

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5778131号
(P5778131)

(45) 発行日 平成27年9月16日(2015.9.16)

(24) 登録日 平成27年7月17日(2015.7.17)

(51) Int.Cl.	F 1	
CO 1 B 3/06	(2006.01)	CO 1 B 3/06
CO 1 B 3/56	(2006.01)	CO 1 B 3/56
CO 1 B 3/50	(2006.01)	CO 1 B 3/50
HO 1 M 8/06	(2006.01)	HO 1 M 8/06
HO 1 M 8/10	(2006.01)	HO 1 M 8/10

請求項の数 50 (全 61 頁)

(21) 出願番号	特願2012-503628 (P2012-503628)
(86) (22) 出願日	平成22年3月30日 (2010.3.30)
(65) 公表番号	特表2012-522716 (P2012-522716A)
(43) 公表日	平成24年9月27日 (2012.9.27)
(86) 國際出願番号	PCT/US2010/029257
(87) 國際公開番号	W02010/114849
(87) 國際公開日	平成22年10月7日 (2010.10.7)
審査請求日	平成25年3月11日 (2013.3.11)
(31) 優先権主張番号	61/185,579
(32) 優先日	平成21年6月9日 (2009.6.9)
(33) 優先権主張国	米国(US)
(31) 優先権主張番号	61/164,888
(32) 優先日	平成21年3月30日 (2009.3.30)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	504175659 インテリジェント エナジー リミテッド INTELLIGENT ENERGY LIMITED イギリス国 エルイー11 3ジーピー レスター・シャー ラフバラ・アシュビー ロード ホリウェル パーク チャーン ウッド ビルディング
(74) 代理人	100078282 弁理士 山本 秀策
(74) 代理人	100113413 弁理士 森下 夏樹
(74) 代理人	100181674 弁理士 飯田 貴敏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ナトリウムシリサイドおよびナトリウムシリカゲル物質を使用する水素生成システムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水素ガスを生成するためのシステムであって、

第1の端部および第2の端部を有する反応器であって、前記反応器は、反応燃料物質を含む反応チャンバと、溶液入口ポートおよび水素出口ポートとを含み、前記水素出口ポートは、工業用用途に取り付け可能である、反応器を備え、

前記反応チャンバは、前記反応器の前記第1の端部に対応する第1の端部と、前記反応器の前記第2の端部に対応する第2の端部とを有し、

前記反応器は、前記反応チャンバの前記第1の端部に第1の水素膜を備え、前記システムが水素ガスを生成しているとき、水素は、前記第1の水素膜を通過して、前記水素出口ポートに出て行き、

前記溶液入口ポートは、前記反応器の前記第1の端部または前記第2の端部のいずれかに位置付けられ、前記溶液入口ポートは、前記反応チャンバに水溶液を送達することができる、それによって、

(a) 前記溶液入口ポートが前記第1の端部に位置付けられる場合、前記反応器は、前記第1の水素膜を通して前記反応チャンバの前記第1の端部の中に、前記水溶液を分配するように構成され、

(b) 前記溶液入口ポートが前記第2の端部に位置付けられる場合、前記反応器は、散布器を通して前記反応チャンバの前記第2の端部の中に、前記水溶液を分配するように構

10

20

成される、
システム。

【請求項 2】

前記反応燃料物質は、ナトリウムシリサイド粉末、またはナトリウムシリカゲルのうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 1 に記載の水素ガスを生成するシステム。

【請求項 3】

前記水溶液は、共反応剤、凝集剤、腐食防止剤、熱物理的添加剤、塩基、酸、またはそれらの組み合わせのうちの少なくとも 1 つから選択される添加剤を含有する、請求項 1 に記載の水素ガスを生成するシステム。

【請求項 4】

前記反応燃料物質はさらに、共反応剤、凝集剤、腐食防止剤、熱物理的添加剤、酸、塩基、またはそれらの組み合わせを含む、添加剤を含有する、請求項 1 に記載の水素ガスを生成するシステム。

【請求項 5】

前記反応燃料物質は、前記水溶液の前に前記反応器に事前に添加される、請求項 1 に記載の水素ガスを生成するシステム。

【請求項 6】

前記工業用用途は燃料電池である、請求項 1 に記載の水素ガスを生成するシステム。

【請求項 7】

前記水素出口ポートからの前記生成された水素ガス内に存在する水を凝縮するための凝縮器をさらに備える、請求項 1 に記載の水素ガスを生成するシステム。

【請求項 8】

前記水溶液を前記溶液入口充填ポートに提供するための外部供給源をさらに備える、請求項 1 に記載の水素ガスを生成するシステム。

【請求項 9】

化学フィルタ、デシカントフィルタ、粗媒体フィルタ、ドライヤフィルタ、または二次反応器チャンバのうちの少なくとも 1 つをさらに備える、請求項 1 に記載の水素ガスを生成するシステム。

【請求項 10】

圧力変換器、逃し弁、水素封止逆止弁、ファン、熱交換器、または反応器冷却源のうちの少なくとも 1 つをさらに備える、請求項 1 に記載の水素ガスを生成するシステム。

【請求項 11】

反応廃液を再生し、前記再生反応廃液を前記反応器に戻すための再捕捉容器をさらに備える、請求項 1 に記載の水素ガスを生成するシステム。

【請求項 12】

前記反応器は、複数の溶液入口ポートを含む、請求項 1 に記載の水素を生成するシステム。

【請求項 13】

前記水溶液を前記反応器内の前記反応燃料物質に添加するための、手動ポンプ、電池電源式ポンプ、または外部電源式ポンプのうちの少なくとも 1 つをさらに備える、請求項 1 に記載の水素を生成するシステム。

【請求項 14】

前記反応器は、使い捨て、分離可能、または再利用のうちの少なくとも 1 つのために構成される、請求項 1 に記載の水素を生成するシステム。

【請求項 15】

再充填または除去のうちの少なくとも 1 つのために構成される、水溶液容器をさらに備える、請求項 1 に記載の水素を生成するシステム。

【請求項 16】

前記水溶液は、前記生成された水素のための化学フィルタまたは微粒子フィルタのうちの少なくとも 1 つである、請求項 1 に記載の水素を生成するシステム。

10

20

30

40

50

【請求項 17】

前記反応器内の前記反応燃料物質および前記水溶液の反応の少なくとも1つのパラメータを監視するための監視デバイスをさらに備え、前記監視デバイスは、前記反応器内の温度、導電率、前記反応器内の圧力、反応物の重量、未反応反応燃料物質の量、反応の経過時間、前記反応器内の水溶液の量、添加される水溶液の量、または前記反応器に添加される水溶液の最大量のうちの少なくとも1つを監視する、請求項1に記載の水素を生成するシステム。

【請求項 18】

前記反応器への付加的な反応物質の添加、前記反応器への付加的な水溶液の添加、前記反応器からの廃棄物の除去、前記反応器の冷却、前記反応器の加熱、前記反応物質と前記水溶液との組み合わせの混合、または前記圧力を低下させるための前記反応器の抽気のうちの1つを実行することによって、温度、導電率、圧力、または反応物の重量のうちの少なくとも1つを変更するための反応制御デバイスをさらに備える、請求項17に記載の水素を生成するシステム。

10

【請求項 19】

前記反応の前記少なくとも1つの監視パラメータを表示するためのディスプレイデバイスをさらに備える、請求項17に記載の水素を生成するシステム。

【請求項 20】

前記反応器は、迅速な反応用途の開始を促進するように事前に加圧される、請求項1に記載の水素を生成するシステム。

20

【請求項 21】

前記反応器は、前記反応器および着脱式キャップが再利用可能であるように、前記着脱式キャップを受容し、機械的に固着するように構成される、請求項1に記載の水素を生成するシステム。

【請求項 22】

水素ガスを生成する方法であって、

溶液入口充填ポートを介して反応器内に含まれる反応物質に水溶液を添加して、水素ガスを生成することと、

前記反応器からの前記生成された水素ガスを、水素出口ポートを介して工業用用途に送ることと

30

を含み、

前記反応器は、第1の端部および第2の端部を有し、前記反応器は、反応燃料物質を含むことが可能な反応チャンバと、溶液入口ポートおよび水素出口ポートとを含み、前記水素出口ポートは、工業用用途に取り付け可能であり、

前記反応チャンバは、前記反応器の前記第1の端部に対応する第1の端部と、前記反応器の前記第2の端部に対応する第2の端部とを有し、

前記反応器は、前記反応チャンバの前記第1の端部に第1の水素膜を備え、前記システムが水素ガスを生成しているとき、水素は、前記第1の水素膜を通過し得、

前記溶液入口ポートは、前記反応器の前記第1の端部または前記第2の端部のいずれかに位置付けられ、前記溶液入口ポートは、前記反応チャンバに水溶液を送達することができる、それによって、

40

(a) 前記溶液入口ポートが前記第1の端部に位置付けられる場合、前記反応器は、前記第1の水素膜を通して前記反応チャンバの前記第1の端部の中に、前記水溶液を分配するように構成され、

(b) 前記溶液入口ポートが前記第2の端部に位置付けられる場合、前記反応器は、散布器を通して前記反応チャンバの前記第2の端部の中に、前記水溶液を分配するように構成される、

方法。

【請求項 23】

前記反応物質は、ナトリウムシリサイド粉末、またはナトリウムシリカゲルのうちの少

50

なくとも 1 つを含む、請求項 2 2 に記載の水素ガスを生成する方法。

【請求項 2 4】

前記水溶液はさらに、共反応剤、凝集剤、腐食防止剤、熱物理的添加剤、酸、塩基、またはそれらの組み合わせのうちの少なくとも 1 つから選択される添加剤を含有する、請求項 2 2 に記載の水素ガスを生成する方法。

【請求項 2 5】

前記反応燃料物質はさらに、共反応剤、凝集剤、腐食防止剤、熱物理的添加剤、酸、塩基、またはそれらの組み合わせのうちの少なくとも 1 つを含む、添加剤を含有する、請求項 2 2 に記載の水素ガスを生成するシステム。

【請求項 2 6】

生成された水素ガスを水素分離膜でろ過することをさらに含む、請求項 2 2 に記載の水素ガスを生成する方法。

【請求項 2 7】

前記工業用用途は燃料電池である、請求項 2 2 に記載の水素ガスを生成する方法。

【請求項 2 8】

前記生成された水素ガスから水を凝縮することをさらに含む、請求項 2 2 に記載の水素ガスを生成する方法。

【請求項 2 9】

前記凝縮水を前記反応器または水再捕捉容器のうちの少なくとも 1 つのために再生することをさらに含む、請求項 2 8 に記載の水素を生成する方法。

【請求項 3 0】

前記反応器内の前記反応物への前記水溶液の添加は複数の溶液入口を使用して実行される、請求項 2 2 に記載の水素を生成する方法。

【請求項 3 1】

前記反応器内の前記反応物への前記水溶液の添加は、手動ポンプ、電池電源式ポンプ、または外部電源式ポンプのうちの少なくとも 1 つを使用して実行される、請求項 2 2 に記載の水素を生成する方法。

【請求項 3 2】

前記水溶液は、前記生成された水素のための化学フィルタまたは微粒子フィルタのうちの少なくとも 1 つである、請求項 2 2 に記載の水素を生成する方法。

【請求項 3 3】

前記反応器内の前記反応物質および前記水溶液の反応の少なくとも 1 つのパラメータを評価することをさらに含み、前記評価は、前記反応器内の温度、導電率、前記反応器内の圧力、反応物の重量、未反応反応物質の量、反応の経過時間、前記反応器内の水溶液の量、または前記反応器に添加される水溶液の最大量のうちの少なくとも 1 つの監視を含む、請求項 2 2 に記載の水素を生成する方法。

【請求項 3 4】

温度、導電率、圧力、反応物の重量、未反応反応物質の量、反応の経過時間、前記反応器内の水溶液の量、または前記反応器に添加される水溶液の最大量のうちの前記少なくとも 1 つが、前記反応を継続できる規定範囲外であるときに、前記反応器内の前記反応物質と前記水溶液との組み合わせによって生成された反応を制御することをさらに含む、請求項 3 3 に記載の水素を生成する方法。

【請求項 3 5】

前記反応の制御は、前記反応器への付加的反応物質の添加、前記反応器への付加的な水溶液の添加、前記反応器からの廃棄物の除去、前記反応器の冷却、前記反応器の加熱、前記反応物質と前記水溶液との組み合わせの混合、または圧力を低下させるための前記反応器の抽気のうちの少なくとも 1 つを実行することを含む、請求項 3 4 に記載の水素を生成する方法。

【請求項 3 6】

システムディスプレイデバイス上に監視されたシステム特性を表示することをさらに含

10

20

30

40

50

む、請求項 3 3 に記載の水素を生成する方法。

【請求項 3 7】

前記反応物質、前記水溶液、前記水素ガス、または前記反応廃棄物のうちの少なくとも 1 つをろ過することをさらに含む、請求項 2 2 に記載の水素を生成する方法。

【請求項 3 8】

ろ過は、未反応反応物質および水溶液から廃棄物を分離するために、液体透過性スクリーンを使用して実行される、請求項 3 7 に記載の水素を生成する方法。

【請求項 3 9】

ろ過は、水素分離膜、化学フィルタ、デシカントフィルタ、粗媒体フィルタ、ドライヤフィルタ、または二次反応器チャンバのうちの少なくとも 1 つを使用して実行される、請求項 3 7 に記載の水素を生成する方法。 10

【請求項 4 0】

水素分離膜、化学フィルタ、デシカントフィルタ、粗媒体フィルタ、ドライヤフィルタ、または二次反応器チャンバのうちの前記少なくとも 1 つを、前記水溶液の一部で洗浄することをさらに含む、請求項 3 9 に記載の水素ガスを生成する方法。

【請求項 4 1】

前記水溶液の前記一部を前記反応器の領域に誘導して、前記反応物質および前記水溶液の前記組み合わせから生じる廃棄物を再捕捉することをさらに含む、請求項 4 0 に記載の水素を生成する方法。

