれぞれのバルブ124a、122aを閉じるように信号を発生できるように、バルブコントローラ124b、122bに電氣的に接続（または無線で接続）され得る。例えば、バルブ122aが閉じていてバルブ124aが開いている定常状態のシステムにおいて、燃料源101からの燃料の全ては、導管134を通して主収着剤ベッド82aへ流れ、導管133、導管94、フィルタ103、バルブ104、および燃料電池スタック（すなわち、発電モジュール）105に流入する。

【0050】

検出器106b~106dのいずれかが特定のしきい値レベルより多くの望ましくない成分（例えば、硫黄）を検出したならば、検出器106cなどの検出器は、バルブコントローラ124bに対してバルブ124aを閉じるように指令するとともにバルブコントローラ122bに対してバルブ122aを開くように指令することができる。この変化の結果として、燃料は、燃料源101から予備収着剤ベッド82bを通して移動する前に導管132に流入する。同様に、望ましくない成分を検出したことに応答してバルブ124aを完全に閉じる代わりに、検出器は、燃料の大部分が予備収着剤ベッド82bを通して流れ燃料の小部分が依然として主収着剤ベッドを通して流れるように、バルブコントローラ124bに対してバルブ124aを部分的に閉じるように指令するとともにバルブコントローラ122bに対してバルブ122aを部分的（または完全）に開くように指令することができる。他の1つの例では、バルブ122aが開いていてバルブ124aが閉じている定常状態システムにおいて、燃料源101からの燃料の全ては、導管132を通して予備収着剤ベッド82bへ流れ、導管135、導管94、フィルタ103、バルブ104、および燃料電池スタック105に流入する。いずれかの検出器106e~106gが特定のしきい値レベルを超える望ましくない成分（例えば、硫黄）を検出すると、検出器106fなどの検出器は、バルブコントローラ122bに対してバルブ122aを閉じるように指令するとともにバルブコントローラ124bに対してバルブ124aを開くように指令することができる。この変化の結果として、燃料は、燃料源101から、主収着剤ベッド82aを通して移動する前に導管134に流入する。同様に、望ましくない成分を検出したことに応答してバルブ122aを完全に閉じる代わりに、検出器は、燃料の大部分が予備収着剤ベッド82bを通して流れ、燃料の小部分が依然として主収着剤ベッドを通して流れるように、バルブコントローラ122bに対してバルブ122aを部分的に閉じるように指令するとともにバルブコントローラ124bに対してバルブ124aを部分的に開く（または完全に開く）ように指令することができる。

【0051】

収着剤ベッドアセンブリ380cと同様に、収着剤ベッドアセンブリ480cの種々の実施形態は、7個の検出器106a~106gなどの2個以上の検出器を含むことができ、異なる望ましくない成分（例えば、水、酸素、シロキサン、硫黄など）のための検出器、同じ望ましくない成分を検出するための冗長検出器、および/または収着剤ベッドの中間消尽状態情報を確立するための検出器をも含むことができる。異なる望ましくない成分の検出器を含む収着剤ベッドアセンブリ480cの利点は、特定の望ましくない汚染物質が許容可能なしきい値レベルより多いことに応答してバルブを閉じたり、および/または開いたりすることによって、システムが複数のタイプの汚染物質に順応することを可能にすることである。望ましくない成分の冗長検出器を含む収着剤ベッドアセンブリ480c

10

20

30

40

50

の利点は、冗長ペアのうちの1つの検出器が適切に動作していない（例えば、バルブが不正確な検出を有する、電力の欠如、ダメージを受けた検出器）ときにも、適切に働いている検出器からシステムが指令を受け入れることを可能にすることである。中間収着剤ベッド消尽検出器を含む収着剤ベッドアセンブリ480cの利点は、収着剤ベッドが消尽されるときを正確に概算できることによる総運転コストの低減を可能にすることである。正確な収着剤ベッド消尽概算は、収着剤ベッドの不必要な保守点検（例えば、収着剤ベッドをあまりに早くあるいはあまりに遅く交換する）を減らすとともに交換用主収着剤ベッドの在庫を維持する必要を減らすことにつながる。

#### 【0052】

収着剤ベッド82a、82b内の中ほどで望ましくない成分を測定する1つの検出器を持つことによって確立される中間消尽状態情報は低運転コストである。なぜならば、主収着剤ベッドが消尽される時間をより正確に予測できるので、収着剤ベッドの不必要な保守点検を減らし、交換用主収着剤ベッドの在庫を維持する必要を減らせるからである。

#### 【0053】

前に論じたように、4個の収着剤ベッド82などの3個以上の収着剤ベッドを用いれば、図4A、図4B、および図4Cに示されている2つの収着剤ベッドよりも寿命をより長くし、ベッド材料をより完全に利用することができる。予備収着剤ベッドの使用を4個の収着剤ベッドと組み合わせれば、そのような燃料電池システムを保守点検するときに有効にコストを回避することができる。図4Dは4個の収着剤ベッド82を含む収着剤ベッドアセンブリ480dを示し、ここで2つの主収着剤ベッド82aは導管136により流体的に直列に接続され、2つの予備収着剤ベッド82bは導管137により流体的に直列に接続されている。2つの主収着剤ベッド82aは2つの予備収着剤ベッド82bと流体的に並列に接続されている。3個以上の主収着剤ベッド82aおよび/または3個以上の予備収着剤ベッド82bを使用することができる。通常（すなわち、定常状態）動作中、バルブ124aを開くことができ、バルブ122aは閉じられたままで、燃料源101からの燃料を、主収着剤ベッド82aだけを通して燃料電池スタック（すなわち、発電モジュール）105に流入させる。検出器106aによって突破イベントが検出されると、検出器106aは、コントローラ124bに対してバルブ124aを閉じるように信号を発するとともにコントローラ122bに対してバルブ122aを開くように信号を発することができる。あるいは、モニタ110は、燃料電池スタック105の性能低下を検出してコントローラ124bに対してバルブ124aを閉じるように信号を発し、コントローラ122bに対してバルブ122aを開くように信号を発することができる。これにより、燃料の流れの全てが予備収着剤ベッド82bを通して向けられ、主収着剤ベッド82aは燃料電池システムから分離され、燃料電池スタックの動作を妨げずにそれらを交換することが可能となる。

#### 【0054】

代わりの1つの実施形態では、通常（すなわち、定常状態）動作中、バルブ122aは部分的に開かれ得る。バルブ124aを全開して（または部分的に開いて）燃料の大部分が主収着剤ベッド82aを通して流れることを可能にし、バルブ122aを部分的に開いて燃料の小部分が予備収着剤ベッド82bを通して流れることを可能にする。望ましくない成分が主収着剤ベッド82aを突破していることを検出すると、検出器106a（またはモニタ110）はコントローラ124bに対してバルブ124aを完全に閉じるように指令するとともにコントローラ122bに対してバルブ122aを完全に開くように指令することができる。これにより、全燃料を、燃料電池スタック（すなわち、発電モジュール）105に入る前に予備収着剤ベッド82bを通過させる。消尽された主収着剤ベッド82aを通して移動する燃料はないので、これらを交換することができる。交換が終われば、他の突破イベントまでの間、バルブ124aおよび122aは、燃料の小部分が予備収着剤ベッドとして作用する新しい主収着剤ベッド82aを通して流れ、元の予備収着剤ベッド82bが主収着剤ベッドとして作用できるように、調整され得る。これにより、収着剤ベッド材料を十分に利用できるとともに燃料電池システムを安全に使用し続

10

20

30

40

50

けることができる。

【 0 0 5 5 】

図 4 D は、燃料電池スタック（すなわち、発電モジュール）の検出器 1 0 6 a およびモニタ 1 1 0 がバルブ 1 2 2 a および 1 2 4 a に対して指令を提供して流れを予備収着剤ベッド 8 2 b へ転換させ得ることを示しているけれども、検出器 1 0 6 a またはモニタが単独で制御指令を提供することができる。検出器 1 0 6 a を用いる場合、それを予備収着剤ベッド 8 2 b および主収着剤ベッド 8 2 a の接続点の下流側（すなわち、後）で導管 9 4 に配置することができる。

【 0 0 5 6 】

上流側の予備収着剤ベッド

図 5 は、発電モジュールおよび燃料処理モジュールからモジュラー燃料電池キャビネットの外側に位置する上流側予備収着剤ベッド 5 2 0 を利用する実施形態の燃料電池システム 5 0 0 を示す。上流側予備収着剤ベッド 5 2 0 は、燃料の硫黄含有量が極端に多ければ、燃料源 1 0 1 から供給される燃料から余分の硫黄（硫黄化合物を含む）を除去するために使用され得る。燃料は、燃料源 1 0 1 から、前述したアセンブリ 2 8 0、3 8 0 a、3 8 0 b、3 8 0 c、3 8 0 d、4 8 0 a、4 8 0 b、4 8 0 c、または 4 8 0 d などの収着剤ベッドアセンブリ（すなわち、燃料処理モジュール）に入る前に、天然ガスなどの燃料中のほとんど全ての硫黄を除去する上流側予備収着剤ベッド 5 2 0 を通って流れることができる。発電所での脱臭済み天然ガス（例えば、脱硫済み天然ガス）の輸送に関する規則に従うために、燃料は定期的に上流側予備収着剤ベッド 5 2 0 をバイパスすることができる。例えば、10分ごとに、バイパス導管 5 0 1 内のバイパスバルブ 5 0 2 a は 30 秒間開いて燃料が導管 5 0 1 を介して上流側予備収着剤ベッド 5 2 0 をバイパスすることを可能にする。従って、時間のほんの一部、匂いのある天然ガスが燃料電池システム内に供給される。例えば、硫黄の匂いを感じるによってシステムにおいて天然ガスの漏れがあるかどうかを近くの作業員が判定できるように、匂いのある燃料は時間の 0.1 ~ 10 % の間、予備収着剤ベッド 5 2 0 をバイパスする。従って、嗅覚による漏れ検出を可能にするために、上流側収着剤ベッド 5 2 0 は硫黄の全部ではなくて大部分を除去する。

【 0 0 5 7 】

1 つの代替の実施形態では、燃料電池システム 5 0 0 は、上流側予備収着剤ベッド 5 2 0 がバイパスされる通常動作状態（すなわち、定常状態）を持つことができる。バルブ 5 0 2 a は全開され、流体力学は、燃料を、上流側予備収着剤ベッド 5 2 0 を通らせるのではなくて導管 5 0 1 を介して予備収着剤ベッド 5 2 0 の周りを流れさせる。あるいは、導管 5 3 2 内の追加のバルブ（図示せず）は、燃料が予備収着剤ベッド 5 2 0 に流入するのを妨げることができる。それでも、導管 5 0 1 内の上流側検出器 5 0 6 は、未精製燃料流中の硫黄の量を測定することができる。硫黄の量がしきい値レベルに達して、源 1 0 1 からの燃料が所望の望ましくない成分（例えば、硫黄）含有量より多い望ましくない成分を有することを示すならば、検出器 5 0 6 はコントローラ 5 0 2 b に対してバルブ 5 0 2 a を閉じるように信号を発して燃料に上流側予備収着剤ベッド 5 2 0 を通らせることができる。他の 1 つの代替の実施形態は、前述した収着剤ベッドアセンブリ（すなわち、燃料処理モジュール）2 8 0、3 8 0 a、3 8 0 b、3 8 0 c、3 8 0 d、4 8 0 a、4 8 0 b、4 8 0 c、または 4 8 0 d 内のモニタ 1 1 0 または検出器 1 0 6 による突破イベントの検出に基づいて強制的に燃料に上流側収着剤ベッド 5 2 0 を通らせることを含む。どちらの突破検出方法も、燃料が収着剤ベッドアセンブリ 2 8 0、3 8 0 a、3 8 0 b、3 8 0 c、3 8 0 d、4 8 0 a、4 8 0 b、4 8 0 c、または 4 8 0 d を通って流れる前に燃料を別の上流側予備収着剤ベッド 5 2 0 を通らせるべくバルブ 5 0 2 a を閉じるようにコントローラ 5 0 2 b に対して信号を発することができる。

【 0 0 5 8 】

さらなる代案として、収着剤ベッドアセンブリ（すなわち、燃料処理モジュール）2 8 0、3 8 0 a、3 8 0 b、3 8 0 c、3 8 0 d、4 8 0 a、4 8 0 b、4 8 0 c、または 4 8 0 d とは異なるタイプの望ましくない成分を除去するために上流側予備収着剤ベッド

10

20

30

40

50

520を使用することができる。例えば、収着剤ベッドアセンブリ280、380a、380b、380c、380d、480a、480b、480c、または480dは硫黄を除去することができる。上流側収着剤ベッド520は水（または水分）などの他の望ましくない成分を除去することができる。上流側検出器506は、燃料源101からの燃料入口流中の水含有量を測定することができる。通常（すなわち、定常状態）動作中、燃料源101からの燃料は、開いているバルブ502aおよび導管501を通過して上流側予備収着剤ベッド520をバイパスすることができる。燃料源101からの燃料流がしきい値レベルの水を含んでいるならば、導管501内でバルブ502aの前に置かれている検出器506は、バルブコントローラ502bに対してバルブ502aを閉じるように信号を発して燃料を逸らして上流側予備収着剤ベッド520を通過させて水を除去することができる。その後、水分含有量がしきい値より低く測定されたならば、上流側検出器506は、信号を発してバルブ502aを開かせることができる。あるいは、上流側予備収着剤ベッド520を、しきい値レベルの水が検出されたときだけではなくて、水を除去するために常時使用することができる。