【請求項 4 2】

前記水溶液の前記一部を前記二次反応器チャンバに添加することと、前記生成された水素ガスを前記水溶液の前記一部を通じて通過させることと、をさらに含む、請求項 4 1 に記載の水素を生成する方法。 20

【請求項 4 3】

生成された水素を前記水溶液に通過させ、微粒子収集、化学ろ過、加湿、または凝縮のうちの少なくとも 1 つを実行することをさらに含む、請求項 2 2 に記載の水素を生成する方法。

【請求項 4 4】

前記溶液入口ポートは、前記反応器の前記第 1 の端部に位置付けられ、前記溶液入口ポートは、前記反応チャンバに水溶液を送達することが可能であり、それによって、前記反応器は、前記第 1 の水素膜を通して前記反応チャンバの前記第 1 の端部の中に、前記水溶液を分配するように構成される、請求項 1 に記載の水素ガスを生成するシステム。 30

【請求項 4 5】

前記反応器の前記第 1 の端部は、前記反応器の前記第 2 の端部の上に位置付けられ、それによって、前記溶液入口ポートによって送達された前記水溶液は、前記第 1 の水素膜を下方に通過して前記反応チャンバの中に入る、請求項 4 4 に記載の水素ガスを生成するシステム。

【請求項 4 6】

前記溶液入口ポートは、前記反応器の前記第 2 の端部に位置付けられ、前記溶液入口ポートは、前記反応チャンバの前記第 2 の端部の中に通じる散布器を通して、前記反応チャンバに水溶液を送達することが可能である、請求項 1 に記載の水素ガスを生成するシステム。 40

【請求項 4 7】

前記反応器の前記第 1 の端部は、前記反応器の前記第 2 の端部の上に位置付けられる、請求項 4 6 に記載の水素ガスを生成するシステム。

【請求項 4 8】

前記第 1 の水素分離膜と前記反応チャンバとの間に配置されている第 2 の分離膜をさらに備え、前記第 2 の膜は、前記第 1 の水素分離膜よりも粗い多孔性を有する、請求項 1 に記載の水素ガスを生成するシステム。

【請求項 4 9】

10

20

30

40

50

前記第1の水素分離膜または第2の膜のうちの少なくとも1つは、コーン状である、請求項1または請求項4-8に記載の水素ガスを生成するシステム。

【請求項50】

前記第1の水素分離膜または第2の分離膜のいずれかに方向付けられている管をさらに備え、前記管は、水溶液を送達して、前記第1の膜または第2の膜のフィルタ表面を清浄することが可能である、請求項1または請求項4-8に記載の水素ガスを生成するシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

関連出願の相互参照

本出願は、2009年3月30日に出願された米国特許仮出願第61/164,888号、および2009年6月6日に出願された米国特許仮出願第61/185,579号の優先権の利益を主張し、それらの全体の開示は、参考することにより本明細書に組み込まれる。

【0002】

連邦政府による資金提供を受けた研究または開発

本発明は、米国エネルギー省によって認められた、DE-FG36-08GO88108の契約番号の下、政府の支援により行われた。米国政府は、本発明において一定の権利を有する。

20

【0003】

本技術は、概して、反応燃料物質および水溶液を使用して、水素を生成するシステムおよび方法に関し、より具体的には、水または水溶液と反応させられたときに、ナトリウムシリサイド、ナトリウムシリカゲル、または多成分混合物を使用して、水素を生成するシステムおよび方法に関する。

【背景技術】

【0004】

燃料電池は、外部燃料源を電流に変換する、電気化学的エネルギー変換デバイスである。多くの一般的燃料電池は、燃料として水素を、酸化剤として酸素（典型的には、空中から）を使用する。かかる燃料電池の副生成物は、水であり、燃料電池が電力を生成するために、環境影響が非常に低いデバイスになる。

30

【0005】

燃料電池は、ガソリンタービン、内燃エンジン、および電池等の電力を生成するための多くの他の技術と競合する。燃料電池は、定置発電、照明、バックアップ電力、家庭用電化製品、個人用移動デバイス（電気自転車等）、ならびに造園装置、およびその他を含む、数々の用途に使用することができる、直流（DC）電圧を提供する。使用可能な多種多様な燃料電池が存在し、それぞれは、異なる化学的性質を使用して、電力を生成する。燃料電池は、通常、それらの動作温度およびそれらが使用する電解質系の種類に従い分類される。一般的な燃料電池の1つは、燃料として水素を、その酸化剤として酸素（通常、空気）を使用する、ポリマー交換膜燃料電池（PEMFC）である。高電力密度、および通常80未満の低動作温度を有する。これらの燃料電池は、適度な梱包、およびシステム実装要求により確実である。

40

【0006】

水素貯蔵および生成の課題は、PEM燃料電池の広域な導入を制限してきた。分子状水素は、質量ベースで非常に高いエネルギー密度を有するが、環境条件におけるガスとして、それは、非常に低い体積エネルギー密度を有する。高圧および極低温を含む、水素を携帯用用途に提供するために採用する技術は、普及されているが、しばしば、要求に応じて水素ガスを確実に放出する、化学化合物に最も焦点を置いている。現在、物質内に水素を貯蔵するために使用する、3つの広範囲に許容される機構（吸収、吸着、および化学反応）が存在する。

50

【0007】

燃料電池を補給するための吸収水素貯蔵では、水素ガスは、高圧で、金属水素化物等の大部分の特定の結晶物質内に直接吸収される。ほとんどの場合、MgH₂、NaAlH₄、およびLaNi₅H₆等の金属水素化物を使用して、水素ガスを可逆的に貯蔵する。しかしながら、金属水素化物系は、低い比エネルギー（すなわち、低水素貯蔵対金属水素化物質量比）、および低い入力／出力流量特性の問題がある。水素流量特性は、金属水素化物の吸熱特性（水素を除去するときの内部温度降下、および水素で再荷電するときの内部温度上昇）によって決定される。これらの特性のため、金属水素化物は、重量である傾向があり、それらを迅速に荷電、および／または放電するために、複雑なシステムを必要とする。例えば、加圧水素ガスを貯蔵し、次いで、金属水素化物、またはいくつかの他の水素ベースの化学燃料を収容するカートリッジから、それを制御可能に放出するように設計されたシステムでは、米国特許第7,271,567号を参照されたい。このシステムはまた、金属水素化物燃料自体の温度、および／または圧力を測定することによって、および／または燃料電池の電流出力を測定して、消費された水素の量を推測することによって、燃料電池に送達されることが可能な残りの水素のレベルを監視する。

10

【0008】

燃料電池を補給するための吸着水素貯蔵では、分子状水素は、物理的吸着または化学的吸着のいずれかにより、化学燃料に関連する。水素化リチウム(LiH)、水素化アルミニウムリチウム(LiAlH₄)、水素化ホウ素リチウム(LiBH₄)、水素化ナトリウム(NaH)、水素化ホウ素ナトリウム(NaBH₄)、および同等物等の化学水素化物を使用して、不可逆的に水素ガスを貯蔵する。化学水素化物は、下記に示すとおり、

20



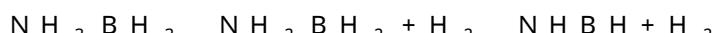
水との反応時に、大量の水素ガスを产生する。

水との化学水素化物の反応を確実に制御して、燃料貯蔵デバイスから水素ガスを放出するため、水のpHの厳格な制御に加えて、触媒が採用されなければならない。また、化学水素化物は、しばしば、その水素ガスの初期の放出から水素化物を保護するために、不活性安定化液体のスラリーに含有される。米国特許第7,648,786号、同第7,393,369号、同第7,083,657号、同第7,052,671号、同第6,939,529号、同第6,746,496号、および同第6,821,499号に示す化学水素化物系は、上述の特性のうちの少なくとも1つを利用するが、しばしば、複数の特性を利用する。

30

【0009】

燃料電池のための水素を产生するための化学反応方法では、水素貯蔵および水素放出は、しばしば、化学燃料の温度または圧力の適度な変化によって触媒される。温度によって触媒される、この化学系の一例は、以下の反応：



による、アンモニアボランからの水素生成である。

第1の反応は、6.1重量%の水素を放出し、約120で生じる一方、第2の反応は、別の6.5重量%の水素を放出し、約160で生じる。これらの化学反応方法は、水素ガスを产生するために開始剤として水を使用せず、システムのpHの厳格な制御を必要とせず、しばしば、別個の触媒物質を必要としない。しかしながら、これらの化学反応方法は、しばしば熱暴走の一般的な発生によるシステム制御問題に悩まされている。アンモニアボランから水素生成を熱的に開始し、熱暴走から保護するように設計されたシステムでは、例えば、米国特許第7,682,411号を参照されたい。触媒および溶媒を採用して、熱水素放出条件を変更する化学反応方法では、例えば、米国特許第7,316,788号、および同第7,578,992号を参照されたい。

40

【0010】

上記を考慮して、改善された水素生成システム、および先行技術における上記の問題または不都合の多く、またはすべてを克服する方法に対する必要性が存在する。

【発明の概要】

50

【0011】

下記に説明する水素生成システムは、任意の貯蔵された水素ガスまたは分子状水素原子を収容しない、ナトリウムシリサイド、および／またはナトリウムシリカゲルを含む、安定アルカリ金属物質等の反応燃料物質の実質的に完全な反応を達成する。付加的な反応剤は、水素化ホウ素ナトリウム (NaBH₄)、および／またはアンモニアボラン、および同等物を含むことができる。また、これらの反応剤を採用するシステム反応は、付加的な触媒チャンバを必要とせず、燃料電池または水素引き抜きシステムの水素需要を満たすための適切な水性媒体の単純な添加によって、容易に開始・停止が制御される。加えて、下記の例は、全体のシステム容積および重量を最小限にしながら、上記の要件のすべてを満たす。

10

好みしい実施形態において、本発明は、例えば、以下の項目を提供する。

(項目1)

水素ガスを生成するためのシステムであって、
溶液入口ポートおよび水素出口ポートを含む反応器と、
前記反応器に添加される反応燃料物質と、
前記水素出口ポートを介して工業用用途に送られる水素ガスを生成するように、前記溶液入口充填ポートを介して前記反応器内の前記反応燃料物質に添加される水溶液と、
を備える、システム。

(項目2)

前記反応燃料物質は、ナトリウムシリサイド粉末、またはナトリウムシリカゲルのうちの少なくとも1つを含む、項目1に記載の水素ガスを生成するシステム。

20

(項目3)

前記水溶液はさらに、共反応剤、凝集剤、腐食防止剤、熱物理的添加剤、塩基、酸、またはそれらの組み合わせのうちの少なくとも1つから選択される添加剤を含有する、項目1に記載の水素ガスを生成するシステム。

(項目4)

前記反応燃料物質はさらに、共反応剤、凝集剤、腐食防止剤、熱物理的添加剤、酸、塩基、またはそれらの組み合わせを含む、添加剤を含有する、項目1に記載の水素ガスを生成するシステム。

(項目5)

前記反応燃料物質は、前記水溶液の前に前記反応器に事前に添加される、項目1に記載の水素ガスを生成するシステム。

30

(項目6)

生成された前記水素ガスをろ過するための水素分離膜をさらに備える、項目1に記載の水素ガスを生成するシステム。

(項目7)

前記工業用用途は燃料電池である、項目1に記載の水素ガスを生成するシステム。

(項目8)

前記水素出口ポートからの前記生成された水素ガス内に存在する水を凝縮するための凝縮器をさらに備える、項目1に記載の水素ガスを生成するシステム。

40

(項目9)

前記水溶液を前記溶液入口充填ポートに提供するための外部供給源をさらに備える、項目1に記載の水素ガスを生成するシステム。

(項目10)

化学フィルタ、デシカントフィルタ、粗媒体フィルタ、ドライヤフィルタ、または二次反応器チャンバのうちの少なくとも1つをさらに備える、項目1に記載の水素ガスを生成するシステム。

(項目11)

圧力変換器、逃し弁、水素封止逆止弁、ファン、熱交換器、または反応器冷却源のうちの少なくとも1つをさらに備える、項目1に記載の水素ガスを生成するシステム。

50

(項目12)

反応廃液を再生し、前記再生反応廃液を前記反応器に戻すための再捕捉容器をさらに備える、項目1に記載の水素ガスを生成するシステム。

(項目13)

前記反応器は、複数の溶液入口ポートを含む、項目1に記載の水素を生成するシステム。

(項目14)

前記水溶液を前記反応器内の前記反応燃料物質に添加するための、手動ポンプ、電池電源式ポンプ、または外部電源式ポンプのうちの少なくとも1つをさらに備える、項目1に記載の水素を生成するシステム。

10

(項目15)

前記反応器は、使い捨て、分離可能、または再利用のうちの少なくとも1つのために構成される、項目1に記載の水素を生成するシステム。

(項目16)

再充填または除去のうちの少なくとも1つのために構成される、水溶液容器をさらに備える、項目1に記載の水素を生成するシステム。

(項目17)

前記水溶液は、前記生成された水素のための化学フィルタまたは微粒子フィルタのうちの少なくとも1つである、項目1に記載の水素を生成するシステム。

(項目18)

前記反応器内の前記反応燃料物質および前記水溶液の反応の少なくとも1つのパラメータを監視するための監視デバイスをさらに備え、前記監視デバイスは、前記反応器内の温度、導電率、前記反応器内の圧力、反応物の重量、未反応反応燃料物質の量、反応の経過時間、前記反応器内の水溶液の量、添加される水溶液の量、または前記反応器に添加される水溶液の最大量のうちの少なくとも1つを監視する、項目1に記載の水素を生成するシステム。

20

(項目19)

前記反応器への付加的な反応物質の添加、前記反応器への付加的な水溶液の添加、前記反応器からの廃棄物の除去、前記反応器の冷却、前記反応器の加熱、前記反応物質と前記水溶液との組み合わせの混合、または前記圧力を低下させるための前記反応器の抽気のうちの1つを実行することによって、温度、導電率、圧力、または反応物の重量のうちの少なくとも1つを変更するための反応制御デバイスをさらに備える、項目18に記載の水素を生成するシステム。

30

(項目20)

前記反応の前記少なくとも1つの監視パラメータを表示するためのディスプレイデバイスをさらに備える、項目18に記載の水素を生成するシステム。

(項目21)

前記反応器は、迅速な反応用途の開始を促進するように事前に加圧される、項目1に記載の水素を生成するシステム。

40

(項目22)

前記反応器は、前記反応器および着脱式キャップが再利用可能であるように、前記着脱式キャップを受容し、機械的に固着するように構成される、項目1に記載の水素を生成するシステム。

(項目23)

水素ガスを生成する方法であって、

反応物質を反応器に挿入することと、

溶液入口充填ポートを介して前記反応器内の前記反応物質に水溶液を添加して、水素ガスを生成することと、

前記反応器からの前記生成された水素ガスを、水素出口ポートを介して工業用用途に送ることと、

50

を含む、方法。

(項目 24)

前記反応物質は、ナトリウムシリサイド粉末、またはナトリウムシリカゲルのうちの少なくとも1つを含む、項目23に記載の水素ガスを生成する方法。

(項目 25)

前記水溶液はさらに、共反応剤、凝集剤、腐食防止剤、熱物理的添加剤、酸、塩基、またはそれらの組み合わせのうちの少なくとも1つから選択される添加剤を含有する、項目23に記載の水素ガスを生成する方法。

(項目 26)

前記反応燃料物質はさらに、共反応剤、凝集剤、腐食防止剤、熱物理的添加剤、酸、塩基、またはそれらの組み合わせのうちの少なくとも1つを含む、添加剤を含有する、項目23に記載の水素ガスを生成するシステム。

10

(項目 27)

生成された水素ガスを水素分離膜でろ過することをさらに含む、項目23に記載の水素ガスを生成する方法。

(項目 28)

前記工業用用途は燃料電池である、項目23に記載の水素ガスを生成する方法。

(項目 29)

前記生成された水素ガスから水を凝縮することをさらに含む、項目23に記載の水素ガスを生成する方法。

20

(項目 30)

前記凝縮水を前記反応器または水再捕捉容器のうちの少なくとも1つのために再生することをさらに含む、項目29に記載の水素を生成する方法。

(項目 31)

前記反応器内の前記反応物への前記水溶液の添加は複数の溶液入口を使用して実行される、項目23に記載の水素を生成する方法。

(項目 32)

前記反応器内の前記反応物への前記水溶液の添加は、手動ポンプ、電池電源式ポンプ、または外部電源式ポンプのうちの少なくとも1つを使用して実行される、項目23に記載の水素を生成する方法。

30

(項目 33)

前記水溶液は、前記生成された水素のための化学フィルタまたは微粒子フィルタのうちの少なくとも1つである、項目23に記載の水素を生成する方法。

(項目 34)

前記反応器内の前記反応物質および前記水溶液の反応の少なくとも1つのパラメータを評価することをさらに含み、前記評価は、前記反応器内の温度、導電率、前記反応器内の圧力、反応物の重量、未反応反応物質の量、反応の経過時間、前記反応器内の水溶液の量、または前記反応器に添加される水溶液の最大量のうちの少なくとも1つの監視を含む、項目23に記載の水素を生成する方法。

(項目 35)

温度、導電率、圧力、反応物の重量、未反応反応物質の量、反応の経過時間、前記反応器内の水溶液の量、または前記反応器に添加される水溶液の最大量のうちの前記少なくとも1つが、前記反応を継続できる規定範囲外であるときに、前記反応器内の前記反応物質と前記水溶液との組み合わせによって生成された反応を制御することをさらに含む、項目34に記載の水素を生成する方法。

40

(項目 36)

前記反応の制御は、前記反応器への付加的反応物質の添加、前記反応器への付加的な水溶液の添加、前記反応器からの廃棄物の除去、前記反応器の冷却、前記反応器の加熱、前記反応物質と前記水溶液との組み合わせの混合、または圧力を低下させるための前記反応器の抽気のうちの少なくとも1つを実行することを含む、項目35に記載の水素を生成す

50

る方法。

(項目 37)

システムディスプレイデバイス上に監視されたシステム特性を表示することをさらに含む、項目34に記載の水素を生成する方法。

(項目 38)

前記反応物質、前記水溶液、前記水素ガス、または前記反応廃棄物のうちの少なくとも1つをろ過することをさらに含む、項目23に記載の水素を生成する方法。

(項目 39)

ろ過は、未反応反応物質および水溶液から廃棄物を分離するために、液体透過性スクリーンを使用して実行される、項目38に記載の水素を生成する方法。

10

(項目 40)

ろ過は、水素分離膜、化学フィルタ、デシカントフィルタ、粗媒体フィルタ、ドライヤフィルタ、または二次反応器チャンバのうちの少なくとも1つを使用して実行される、項目38に記載の水素を生成する方法。

(項目 41)

水素分離膜、化学フィルタ、デシカントフィルタ、粗媒体フィルタ、ドライヤフィルタ、または二次反応器チャンバのうちの前記少なくとも1つを、前記水溶液の一部で洗浄することをさらに含む、項目40に記載の水素ガスを生成する方法。

20

(項目 42)

前記水溶液の前記一部を前記反応器の領域に誘導して、前記反応物質および前記水溶液の前記組み合わせから生じる廃棄物を再捕捉することをさらに含む、項目41に記載の水素を生成する方法。

(項目 43)

前記水溶液の前記一部を前記二次反応器チャンバに添加することと、前記生成された水素ガスを前記水溶液の前記一部を通って通過させることと、をさらに含む、項目42に記載の水素を生成する方法。

(項目 44)

生成された水素を前記水溶液に通過させ、微粒子収集、化学ろ過、加湿、または凝縮のうちの少なくとも1つを実行することをさらに含む、項目23に記載の水素を生成する方法。

30

(項目 45)

反応燃料物質、液体溶液、および加圧液体供給デバイスを備える、内蔵型水素生成機構。

(項目 46)

前記反応燃料物質は、ナトリウムシリサイド、またはナトリウムシリカゲルを含む、項目45に記載の内蔵型水素生成機構。

(項目 47)

前記加圧液体供給デバイスはバネによって加圧される、項目45に記載の内蔵型水素生成機構。

(項目 48)

前記バネは、実質的にすべての液体が前記反応燃料物質に供給されるときに液圧を維持するように構成され、かつ、液体供給期間中に液圧内の変化を実質的に排除するようにさらに構成される、逆先細円錐バネである、項目47に記載の内蔵型水素生成機構。

40

(項目 49)

前記内蔵型水素生成機構は、使い捨て反応器および再利用可能な液体供給アセンブリに分離可能なカートリッジアセンブリである、項目45に記載の内蔵型水素生成機構。

(項目 50)

前記再利用可能な液体供給アセンブリは、別のデバイスによって、統合されるか、拘束されるか、または収容されるかのうちの少なくとも1つである、項目49に記載の内蔵型水素生成機構。

50

(項目 5 1)

前記液体流動を制限するように構成され、かつ過渡条件中に水素生成速度を減退させるようにさらに構成される、液体制限機構をさらに備える、項目 4 5 に記載の内蔵型水素生成機構。

(項目 5 2)

前記液体制限機構は、弁または開口部のうちの少なくとも 1 つを含む、項目 5 1 に記載の内蔵型水素生成機構。

(項目 5 3)

前記反応燃料物質と前記加圧液体供給デバイスとを分離する、制御弁または逆止弁のうちの少なくとも 1 つをさらに備え、制御弁または逆止弁のうちの前記少なくとも 1 つは、過渡条件下に水素圧で前記バネが逆加圧されることを防止するように構成される、項目 4 7 に記載の内蔵型水素生成機構。

10

(項目 5 4)

水素生成期間中に、逆転するバネ移動を防止するように構成される、制御デバイスをさらに備える、項目 4 7 に記載の内蔵型水素生成機構。

(項目 5 5)

反応器容積と液体供給容積との間で容積を交換するように構成される、容積交換デバイスをさらに備える、項目 4 5 に記載の内蔵型水素生成機構。

(項目 5 6)

前記容積交換デバイスは、ピストン、またはバッグアセンブリのうちの少なくとも 1 つを含む、項目 5 5 に記載の内蔵型水素生成機構。

20

(項目 5 7)

生成された水素圧は水圧の発生に寄与しない、項目 5 6 に記載の内蔵型水素生成機構。

(項目 5 8)

前記生成された水素圧は機械的手段によって減退させられる、項目 5 7 に記載の内蔵型水素生成機構。

(項目 5 9)

前記水送達圧力の発生は弁または調節器のうちの少なくとも 1 つによって制御される、項目 5 7 に記載の内蔵型水素生成機構。

(項目 6 0)

30

前記内蔵型水素生成機構は封止可能であるように構成される、項目 4 9 に記載の内蔵型水素生成機構。

(項目 6 1)

前記内蔵型水素生成機構が非動作期間にあるときに液体供給を防止するための停止機構をさらに備え、前記停止機構は、ラッチ、プラグ、閉塞、ラチエット、弁、またはトグルのうちの少なくとも 1 つである、項目 3 8 に記載の内蔵型水素生成機構。

(項目 6 2)

前記液体溶液は水を含む、項目 4 5 に記載の内蔵型水素生成機構。

(項目 6 3)

液体流動を開始するためにユーザ操作を必要とするように構成される弁をさらに備える、項目 4 5 に記載の内蔵型水素生成機構。

40

(項目 6 4)

ハンドルが引張されたときに、液体供給デバイスと係合して、液体を引き入れ、前記バネを再加圧するように構成されるハンドルをさらに備える、項目 4 8 に記載の内蔵型水素生成機構。

(項目 6 5)

内蔵型水素生成デバイス内で水素を生成する方法であって、

液体供給デバイスを加圧すること、

前記液体供給デバイスを使用して、液体溶液と反応燃料物質とを組み合わせて、水素を生成することと、を含む、方法。

50

(項目 6 6)

前記内蔵型水素生成デバイスは、前記液体供給デバイスの洗浄または再利用のうちの少なくとも1つのために液体供給を受容する、項目65に記載の内蔵型水素生成デバイス内で水素を生成する方法。

【0012】

本開示の一例は、反応燃料物質が水溶液に暴露されたときに水素を生成する、反応燃料物質を含む、反応器である。反応器は、水溶液を収容することができる、独立型水素生成構成要素であり得る。同様に、別の例は、外部供給によって水溶液が導入される、反応器を含むことができる。水素生成はまた、外部制御システムによって、制御、監視、または処理され得る。制御システムおよび反応器は、任意の一般の実験用途、工業用途、または消費者用途のために、水素を水素燃料電池に提供するために使用される、独立型水素生成システムとして動作することができる。同様に、制御システムおよび反応器は、ラップトップコンピュータ、個人用または商業用電気製品、ならびに電源を必要とする他のデバイスおよび機器等の最終製品を供給する、完全な燃料電池システム内で全体的または部分的に実装することができる。

10

【0013】

水素ガスを生成する方法の1つは、反応燃料物質を反応器内に挿入し、反応器内で水溶液を反応燃料物質と混合して、水素ガスを生成することを含む。

【0014】

反応燃料物質は、ナトリウムシリサイド粉末(NaSi)、およびナトリウムシリカゲル(Na-SG)を含む、シリサイド等の安定アルカリ金属物質を含むことができる。安定アルカリ金属物質はまた、触媒の有無のアンモニアボラン、触媒の有無で混合された水素化ホウ素ナトリウム、および熱または水溶液に暴露されたときに水素を产生する、一連の物質および物質混合物を含むが、これらに限定されない、他の反応物質と組み合わせることができる。物質および水溶液の混合物はまた、廃棄物のpHを制御するため、廃棄物の溶解度を変更するため、水素产生量を増加するため、水素产生率を増加するため、および反応温度を制御するために、添加剤を含むことができる。水溶液は、水、酸、塩基、アルコール、およびこれらの溶液の混合物を含むことができる。水溶液の例は、メタノール、エタノール、塩酸、酢酸、水酸化ナトリウム、および同等物を含むことができる。水溶液はまた、産生されたH₂の量を増加する共反応剤等の添加剤、凝集剤、腐食防止剤、または水溶液の熱物理的特性を変更する熱物理的添加剤を含むことができる。凝集剤の例は、水酸化カルシウム、ケイ酸ナトリウム、およびその他を含む一方、腐食防止剤は、リン酸、ホウ酸、およびその他を含むことができる。さらに、熱物理的添加剤は、反応の温度範囲、反応の圧力範囲、および同等物を変更することができる。さらに、水溶液への添加剤は、種々の異なる添加剤の混合物を含むことができる。

20

【0015】

反応器は、制御システムまたは燃料電池システムが複数の反応器を使用することを可能にする、独立型の交換式構成要素であることができる。反応器はまた、カートリッジ、シリンド、缶、容器、圧力容器、および/または封入とも称され得る。反応器は、反応燃料物質、および反応器内部の水溶液、またはそこから水溶液が反応器内に導入される、入口ポートもしくは複数の入口ポートのいずれかを含む。反応器はまた、水素ガスのための出力ポートも有することができ、それが反応器を出る時点、および燃料電池等の外部システムに印加される前に、付加的な処理(例えば、蒸気凝縮、精製、調節、および同等物)を受け得る。

30

【0016】

水溶液は、初期に、ユーザによって外部的に貯蔵または添加されるか、燃料電池システムから反応器上の水溶液入口ポート内に戻され得る。水溶液は、手動ポンプ、電池電源式ポンプ、外部電源式ポンプ、バネ制御ポンプ、および同等物等のポンプを使用して、入口ポートを介して反応器内の反応燃料物質(安定アルカリ金属を含む)に添加することができる。水溶液は、反応器内に貯蔵され、ピストン、バック、膜、または他の分離デバイス