10

20

30

40

50

#### 【0059】

##### 燃料源切り替え

図6は、複数の燃料源（例えば、2つ以上の源）101a、101bを有する燃料電池システム600を示す。図に示されている実施形態では、各燃料源101a、101bは、それぞれ関連する検出器672、671、コントローラ682b、681b、およびバルブ682a、681aを有することができる。1つの特定の実施形態では、通常（すなわち、定常状態）動作は、バルブ682a、681aを開くことによって両方の燃料源101a、101bを使用することを含むことができる。しかし、1つの検出器672または671が望ましくない成分を検出すると、検出器672または671は、大量の望ましくない成分を含有する燃料源と関連するそれぞれのバルブ682a、681aを閉じるようにそれぞれのバルブコントローラ682b、681bに対して信号を発する。例えば、通常（すなわち、定常状態）中、両方の燃料源101aおよび101bからの燃料は、それぞれの導管631、632、共通入口導管594、前述した収着剤ベッドアセンブリ（すなわち、燃料処理モジュール）280、380a、380b、380c、380d、480a、480b、480c、または480dを通り、燃料入口導管94を通過して燃料電池スタック（すなわち、発電モジュール）105へ流れることができる。導管632内の検出器672は、燃料源101bからの望ましくない成分の含有量がしきい値レベルより多いことを検出したならば、燃料源101bからの燃料が燃料電池スタック105に入るのを止めるためにバルブ682aを閉じるようにコントローラ682bに対して信号を発することができる。従って、燃料源101aからの燃料だけが燃料電池システム600において使用され得る。他の1つの実施形態では、燃料電池スタック105の性能がしきい値レベルより低下すると、モニタ110は、大量の望ましくない成分を含有すると分かった（例えば、検出器672から検出された）燃料源101aと関連するバルブ682aを閉じるように同様の指令を送ることができる。他の1つのフェイルセーフとして、燃料電池システム600は自動バルブ636aを含むことができ、これにより、望ましくない成分の突破イベントが検出されたときに燃料電池スタック105に入る燃料の流れをオン/オフするか、あるいは減少させることができる。

#### 【0060】

1つの代替の実施形態では、通常（すなわち、定常状態）動作は、しきい値レベルより多い望ましくない成分が検出されるまでは一度に唯一の燃料源を用い、そのときに他の1つの燃料源に切り替えることを含むことができる。使用されている燃料源に関連する検出器が、燃料流がしきい値レベルより多い量の望ましくない成分を含むことを検出したならば、検出器はその使用中の燃料源と関連するバルブを閉じるように信号を発すると同時に、使用されていない燃料源と関連するバルブを開くように信号を発する。例えば、通常（すなわち、定常状態）動作中、収着剤ベッドアセンブリ（すなわち、燃料処理モジュール）280、380a、380b、380c、380d、480a、480b、480c、

または480dおよび燃料電池スタック(すなわち、発電モジュール)105とともに燃料源101aからの燃料だけを使用することができる。検出器671は、燃料源101aからの燃料中の特定の望ましくない成分と、望ましくない成分の濃度とを検出することができる。収着剤ベッドアセンブリ280、380a、380b、380c、380d、480a、480b、480c、または480dから検出器106a~106gが突破イベントを検出するか、あるいはモニタ110が燃料源101aと関連する望ましくない成分に基づいて燃料電池スタック105が性能低下を被っていることを検出すれば、バルブ681aを閉じるように信号が発せられ、バルブ682aは開くように信号が発せられ得る。従って、燃料電池システム600および対応する収着剤ベッドアセンブリ280、380a、380b、380c、380d、480a、480b、480c、または480d  
10  
および燃料電池スタック105は燃料源101bからの燃料を受け取るだけであり、これにより燃料源を切り替える。

#### 【0061】

1つの代替の実施形態では、検出器672、671、バルブ682a、681aおよびコントローラ682b、681b、636bのいずれかまたは全部が収着剤ベッドアセンブリ280、380a、380b、380c、380d、480a、480b、480c、または480dの一部であり得る。収着剤ベッドアセンブリ280、380a、380b、380c、380d、480a、480b、480c、または480dは、システム600のニーズに基づいて特定の燃料源を選択するか、あるいは燃料電池スタック(すなわち、発電モジュール)105への燃料の流れを変更することができる。  
20

#### 【0062】

##### スリップストリーム検出器

図7は、導管712から燃料を受け入れ、スリップストリーム導管716を通してそれを主収着剤ベッド82aへ戻す検出器706を示す。図3B~3Fおよび図4B~4Dの各検出器は、それらに隣接する導管または収着剤ベッドとT継手風に接続することを示しているけれども、これらの実施形態に関して図に示され記述された検出器は、図7に示されているものと同様のスリップストリームを利用することができる。スリップストリーム検出器706は、隣接する導管内の大部分の燃料の流れと並行する小部分の燃料の流れを受け取る。1つの実施形態では、燃料の小部分が導管712を通過してスリップストリーム検出器706および主収着剤ベッド82aに流入することができる。同時に、燃料の大部分は、スリップストリーム検出器706を通過して移動することなく、導管714を通過して主収着剤ベッドに流入する。図7に示されているように、スリップストリーム検出器706は、収着剤ベッドの上流側で望ましくない成分を検出する。スリップストリーム検出器は、主収着剤ベッドが除去するのと同じ望ましくない成分(例えば、硫黄)を検出することができ、図6に関して前に記載したように燃料源101aおよび/または101bを切り替えるために使用することができる。あるいは、スリップストリーム検出器706は、主収着剤ベッドが除去するものとは異なる望ましくない成分を検出することができる。例えば、主収着剤ベッドが硫黄を除去するならば、主収着剤ベッドの上流側に位置するスリップストリーム検出器706は、シロキサンなどの他の望ましくない成分を検出する。  
30

#### 【0063】

他の1つの実施形態では、スリップストリーム検出器706は他の1つの収着剤ベッド(図示せず)の下流側にあることができる。例えば、スリップストリーム検出器706を図3Dの導管95上に配置することができ、これは第1の主収着剤ベッド82aの下流側で第2の主収着剤ベッド82aの上流側に位置する。この例では、スリップストリーム検出器706は、第1および第2の主収着剤ベッド82aが除去するのと同じ望ましくない成分(例えば、硫黄)を検出し、第1の主収着剤ベッドの下流側に存在する望ましくない成分の貴重な検出を提供することができる。第1の主収着剤ベッドの下流側での検出は、第1の主収着剤ベッドの突破イベントを示し、それを交換する必要があることを示すことができる。さらに、初めのほうの収着剤ベッドでの突破の検出は、予備収着剤ベッド82bを活性化させる信号を送ることができる。  
40  
50

## 【0064】

他の1つの例では、第1の主収着剤ベッド82aの下流側で第2の主収着剤ベッド82aの上流側にある、図4Dの導管136にスリップストリーム検出器706を配置することができる。さらに、第1および第2の予備収着剤ベッド82bの間にある、図4Dの導管137にスリップストリーム検出器706を配置することができる。導管136または導管137において、スリップストリーム検出器706は、第1および第2の収着剤ベッドが除去するのと同じ望ましくない成分（例えば、硫黄）を検出することができ、第1の収着剤ベッドの下流側に存在する望ましくない含有物の貴重な検出を提供することができる。第1の収着剤ベッド82a、82bの下流側での検出は、第1の収着剤ベッド82a、82bの突破イベントを示し、それを交換する必要があることを示すことができる。

10

## 【0065】

このスリップストリーム検出器を、主流路内の収着剤ベッドまたはバルブなどのフィーチャと十字に交わって、フローフィーチャにより生じる圧力降下がスリップストリーム検出器を通る流れを駆動することとなるように、接続することができる。

## 【0066】

このスリップストリーム検出器は、検出器への流れを遮断するために導管712および/または導管716に配置された1つまたは複数のバルブを使用することができる。これらのバルブは、システム動作中に変色カートリッジまたはセンサが機能しなくなった場合にセンサの交換を容易にし得る。さらに、センサの流れ配管工事のときにバルブを使用することは、変色カートリッジの有限の寿命を維持することを可能にする。一例は、システム380cなどの実施形態にある。センサ106の入口および/または出口でのバルブの使用は、センサ106bが望ましくない成分の突破を示すなど、何らかの判定基準が満たされるまで、流路内にさらに存在するセンサ106dを閉じておくことを可能にする。

20

## 【0067】

検出器およびデータベースマップ

図8Aは、検出された望ましくない成分に基づいてシステムパラメータ（例えば、バルブを開く/閉じること、燃料電池スタックを運転停止することなど）を自動的に変更する検出システムを示す。燃料電池システムの燃料の流れの中の種々の位置で望ましくない成分を検出するために種々の検出器106a~106g、506、672、671、および/または706を使用することができる。検出器の正確な位置にかかわらず、各検出器は、酸素、水、シロキサン、および硫黄などの望ましくない成分を検出するのに適する任意のタイプであってよい。

30

## 【0068】

1つの特定の実施形態では、1つまたは複数の検出器は1つ以上の変色検出器であり得る。各変色検出器は、図8Aに示されている変色パッド850などの変色領域を含み、この特定のタイプの変色望ましくない成分にさらされた後に変色する。例えば、白色検出器パッドを有する変色検出器は、硫黄にさらされると黄色くなる。変色検出器106a~106g、506、672、671、および/または706は、感色光検出器852などの光学コンポーネント、および任意にパッドを照明する光源854を有することができる。光学コンポーネントは、色の変化を記録し、その情報を変色データベース811に送る。変色データベース811は、検出器106a~106g、506、672、671、および/または706から入ってくる変色データを収集して変色マップを作成し/アップデートし、測定される燃料流中の特定の望ましくない成分の強度を判定する。変色検出器から受け取られた色の変化に基づいて、燃料流中の特定の望ましくない成分の量を予測するために変色の量または強度を較正することができる。変色検出器106a~106g、506、672、671、および/または706からの実時間データをシステムコントローラ890に送ることができ、収着剤ベッドアセンブリ（すなわち、燃料処理モジュール）内のバルブ、燃料電池スタック（すなわち、発電モジュール）と関連するバルブ、燃料選択のためのバルブ、あるいは燃料電池システムの部分を止めるなどの他の任意の動作制御などのシステムパラメータを変更することができる。突破イベント（例えば、最後の主収着剤ベッ

40

50

ドの後で硫黄)を検出したら予備収着剤ベッドを使用するなどのシステムパラメータの変更のうちいくつかについて、図1~7に関して前に記述した。

【0069】

図8Bは、種々の実施形態に用いるのに適する感知材料に生じることのある変色の例を示す。具体的には、コラム1に示されている感知材料パッド1202aは第1の収着剤ベッドの後に位置する検出器106a内に置かれ、コラム2に示されている感知材料パッド1202bは第1の収着剤ベッドの下流側で第2の収着剤ベッドの後に位置する検出器106a内に置かれる。これらの同じ2つの感知パッド1202a、1202bの経時写真は9個の連続する時点で示され、左側の黒ずんだ材料は硫黄突破の存在を示し、燃料は左から右へ流れる。突破を示すことのできる実際の変色は、ポイントAおよびB(それぞれ第1および第2の収着剤ベッドからの突破イベントを示す)により示されている。すなわち、色感知材料は、1つ以上の望ましくない成分(例えば、硫黄など)の存在に基づいて変色することができる。例えば、いくつかの実施形態では、変色は、明るい(例えば、ライトブルー)色から黒ずんだ(例えば、ダークブラウン)色への変化を伴うことができる。

10

【0070】

代わりに、どの検出器106a~106g、506、672、671、および/または706も、特定の望ましくない成分と関連する抵抗器における抵抗変化を検出することによって燃料流中の望ましくない成分を検出することができる。望ましくない成分と反応していない金属抵抗器(例えば、銅)は、特定の基準抵抗を有する。望ましくない成分(例えば、硫黄)は、特定の金属抵抗器と反応して(例えば、銅を少なくとも部分的に硫化銅に変化させる)抵抗器の抵抗率を変化させ、これにより望ましくない成分が存在することを示すことができる。例えば、銅金属ストリップ状の抵抗器を有する検出器は、比較的小さい抵抗率を有することができる。燃料流中に存在する有機硫黄化合物は、銅抵抗器と反応して硫化銅を形成して抵抗器ストリップの抵抗率を増大させ、これにより望ましくない成分の存在を示すことができる。前述した変色検出器システムによく似て、抵抗率変化を、特定の望ましくない成分および金属ストリップに従ってマッピングすることができる。さらなる代替の実施形態として、検出器106a~106g、506、672、671、および/または706のいずれも、1つの特定の望ましくない成分または任意の数の望ましくない成分を検出するために人工鼻を使用することができる。燃料流中に存在する1つ

20

30

【0071】

他の実施形態では、検出器106a~106g、506、672、671、および/または706のうちの一つ以上は、図12Aに示されている光学検出器1200であることができる。一実施形態では、光学検出器1200は、望ましくない成分が存在すると変色するように構成された感知材料1202を含む。感知材料1202は、図8Aに関して前に記載した変色パッドであることができる。感知材料1202は、基板1204上に配置されたペイントまたは染料であることができる。ペイントまたは染料は、望ましくない成分にさらされると変色することができる。あるいは、感知材料1202は、望ましくない成分にさらされると変色する液体またはゲルであることができる。あるいは、感知材料1202は、望ましくない成分にさらされると変色する粒子または顆粒であることができる。流れを容易にするために半透明のハウジングにこれらの粒子を詰め込むことができる。いくつかの実施形態では、感知材料1202は、硫黄または硫黄含有化合物にさらされると変色するように、硫黄敏感である。他の実施形態では、感知材料1202は、シロキサン、酸素、または水などの他の望ましくない成分にさらされると変色する。いくつかの実施形態では、感知材料1202は、いくつかの異なる望ましくないコンポーネントに対し

40

50

て敏感である。感知材料 1202 は、その望ましくないコンポーネントの各々にさらされると識別可能な色に変化することができる。いくつかの実施形態では、感知材料 1202 は、燃料の流れが通過できるゼオライトまたは混合金属酸化物から作られた変色ペレットであることができる。いくつかの実施形態では、光学検出器 1200 は、感知材料 1202 の色の变化を示すように構成された少なくとも 1 つのセンサ 1206 を含む。一実施形態では、その少なくとも 1 つのセンサ 1206 は複数のセンサ 1206 である。各センサを、感知材料 1202 に面して配置することができる。例えば、感知材料 1202 が基板 1204 上に配置されたペイントまたは染料であるとき、少なくとも 1 つのセンサ 1206 を基板に面して配置することができる。少なくとも 1 つのセンサ 1206 の各々は変色検出器であることができる。変色検出器は、1 つ以上の感色光検出器を含むことができる。変色検出器は、青色を検出する光検出器、緑色を検出する光検出器、および / または赤色を検出する光検出器を含むことができる。センサ 1206 は、各々の検出された色変化をデジタル信号として次のプロセッサ 1224 に出力することができる。代わりに、センサ 1206 は、各々の検出された色変化を、様々な直流 (DC) 電圧を有するアナログ出力として出力することができる。センサ 1206 は、コントローラエリアネットワーク (CAN) 通信を介するなどして、有線信号または無線信号を介して信号を出力することができる。

10

20

30

40

50

#### 【0072】

光検出器 1200 のいくつかの実施形態は、センサに結合された光源 1208 を含む。光源は、少なくとも 1 つのセンサ 1206 が感知材料 1202 の色を検出できるように感知材料 1202 を照明することができる。いくつかの実施形態では、少なくとも 1 つのセンサ 1206 は、赤色光、青色光、緑色光、および / または白色光検出器のうちの 1 つ以上を含むことができる。光源 1208 は、ランプまたは固体照明源などの電気的光源であることができる。いくつかの実施形態では、光源 1208 は 1 つ以上の発光ダイオード (LED) を含む。光源 1208 を、一定の発光出力を保証するため、あるいは様々な発光出力を可能にするために、電力調整回路 (図示せず) に電氣的に結合することができる。いくつかの実施形態は複数の光源 1208 を含む。

#### 【0073】

光検出器 1200 のいくつかの実施形態は、図 12B に示されているように、ハウジング 1210 を含む。ハウジング 1210 は、感知材料 1202、少なくとも 1 つのセンサ 1206、および 1 つまたは複数の光源 1208 を囲むことができる。ハウジング 1210 は、実質的に光に対して不透過性であることができる。例えば、その外側 1212 を、実質的に光を通さない金属またはプラスチックなどの材料から構成することができる。ハウジングの外側 1212 は、光の通過を阻止するために、黒色であることができる。いくつかの実施形態では、光不透過性ハウジング 1210 は、ハウジング 1210 外側 1212 内または外へ光が漏れるのを阻止し、少なくとも 1 つのセンサ 1206 により知覚される光の信号対雑音比を改善する。例えば、光不透過性ハウジング 1210 は、周辺光の変化によって感知材料 1202 が変色したように見えるようになって少なくとも 1 つのセンサ 1206 が誤り警報を示すことを阻止することができる。ハウジング 1210 の内側 1214 は、白などの明るい色であることができる。いくつかの実施形態では、明るい色の内側 1214 は、光源 1208 からの光を大いに拡散させ、光学検出器 1200 の動作を改善する。追加の実施形態は、ハウジングを囲む外部ケーシング 1216 を含む。ケーシング 1216 は、実質的に光に対して不透過性であることができる。いくつかの実施形態では、ケーシング 1216 およびハウジング 1212 は、光が入ることを許さずにガスが光学検出器 1200 に入ることを可能にする 1 つ以上の導管 (図示せず) を有する。例えば、導管は、導管が方向を 1 回以上逆転させて、光を効果的に遮断するように、複数のバンドを持つことができる。

#### 【0074】

再び図 12A を参照すると、光学検出器 1200 は基準材料 1218 を含むことができる。いくつかの実施形態では、基準材料 1218 は、望ましくない成分にさらされても変

色しない。基準材料 1218 は、感知材料について前に記載した任意の材料から構成され得る。基準材料を基板 1204 上に配置することができる。いくつかの実施形態では、基準材料 1218 は、望ましくないコンポーネントがないときの感知材料 1202 と実質的に同じ色である。基準材料 1218 は感知材料 1202 と同じ材料から構成され得るけれども、基準材料 1218 は、基準材料 1218 が望ましくないコンポーネントにさらされることを阻止する透明なバリヤ（図示せず）を材料 1218 上に有することができる。代わりに、基準材料 1218 は、望ましくないコンポーネントにさらされても変色しない材料から構成され得るけれども、感知材料 1202 の当初の色と同じ色を有する。

#### 【0075】

光学検出器 1200 は、基準材料の色の変化を感知する基準センサ 1220 をも含むことができる。基準センサを、少なくとも 1 つのセンサ 1206 について前に記述したように構成することができる。光学検出器 1200 は、基準センサ 1220 に結合された光源 1222 をも含むことができる。光源 1222 は、前述した光源 1208 のために適する任意の光源であってよい。光源 1222 は、基準センサ 1220 に結合されて、光源 1208 に関して前に記述したように基準材料 1218 を照明することができる。周辺の光または温度などの環境因子に起因する信号の変化を、検出されるべく意図されている燃料成分の存在に起因する信号の変化から分離するために、この基準センサ 1220 を使用することができる。

#### 【0076】

いくつかの実施形態では、光学検出器 1200 はプロセッサ 1224 に結合される。プロセッサは、図 3A ~ 8A に関して前に記述したように、バルブコントローラおよび/またはシステムコントローラであり得る。プロセッサ 1224 は、図 10 および図 11 に示されている計算装置 1000 またはマイクロプロセッサであり得る。プロセッサ 1224 はマイクロプロセッサであり得る。いくつかの実施形態では、プロセッサ 1224 は、少なくとも 1 つのセンサ 1206 から信号を受け取り、少なくとも 1 つのセンサ 1206 からの信号にตอบสนองして、感知材料 1202 の色を記録する。プロセッサ 1224 を、基準センサ 1220 から信号を受け取り、基準センサ 1220 からの信号にตอบสนองして、感知材料 1206 の色を記録するように構成することができる。一実施形態では、プロセッサ 1224 は、基準センサ 1220 からの信号の値を少なくとも 1 つのセンサ 1218 からの信号の値から引くように構成される（例えば、値の差）。これにより、キャビネットのドアが開かれるとき、あるいは疑似信号または他の光ノイズに起因して基準の色が違って見えるときに、信号対雑音比を高める効果を有することができる。プロセッサ 1224 を、感知材料の色の変化に対応する信号の信号対雑音比を高めるために信号平均値算出アルゴリズムを適用するように構成することができる。いくつかの実施形態では、プロセッサ 1224 は、複数の光学検出器 1200 の各々の中の 1 つ以上のセンサ 1206 から信号を受け取ることができ、それらを加え合わせることができる。例えば、第 1 の光学検出器 1200 からの信号を、流路のさらに下流の側にある第 2 の光学検出器 1200 からの信号に加えることができる。互いの上流側および下流側にある異なる検出器からの信号をこのように加え合わせれば、それらの合計信号応答を線形にすることができる。

#### 【0077】

いくつかの実施形態では、プロセッサ 1224 は、アラーム基準が満たされたときにアラーム信号を発するように構成される。アラーム基準を、いずれかのセンサ 1206 によってプロセッサ 1224 に送信された値の絶対値がセンサの較正済み値からプリセット値より大きく逸れているときに、満たすことができる。プリセット値は、許容し得ないレベルの望ましくない成分を示す変色に対応することができる。一実施形態では、アラーム信号を、基準が所定の量の時間にわたって満たされるときに、生成することができる。例えば、プロセッサ 1224 に送信される値がプリセット期間より長い期間にわたって（例えば、キャビネットのドアが典型的に開かれている期間より長い期間にわたって）較正済み値からプリセット値より大きく逸れている場合に限って、プロセッサ 1224 はアラーム信号を生成することができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 8 】

他の1つの実施形態では、アラーム信号は、センサ値が所定のアラーム値範囲の中に落ちたときに生成される。例えば、プロセッサ1224は、ありそうもない読み取り値と矛盾しない上側しきい値限界値を超えるセンサ値を、望ましくない成分の検出ではなくて光学検出器1200の故障として無視することができる。アラーム信号を、個々のセンサ値のいずれかが所定のしきい値を超えているときに、生成することができる。少なくとも1つのセンサ1206が赤色光を感知するように構成された少なくとも1つのセンサと、青色光を感知するように構成された少なくとも1つのセンサと、緑色光を感知するように構成された少なくとも1つのセンサとを含む1つの例として、プロセッサ1224は、緑色光センサだけからの信号がしきい値を超えるならば、アラームを生成することができる。少なくとも1つのセンサ1206に含まれる各センサは、プロセッサ1224に記憶される1つの異なるしきい値を持つことができる。

10

## 【 0 0 7 9 】

いくつかの実施形態では、1つまたは複数の最小自乗回帰係数がプリセット値を超えるか、および/またはプリセット範囲外に落ちたときにアラーム信号が生成され得る。一実施形態では、最小自乗回帰は、少なくとも1つのセンサ1206によって伝達された値のセットなどの、データのセットに適合する一定のタイプの曲線を仮定し、その曲線タイプに関してのデータのエラーを最小にし、これによりその曲線適合の係数値を適合させる。この方法は、信号平均値算出および勾配解析を同時に効果的に行うことができる。さらに、最小自乗回帰は、データ点の標準誤差を計算することによって適合の品質を分析することができる。データが十分に良く適合しなければ、アラーム信号を送るべきではないと指令するために、「 $R^2$ 」と呼ばれるこの偏差を利用することができる。最小自乗アルゴリズムを適用するための多くの計算手法を当業者であれば知っているはずである。

20

## 【 0 0 8 0 】

他の1つの実施形態では、アラーム信号は、時間に関してのセンサ値の二次導関数がプリセット値を超えるとときに生成され得る。例えば、プロセッサ1224は、期間の経過に対して測定された少なくとも1つのセンサ1206から受信された一連の値に1つの曲線を適合させ、曲線の二次導関数を計算することができる。一定のしきい値を超える二次導関数は、センサ材料1202の色の変化の速度が加速していることを示し、光学検出器1200を通過する望ましくない成分の割合が増大しつつあることを示すことができる。代わりに、アラーム信号は、時間に関してのセンサ値の一次導関数がプリセット値を超えるとときに生成され得る。例えば、プロセッサ1224は、期間の経過に対して測定された少なくとも1つのセンサ1206から受信された一連の値に対して1つの曲線を適合させ、曲線の一次導関数を計算することができる。一定のしきい値を超える一次導関数は、センサ材料1202の色が特定の速度で変化しつつあることを示し、望ましくない成分の一定のボリュームが光学検出器1200を通過しつつあることを示すことができる。プロセッサ1224は、センサ信号変化の正の勾配と負の勾配とを区別するように構成され得る。例えば、外部光汚染は、時間に関しての正の一次導関数により証明される、次第に度を増して正の検出器値を生じさせることができるのに対して、実際の有害物質検出は、時間に関しての負の一次導関数により証明される、次第に度を増して負の検出器値を生じさせることができる。当業者であれば、種々のデータセットを与えられたときに時間に関しての一次および二次導関数を計算するための多くの有効な計算方法を知っているはずである。

30

40

## 【 0 0 8 1 】

他の1つの実施形態では、少なくとも1つのセンサ1206により伝達された値のセットを、シグモイド・ベースの関数に適合することができる。例えば、そのシグモイド・ベースの関数は  $f(x) = 1 / (1 + e^{-x})$  に基づくことができ、種々の係数および加算により修正することができる。1つの実施形態では、ベース関数を修正するために使用される係数は、少なくとも1つのセンサ1206から受信された色変化が係数値のしきい値を超える係数での適合化を必要とするときにアラーム信号が生成されるように、色変化限界値のためのアラームしきい値を表すことができる。当業者であれば、シグモイド・ベース

50

の関数を用いるアルゴリズムのための多くの計算手法を知っているはずである。

【0082】

さらなる実施形態において、センサ値の絶対値の合計がプリセット値を超えるとときにアラーム信号が生成される。従って、センサ1206が赤色、青色、および緑色変化値を感知する場合には、プロセッサ1224は、いずれか1つの値がしきい値を超えるか、あるいはどの1つの値もしきい値を超えないけれども加え合わされた値の組み合わせがしきい値を超えるならば、アラーム信号を生成することができる。プロセッサ1224を、センサ1206の正および負の読み取り変化を区別するように構成することができる。プロセッサ1224を、各々の個々のセンサ1206のために異なるアラームアルゴリズムを適用するように構成することができる。例えば、図3Dに描かれている実施形態では、プロセッサ1224は、燃料電池スタックに入る直前で燃料管路内に置かれた光学検出器1200内のセンサについて燃料中の望ましくない成分のより多くの含有量がシステムに供給されつつあることを示す状態変化が知覚されたならば、偽陽性の割合がより多くなるという代償を払って、すぐにアラームを生成するように設計されたアルゴリズムを使用することができる。代わりに、プロセッサ1224は、第2のベッドが第1のベッドを突破した硫黄を全て吸収するので2つの主収着剤ベッドの間で管路内に置かれた光学検出器1200内のセンサにおいてより低い割合の偽陽性を生じさせるために、応答は比較的速くはないけれども経時変化を評価する（例えば、一次および/または二次導関数を用いて）アルゴリズムを使用することができる。プロセッサ1224は、任意のセンサ1206を用いてアラームを生成するために前述したアルゴリズムの任意の組み合わせを用いることができる。一例として、複数のアラームアルゴリズムが並行して動作し、これらのアラーム判定基準のうちの所与の数のアラーム判定基準が満たされたならば、アラーム検出が確認され得る。