40

50

によって、反応燃料物質から分離することができる。

【0017】

反応器は、1つのデバイスまたは制御システムへの1つの接続の一部として、水素出力、および水溶液入力を有し得る。反応器は、1つのデバイスまたは制御システムに接続された水素出力、および異なるデバイスまたは制御システムに接続された水入力を有し得る。反応器は、反応燃料物質を水溶液と組み合わせる内部制御を有する、水素出力のみを有し得る。

【0018】

水素ガスを生成する方法はまた、生成された水素ガスのろ過、水素ガス中の副生成物の吸收、および／または生成された水素ガスからの水の凝縮も含むことができる。このろ過は、反応器内部、制御システム内部、または両方の内部で生じることができる。例えば、水素分離膜を、反応器内、または制御システム内のいずれか（またはその両方内）で使用して、水素をろ過することができる一方、凝縮器ユニットを使用して、生成された水素ガスから水を凝縮することができる。フィルタおよび凝縮器は、それが、反応器の水素出口ポートを出ると、生成された水素ガスに作用することができる。ろ過された水素ガスおよび／または凝縮された水を再生して、反応器または貯水容器に戻すことができる。水素ガスを生成する上で、ケイ酸ナトリウム等の廃棄物または他の反応廃棄物が生成されることができる。

【0019】

一例では、制御システムは、反応器内の反応燃料物質および水溶液の反応パラメータを監視するための監視デバイスを含むことができる。監視デバイスは、反応器内もしくはその上、または外部制御システム内の1つまたは複数のパラメータを監視することができる。これらのパラメータは、温度、反応器含有物の導電率、反応器内の圧力、反応物の重量、未反応反応燃料物質の量、反応の経過時間、反応器内の水溶液の量、および反応器に添加される水溶液の最大量を含むことができるが、これらに限定されない。次いで、監視されたシステム特性を表示または計算に使用して、制御戦略を修正するか、反応器状況またはシステム状況を他のデバイスと連通するか、またはユーザに特性もしくは誘導体特性を連通することができる。ユーザ連通デバイスの一例は、例えば、LCDディスプレイ等の視覚ディスプレイデバイスである。

【0020】

反応は、反応制御デバイスを使用して、監視デバイスに関連して制御することができる。反応制御デバイスの例は、温度、導電率範囲、圧力、反応物の重量、ならびに他の環境測定を変化させるためのデバイスを含むが、それらに限定されず、その範囲内で反応器内の反応燃料物質および水溶液の組み合わせが継続される。例えば、反応制御デバイスを使用して、付加的な反応燃料物質を反応器に添加、付加的な水溶液を反応器に添加、反応器から廃棄物を除去、反応器を冷却、反応器を加熱、反応燃料物質と水溶液の組み合わせを混合、反応器を抽気して、圧力を低下し、他の制御測定を実行することができる。

【0021】

反応パラメータの測定、および反応制御デバイスの使用は、反応器内の環境測定のいずれかが各範囲外であるとき、または、パラメータのうちのいずれかの変化率を監視および処理する制御戦略によって、水素ガスの生成方法が反応器内で制御されることを可能にする。

【0022】

反応器は、反応剤およびその反応副生成物を水素ガスから分離するための多くの異なるフィルタを含むことができる。例えば、クリーン水素ガスを生成する方法は、分離工程およびろ過工程の両方を含むことができる。一例では、反応燃料物質、水溶液、水素ガス、および／または反応廃棄物のうちの1つは、他から分離される。また、水素ガスは、水素分離膜、化学フィルタ、デシカントフィルタ、粗媒体フィルタ、ドライヤフィルタ、および／または二次反応器チャンバを使用して生成することができる。それらが使用されるとき、フィルタは、水溶液が反応器内に流入されるため、水溶液の一部分で洗浄するこ

10

20

30

40

50

できる。

【0023】

反応器はまた、配管ネットワーク、ノズルアレイ、流量制限器、および水分配媒体（拡散器、噴霧器、および同等物等）等の水溶液分配のための構造およびデバイスも含むことができる。水溶液は、それと平行の、一連の、または組み合わせの反応器内の複数の地点を介して分配することができる。水溶液分配システムを、全体的または部分的に使用して、反応燃料物質と反応させて、水素を生成、水素気流を生成、フィルタ媒体を洗浄、および/または廃棄物パラメータを制御することができる。

【0024】

反応器は、安全逃し機構（逃し弁、バーストディスク、または制御された反応器バーストポイント等）等の水素処理構成要素を含むことができる。反応器はまた、必要な燃料電池特性を供給するか、またはろ過構成要素の過渡流速制限と一致するために、水素出力率を最小限化するか、または制御するための出口流量制限器も含み得る。

10

【0025】

水素ガスを生成するシステムはまた、圧力変換器、逃し弁、水素・封止逆止弁、ファン、熱交換器、および反応器冷却源も含むことができる。同様に、システムは、燃料電池反応廃液を再生し、再生した燃料電池反応廃液を反応器に戻すための再捕捉容器を含むことができる。

【0026】

水素を生成する方法はまた、水溶液の一部分を反応器の領域に移動させて、反応燃料物質と水溶液との組み合わせから得られた廃棄物を再捕捉することを含むことができる。例えば、水溶液の一部分を二次反応器チャンバに添加することができ、生成された水素ガスを、この分割された水溶液を通じて通過させることができる。ろ過はまた、未反応反応燃料物質および水溶液から廃棄物を分離するために、液体透過性スクリーンを使用して実行することができる。

20

【0027】

これらの利点および他の利点、態様、ならびに特徴は、添付の図面と併せて見るときに、以下の詳細な説明から明らかであろう。非制限的、かつ非排他的実施を、以下の図面を参照して説明する。故に、下記の図面および説明は、本質的に例証と見なされ、制限するものではない。

30

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】水素燃料電池、または一般的な実験用途、工業用途、または消費者用途に水素を提供するために、安定アルカリ金属物質、および水溶液を使用する、水素生成システムの一例を示す。

【図2】2つの反応器、およびキャリーハンドルアクセサリを有する、水素生成システムの一例を例証する。

【図3】反応器、水容器、および多くの付加的な構成要素を含む、水素ガス生成システムの一例を示す。

【図4 A】選択位置で複数の水分注ノズルを採用する、反応器を例証する。

40

【図4 B】選択位置で複数の水分注ノズルを採用する、反応器を例証する。

【図4 C】選択位置で複数の水分注ノズルを採用する、反応器を例証する。

【図4 D】選択位置で複数の水分注ノズルを採用する、反応器を例証する。

【図5】熱除去構造を有する水素生成システムの一例を概略的に例証する。

【図6】反応構成要素を混合するために、下方配向で、反応器の一端において、水素出口および水入口を有する水素生成システムの一例を示す。

【図7】図5および6に示す、熱除去構造を有する水素生成システムの展開図を示す。

【図8】粗媒体フィルタおよび水素ろ過膜を有する、水素生成システム構造を示す。

【図9 A】水供給ネットワーク、および水供給ネットワークを有さないフィルタ領域と、水供給ネットワークを使用するフィルタ領域の比較を例証する。

50

【図 9 B】水供給ネットワーク、および水供給ネットワークを有さないフィルタ領域と、水供給ネットワークを使用するフィルタ領域の比較を例証する。

【図 9 C】水供給ネットワーク、および水供給ネットワークを有さないフィルタ領域と、水供給ネットワークを使用するフィルタ領域の比較を例証する。

【図 10 A】膜／粗フィルタシステムに対する代替的フィルタ設計を例証する。

【図 10 B】膜／粗フィルタシステムに対する代替的フィルタ設計を例証する。

【図 11 A】水捕捉および循環のシステムおよび技術を例証する。

【図 11 B】水捕捉および循環のシステムおよび技術を例証する。

【図 12 A】複数の反応構成要素を有する、反応器の一例を例証する。

【図 12 B】複数の保護絶縁デバイスを有する、反応器の一例を例証する。

【図 13】導電性の変化を測定するための電気接点を有する、反応器の一例を例証する。

【図 14】反応器の圧力容器キャップに接続された電気接点を有する、反応器の一例を例証する。

【図 15 A】請求する発明に従う、軽量、低価格、かつ再利用可能な反応器の一例を示す。

【図 15 B】請求する発明に従う、軽量、低価格、かつ再利用可能な反応器の一例を示す。

【図 15 C】請求する発明に従う、軽量、低価格、かつ再利用可能な反応器の一例を示す。

【図 16】請求する発明に従う、低出力反応器システムのアーキテクチャの一例を示す。

【図 17】請求する発明に従う、低出力反応器システムの詳細な一例を示す。

【図 18】弁によって、バネベースの液体ポンプシステムに接続された、固体反応燃料物質を有する、反応器を示す。

【図 19】連結弁を有さない、バネベースの液体ポンプシステム内の経時的な振動性水素生成の図式的描写を示す。

【図 20】連結弁を有さない、バネベースの液体ポンプシステム内の経時的な水素生成圧力の図式的描写を示す。

【図 21】反応燃料物質と、単一のカートリッジ内に統合されたバネベースの液体ポンプシステムとを有する、反応器を示す。

【図 22 A】反応燃料物質と、統合バネベースの液体ポンプシステムを有する、反応器を示す。

【図 22 B】反応器とバネベースの液体ポンプシステムを有する、統合カートリッジの3つの一次サブアセンブリを示す。

【図 23】反応器およびバネベースの液体ポンプシステムとともに、統合カートリッジの斜視図および断面図を示す。

【図 24】統合カートリッジの組立図を示す。

【図 25】水供給分配機構を例証する。

【図 26】分離型液体供給／反応器水素生成デバイスを連結するための螺合係止機構を示す。

【図 27】分離型液体供給／反応器水素生成デバイスの概略図を示す。

【図 28】円錐／崩壊バネを有する、分離型液体供給／反応器水素生成デバイスの概略図を示す。

【図 29 A】移動にかかる力の制約可変を促進するための崩壊バネの正常図および圧縮図を図示する。

【図 29 B】移動にかかる力の制約可変を促進するための崩壊バネの正常図および圧縮図を図示する。

【図 30 A】バネベースの液体供給と容積交換システムとを有する、水素生成カートリッジの斜視図を示す。

【図 30 B】バネベースの液体供給と容積交換システムとを有する、水素生成カートリッジの概略図を示す。

10

20

30

40

50

【図31】容積交換システム、バネベースの液体供給を有する、水素生成カートリッジの斜視図および断面図を示す。

【図32】容積交換システム、バネベースの液体供給を有する、水素生成カートリッジの組立図および断面図を示す。

【図33】統合カートリッジろ過システムの例の組立図を示す。

【図34】反応器および液体供給を分離するための正常に閉鎖した弁の組立図を示す。

【図35A】反応器および液体供給を接合するための噛合構成要素の組立図および斜視図を示す。

【図35B】反応器および液体供給を接合するための噛合構成要素の組立図および斜視図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0029】

下記の例では、水素燃料電池システムを参考するが、考察するシステムおよび方法はまた、例えば、実験用途、商業用または工業用用途、および消費者用途等の任意の水素ガス生成用途において実装することができることを理解されたい。

【0030】

基本的水素制御システム

一例では、ナトリウムシリサイド、および／またはナトリウムシリカゲルは、水と組み合わせて、水素ガスを生成することができるが、開発された技術もまた、水素ガスを產生するために、水溶液に関連する水素、またはそれと組み合わせる固体粉末を有する、ドープシリサイドおよびシリサイド等の他の安定アルカリ金属物質も使用することができる。付加的には、開発されたシステム技術の多くの態様もまた、アルミニウム粉末等の水素產生に使用される代替的物質、または水溶液に暴露されたときに水素を生成する任意の他の物質、または物質の組み合わせに適用することができる。

【0031】

反応燃料物質は、ロッド、コーン、球体、円筒、または他の物理的形状に圧縮、成形、切断、または形成される、自由流動粉末または物質であることができる。物質は、反応速度を制御するために、種々の粉末寸法、幾何学的変動、物質コーティング、または物質変動から成り得る。コーティング方法の1つは、固体ナトリウムシリサイド構造を加湿空気暴露させて、水中で溶解可能であるナトリウムシリカバリアを作製することであろう。もちろん、反応燃料物質および水溶液の他の形体および形状を使用して、反応燃料物質および水溶液を組み合わせ得る。

【0032】

図1は、水素ガスを生成するために、反応燃料物質および水溶液を使用する、水素生成システム100の一例を示す。生成された水素ガスは、水素燃料電池、または一般的な実験使用、工業使用、もしくは消費者使用を対象とすることができる。反応燃料物質101は、反応器102内に挿入することができる。本開示では、反応器、カートリッジ、圧力容器という用語は、反応燃料物質が定置される容器または他のレセプタクルを特定するために、同義的に使用される。図1に示す例では、着脱式反応器102は、水入口接続部106および水素出口接続部108に取り付けられる。接続部は、正常に閉鎖した二重遮断弁および／または正常に閉鎖した逆止弁を含むことができるが、これらに制限されない。反応器102から、水入口接続部106および水素出口接続部108への接続は、特定の使用によって、可撓性接続であることができるか、または剛性接続であることができる。安定アルカリ金属101等の反応燃料物質に、水または他の水溶液を添加して、水素ガスおよびケイ酸ナトリウム等の副生成物を生成する。水素ガスは、上方に移動し、反応器102から出る。単一の反応器102を図1に例証するが、任意の数の脱着式または固定式反応器を、説明する例示的水素ガス生成システムに使用することができることを理解されたい。例えば、図2では、2つの着脱式反応器202、204を示す。さらに、反応器は、係止機構、クリップ、または同様の固着デバイスを使用して、システム内の定位置に固着することができる。