10

20

【0083】

さらなる実施形態では、主流路を通る（例えば、1つ以上の主収着剤ベッドを通る）燃料の流れを、光学検出器1200を通る流れと比較することができる。そのような比較を行うために、瞬時流量に基づくかあるいは各経路を通して流れた総ボリュームに基づいて、主流路の測定値およびセンサ流の測定値を取ることができる。種々の実施形態において、主経路流のセンサ流に対する比は、センサ材料が循環した総ボリュームの数に対する1つ以上の主収着剤ベッドが循環した総ボリュームの数の示度として使用され得る。1つ以上の主収着剤ベッドと比べてセンサ材料がどれほど劣化しているかを判定するためにこの比を使用することができ、これによりセンサ材料において示される変色を1つ以上の主収着剤ベッドの劣化の反映とすることを可能にする。

30

【0084】

種々の実施形態において、システムのためのアラームしきい値は、主流路内の流量とセンサ流路内の流量との比に基づいて開発され得る。すなわち、種々の流量比において、それを超えれば、主流収着剤ベッドの健全性が劣化していることを示すことになる種々のしきい値が存在する。例えば、システムがセンサ流1ボリュームに対して主経路流1000ボリュームの流量比で動作しているとすれば、センサによって示された変色の値が100より大きければ、アラームを立てるべきであることが分かり得る。同じシステムについて、流量比がセンサ流1ボリュームに対して主経路流2000ボリュームであれば、センサによって示された変色の値が130より大きければ、アラームを立てるべきであることが分かり得る。従って、種々の実施形態において、システムは、任意の所与の流量比で許容し得るセンサ値を規定する流量比しきい値関数を持つことができる。そのような許容し得るセンサ値は、検出器値、動作開始以降の検出器値変化、検出器勾配などを含むがこれらに限定はされない任意の数のパラメータに関して提供され得る。

40

【0085】

いくつかの実施形態では、所与の時における特定のセンサ1206の信号特性を、同じセンサ1206について前に測定された信号特性と比べることができる。例えば、所与の時点における感知材料での赤色のセンサ1206の検出を示す信号を、その初めの数時間

50

の動作の間の同じセンサ 1206 による感知材料での赤色の検出を示す信号と比べることができる。さらに、いくつかの実施形態では、所与の時点で測定された特定のセンサ 1206 の信号特性を色基準サンプルと比較することができる。例えば、どのセンサ 1206 に対する基準線を確立するためにも、色校正カートリッジが存在し得る。

【0086】

他の 1 つの実施形態では、特定のセンサ 1206 からの信号を、センサ 1206 の種々の動作状態における変動を補正するために、処理することができる。センサ 1206 に対して変化し得るいくつかの動作状態の例は、いくつかを挙げれば、気体媒体流量、気体媒体温度、気体媒体圧力、センサ温度、センサキャビネット開放である。これらの変化する動作状態に基づいてセンサ信号を正規化値に補正することにより、偽アラームを回避することができる。

10

【0087】

図 2 ~ 8 A に関して前に記述したように、1 つ以上の光学検出器 1200 を燃料電池アセンブリに置くことができる。いくつかの実施形態では、燃料電池アセンブリは、図 2 ~ 8 A に関して前に記述した燃料電池スタック 105 と、燃料電池スタックに流体的に接続された、図 2 ~ 8 A に関して前に記述した燃料処理モジュール 280、380 a、380 b、380 c、380 d、480 a、480 b、480 c、480 d、500、および / または 600 などの燃料処理モジュールとを含むことができる。1 つ以上の光学検出器 1200 を、図 3 A ~ 8 A に関して前に記述した検出器 106 a ~ 106 g、506、672、671、および / または 706 のいずれかとして使用することができる。1 つ以上の光学検出器 1200 を、図 3 A ~ 8 A に関して前に記述した検出器 106 a ~ 106 g、506、672、671、および / または 706 のいずれかにおいてコンポーネントとして使用することができる。従って、1 つ以上の光学検出器 1200 を、単独でまたは追加の検出器エレメントと組み合わせ、図 7 に関して前に説明したように、燃料電池システムの燃料入口管路内および / またはスリップストリーム管路内に置くことができる。複数の光学検出器 1200 が存在する場合には、各検出器 1200 を、燃料電池システムの燃料入口管路に沿って異なる位置に置くことができる。1 つ以上の光学検出器 1200 は、1 つ以上のプロセッサ 1224 と組み合わせられて、バルブ 102 a、104、124 a、122 a、502 a、682 a、681 a、および / または 636 a などの、図 2 ~ 8 A に関して前に記述したバルブのうちの一つ以上を調整することができる。1 つ以上の光学検出器 1200 および 1 つ以上のプロセッサ 1224 は、バルブに、図 2 ~ 8 A に関して前に記述した動作をも実行させることができる。

20

30

【0088】

1 つの非限定的な例として、図 12 C に描かれているように、燃料電池アセンブリは、燃料電池スタック 105 と、燃料電池スタック 105 に流体的に接続されて燃料を燃料源 101 から燃料電池スタックに向ける燃料処理モジュール 1280 とを含むことができる。燃料処理モジュール 1280 は、主収着剤ベッド 82 a と、予備収着剤ベッド 82 b と、予備収着剤ベッド 82 b をバイパスする燃料の流れを制御するように構成されたバルブ 102 a と、主収着剤ベッド 82 a 内の望ましくない成分を検出するために図 12 A ~ 12 B に関して前に記述した 1 つ以上の光学検出器 1200 を含む光検出システムとを含む。開いているバルブ 102 a は、燃料の流れの全部または大部分に主収着剤ベッド 82 a を通過させ、導管 91 を介して予備収着剤ベッド 82 b をバイパスさせるように構成されている。望ましくない成分が検出されると、バルブ 102 a は、導管 92 を介して全ての燃料の流れに予備収着剤ベッド 82 b を通過させるように閉じられるか、あるいは導管 92 を介してより多くの燃料の流れに予備収着剤ベッド 82 b を通過させるように部分的に閉じられる。燃料処理モジュール 1280 は、図 2 ~ 8 A に関して前に記述したように、バルブ 102 a が開いているとき定常状態動作中に予備収着剤ベッド 82 b の周囲を回って流れるように燃料を向けるためにバイパス導管 91 を使用することができる。

40

【0089】

燃料処理モジュール 1280 は、図 2 ~ 8 A に関して前に記述したように、バルブ 10

50

2 a が閉じられているときに燃料に予備収着剤ベッド 8 2 b を通過させるために追加の導管 9 2 および 9 3 を使用することができる。燃料処理モジュール 1 2 8 0 を、図 2 ~ 8 A に関して前に描かれたように、追加のあるいはフェイルセーフのバルブ 1 0 4 により調整される燃料入口導管 9 4 を介して燃料電池スタック 1 0 5 に接続することができる。種々の導管およびバルブは、I / O 接続部 8 8、8 8 a ~ 8 8 c に接続することができる。燃料処理モジュール 1 2 8 0 は、図 2 ~ 8 A に関して前に記述したように、主収着剤ベッド 8 2 a 上 / 内に置かれた追加の検出器 1 0 6 b、1 0 6 c、および 1 0 6 d を含むことができる。この追加の検出器 1 0 6 b、1 0 6 c、および 1 0 6 d は、図 1 2 A ~ 1 2 B に関して前に記述した光学検出器 1 2 0 0 を含むことができる。

【 0 0 9 0 】

アラーム信号が生成される前に燃料の流れの小部分に予備収着剤ベッド 8 2 b を通過させるとともに燃料の流れの大部分に主収着剤ベッド 8 2 a を通過させるようにバルブ 1 0 2 a を開くことができる。アラーム信号が生成されたときに燃料の流れの全部または大部分に予備収着剤ベッド 8 2 b を通過させるとともに燃料の流れのゼロ部分または小部分に主収着剤ベッド 8 2 a を通過させるためにバルブ 1 0 2 a を閉じることができる。バルブ 1 0 2 a は、アラーム信号が生成される前に、導管 9 2 内の追加バルブが閉じられるとともにバルブ 1 0 2 a が開いているならば、全ての燃料の流れに主収着剤ベッド 8 2 a を通過させるように構成され得る。バルブ 1 0 2 a を、アラーム信号が生成され、バルブ 1 0 2 a が開いているときに、全ての燃料の流れに予備収着剤ベッド 8 2 b を通過させるように構成することができる。

【 0 0 9 1 】

図 1 3 は、燃料電池システムにおいて望ましくない成分を検出する実施形態の方法 1 3 0 0 を示す。この方法 1 3 0 0 は、ステップ 1 3 0 2 において、望ましくない成分が存在すれば変色するように構成された感知材料と、感知材料の変色を示すように構成された少なくとも 1 つのセンサとを含む光学検出システムを設けるステップを含む。センサは、対応する光源に結合される。感知材料、センサ、および光源は、ハウジングに封入される。いくつかの実施形態では、これは、図 1 2 A ~ 1 2 B に関して前に開示したように実行される。

【 0 0 9 2 】

方法 1 3 0 0 は、燃料電池システムの燃料流中の望ましくない成分を検出するステップを含むことができる（ステップ 1 3 0 4）。いくつかの実施形態では、望ましくない成分の検出は、図 1 2 A ~ 1 2 C に関して前に開示したように実行され得る。

【 0 0 9 3 】

方法 1 3 0 0 は、アラーム基準が満たされたときにアラーム信号を生成するステップを含むことができる（ステップ 1 3 0 6）。いくつかの実施形態では、望ましくない成分の検出は、図 1 2 A ~ 1 2 C に関して前に開示したように実行され得る。

【 0 0 9 4 】

図 1 4 は、燃料電池システムにおいて望ましくない成分を検出する他の 1 つの実施形態の方法 1 4 0 0 を示す。この方法 1 4 0 0 は、ステップ 1 4 0 2 において、望ましくない成分が存在すれば変色するように構成された感知材料と、感知材料の変色を示すように構成された少なくとも 1 つのセンサとを含む光学検出システムを設けるステップを含む。センサは、対応する光源に結合される。望ましくない成分が存在しても変色しない基準材料、および基準材料の変色を示すように構成されて光源に光学的に結合された基準センサも設けられる。いくつかの実施形態では、これは、図 1 2 A ~ 1 2 C に関して前に開示したように実行される。

【 0 0 9 5 】

方法 1 4 0 0 は、燃料電池システムの燃料流中の望ましくない成分を検出するステップをさらに含むことができる（ステップ 1 4 0 4）。いくつかの実施形態では、これは、図 1 2 A ~ 1 2 C に関して前に開示したように実行される。

【 0 0 9 6 】

10

20

30

40

50

方法 1400 は、アラーム基準が満たされたときにアラーム信号を生成するステップをさらに含むことができる（ステップ 1406）。いくつかの実施形態では、これは、図 12A ~ 12C に関して前に開示したように実行される。

【0097】

図 15 は、燃料電池システムにおいて望ましくない成分を検出する他の 1 つの実施形態の方法 1500 を示す。この方法 1500 は、望ましくない成分が存在すれば変色するように構成された感知材料と、赤色センサ、緑色センサおよび青色センサを含む少なくとも 1 つのセンサと、各色センサから色値を受け取るように構成されたプロセッサとを含む光学検出システムを設けるステップ 1502 を含むことができる。いくつかの実施形態では、これは、図 12A ~ 12B に関して前に開示したように実行される。

10

【0098】

方法 1500 は、各色センサから個々の値をプロセッサに送るステップを含むことができる（ステップ 1504）。いくつかの実施形態では、これは、図 12A ~ 12C に関して前に開示したように実行される。

【0099】

方法 1500 は、アラーム基準が満たされたときにアラーム信号を生成するステップを含むことができる（ステップ 1506）。いくつかの実施形態では、これは、図 12A ~ 12C に関して前に開示したように実行される。

【0100】

燃料電池スタックの性能測定値による突破イベント / 活性低下の検出

20

図 9 は、燃料電池スタックが望ましくない成分で活性低下するときの、数個の燃料電池スタックからの燃料電池性能測定値を示す。1 つの実施形態では、図 3A、図 3D、図 4A、図 4D、および図 6 に関して図に示して記述したモニタ 110 は、燃料電池スタック性能の劣化（または燃料電池活性低下を引き起こす突破イベント）を検出することによって燃料電池スタックの燃料電池活性低下を検出することができる。

【0101】

図 9 に示されている非限定的図解において、モニタ 110 は、燃料電池スタック 105 を動作させている間に個々のスタック電圧および / または燃料電池システムの電流を測定するか、あるいは複数の燃料電池スタック 105 を動作させている間に燃料電池システムの電流を測定することができる。燃料電池スタック 105 は、測定されたスタック電圧 901 および測定されたシステム電流 902 を持つことができる。図 9 は、おおよそ燃料電池スタック（あるいは複数の燃料電池スタック）が硫黄にさらされると、約 36 時間の動作の後にスタック電圧の約 5.5% の僅かな低下を示す。図に示されているように、望ましくない成分による燃料電池活性低下時でかつ燃料電池活性低下後に、電流はほぼ一定のままである。その後数日にわたって、スタック電圧は振動し、ついには約 90 時間（あるいは初めて硫黄にさらされた後おおよそ 2 日）で当初の値の約 15% まで低下する。同時にシステム電流はクラッシュする。

30

【0102】

1 つの実施形態では、燃料電池スタック監視システム（例えば、モニタ 110）は、燃料電池スタック電圧が所与の燃料流量について少なくとも 5% 低下したとき、燃料電池スタック 105 が突破イベントからもたらされる望ましくない成分（例えば、硫黄）にさらされていたことを検出することができる。モニタ 110 は、所与の燃料流量についてシステム電流が一定であるときにスタック電圧の振動と関連して約 5 ~ 15% の電圧低下を測定したときも、硫黄などの望ましくない成分による活性低下に帰することのできる燃料電池活性低下または突破イベントを検出することができる。従って、システムが出力電流のクラッシュを経験する前に、救済ステップ（例えば、燃料電池スタックからの電流引き出しを止めるとともに燃料電池スタックへの燃料の流れを止める、燃料の流れの少なくとも一部分に異なる収着剤ベッドを通過させる、異なる燃料源を選ぶ、燃料電池スタックへの燃料の流れを減らす、あるいは他の保守点検など）を行うことができる。