10

20

30

40

50

【0033】

図1および図2に示す例では、充填ポート110、210のそれぞれに、水等の水溶液を添加する。別の実装形態では、充填ポートを有するまたは有さない、水容器114等の着脱式水容器を使用することができます。他の例では、反応器は、反応燃料物質で事前に充填することができる。水溶液は、反応効率を向上、水素産生を増加、水素産生率を増加、汚染物質形成を低下、汚染物質ろ過を促進、最終加水分解を支持、腐食を低下、廃棄物のpHを制御、廃棄物の溶解度を変化、および温度範囲動作を拡大、ならびに、反応剤の熱物理的特性等の他の反応パラメータに影響を及ぼすように、添加剤を含むことができる。例えば、添加剤は、酸、塩基、アルコール、他の添加剤、およびこれらの添加剤の混合物を含むことができる。添加剤の例は、メタノール、エタノール、塩酸、酢酸、水酸化ナトリウム、水酸化カルシウム、ケイ酸ナトリウム、リン酸、ホウ酸、およびその他を含むことができる。他の添加剤は、ホウ素、炭素、および窒素を含む、反応燃料物質と組み合わせて、水素容量、動態を向上、および/または反応エンタルピーを低下することができる。温度範囲動作に関して、塩、および/または他の添加剤は、溶液の氷点を低下させるために、水溶液中に含むことができる。10

【0034】

その容器内に貯蔵された水溶液の量は、システム実装詳細によって異なることができる。例えば、図2では、容器は、複数のカートリッジ202、204を反応させるために十分な容量以上の水溶液を貯蔵することができる。システムは、水素出力ストリームからの水を凝縮し、それを反応器に直接戻すか、またはそれを水容器114に移動させるための凝縮器(図示せず)を含むことができる。システムは、付加的な水を水容器114に、または別個の実装形態において、反応器に直接提供するために、外部水源(図示せず)用の水入口接続部106を含むことができる。一実装形態では、燃料電池反応廃水は、完全または部分的に捕捉することができ、正味総水必要量を低減するために水供給にも寄与する。20

【0035】

例えば、ケイ酸ナトリウム廃棄物は、水を容易に吸収し、その粘度は、適宜に変化する。廃棄物を未反応反応燃料物質から分離することによって、反応を制御することができる。例えば、反応器の一端を加熱または絶縁して、過剰水が存在する溶解条件を形成することができる。次いで、この水は、安定アルカリ金属粉末に再度汲上げられるか、または水使用最大化のために独占的に構成された量のナトリウムシリサイドと反応することを可能にすることができます。代替的には、反応時点で、ケイ酸廃棄物は、温かく、液体相になるために水をほとんど必要としない。反応時点で、分離スクリーンを使用して、液体廃棄物を未反応反応燃料物質から分離する。30

【0036】

付加的なシステム構成要素

反応器および水溶液源に加えて、水素ガス生成システムは、付加的なシステム構成要素を含むことができる。例えば、図3は、反応器302と、水容器314と、多くの付加的な構成要素とを含む、水素ガス生成システム300の一例を示す。例えば、水源入口306は、必要に応じて、水容器314のろ過または再充填を可能にする。水容器314からの水は、蠕動ポンプ、手動ポンプ、容積移送式ポンプ、および他のポンプ等のポンプを使用して、水供給ライン390を介して反応器302に汲み入れられる。圧力変換器322は、水供給ライン390と直線に定置され、反応器302に汲上げられた水量を調節するために使用され得る。例えば、ポンプ320とともに圧力変換器322を使用して、多ポート弁324を介して複数の反応器に圧力較正された水を送達し得る。圧力変換器322をまた部分的に使用して、過剰水が反応器302に汲上げられることを防止するためのフェイルセールモードを提供し得る。一例では、比較器(図示せず)を使用して、圧力変換器322の出力電圧をシステム電圧パラメータと比較することができる。比較器の出力を評価して、電圧が適切な動作範囲にあるか否かを判定することができる。電圧が動作範囲にあるとき、マイクロコントローラ387からの付加的な回路実装命令が、反応器304050

2 に水を提供するようにポンプ 320 を駆動することができる。電圧が動作範囲外であるとき、ポンプ 320 は、使用不可能である。この回路は、コンデンサ、または他のタイミング回路を使用して、例えば、ダイアフラムポンプ作用中に、瞬間的な高い読取値を可能にするように、ポンプの読取値の遅延を生じることができる。複数の反応器を有する、水素生成システムでは、供給弁 324 を使用して、どの反応器が水を受容するかを選択することができる。

【0037】

水素ガス生成システム 300 は、ポンプ 320 を動作するため、および / または別様に、反応を開始し、他の制御電子機器（集合的に 386 として示す）を動作するために、電池 388 を含むことができる。水素ガス生成システム 300 はまた、燃料電池、壁コンセント等の外部源から電池 388 を充電するための外部電力、または任意の他の電源から電力を受容することができる。システム 300 はまた、その内部発電補助機器構成要素を内部的に動作するために、小さい燃料電池システム（図示せず）を含み得る。一実装形態では、バッテリは単離して存在しないが、むしろ、電力は、全体のシステム 300 の内部または水素生成システム 300 の外部である、燃料電池または燃料電池バッテリハイブリッドから取得される。一実装形態では、反応器に、システムを開始するために十分な水素を提供する、水素の工場での過圧力が与えられた場合に、バッテリは、不必要である。さらに、水素生成システムを小さい手動動作ポンプ（注射器または同等物等）で設計して、電気的開始ではなく、むしろ物理的なユーザの相互作用によって反応を開始することができる。

10

20

【0038】

圧力変換器 322 と同様に、逆止弁 326 を、反応器 302 または制御システム内で使用して、反応器 302 内の水素圧力が、制御システム構成要素（弁 324 / 361、変換器 322、および / またはポンプ 320 等）に許容不可能に高圧をかけ続けることができる。例えば、初期水が反応器 302 に進入し、反応器 302 内の反応燃料物質 301 と反応すると、水素が生成され、反応器 302 内の水素圧力は、水素ガスが反応器 302 から出て送られ、他所で使用されるときのシステム圧力パラメータ値に到達するまで蓄積される。いくつかの状況では、反応器 302 内の圧力は、ポンプ 320 および他のシステム構成要素の機能の圧力を超過することができる。逆止弁 326 を使用して、ポンプ 320、水容器 314、および水ライン 390 が過剰に加圧されることを防止し、システムへの損傷を防止することができる。逆止弁 326 を使用して、反応器 302 内の圧力を判定し、反応器 302 からの制御システムへの圧力の量を単離することができる。

30

【0039】

同様に、水素出力逆止弁 336、337 は、反応器 302 内の逆流を管理する。逆流は、システムが高高度で使用されるとき、または複数のキャニスタの水素出力が互いに同じになるときに生じ得る。各反応器内、および制御システムにわたる、逆止弁および変換器は、複数の反応器を使用するシステムのための各反応器の独立した圧力読取値を可能にする。各反応器 302 からの水素ガス出力ライン 391 は、反応器 302 内、または制御システム 303 内に位置する、圧力変換器 340 を含むことができる。一実装形態では、逆止弁 336 は、接続または断絶されたときに、またはシステムが他の源からの高圧を反応器に不注意に接続する事象において、空気がキャニスタに進入するのとは対照的に、水素がキャニスタから流出することのみを可能にする。別の実装形態では、この逆止弁 336 は、不必要であるが、正常に閉鎖された逆止弁 3430（図 34 に示すとおり）が代替的に使用される。一実装形態では、逆止弁は、圧力変換器 340 の下流に接続され、それは、制御システム内に存在する圧力変換器を用いて、各反応器の独立した圧力読取値を提供しながら、1 つの反応器が別の反応器を逆加圧することを可能にする。他の実装形態では、逆止弁 326、336 は、反応器 302 または制御システム 303 内に物理的に存在し、同一の機能を提供することができる。付加的には、システムはまた、圧力調節器 344 を含むことができる。時々、反応器 302 を高圧（例えば、80 psi、またはそれ以上）で動作することが望ましい場合がある。一例では、調節器 344 は、圧力を 25 psi

40

50

に低下させることができる。代替的には、ダイアルを有する、調節器 344、または圧力を調節する他の手段を使用することができ、それにより、ユーザが制御システムの出力圧力を変更することが可能になる。代替的には、電気的に制御された調節器を使用して、マイクロコントローラ（マイクロコントローラ 387 等）が、所望圧力に基づき出力圧力を設定することを可能にすることができる。別個の実装形態では、調節器が全く使用されない可能性があり、マイクロコントローラは、水流速度、および反応器の出力圧力を制御する量を制御する可能性がある。

【0040】

物質供給

代替的反応燃料物質（例えば、ナトリウムシリサイド）／液体（例えば、水）機構が可能である。いくつかの構造では、反応物質は、幾何学構造に形成、成形、または押圧することができる。例えば、安定アルカリ金属物質から形成されたロッドは、規定速度で水溶液中に挿入され、反応を制御することができる。同様に、ロッドは、単に、水槽または他の水溶液から取り外され、反応を停止し得る。付加的には、反応燃料物質はまた、ペレットに圧縮することもできる。次いで、これらのペレットを規定速度で操作し、水または他の水溶液中に定置して、反応をもたらすことができる。

10

【0041】

水溶液供給

水は、多くの異なる方法で、反応器 302 内に供給され得る。例えば、水は、单一の水入口 338 を使用して、または図 4A～4D に示すとおり、選択した位置で複数の水分注ノズルを使用することによって、反応器内に供給することができる。単純なシステム構造において、かつ小さいシステムには、単一の水入口が十分であろう。大きいシステムには、複数の水入口を使用して、反応を促進し、反応の再開に役立つことができる。例えば、図 4A では、水供給管 411 は、水入口 406 から垂直に延在し、単一管 411 を使用して反応器 402 の複数の領域に水を供給するための複数の水分注ノズル 413 を採用する。図 4B と同様に、水平水分注フィルタスプレー 415 も使用して、反応器 402 の複数の領域に水を供給する。実践では、単一または任意の数の管を使用することができる。管および水分注ノズルは、種々の寸法であり得、水分注ノズルパターンおよび孔の寸法は、反応器混合条件を最適化するように、管にわたって異なり得る。例えば、小さい管は、例えば、直径 .001 ～ .040 の寸法、またはそれより大きい孔等の多くの小孔で使用し得る。小孔は、反応の再開を試みるときに、反応副生成物で閉塞する傾向を有することができる一方、より大きいノズルは、ジェットまたはミストではなくむしろ、水溶液を反応燃料物質上に滴らせることができる。高圧力性能を有するポンプを使用するとき、より大きい開口部を使用して、反応地点に水を注入することができる。低圧力水供給システムが使用されるとき、より多くのノズルを使用して、ノズルと反応地点との間の距離を制限することができる。用途および特定の反応剤によって、水溶液送達技術のいずれかを選択することができる。

20

【0042】

付加的には、水供給管は、図 4C および 4D に示すとおり、湾曲またはらせん状であり得る。図 4C および 4D では、单一管を使用して、反応器 402 の複数の領域にアクセスするために、らせん状水供給管 421 を使用することができる。このらせん状水供給管 421 は、その被覆領域を最大限化し、反応器 402 の一方の領域内の水飽和を他方に対して最小限化するために、多くの考えられる位置において、孔を有することができる。中心柱 423 もまた、機械的支持のため、および熱除去のために含むことができる。かかる支持または熱除去構造を必要としない設計では、それを取り外すことができる。代替的には、水供給ネットワークを中心柱 423 内に統合することができる。他の水分散構造もまた可能である。例えば、一実装形態は、各種の微細孔またはメッシュを使用して、水移動を促進することができる。他の実装形態では、水供給ネットワークは、キャニスタの容量にわたって均一でない場合がある。例えば、供給ネットワークを最適化して、反応燃料領域に直接供給することができる。反応器が、廃棄物または反応発砲に過剰容量を有する場合

30

40

50

では、水供給ネットワークは、これらの領域に水を添加しない場合がある。付加的には、水供給ネットワークは、水素分離（下記に説明）に使用される膜の上に水を噴霧するよう構成される、管を採用することができる。管は、孔を含むことができるか、または付加的な一連の管またはノズルを収容してもよい。この方法で、水は、反応器 402 の複数の領域内の反応燃料に直接供給され、その水溶液との反応を促進する。

【0043】

反応器 402 の選択した位置に水を供給することによって、水およびその後の反応は、反応器 402 内の反応燃料を攪拌または混合するよう作製することができる。水素が形成され、上昇すると、水素ガスは、反応器物質（すなわち、水溶液および反応燃料物質）を攪拌することに役立ち、これらの反応構成要素のほぼ完全な反応性を可能にする。反応構成要素の混合はまた、図 6 に示すとおり、水素出口および水入口の両方を、下方配向で反応器の一端上に位置付けることによって達成することができる。この構造は、水素生成システムに単一の接続面を提供する。水素ピックアップ 666 は、反応器 602 の上部に位置し、加圧ガスは、水素管 668 を通して底部に移動する。この水素管 668 は、反応器内、またはその外にあることができる。異なる構造および管形状もまた、使用することができる。

【0044】

完全とは言えない反応性を採用することができ、それは、必要な水の量が非線形であるため、エネルギー密度（送達された H_2 / (粉末の質量 + 必要な水の質量)）を増大し得る。加えて、部分的反応性は、上昇した局所反応温度から冷却すると、廃棄物をほぼ固体状態に残したままにすることができる。固体廃棄物は、廃棄物処分に有益である可能性がある。

【0045】

伝熱

図 3 を参照すると、反応燃料物質 301 と水との反応が進行すると、熱が反応器 302 の内部に生成される。1つまたは複数のサーミスタ 328 を使用して、反応器 302 の熱を測定し、かつ、反応器 302 を冷却するために使用することができる、1つまたは複数の冷却ファン 330 を含む、冷却システムを制御することができる。同様に、冷却は、内蔵型熱管理回路を使用する液体冷却ループ（図示せず）によって、または別個の水冷却運転を使用して、水容器 314 から、反応器 302 周辺で水を循環させることによって提供され得る。もちろん、サーミスタ 328 はまた、反応器 302 の温度に基づき、反応を制御、生成された廃棄物量を制御、水使用を最小限化するため、および他の理由のために、水供給弁 324 を制御して、反応器 302 内への水流入を調節し得る。