40

【0103】

50

種々の実施形態において、アラーム信号は、時間に関しての燃料電池スタック電圧および/または電流値に基づいて生成され得る。いくつかの実施形態では、燃料電池スタック監視システムのプロセッサは、1つの期間の経過に対して測定された一連の電圧および/または電流値に1つの曲線を適合させ、曲線の一次および/または二次導関数を計算することができる。例えば、一次導関数が負のしきい値より下まで低下したならば(すなわち、電圧値の曲線が急速に下がりつつあることを示したならば)、所与の燃料流量について(例えば6時間以下など、3時間以下などの所与の期間にわたる)5~15%などの少なくとも5%の電圧降下を指摘することができる。他の1つの例では、燃料電池スタック電圧測定値の一次導関数の値が正から負へあるいは逆に転換するか、および/または二次導関数が正から負の値へ転換したならば(すなわち、電圧値の曲線の陥凹部/曲率の転換を示したならば)、スタック電圧の振動を指摘することができる。種々の実施形態において、当業者であれば、所与の種々のデータセットについて時間に関しての一次および二次導関数を計算する多くの有効な計算方法を知っているはずである。

10

20

30

40

50

#### 【0104】

##### 脱硫システムの例

1つの非限定的な例において、図12A~12Bに関して前に記述した光学検出器1200は、種々の望ましくない成分の硫黄種を除去する収着剤ベッドに関連する種々の機能を実行するように構成された脱硫システムの一部であることができる。1つの実施形態では、脱硫システムは、少なくとも1つの収着剤ベッドと、少なくとも1つの硫黄センサをとまって構成された少なくとも1つの光学検出器とを含むことができる。

#### 【0105】

いくつかの実施形態では、脱硫システムの動作は、少なくとも1つの収着剤ベッドの交換のための調達、スケジューリングおよび実行のために十分な時間を提供するように構成され得る。いくつかの実施形態では、脱硫システムの動作は、少なくとも1つの収着剤ベッドの時期尚早の交換を最小にし、それにより収着剤ベッド利用を最大にすることができる。

#### 【0106】

種々の実施形態において、光学検出器を2つの硫黄センサをとまって構成することができ、各々の1つは光学検出器の入口燃料流および出口燃料流に結合される。その2つの硫黄センサは、硫黄が存在すると変色するカートリッジ(例えば、パッド)の色を監視する光学センサであることができる。一例では、光学検出器はSulfatrac(登録商標)検出器であることができ、これは気相システム中の非常に低いレベルの硫黄を検出するためにサルファトラップ社(SulfaTrap, Inc.)により市販されている。Sulfatrac(登録商標)検出器は<100ppbの硫黄除去システム突破の視覚指示を提供することができる。いくつかの実施形態では、Sulfatrac(登録商標)検出器を含む脱硫システムは、収着剤ベッド性能のリアルタイム監視およびそれに基づく自動ベッド切り替えを提供することができる。

#### 【0107】

それらが1つ以上の収着剤ベッドについて望ましくない成分の突破を適切に検出することを保証するために、光学検出器の試験を行うことができる。例えば、第1の収着剤ベッドの出口の第1の光学検出器と、第2の収着剤ベッドの出口の第2の光学検出器とを有して構成された脱硫システムにおいて、第1および第2の光学検出器の各々を、入口流および出口流に結合された硫黄センサを伴って構成することができる。光源を用いて、入口および出口センサは、変色(例えば、白/透明から黄色や、青から茶色へなど)に基づいて硫黄を感知することができる。実際の硫黄突破イベントが起こったとき(または試験を目的として起こされたとき)、時間に関しての各光学検出器の入口流および出口流での色感知値は、同じ期間に関しての実際の燃料電池スタック性能(例えば、図9に示されているような電圧および/または電流)の測定値と比較され得る。このようにして、急速に変化する出口センサ値が同じ期間中の硫黄被曝に起因する燃料電池スタック性能の低下に対応するならば、硫黄被曝が正しく検出されたことを確かめることができる。

## 【0108】

脱硫システムのためのそのような比較の例が図8C～8Dのグラフに示されている。グラフ1602は、2ベッド試験セットアップにおける第2の収着剤ベッドの出口に配置された光学検出器1200の出力に対応する。線1604aは、時間の経過にともなう入口センサの色読み取り値を反映し、線1604bは、時間の経過にともなう出口センサによる色読み取り値を反映する。データ値1604a、1604bは、図8Bに示されているものと類似する、パッドの色変化の感知された色にプロットされた白色光を検出した事例として記録され得る。時点Eにおいて、入口センサのデータ値1604a、1604bは、顕著なパッドの変色を示し始めることができ、これは、第2の収着剤ベッドからの燃料の流れが硫黄を含んでいること（すなわち、硫黄突破）を意味する。グラフ1606は、時間の経過に伴う燃料電池スタック出力電圧測定値に対応し、これは、例えば図8Dに示されているポイントBから始まる硫黄突破に起因する性能ロス（出力電圧の低下）を示す。ポイントEがポイントBに期待通りの時間窓だけ先行することが分かったならば、硫黄突破を識別する光検出システムの能力が立証され得る。従って、時点E後ではあるが、時点Bよりは前に、1つまたは複数の収着剤ベッド82aを交換するか、および/または1つまたは複数の予備ベッド82bを活性化させるべきである。ポイントCで、スタックは回復不能のダメージを被る。ポイントDは、スタックの出力電圧に対する電気化学的インピーダンス分光法試験スキャンの効果を示し、その詳細は、その全体が本願明細書において参照により援用されている、米国特許第8,652,697号明細書（特許文献2）に記載されている。

10

20

## 【0109】

従って、種々の実施形態において、1つまたは複数の収着剤ベッド82の健全性の流量比ベースの反映として検出器1200を使用することができ、ポイントEは、検出器読み取り値が、1つまたは複数の収着剤ベッド82の健全性がアクションを必要としていることを示すのに十分な顕著な総合変色（すなわち、総データ値1604a、1604b）を示したことを確認する。いくつかの実施形態では、センサデータ値から突破イベントを識別するために使用される計算に導関数を追加的にまたは代替として使用することができる。例えば、合計センサデータ値（図示せず）を形成するために入口センサのデータ値1604aおよび出口センサのデータ値1604bを加え合わせることができる。種々の実施形態において、合計センサデータ値のために一次導関数および/または二次導関数を計算することができる。一次導関数および/または二次導関数計算が、あらかじめセットされたしきい値より下がったならば、硫黄突破を検出してアラームをトリガすることができる。

30

## 【0110】

コンピュータ制御エレメント

バルブコントローラ102b、124b、122b、502b、682b、681b、636b、モニタ110、システムコントローラ890、およびデータベース811などの制御エレメントを、プロセッサ、メモリ、および特定の機能を実行する命令でプログラムされている他のコンポーネントを含む計算装置（コンピュータなど）を用いて実装するか、あるいは指定された機能を実行するように設計されたプロセッサで実装することができる。プロセッサは、本願明細書に記載された種々の実施形態の機能を含む種々の機能を実行するソフトウェア命令（アプリケーション）によって構成され得る任意のプログラ可能なマイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、または1つもしくは複数のマルチプロセッサチップであることができる。いくつかの計算装置では、複数のプロセッサを設けることができる。通例、ソフトウェアアプリケーションは、それらがアクセスされてプロセッサにロードされる前に内部メモリに記憶され得る。いくつかの計算装置では、プロセッサは、アプリケーションソフトウェア命令を記憶するのに十分な内部メモリを含むことができる。

40

## 【0111】

図10は、どの実施形態に用いるのにも適する計算装置のブロック図である。そのよう

50

な計算装置1000は、通例、揮発性メモリ1002と、ディスクもしくはソリッドステートフラッシュドライブ1003などの大容量不揮発性メモリとに結合されたプロセッサ1001を含む。通例、ソフトウェアアプリケーションは、それらがアクセスされてプロセッサ1001にロードされる前に内部メモリ1002にストアされ得る。プロセッサ1001は、アプリケーションソフトウェア命令をストアするのに十分な内部メモリを含むことができる。

#### 【0112】

計算装置1000は、プロセッサ1001に結合されたフラッシュドライブ1004およびコンパクトディスク(CD)ドライブ1005をも含むことができる。通例、計算装置1000は、マウス1007などのポインティングデバイス、キーボード1008などのユーザ入力デバイスおよびディスプレイ1009をも含む得る。計算装置1000は、データ接続もしくはネットワーク接続を確立するか、あるいはUSBもしくはFireWire(登録商標)コネクタソケットなどの外部メモリデバイスを受け入れるために、プロセッサ1001に結合されたいくつかのコネクタポート1006をも含むことができる。1つのノートブック機器構成では、コンピュータアートにおいてよく知られているように、コンピュータハウジングは、ポインティングデバイス1007、キーボード1008およびディスプレイ1009を含む。

#### 【0113】

計算装置1000はデスクトップフォームファクタを用いるものとして図に示されているが、図に示された形に限定されることを意図していない。例えば、計算装置1000のコンポーネントのいくつかあるいは全部を、デスクトップコンピュータ、ラップトップコンピュータ、ミニコンピュータ、タブレット、スマートフォン、または携帯情報端末(PDA)として実装することができる。

#### 【0114】

バルブコントローラ102b、124b、122b、502b、682b、681b、636b、モニタ110、システムコントローラ890、およびデータベース811などの種々の計算装置を、図11に示されているサーバ1100などの、市販されている多様なサーバデバイスのうちの任意のサーバデバイス上でも実装することができる。そのようなサーバ1100は、通例、揮発性メモリ1102、およびディスクドライブ1103などの大容量不揮発性メモリに結合されたプロセッサ1101を含む。サーバ1100は、プロセッサ1101に結合された外部ドライブ、コンパクトディスク(CD)、またはDVDディスクドライブ1104を含むこともできる。サーバ1100は、他のブロードキャストシステムコンピュータおよびサーバに結合されたローカルエリアネットワークなどの、ネットワーク1112とのデータ接続を確立するためにプロセッサ1101に結合されたネットワークアクセスポート1106をも含むことができる。サーバ1100は、キーボード1108、ポインタデバイス(例えば、コンピュータマウス1110)、およびディスプレイ1109などのオペレータインターフェイスをも含むことができる。

#### 【0115】

プロセッサ1001および1101は、次の種々の実施形態の機能を含む、多様な機能を実行するソフトウェア命令(アプリケーション)により構成され得る任意のプログラム可能なマイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、または1つもしくは複数のマルチプロセッサチップであることができる。いくつかのモバイル受信装置では、無線通信機能に専用される1つのプロセッサおよび他のアプリケーションを動作させるのに専用される1つのプロセッサなど、複数のプロセッサを設けることができる。通例、ソフトウェアアプリケーションを、それらがアクセスされてプロセッサ1001および1101にロードされる前に内部メモリ1002、1102、およびまたは1103に記憶することができる。プロセッサ1001および1101は、アプリケーションソフトウェア命令を記憶するのに十分な内部メモリを含むことができる。

#### 【0116】

本願明細書において開示された実施形態と関連して記載された種々の実例となる論理ブ

10

20

30

40

50

ロック、モジュール、回路、およびアルゴリズムステップを、電子ハードウェア、コンピュータソフトウェア、または両者の組み合わせとして実装することができる。ハードウェアおよびソフトウェアのこの互換性を明瞭に示すために、種々の実例となるコンポーネント、ブロック、モジュール、回路、およびステップは前に概してそれらの機能性という言い方で記述されている。そのような機能性がハードウェアとして実装されるかあるいはソフトウェアとして実装されるかは、個々のアプリケーションと、システム全体に課される設計制約による。当業者は、記述された機能性を各々の特定のアプリケーションのために種々の仕方で行うことができるが、そのような実行決定は本発明の範囲からの逸脱を引き起こすと解されるべきではない。

【0117】

本願明細書で開示された態様と関連して記載された種々の実例となるロジック、論理ブロック、モジュール、および回路を、汎用プロセッサ、デジタル信号処理装置(DSP)、特定用途向け集積回路(ASIC)、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)、あるいは本願明細書に記載された機能を実行するように設計された他のプログラム可能な論理装置、ディスクリートゲートもしくはトランジスタロジック、ディスクリートハードウェアコンポーネント、またはそれらの任意の組み合わせを用いて実装するかあるいは実行することができる。汎用プロセッサはマイクロプロセッサであり得るが、代わりに、プロセッサは任意の在来プロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、または状態マシンであってもよい。プロセッサを、例えば、DSPおよびマイクロプロセッサ、複数のマイクロプロセッサ、DSPコアと関連する1つ以上のマイクロプロセッサ、または任意の他のそのような構成の組み合わせなど、複数の計算装置の組み合わせとして実装することもできる。代わりに、いくつかのブロックまたは方法を、所与の機能に特有の回路により実行することができる。

【0118】

前述した方法についての記述は、単に実例として提供したのであって、種々の実施形態のステップが提示された順に実行されなければならないことを必要としたり、意味したりするように意図されたものではない。当業者であれば認識することができるように、前述した実施形態におけるステップの順序はいかなる順序で実行されてもよい。「その後」、「それから」、「次いで」などの語は必ずしもステップの順序を限定するべく意図してはいない。これらの語は、方法の記述を通して読み手を案内するために使用され得る。さらに、例えば冠詞を用いた単数形での特許請求の範囲の構成要素への言及は、その構成要素を単数形に限定すると解釈されるべきではない。

【0119】

開示された態様の前述したような記述は、当業者が本発明を製造したりあるいは使用したりすることを可能にするために提供されている。これらの態様に対する種々の改変は当業者であれば容易に認識できるはずである。本願明細書において定義された包括的な原理は、本発明の範囲から逸脱せず他の態様にも適用され得る。従って、本発明は、本願明細書に示された態様に限定されるべく意図されてはならず、本願明細書において開示された原理および新規な特徴と矛盾しない最も広い範囲を与えられるべきである。