【0046】

図 5 に示すとおり、熱除去構造 523 もまた、反応器 502 の中心に位置付けることができる。熱除去構造 523 はまた、加圧されたときに、反応器の両端をともに把持することによって、機械的反応器係止機構を促進し得る。

【0047】

図 5 では、反応器の底部 572 はまた、反応器 502 のためのヒートシンクおよびスタンドとして機能する。一部の熱が反応器壁を通って除去される間に、これらの壁が透明であり、ガラスまたはプラスチックから作製されるとき、これらの物質は、典型的には、熱導電率を制限してきた。一実装形態では、相当な量の熱は、反応器の端部 562、572 のいずれか、または両方を通って除去される。反応器 502 の一端は、独占的にヒートシンク（底部 572）であってもよく、他方の端（上部キャップ 562）は、反応器制御、ならびに接続部（水素接続部 508、および水接続部 506 等）、逃し弁 555、電気接続部 577、579（電気フィードスルー等）、電気信号処理接続部、システム感知接続部、および構造接続部を収容してもよい。図 5 では、反応器 502 の全体の本体は、透明または半透明（例えば、ガラスまたはプラスチック製）であることができ、反応状態の視覚的検出を可能にする特性、反応燃料物質消費の推量の両方、ならびに独自の梱包および外観を提供する。別の実装形態では、反応器は、一般に、反応を確認するための透明の視

10

20

30

40

50

覚ウインドウを有し、不透明であることができる。

【0048】

付加的には、図7の例に示すとおり、ヒートシンク723およびすべての構成要素は、一端762に接続される。この形状は、空気冷却、液体冷却、または任意の他の方法を使用する、水素生成システムによる熱除去のための直接経路を提供しながら、ガス接続部708、流体接続部706、および電気接続部777を有する、水素生成システムへの容易な接続を促進する。

【0049】

圧力制御

図3を参照すると、バースト逃し弁、バーストディスク、または他の制御圧力逃し点330を、反応器302内に実装して、その圧力を制御することができる。例えば、反応器302内の圧力が、所定のシステムパラメータに到達するとき、水素ガスは、圧力逃し点330を通って、反応器302から制御可能に通気することができる。一例では、流量制限器を使用して、水素出力流量を制限、下流デバイスのために流量を許容範囲内に維持、および/または良好なろ過のために流量を許容速度内に維持することができる。流量制限器は、逆止弁構成要素の開口部、または機能であることができる。反応器への水入力を制限する、流量制限器を採用して、過剰な瞬間的圧力生成を回避することができる。

10

【0050】

水素生成システム300は、圧力範囲を超えて動作するように構成することができる。一実装形態では、ユーザは、ボタン、スイッチ、または任意の他の連通プロトコル（例えば、ブルートゥース等）を使用して、直接または間接的に、所望の圧力制限または範囲を設定することができる。一実装形態では、システム300は、圧力を監視し、適宜に反応を制御して、反応器302内の圧力を規定の耐性帯域内に維持する。システム300を、より低い圧力用途（約25psi）に使用して、ユーザの安全性および動作の簡潔さを促進する。多くの燃料電池用途は、この圧力範囲で動作する。しかしながら、必要に応じて、ナトリウムシリサイドは、数千のpsiを、それを必要とする用途のために生成することができる。

20

【0051】

水素ろ過

一実装形態では、反応燃料物質は、一次反応として、水素ガス、および副生成物（ケイ酸ナトリウム等）を形成するために、水溶液と組み合わされる、ナトリウムシリサイドである。実践において、シラン（例えば、SiH₄）等の他の副生成物は、ある条件下で反応するときに、形成することができる。ボラジン副生成物は、混合物をアンモニアボランと反応させるときに形成することができ、水蒸気または水酸化ナトリウム（NaOH）微粒子等の他の要素も可能である。加えて、水溶液（例えば、水）、液体廃棄物（例えば、ケイ酸）、および反応燃料物質（例えば、ナトリウムシリサイド）はすべて、反応器内に存在することができる。複数のレベルのろ過を使用して、特定の用途に適用可能な精製のレベルで、水素のみを出し得る。

30

【0052】

多目的に役立ち得る、水素分離を使用することができる。一実装形態では、約0.45マイクロメートルの細孔寸法を有する、ラミネート加工されたテフロン（PTFE）から作製された分離媒体を使用することができる。多種多様な細孔寸法および特定の物質選択が使用可能である。実装特性は、高いスループットガス流速、最大30psiの水破過圧力、および反応器キャップへの超音波ボンディングを含む。膜は、一連の物質の種類および厚さで使用可能である。複数の膜を使用して、粗く、精密なろ過を提供することができる。例えば、水溶液反応において反応燃料物質としてナトリウムシリサイドを使用するとき、水素気泡は、ナトリウムシリサイド発泡内に存在することができる。反応中、この発泡（または水素コーティングされたケイ酸ナトリウム気泡）は、ケイ酸ナトリウム廃棄物でろ過膜をコーティングすることができる。図8は、水素ろ過膜890を使用するより精密なろ過を実行する前に、粗媒体フィルタ888を使用して、この発泡を破壊する、シス

40

50

テム構造を示す。一実装形態では、粗媒体フィルタ 888 として銅ワイヤメッシュを使用する。これは、高粘度物質を、精密なフィルタ水素ろ過膜 890 から上手く離して維持する。他の粗いフィルタ媒体もまた、使用することができる。加水分解を触媒するか、または汚染物質を吸収するための有利な化学活性剤または吸収剤を含むように、銅、または他の物質もしくは物質コーティングを選択することができる。精密なフィルタ膜 890 物質はまた、膜 890 と、機械的筐体 892 との間にパッキング材 894 を含むことができる。このパッキング材 894 は、膜 890 から出て、特別な水素出力接続部（図 8 に図示せず）に進入するための、水素の経路を提供しながら、膜 890 に機械的支持を提供する。

【0053】

反応器アセンブリにおいて、粗く、精密なろ過を提供することによって、水素ガス生成システムは、容量拘束を活用する。水素生成システムおよび／または燃料電池システム内の付加的なろ過もまた、提供することができる。例えば、図面に図示する水素生成システムは、例えば、着脱式デシカントフィルタ等の着脱式ろ過デバイスを含むことができる。化学フィルタもまた、一定期間後に修理することができる、水素生成システムに使用することができる。代替的には、フィルタは、それらが完全な製品寿命中に修理を必要としないように、反応器のより大きい寸法で構築することができる。多くの燃料電池用途では、水素ガス出力システム内の水蒸気は、燃料電池の所望の湿度条件により許容される。実験環境、商業用使用、およびより低い湿度が決定される、いくつかの燃料電池用途等の他の使用では、水素ガス出力システム内の水蒸気は、許容されない場合があり、ドライヤフィルタを採用することができる。請求する発明の水素生成システムにより、着脱式フィルタが、例えば、商業用、実験用、および燃料電池用途を促進することを可能になる。加えて、金属水素化物の再充填等のいくつかの燃料電池用途は、乾式水素を必要とする。また、図 8 に示す、水吸收媒体、および／または凝縮器 896 も、これらの用途に使用することができる。凝縮器 896 の任意の使用は、収集および水の一次反応に戻すことを促進して、反応器 802 からの排水を最小限化する。水を一次反応へ戻すことは、水入口 806、または反応器 802 への他の接続部に直接行うことができる。

【0054】

別の実装形態では、反応器は、着脱式または固定式であることができ、反応が完了した時点で、アクセストドア、または他のアクセスポートを提供して、反応燃料物質を添加、および／または反応廃棄物を除去することができる。例えば、アクセストドアは、図 5 に示すとおり、反応器カバー、または蓋 562 として組み込むことができる。代替的には、図 5 に示す実装形態では、廃棄物の任意の部分は、後の処分または再生のために、反応器内に貯蔵することができる。

【0055】

フィルタの清掃

水素ガス生成システムにおいて、ナトリウムシリサイドを反応燃料物質として、水を水溶液として使用するとき、一次廃棄物は、水を容易に吸収する、ケイ酸ナトリウムである。いくつかの反応器構造では、相当な量のケイ酸ナトリウム発泡は、経時的に、ろ過デバイスの阻害をもたらす。高粘性ケイ酸ナトリウムは、ろ過デバイスを閉塞することができる。ケイ酸ナトリウムに水を適用することによって、粘性は変化し、ケイ酸ナトリウムがフィルタ領域から洗い流されることを可能にする。例えば、図 9A～9C に示す 1 つの構造では、水供給ネットワークの一区画（一例として、図 3 の参照番号 338 等）は、図 8 に示す、粗媒体フィルタ 888 および水素ろ過膜 890 等のろ過デバイス上に直接向けられた水流の一部分を有する。水スプレー 909 によって、ろ過デバイスに適用された水は、最終的に、未反応ナトリウムシリサイドに滴下して戻り、また反応させられるが、それは、まず、反応器へのその送達の一部として、フィルタを清掃するように機能する。図 9A の参照番号 909 は、ろ過デバイスに上方に直接到達することを目的とした水の流れを示す。図 9B は、反応中に清掃されなかった、ろ過デバイス 999b を示し、図 9C は、ろ過デバイス 999c に水を噴霧することによって、反応中に清掃された、ろ過デバイス 999c を例証する。図 9B および 9C に示すフィルタ残留物の差異から分かるとおり、

10

20

30

40

50

ろ過デバイスに水を提供することによって、フィルタは、閉塞しない。

【0056】

付加的なフィルタ

膜 / 粗フィルタアセンブリに対する代替的フィルタ設計もまた、使用することができる。図10A～10Bは、多くの異なるフィルタ設計を示す。例えば、図10Aでは、コーン状のフィルタ1010は、フィルタ1010にわたる、ケイ酸ナトリウム発泡の移動を促進することができ、気泡1012の破壊をもたらす。このコーン状フィルタ形状はまた、反応器1002の上部隅1014a、1014b内の液体収集地帯への発泡の移動、および下向きの垂直矢印1050、1060で示すとおり、反応器1002の基部1009への下方のケイ素ナトリウム溶液の再循環をもたらし得る。付加的な設計特性を、反応器1002自体に組み込んで、この動作を促進し得る。かかる特性は、反応器壁1040上の凝縮を促進するためのキャニスタ冷却、ならびに下向きの垂直矢印1051、1061で示すとおり、反応器壁1040の下方、または他の適切な領域への液体溶液の移動に役立つための図10Bのウィッキング物質1071を含むことができる。

10

【0057】

多チャンバ反応器

上述のろ過デバイスを用いても、数量の非水素および / または非水は、粗フィルタ、および / または膜を通って漏れることができる。図3は、ケイ酸ナトリウム等の反応廃棄物を捕捉するためのプロセスを促進するための組み合わせ型チャンバ355を示す。図3の組み合わせ型チャンバ355を使用するプロセスを、多フィルタおよび膜を使用して、図11A～11Bに概略的に示す。

20

【0058】

図11A～11Bは、廃棄物捕捉および循環方法を例証する。一実装形態では、廃棄物捕捉および循環は、使い捨て反応器内で実行される。図11Aでは、水素ガスは、水をナトリウムシリサイド1101と反応させることによって、より大きな反応チャンバ1154内で生成され、水素ガス1191は、水素膜1190を通って上方に移動する。また、数量のケイ酸ナトリウム、水、および他の反応生成物は、膜1190を通って、またはその周囲で移動し得る。これらの生成物の実際の流動速度は、流入供給水1138の流動速度よりもさらに低い。これらの生成物のすべて（出力水素1191、流入水1138、および反応副生成物）は、より小さい組み合わせ型チャンバ1155内で組み合わされる。より小さい組み合わせ型チャンバ1155は、支持部1133によって、反応器1102内で支持することができる。メッシュフィルタ1122もまた使用して、さらなる流入および流出ろ過を提供することができる。

30

【0059】

流入水1138は、それらが水中で可溶性であるため、組み合わされた反応副生成物を吸収する。次いで、水1138および副生成物は、より大きな反応チャンバ1154内に再度汲上げられる。出力水素1191は、膜1190よりも微細な小孔寸法であることができる、二次膜1195まで上方に移動する。数量の水蒸気および他の構成要素は、依然として、「純水素出力」1193として標識された、最終出力ストリーム内にある。いくつかの動作状況では、組み合わせ型チャンバ1155、および反応器チャンバ1154内の圧力は、均等であり得、水素は、膜1190を通って流動しない。

40

【0060】

圧力均等化を克服するために、膜 / フィルタ圧力は降下し、逆止弁圧力は降下し、水ポンプの特定の動作制御方法は、反応前、または反応中に修正することができる。一例として、供給ポンプの循環は、水素が流動を開始または再開することを可能にする、圧力摂動を生成することができる。ポンプレス構造のための代替的廃棄物再捕捉構造を、図11Bに示す。図11Bでは、供給された水の超過圧力を使用して、反応器に水を供給する。

【0061】

反応器内により小さな区画を使用するアーキテクチャ

上記のとおり、これらの例における反応器は、複数の区画に分離することができる。こ

50

のアーキテクチャは、水を反応の異なる領域に移動させるために有用であることができる。一例では、反応の異なる領域は、異なる時間で動作することができ、ナトリウムシリサイドおよびケイ酸ナトリウムが存在するときとは対照的に、ナトリウムシリサイドのみが存在するときに、反応がより早く開始することができる、より容易な再開条件を促進する。加えて、水噴霧器は、反応を制御する上で有効であることが分かっている。各噴霧器は、画定範囲の水分散を有することができる。区画アプローチでの噴霧器は、反応を制御するように上手く機能することができる。区画を分離するために、種々の方法および物質を使用することができる。例えば、薄管を反応器区画内に緩く挿入することができ、ハニカムメッシュアセンブリを反応器の内部に組み込むことができるか、または可撓性膜を反応器内に組み込むことができる。付加的には、反応器を分割するために使用する物質は、一区画内の水溶液を、他の区画から密封することができる。区画は、反応器内で水平方向および垂直方向の両方で構成することができる。区画はまた、水透過性および/または水素透過性物質から作製するか、または表面張力を介する水輸送のために使用される他の物質から作製することができる。

【0062】

図12Aは、反応燃料物質がタバコ状構造に巻かれることができ、かかるアプローチの一実装形態を例証する。図12Aに示すとおり、反応燃料物質は、粉末、および/透過性水素の周囲のすべての水を分配することができる、膜物質で覆うことができる。例えば、複数の巻き区画1204a、1204b、1204c、1204d、1204e、1204f、1204gを、反応器1202内に収容することができる。

【0063】

巻き区画1204a、1204b、1204c、1204d、1204e、1204f、1204g内で反応が生じると、反応器1202は、熱を生成する。かかる巻き区画の別の実装形態は、タバコの場合と同様の薄型梱包のために、巻き区画を水平方向に隣り合わせて配置することである。上記の技術に加えて、図12Bに示すとおり、反応器1202の壁1296を通して熱放散を実施することができる。反応器1202の壁1296が熱くなるため、保護部品1288または他の絶縁デバイスを使用して、反応器1202の外側の多くの領域を絶縁することができる。これらの絶縁デバイスを反応器1202の外側に位置付けることによって、ユーザが反応器に接触することが可能になる。

【0064】

反応状態の判定

水溶液を反応燃料に添加した後、反応が生じ、水素ガスが生成される。反応状態を判定し、反応の進行を確認するための多くの方法が存在する。これらの技術は、視覚的な反応の観測、反応の計時、反応前、反応中、および反応後の反応のパラメータの測定を含むことができる。例えば、反応前、反応中、および反応後に測定することができる、パラメータは、反応剤の重量、温度、反応器内の水溶液の量、反応器内の反応燃料の量、反応器に添加される水溶液の最大量、ポンプの公知の特徴評価によって添加された水溶液の量、導電率、圧力、燃料電池電流および同等物による直接または間接的な水素出力測定、および同等物を含むが、これらに限定されない。

【0065】

例えば、ナトリウムシリサイドは、最小限の導電率を有する。しかしながら、水と反応すると、ケイ酸ナトリウムは、検出および測定に好適なレベルで電気を容易に導電する。多くの異なる方法を使用して、この導電率の変化を測定することができるが、異なる電気接点1366が反応器1302内部のリボンケーブル1350上に定置される、一実装形態を図13に示す。

【0066】

導電率測定回路は、パッド1313aと、1313bと、1313cと、1313dと、1313eと、1313fとの間の実際の抵抗測定を読み取り、比較し、および/またはパッド1313aと、1313bと、1313cと、1313dと、1313eと、1313fとの間の二地点間導電率を探す。これらの測定は、十分な状態反応分解能を提供

10

20

30

40

50

するために、必要に応じて、わずか2つのパッド、またはできるだけ多くのパッドを使用して行うことができる。同様に、接触プローブは、反応器の異なる位置に定置して、同様の読み取りを実行し、同様の効果を達成することができる。

【0067】

さらに、別の例では、単一のプローブは、2つの電気先端に接触して、反応器内の非常に特定された距離で、特定の地点における抵抗を測定することができる。この技術は、導電性反応器が採用される構造に使用することができる。同様の実装形態では、単一のプローブ、複数のプローブ、導電性パッドを使用し得、反応器事自体は、測定グラウンドとして使用することができる。

【0068】

一構造では、電気接点は、バネ充填接触ピン、スワイプピン、ブレード挿入デバイス、無線伝送等の多くの電気接点方法、または任意の他の電気信号送達方法を介して水素生成システムに接続される。かかる接点を使用する反応器の一例を図14に示し、そこでは、電気接点1414は、反応器の圧力容器キャップ1416に接続される。凹型リボンケーブル1418は、圧力容器キャップ1416内のマイクロコントローラ1420に、接触部1414を接続する。水素生成システムは、マイクロコントローラ1420内の命令をプログラムして、接触部1414をインテロゲートまたは探査、抵抗を測定、および／または短絡および／または開回路を判定することによって達成される、検出回路を含むことができる。マイクロコントローラ1420は、接触部1414をインテロゲート、信号レベルを判定、および信号レベルを導電率測定に変換し、導電率測定を反応状態測定と一致させるためのプログラム命令およびアルゴリズムを含むことができる。もちろん、マイクロコントローラは、反応器アセンブリ上(図14の圧力容器キャップ内等)、または図3に示す制御システム303内に存在することができる。

10

【0069】

反応状態を判定するための別の例では、歪みゲージ等の力センサを使用して、反応器の重量を測定することができる。反応状態にわたり、反応器は、ナトリウムシリサイドに添加される水のため、より重くなる。反応器の重量の変化は、はかりまたは他の力センサを使用して測定して、反応前、反応中、または反応後に反応の重量を判定することができる。これらの期間中に反応器を計量することによって、反応状態、ならびに、他のシステム固有のパラメータ(反応効率、完了比率、反応の時間、反応から生成された水素ガスの量)、および他のパラメータを判定することができる。

20

【0070】

制御システムは、反応状態に基づき、そのポンプパラメータを調整することができる。例えば、反応は、開始よりも反応の終了付近で、同一量の水素を生成するために、さらに多くの水を必要とする可能性がある。マイクロコントローラは、このシステムパラメータを使用して、他の制御測定(温度範囲、圧力範囲、ならびに水溶液が反応に添加される量および速度等)を調整することによって、より均一な水素生成を可能にする、反応特性を予測することができる。

30

【0071】

反応状態および反応パラメータの表示

40

反応状態を判定するために使用する測定に関わらず、図2に示すとおり、ディスプレイデバイス218を使用して、反応燃料および水溶液を監視し、制御し得る。ディスプレイデバイス218は、判定された反応の力または重量、および他の動作またはシステム固有のパラメータを示すためのLCD(液晶ディスプレイ)、または他のディスプレイを含むことができる。ディスプレイデバイス318の付加的な例を図3に示す。例えば、ディスプレイデバイス318は、実際の重量を表示するか、またはマイクロコントローラ(図3のマイクロコントローラ387等)を使用して、完了比率、時間、または反応状態に関連する他の測定に実際の重量を変換することができる。

【0072】

单一区画反応器の例

50

軽量、低価格、かつ再利用可能な反応器 1502 の例を、図 15A に概略的に、図 15B に詳細に示す。薄壁付き反応器 1502 は、キャニスタキャップ 1555 の周囲にリップ 1553 を含むように、型打ちされ、形成される。別個の支持部品 1557 は、リップ 1553 の裏面に定置される。キャニスタキャップ 1555 および支持部品 1557 は、リップ 1553 を圧縮して、すべて分解および再利用することができる非常に薄い壁付きキャニスタを使用しながら、強力な反応器 1502 を促進する。リップ 1553 は、糊付けまたは圧着することなく、保持環を使用して、キャニスタキャップ 1555 を固着するための機械的接続を促進する。これは、キャニスタキャップ 1555 を取り外す、反応器 1502 およびキャップ 1555 を修理、次いで、反応器 1502 およびキャップ 1555 を再充填し、再利用する能力を提供する。反応器 1502 およびキャップ 1555 の修理は、分離膜、ろ過媒体、および同等物等の構成要素部品の交換または修復を含むことができる。付加的には、封入等の保護方法、または他の方法を使用して、反応器の不正使用を回避、および / または反応器の不正検出を提供することができる。

【0073】

図 15C は、設計されたオーバーリップ 1553 を含む、かかる薄壁付き容器の製造に使用される、詳細な図面を示す。15B にも示すとおり、オーバーリップ 1553 は、圧着または糊付けアプローチ等の他の方法を使用して、反応器キャップ 1555 を取り付ける場合に除外することができる。キャップ 1555 の底部部分 1563 は、水溶液入力および出力、電機接続デバイス、および同等物等の実践的接続デバイス (1565 として集合的に示す) を提供しながら、重量を最小限化し、強度を最大限化するように設計することができる。

【0074】

図 15B にさらに示し、図 3 に関して上記に動作上説明するとおり、反応器 1502 は、水素出口 1544 および水入口 1591 の両方を含む。これらの接続は、水および水素流動を調節するために、逆止弁、および / または正常に閉鎖した遮断弁、または他のデバイスを収容することができる。正常に閉鎖した遮断弁 3434 の一例を図 34 に示す。正常に閉鎖した遮断弁 3434 は、図 15B に示すとおり、水素出口 1544 および / または水入口 1591 のいずれかの上の反応器内に設置することができる。図 35 に示す噛合構成要素 3535 は、制御システムの上に載置され、かつ正常に閉鎖した遮断弁 3434 の表面に接触し、押圧する、噛合構成要素 3535 の表面上に O 型環 3537 または過剰成形ガスケットを有する。噛合構成要素 3535 の表面が、弁アセンブリ 3434 上で押圧すると、遮断弁 3434 の内部部分は、摺動して、開口流体チャネルを提供する。未開口状態では、バネ 3430 は、弁 3434 の本体を押下し、O 型環を封止させ、液体が流動することを可能にする。付加的な O 型環を動的封止として使用し、それは、弁空隙容量を最小限に維持し、それは、接触または断絶されたときに、水素ガスに添加される通常の空気の量を著しく減少する。弁 3434 の本体は、本体がキャニスタキャップ 1555 内にネジ止めされ得るように、螺合 3439 を含む。糊、押し嵌合、スナップ嵌合環、および同等物等の多くの他の機構によって、弁 3434 を定位置に設置し、維持することができる。

【0075】

示す反応器は、統合安全逃し弁 1538 および 1588 を含む。安全逃し弁 1538、1588 は、一回限りの制御圧力逃しバースト点等の代替的方法で実装することができる。図 15B では、別の逃し弁 1588 を使用して、ろ過前の圧力を通気し得る一方、1つの逃し弁 1538 を使用して、ろ過を通る圧力を通気する。一実装形態では、弁 1538、1588 の両方は、同一の圧力で逃すように設定される。別の実装形態では、後置フィルタ弁 1538 は、前置フィルタ弁 1588 よりも低い圧力で逃すように設定される。無人の高圧力事象の場合では、システムは、ろ過された出力を介して、高圧力水素のすべてを通気する。二次弁 1588 はまた、フィルタが閉塞した高圧力事象の場合に予備弁として機能することができる。別の実装形態では、浸漬管 1543 は、逃し弁 1588 のガスチャネルに接続され、逆さまに保管された場合に、キャニスタの底部に向けられ、キャニ

スタを通気する。この実装形態の場合では、浸漬管 1543 は、水素対ケイ酸ナトリウム、または他の水溶液要素を選択的に通気するために、上部、底部、またはその両方に多孔質フィルタ媒体を収容することができる。

【0076】

キャップ 1555 は、例えば、Atmel 社の TK5551 RFIID チップ等の RF ID チップ 1522 を含む。3 つの薄壁付き管 1539、1541、1543 を反応器 1502 内に示す。1 つの管 1539 は、反応器 1502 の中央から水を降ろし、かつ、反応燃料が存在する、反応器 150 の領域へ水流を移動させるための統合ノズル 1549a、1549b、1549c を含む。別の管 1541 は、上部キャップ 1561 の平面に対して水平である。この管 1541 は、フィルタ 1561 の清浄、および水溶液と反応燃料との間のさらなる反応のために、フィルタ 1561 の周囲を一掃し、フィルタ 1561 にわたって水を噴霧する。

【0077】

図 3 に関して上述のとおり、逆止弁（図 15 に図示せず）は、反応器 1502 で水ラインと一列に定置することができる。上述のとおり、逆止弁は、制御システム内、反応器 1502 内、または両方内に位置することができる。水は、先述の水ネットワークを介して反応器 1502 に汲上げられる。水素が、水素出口 1591 を介して反応器 1502 を出ると、水素ガスはまた、逆止弁（図 15 に図示せず）を通って通過することができる。上記に示すとおり、水素ガス出力逆止弁はまた、制御システム内（参照番号 303 で図 3 に示す）、反応器 1502 内、または両方内に位置することができる。1 つ以上の单一反応器 1502 を使用するシステムでは、逆止弁は、各反応器からの水素出口ラインのそれぞれに使用される。また、独立した圧力変換器を使用して、各反応器圧力を別個に測定することができる、次いで、独立した圧力変換器は、少なくとも 1 つの逆止弁、または他の下流単離機構の前に、反応器内、または制御システム内のいずれかの水素出口ラインに接続される。逆止弁を使用して、1 つの反応器が別の反応器を逆加圧すること防止することができる。正常に閉鎖した弁または流量制御調節器等の他の構成要素を使用して同様の結果を達成することができる。

【0078】

図 3 に関して上述のとおり、水素ガスは、反応器 302 から直接出て通過することができる。別の実装形態では、水素ガスは、まず、高純度汚染フィルタを通って通過することができる。同様に、再度、図 3 に示すとおり、水素出力は、従来の水タンク 314 または別個の水タンク等の水タンク / 凝縮器を通って気泡化することができる。これは、数量の水蒸気を濃縮し、排出された水素ガス中に存在し得る、数量の微粒子または汚染物を捕捉することに役立つ。

【0079】

水タンク 314 を介して気泡化した後、排出された水素ガスは、微細な高純度フィルタ 369 を通って通過することができる。水タンク 314 は、低温動作のために、他の目的のために、添加剤を含むことができる。添加剤は、生成された H₂ の量を増大する、共反応剤、凝集剤、腐食防止剤、または水溶液の物理的特性を変更する熱物理的添加剤を含むことができる。例えば、熱物理的添加剤は、反応の温度範囲、反応の圧力範囲、および同等物を変更することができる。さらに、水溶液への添加剤は、種々の異なる添加剤の混合物を含むことができる。