10

20

30

【 図 1 A 】

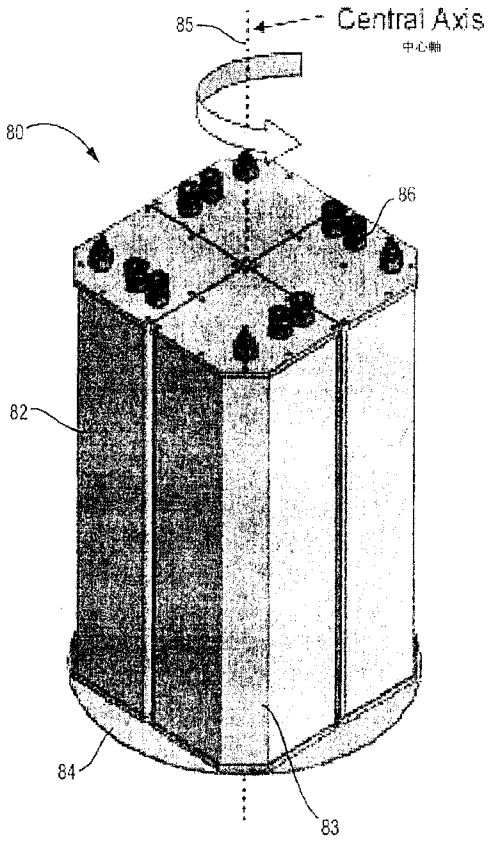


FIG. 1A

【 図 1 B 】

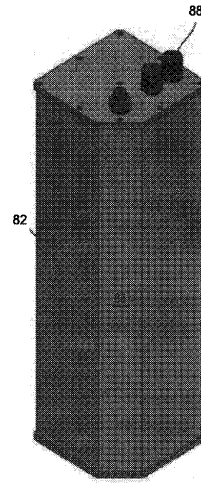


FIG. 1B

【 図 1 C 】

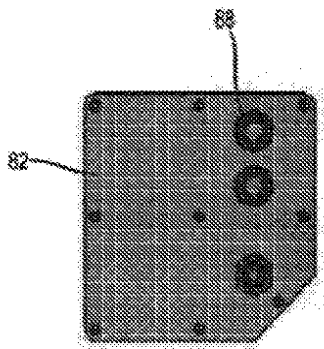


FIG. 1C

【 図 1 D 】

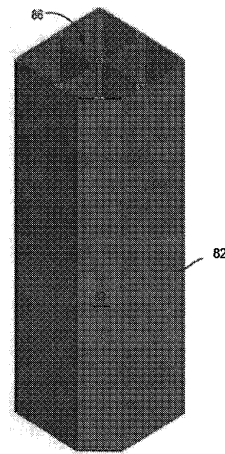


FIG. 1D

【 図 1 E 】

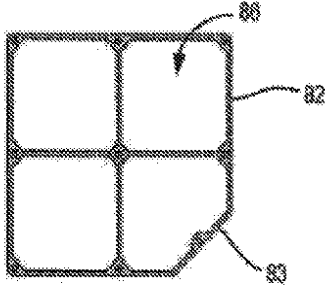


FIG. 1E

【 図 2 】

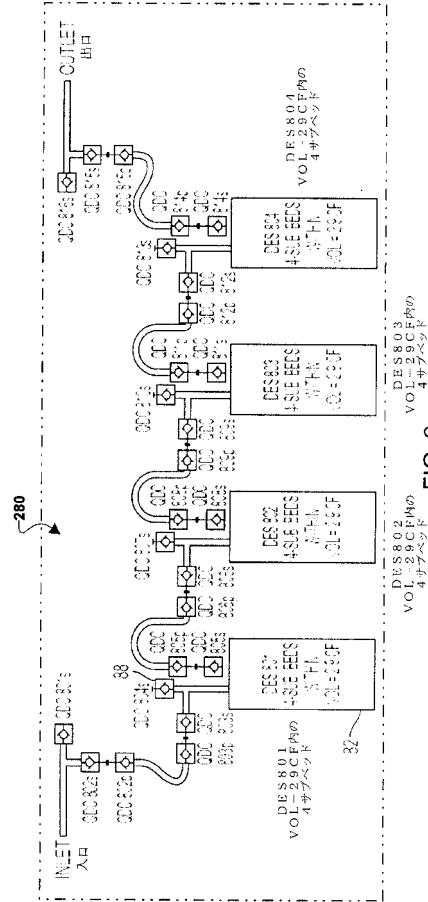


FIG. 2

【 図 3 A 】

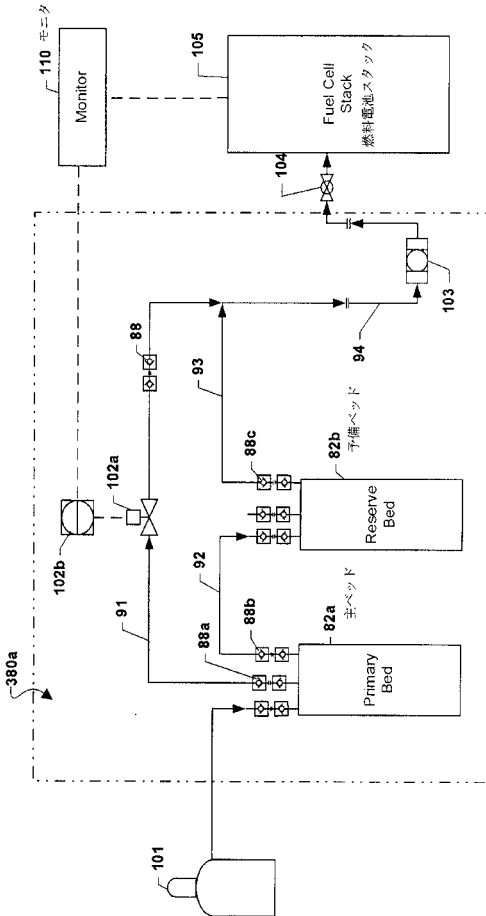


FIG. 3A

【 図 3 B 】

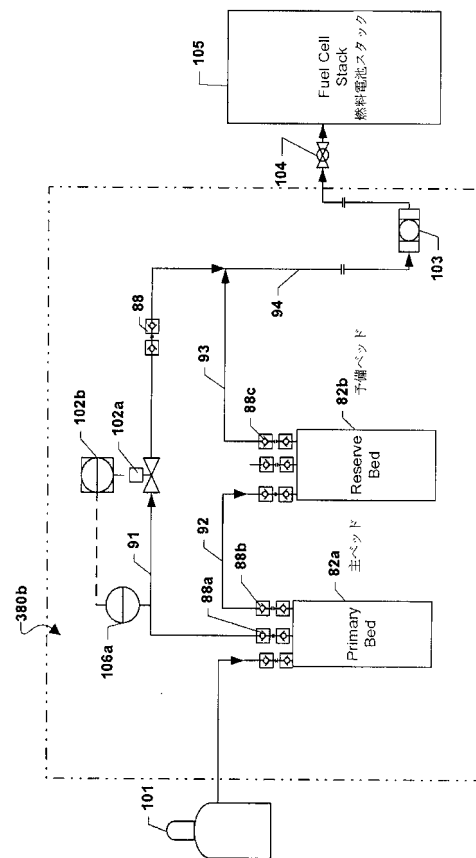


FIG. 3B

【図 3 C】

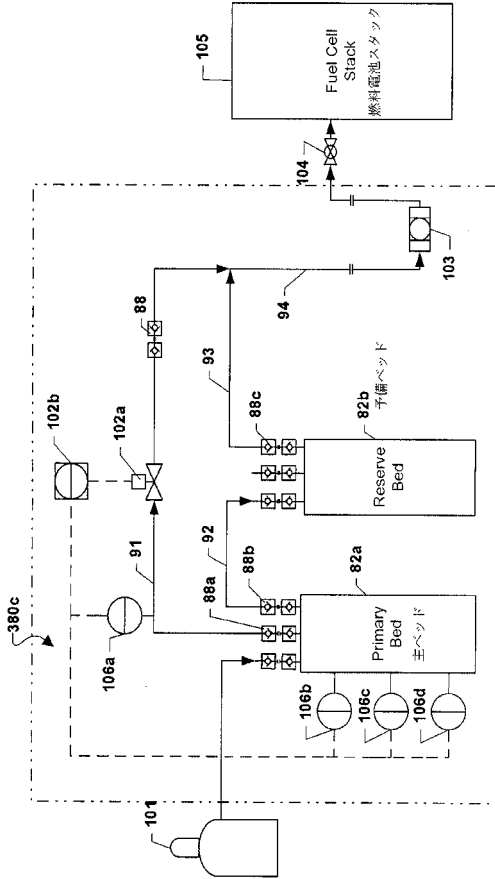


FIG. 3C

【図 3 D】

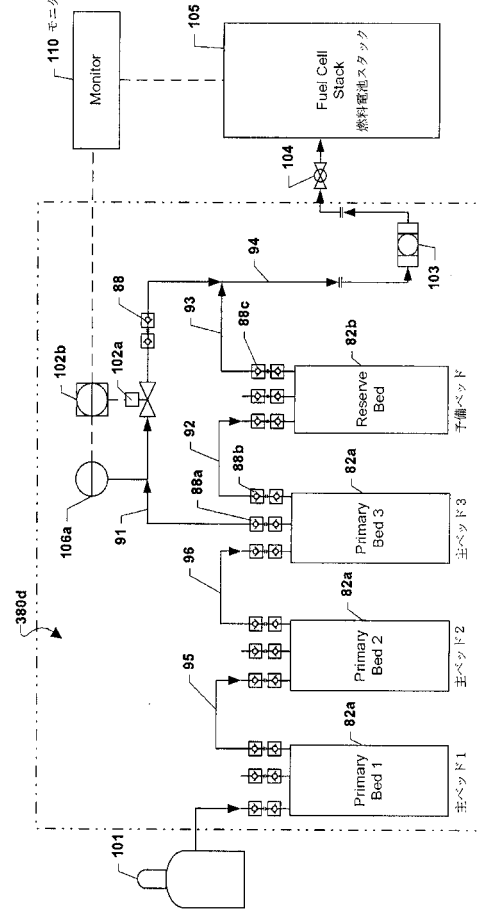


FIG. 3D

【図 3 E】

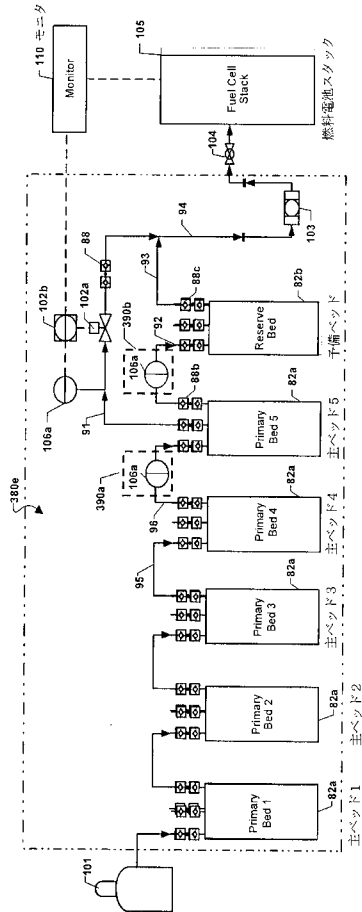


FIG. 3E

【図 3 F】

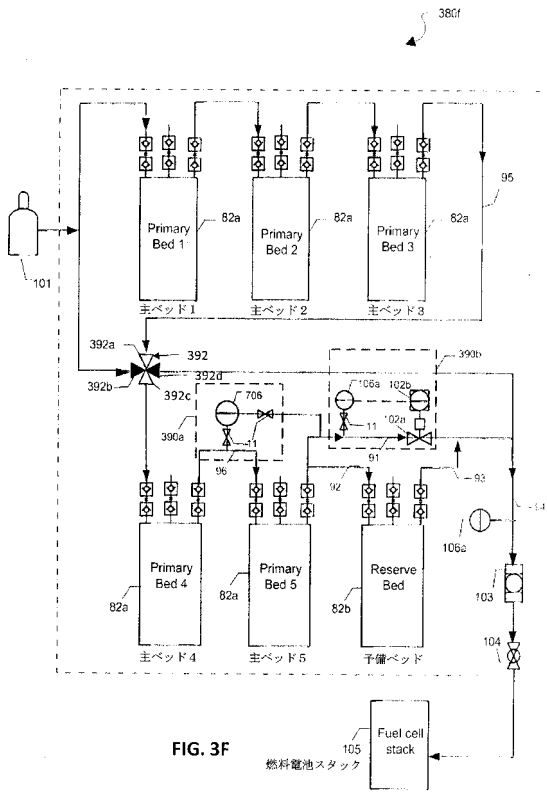


FIG. 3F

【 図 4 A 】

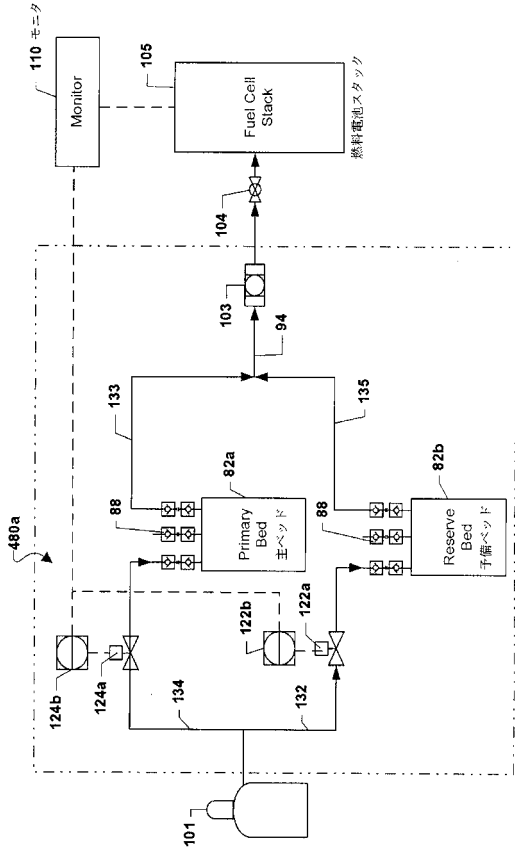


FIG. 4A

【 図 4 B 】

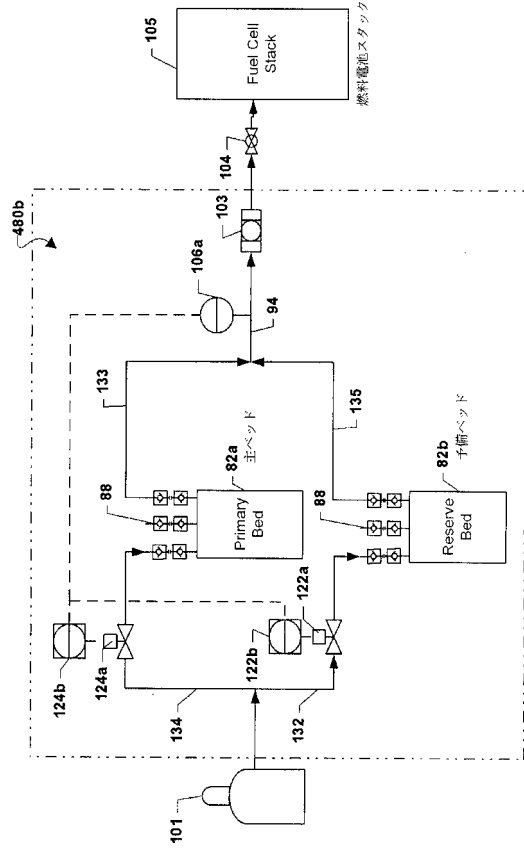


FIG. 4B

【 図 4 C 】

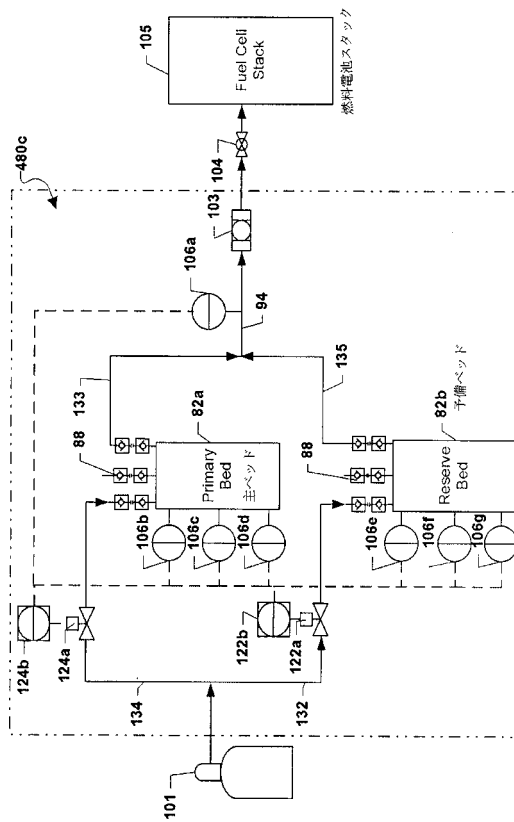


FIG. 4C

【 図 4 D 】

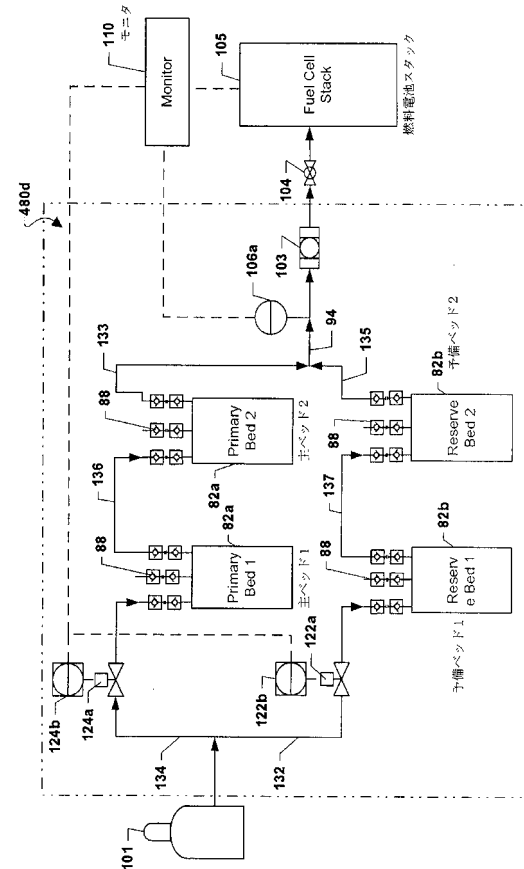


FIG. 4D

【図 5】

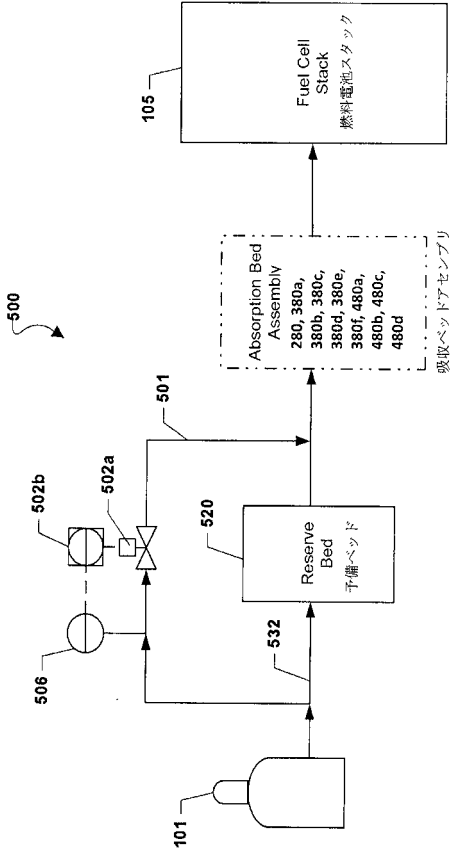


FIG. 5

【図 6】

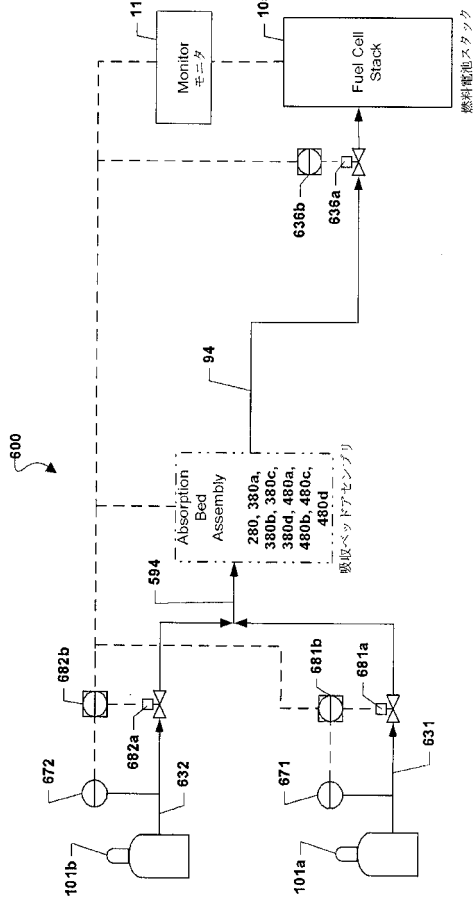


FIG. 6

【図 7】

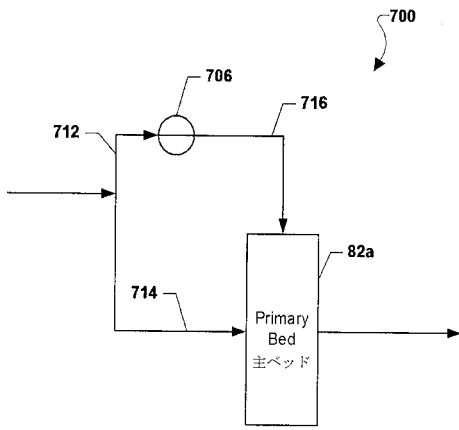


FIG. 7

【図 8 A】

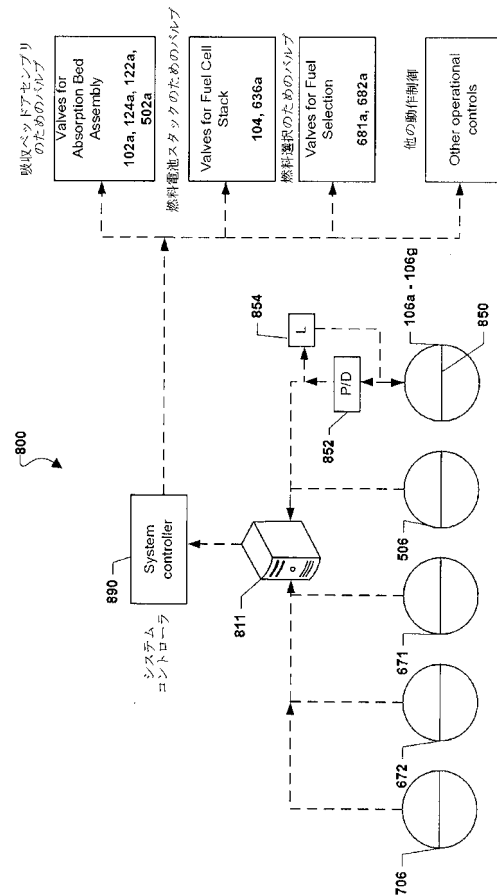


FIG. 8A

【 図 8 B 】

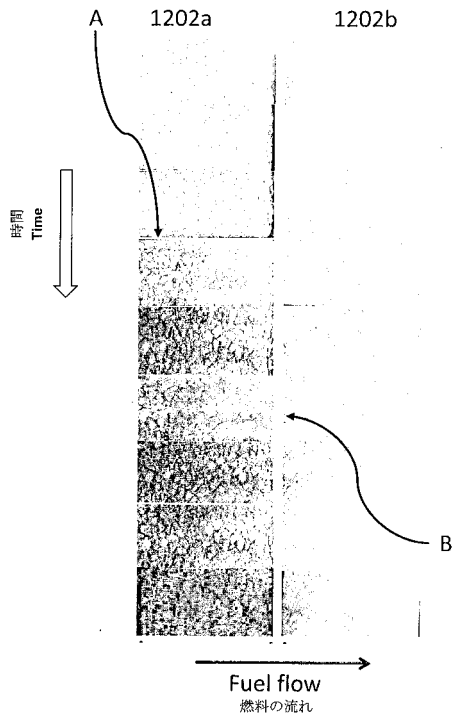


FIG. 8B

【 図 8 C 】

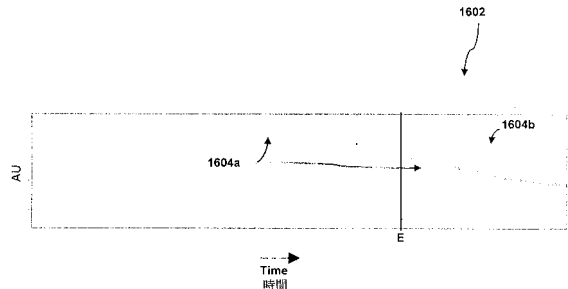


FIG. 8C

【 図 8 D 】

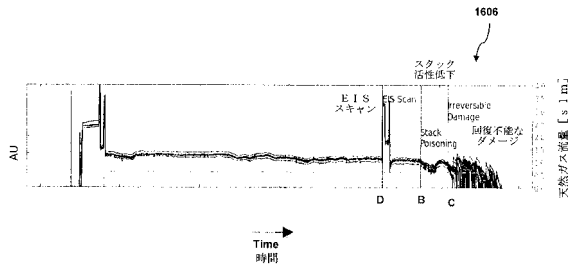


FIG. 8D

【 図 9 】

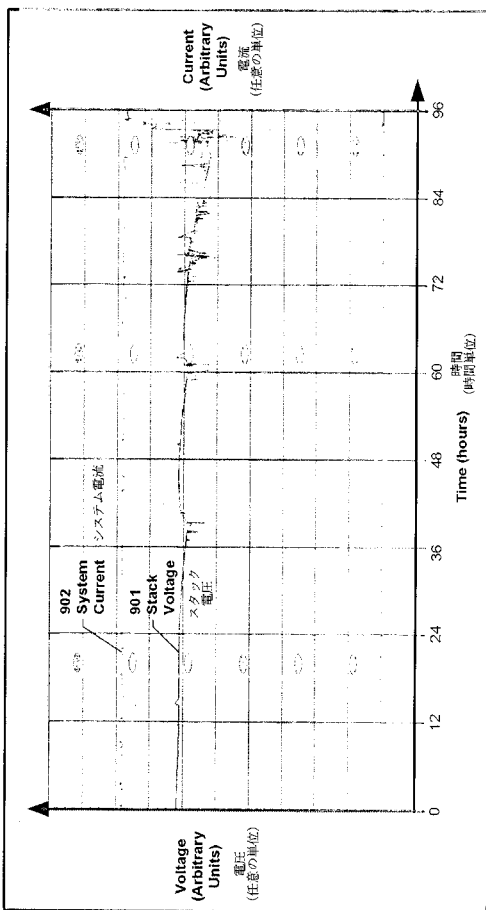


FIG. 9

【 図 10 】

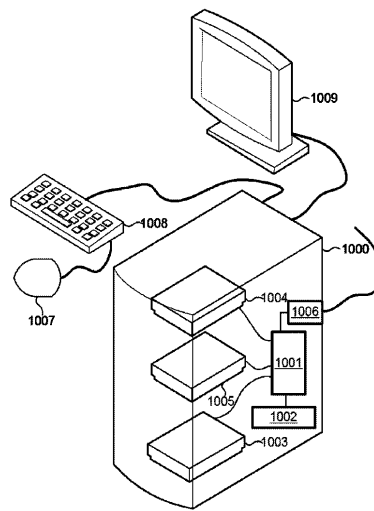


FIG. 10

【 図 1 1 】

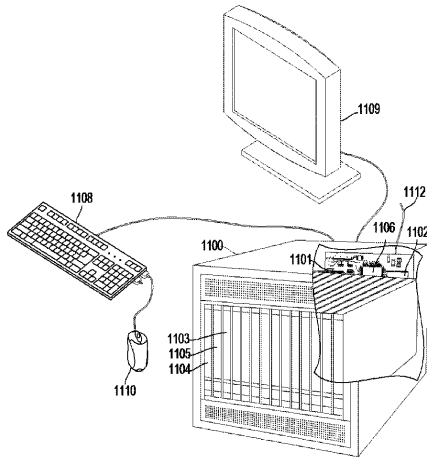


FIG. 11

【 図 1 2 A 】

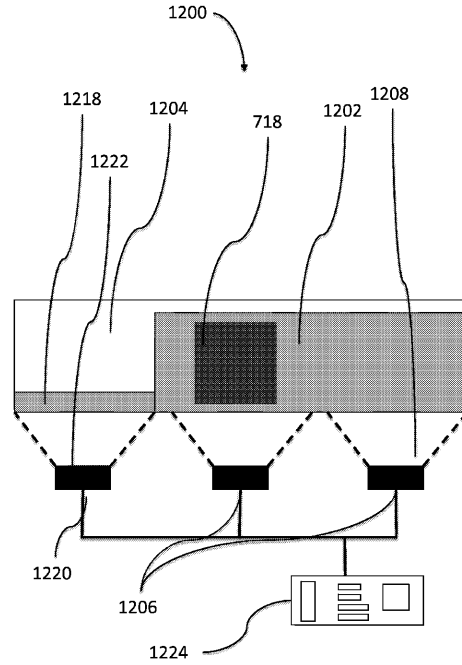


FIG. 12A

【 図 1 2 B 】

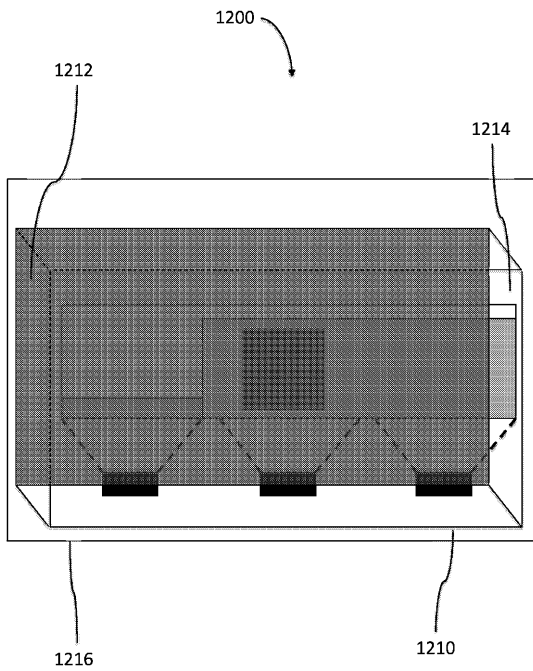


FIG. 12B

【 図 1 2 C 】

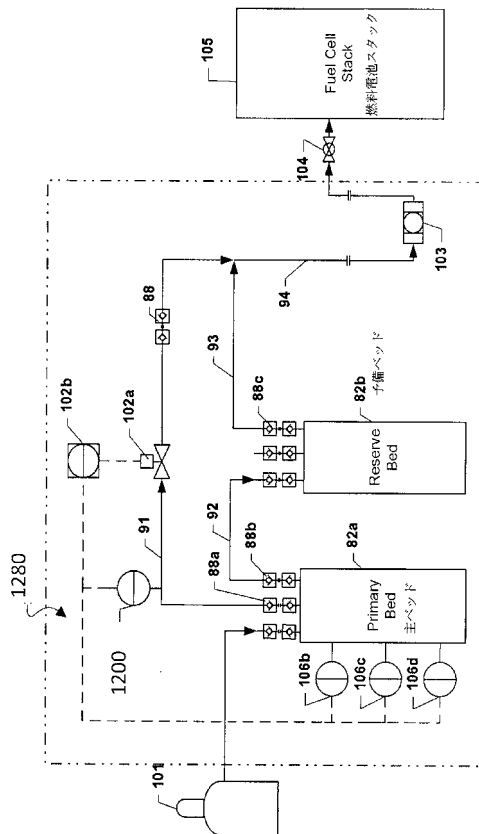


FIG. 12C

【 図 1 3 】

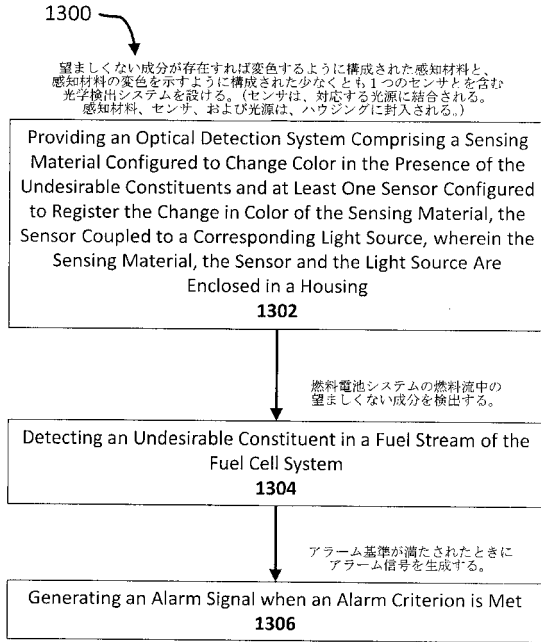


FIG. 13

【 図 1 4 】

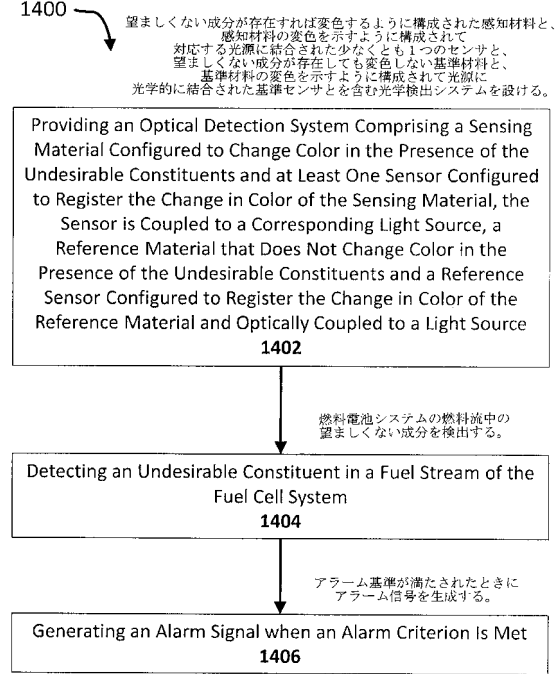


FIG. 14

【 図 1 5 】

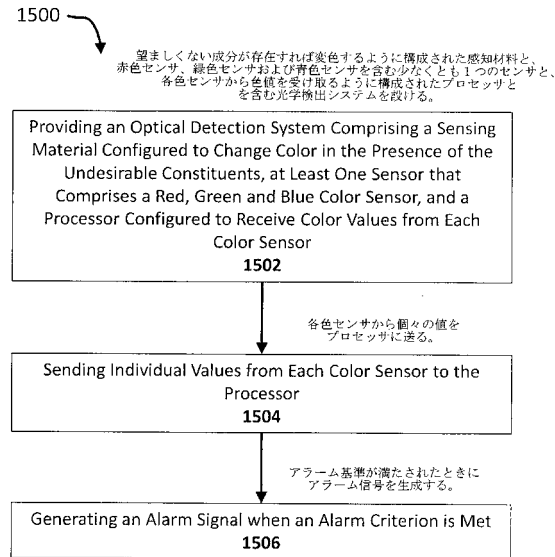

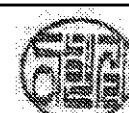


FIG. 15

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. <b>PCT/US2015/010137</b>
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <b>G01N 21/25(2006.01)i, G01N 21/27(2006.01)i, H01M 8/04(2006.01)i</b>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01N 21/25; H01M 8/04; C12Q 1/02; B01D 53/06; G01N 21/00; B01J 37/34; C12M 1/34; B01J 38/00; G01N 21/27		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eCOMPASS(KIPO internal) & Keywords: optical detection, fuel cell, color, voltage, sorbent bed, valve and sensor		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2009-0029208 A1 (KATIKANENI et al.) 29 January 2009 See paragraphs [0002], [0029]-[0066], [0103] and figures 1-3A.	1-2, 4-5, 13-33 ,35-36, 43-63, 78 ,80-81, 92-97 ,108-113
Y		3, 6-12, 34, 37-42 ,64-65, 68-77, 79 ,82-91, 98-107
A		66-67
Y	US 2009-0197296 A1 (MARTIN et al.) 06 August 2009 See paragraphs [0021]-[0025].	3, 6-12, 34, 37-42 ,68-77
Y	US 2008-0289496 A1 (POSHUSTA et al.) 27 November 2008 See paragraph [0071].	64, 79, 82-91, 98-107
Y	US 2007-0224472 A1 (FUJITA et al.) 27 September 2007 See paragraphs [0053]-[0055].	65, 89, 105
A	US 2010-0216628 A1 (VANDERSPURT et al.) 26 August 2010 See claims 1-8 and figures 1-4C.	1-113
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" 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 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "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) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"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 "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 "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 "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 30 April 2015 (30.04.2015)		Date of mailing of the international search report <b>30 April 2015 (30.04.2015)</b>
Name and mailing address of the ISA/KR  International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon Metropolitan City, 302-701, Republic of Korea Facsimile No. ++82 42 472 7140		Authorized officer LEE, Hun Gil Telephone No. +82-42-481-8525 

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No.

**PCT/US2015/010137**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009-0029208 A1	29/01/2009	CN 101779308 A	14/07/2010
		EP 2181467 A1	05/05/2010
		JP 2010-534401 A	04/11/2010
		KR 10-2010-0044828 A	30/04/2010
		WO 2009-014822 A1	29/01/2009
US 2009-0197296 A1	06/08/2009	AU 2009-208676 A1	06/08/2009
		AU 2009-208676 B2	26/06/2014
		CN 101932721 A	29/12/2010
		CN 101932721 B	04/02/2015
		EP 2238259 A2	13/10/2010
		EP 2238259 A4	23/03/2011
		KR 10-2010-0107492 A	05/10/2010
		RU 2010136028 A	10/03/2012
		RU 2519339 C2	10/06/2014
		US 8247220 B2	21/08/2012
		WO 2009-095826 A2	06/08/2009
		WO 2009-095826 A3	12/11/2009
US 2008-0289496 A1	27/11/2008	EP 1888714 A2	20/02/2008
		US 2006-0076270 A1	13/04/2006
		US 7344686 B2	18/03/2008
		US 7837862 B2	23/11/2010
		WO 2007-142614 A2	13/12/2007
		WO 2007-142614 A3	31/07/2008
US 2007-0224472 A1	27/09/2007	CN 101047260 A	03/10/2007
		JP 2007-265695 A	11/10/2007
		JP 5105758 B2	26/12/2012
		KR 10-0815781 B1	20/03/2008
		KR 10-2007-0096929 A	02/10/2007
		US 7651807 B2	26/01/2010
US 2010-0216628 A1	26/08/2010	US 2007-0225155 A1	27/09/2007
		US 7744824 B2	29/06/2010
		US 8466079 B2	18/06/2013

## フロントページの続き

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72) 発明者 トレビスン, ディビッド  
アメリカ合衆国、94089、カリフォルニア州、サニーベール、オルレアン ドライブ 129  
9、ブルーム エネルギー コーポレーション内

(72) 発明者 ラマニ, ベンカット  
アメリカ合衆国、94089、カリフォルニア州、サニーベール、オルレアン ドライブ 129  
9、ブルーム エネルギー コーポレーション内

(72) 発明者 キャンベル, エマ  
アメリカ合衆国、94089、カリフォルニア州、サニーベール、オルレアン ドライブ 129  
9、ブルーム エネルギー コーポレーション内

(72) 発明者 マーラー, ジェシカ  
アメリカ合衆国、94089、カリフォルニア州、サニーベール、オルレアン ドライブ 129  
9、ブルーム エネルギー コーポレーション内

(72) 発明者 ライト, マイケル  
アメリカ合衆国、94089、カリフォルニア州、サニーベール、オルレアン ドライブ 129  
9、ブルーム エネルギー コーポレーション内

(72) 発明者 シュレイバー, ジェフリー  
アメリカ合衆国、94089、カリフォルニア州、サニーベール、オルレアン ドライブ 129  
9、ブルーム エネルギー コーポレーション内

F ターム(参考) 2G054 AA02 CA08 CA10 CA11 CE02 EA06 FA01 FA12 GA03 JA01  
JA02 JA05 JA08  
5H127 AC05 AC07 AC14 BA05 BA17 BA18 BA21 BA59 DB02 DB03  
DB05 DB06 DB07 DB08 DB09 DB42 DB56 DC02 DC08 DC99  
EE12 EE27