【0080】

いくつかの添加剤は、水素ストリームにおいて少ない汚染物を促進することができるか、添加剤自体は、反応に生成された任意の展開したシラン (SiH₄) 上で加水分解することに役立つことができる。反応器 302 からの水素ガスは、水性フィルタ 351 を対象とすることができます。圧力変換器 340 を使用して、水素ガスの圧力を測定および調節することができる。水性フィルタ 351 を使用して、展開したシラン上で加水分解を実行し、微粒子を収集し、水素出力ストリームから水を凝縮する。シランの加水分解の場合では、少量の SiO₂ および水素が生成されるであろう。生成された水素を、水素ガス出力 3

10

20

30

40

50

65内で使用することができ、 SiO_2 は、弁361、324を通る残りの水で、反応器302中に汲み上げることができる。水タンク314は、必要に応じて、排水および清浄することができる。気泡が水を通って水素を排出した場合、水タンク314はまた、水素が水素出口ポート365を出ることを可能にするが、重度に傾斜、または逆さまに反転した状態で水が出ることを不可能にするために、上部内に透過性膜367を有することができる。一実装形態では、水蓋363は、水蓋363が完全に閉鎖すると、マイクロコントローラ387に通知する、キャップ接触センサ311、または他の検出器を有する。一実装形態では、マイクロコントローラ387は、さらなる水が添加されている間に反応器が加圧されたままにするために、水タンク314の前に出力弁362の電源を切ることができる。

10

【0081】

他の例では、出力弁366は、水タンク314、および微細フィルタ367を出た後に定置することができる。この出力弁366は、マイクロコントローラ367によって制御して、反応を開始し、排出された水素ガスを最終用途（携帯電話、ラップトップコンピュータ、住宅配電網、および同等物等）に供給するために適切なレベルまで圧力が蓄積されるのを可能にすることができる。別の例は、任意の閉じ込められた空気のシステムをページするための、別個の逃し弁368、または抽気弁を含む。上述のとおり、さらなる例は、適用可能な特定の用途条件を支持するために、出力水素ラインと一列にある、凝縮器またはデシカントフィルタ等のフィルタ369を含む。

【0082】

20

別の例は、二次組み合わせ型チャンバ351を通る、反応器302からのすべての水の送ることを含むことができる。付加的には、別の例は、反応器302までの経路上の直接通路として、または二次組み合わせ型チャンバ351への独立した制御を用いる、二次組み合わせ型チャンバ351内への汲み上げ入力水を含む。二次組み合わせ型チャンバ351は、加水分解および/またはろ過を促進するために、二次チャンバの温度を増大および/または維持するために、サーミスタを含む、熱制御システムに連結することができるが、上述のとおり、反応器302に関して熱制御を提供した。

【0083】

付加的な電気接続

30

単一区画反応器、および付加的な区画を有するこれらの反応器の両方では、付加的な電気接続を形成して、反応状態およびシステム固有のパラメータに関する付加的な情報をユーザに提供することができる。例えば、図3では、反応器302および制御システム303から制御電子機器368への付加的な信号接続（有線または無線のいずれか）を形成して、システム固有のパラメータを監視および表示するために用いる、制御デバイスおよびディスプレイデバイス測定データを提供することができる。

【0084】

例えば、システム固有のパラメータを記憶および報告することによって、反応状態を評価するために、1つまたは複数の読み取り/書き込みRFIDデバイスを使用することができる。例えば、マイクロコントローラ387は、反応器302のキャップ内に定置することができる、RFIDデバイス333に、反応器302内に汲み上げられた水の量のデータ標示を書き込むことができる。反応器302内に挿入されることが分かっている、測定された水量に基づき、かつ圧力および温度パラメータ等の他の測定を用いて、反応状態は、システム300によって判定することができる。同様に、付加的なRFIDデバイス381、382、334は、マイクロコントローラ387に、かつそこからのシステム情報を提供し、記憶するために、反応器302および制御システム303にわたって組み込むことができる。例えば、各RFIDデバイスは、連番、反応器内に挿入される水量、反応器内に挿入することができる水の許容可能な総量、反応器内の圧力、水容器およびシステムの他所内の圧力等の情報を含むことができる。次いで、RFIDデバイスにおける、圧力測定、温度測定、水量、および他のシステム特性を使用して、反応状態を判定することができる。同様に、マイクロコントローラ387は、水流速、生成された水素量、およ

40

50

び他のパラメータ等の他のシステムパラメータを、RFIDデバイス333、334、381、382、および制御システム303内、反応器302内、および反応デバイスにわたって定置することができる、他のRFIDデバイスに書き込むことができる。

【0085】

付加的には、RFIDデバイス（別個に図示せず）は、反応器302を個々に特定することによって、在庫管理を提供するために、反応器302に組み込むことができる。このデバイスを、在庫管理のために別個に使用することができるか、または単一のデバイスを複数の一連の制御機能と併せて使用することができる。RFIDデバイスは、複数の位置で使用することができる、応答器、および／または多くの応答器と通信することができる。例えば、応答器は、品質管理のために、アセンブリラインの一部として、または携帯用デバイスとして、反応器を製造する工場で使用することができる。同様に、応答器は、フィールド内での使用のために、一致するハードウェア内に位置することができる。一致するハードウェアは、水素生成システム、燃料電池システム、完全な電力システム、または他のインターフェースシステムを含むことができる。

【0086】

受動水素生成

受動的アーキテクチャ反応器システム1600の一例を、図16に示す。「受動的アーキテクチャ」は、反応を開始するための電気ポンプの欠如を指す。受動的アーキテクチャシステムは、しばしば、低出力システムに好適である。このアーキテクチャを用いて、オーバーヘッド動作を最小限化することができる。例えば、低出力システムの構成要素は、しばしば、より少数の物理的梱包に組み合わせることができ、他の構成要素は、完全に排除することができる。例えば、反応器システムのファンおよびポンプは、携帯電話または携帯電話充電器等の低電力システム、および低電力が必要とされ、容積および費用が最小限化されなければならない他の用途のために排除することができる。ナトリウムシリサイドベース（または、他の水性反応物質）の水素生成のためのポンプレスシステムの簡略化アーキテクチャを図16に示す。水タンク1614は、まず、加圧源1616を接続することによるか、またはポンプのいずれかによって加圧される。次いで水は、流量制限器1624を含むこともできる、水供給ライン1690を通って供給される。流量制限器1624は、弁等の能動的構成要素、または開口部等の受動的構成要素であることができる。代替的には、重力自体は、初期力を提供して、水を水供給ライン1690を通って移動させ得る。初期水が反応器1602に進入し、ナトリウムシリサイド1601と組み合わされると、水素1634が生成され、水素圧力を形成し、それは、順次、再圧力ライン1643を介して水供給1684を再加圧する。水素出力1666における圧力は、水素がシステムから出て、水タンク1614まで逆流し始めると低下する。しかしながら、水タンク1614における圧力は、逆止弁1677により維持される。これにより、より多くの水を反応器1602内に駆動する、圧力差異が生じ、それは、次いで、システム1600を再加圧する。圧力が上昇すると、総システム圧力は、平衡し、水流を停止する。流量制限器1624を使用して、反応器1602への水入力速度を制御することができる。別様に、水素圧力が発達する時間有する前に、過剰水が、反応器1602内に挿入されることができ、それは、潜在的に正のフィードバック状態につながることができ、反応が早期に生じる場合がある。

【0087】

加えて、水供給は、水ピックアップラインが使用されるとき、水タンク1614の底部から、またはタンク1614上の別の出口地点（上部等）を通って排出され得る（図16に図示せず）。重力またはサイフォン水供給機構はまた、水入口および出口の適切な定置によって、システム内に組み込むことができる。

【0088】

低出力反応器システム1600のアーキテクチャは、図17において、完全な反応器アセンブリ1700に組み込まれる。反応器1702は、反応器チャンバ1722内の反応燃料1701を含む。反応器チャンバ1722は、反応燃料1701を含み、生成された

10

20

30

40

50

水素ガスの脱出経路を提供するための膜 1733 を収容することができる。反応チャンバ 1722 は、剛性チャンバまたは可撓性チャンバのいずれかであることができる。反応チャンバ 1722 は、反応チャンバ 1722 が任意の数の方向で配向することを可能にするように、複数の位置に膜 1733 を有することができる。外側水素チャンバ 1793 内の加圧水素ガス 1788 が、反応器チャンバ 1722 を包囲し、それは、特定の用途の必要に応じて、出力弁 1766 から外に流動する。一般的低出力反応器システム 1600 を用いた場合を図 16 に示し、水 1734 は、水供給ライン 1790 を介して、反応器 1702 に供給される。水 1734 は、水置換ポンプ 1716 によって、または、水充填ポート 1717 を通る外部水源によって、システムに提供することができる。水再加圧は、水再加圧弁 1777 によって達成される。この方法で、低出力反応器システム 1700 は、最終用途に水素ガスを提供することができる。 10

【0089】

反応器チャンバ 1722 は、複数の水供給機構を用いて供給することができる。例えば、小さいポンプは、反応器チャンバ、水、およびポンプシステムを有する、完全な使い捨て反応器を提供するために、反応器 1702 内に組み込むことができる。このポンプはまた、反応器から分離することができる。別個のポンプを有するシステムの一例は、図 18 に示すバネ駆動システムである。

【0090】

図 18 は、統合反応器チャンバ 1802、水供給 1814、および「汲み上げシステム」1820 を有する、バネ駆動反応器システム 1800 を例証する。反応器 1802 はまた、水散布器を含むことができる（図 25 を参照して下記に説明）。バネ駆動反応器システムの一例は、摺動ピストン 1831 を押下し、水供給 1814 を含む、水チャンバに圧力を印加する、バネ 1821 を組み込む。付加的な実装形態はまた、可撓性物質、エラストマ、ベローズ、または異なる圧力がそれらにわたって印加されるときに運動を提供する他の構造等の異なるピストン代替物を採用することができる。バネの場合では、小さい基盤領域 1851 は、バネ 1821 の縁部と接触して、より広域な領域に力を分配することができる。付加的には、単一の本体梱包 2100 に製造される、バネ駆動反応器システムの一例を、図 21 に概略的に、図 22A および 23 に図解的に示す。図 22B および 24 は、單一本体梱包 2100 内のバネ駆動反応器システムの展開図を提供する。 20

【0091】

図 18 を参照すると、バネ 1821 が、水チャンバ 1841 内に圧力を発生させると、水が反応器チャンバ 1802 内に注入される。水が反応燃料物質と接触すると、水素が生成される。水素が生成されると、これは、反応器チャンバ 1802 内に圧力を生成し、水の流入を停止する。この実装形態では、水供給機構は、配向独立である。図 18 の反応器システム 1800 では、反応器チャンバ 1802 は、水溶液がフィルタ 1890 を遮断し、システム 1800 が逆さまのときに水素がそこを通って通過することを不可能にすることができるため、配向独立ではない。これを補うために、図 17 において参考番号 1722 で示す膜を有する反応器チャンバ等の反応器膜システムは、複数のピックアップで実装することができる。付加的には、逆止弁 1824 は、水供給 1814 と反応器チャンバ 1802 との間に定置することができる。かかる水素送達システムなく、水素圧力は、過剰圧力でバネ 1821 上のパックを押下し、それは、順次、過剰水を注入する。逆止弁の欠如は、振動性システムを作製することができる。例えば、図 19 は、逆止弁を有さないシステム内の経時的圧力反応の一例を示す。図 19 のグラフで示すとおり、振動性圧力反応は、逆止弁等の均圧手段がシステム内に組み込まれないときに証明されている。 40

【0092】

対照的に、図 20 は、逆止弁を使用するシステム内の経時的圧力反応の一例を示す。図 20 の圧力反応は、振動性反応を呈さない代わりに、バネ圧力に伴う定常減衰を示す。

【0093】

図 20 に示すとおり、反応の開始における初期ピークは、初期の水スラグが反応器内に注入されると生じる。この効果を、水流制限器を使用して減退させることができるか、ま 50

たは燃料電池スタックパージを促進するために、高い過渡水素生成の瞬間的な過渡レベルを形成するように増大することができる。例えば、逆止弁 1824 に加えて、再開状態中に、水流を遅くさせる方法は、水流制限器を使用して実装することができる。再開中、瞬間的水素圧力は、非常に低い値まで降下することができ、大きい反応スパイクをもたらすことができる水の注入をもたらす。流量制限器機能は、かかる効果を防止するように、水分配機能に組み込むことができる。逆止具の使用は、バネ設計によって判定される、ほぼ一定圧力動作を促進する。制御弁または調節器、および同等物等の逆止弁のための他の機構もまた、使用することができる。

【0094】

受動的アーキテクチャ反応器システムでは、水散布および分配は、多くの技術を使用して実行することができる。例えば、図 25 に示すとおり、水散布器 2515 は、小さい分配孔 2513 を有する、小径管であることができる。水分配システムはまた、反応器間隙 2502 内部に見られるとおり、シリコーン管 2555 内の孔のネットワークを組み込むことができる。孔離間、寸法、および種類変動を、ノズルに関して上記に説明してきた。付加的には、シリコーン管 2555 構造の孔寸法は、付加的な可撓性を提供することができる。上記に説明するとおり、小孔は、生成された反応廃棄物によって閉塞しやすいことができ、したがって、シリコーン管 2555 の使用により、圧力が閉塞周辺を広げ、次いで、閉塞物を孔から外に押し出す、より幅広い孔を作製することができるようになることができる。例えば、ホウケイ酸纖維等の他の水分配機構、および他の水ウィッキング物質も使用して、反応領域にわたり水を分配することができる。これらの水分配技術は、任意の種類のポンプまたは制御システムアーキテクチャとともに使用することができる。

10

【0095】

図 18 に概略的に示すとおり、2 部品式反応器システム 1800 の一例は、反応器 1802 等の 1 つの一次構成要素または容器内に反応燃料物質 1834 を含み、水溶液は、まず、水溶液キャニスター 1892 等の別の一次構成要素または容器内にある。反応器 1802 は、反応が完了した時点で廃棄または再生することができる一方、水溶液キャニスター 1892 は、ユーザによって再利用可能かつ再充填可能である。これらの 2 つの一次構成要素 1802、1892 は、「反応器および水供給システム」と称される。図 18 に示す例では、完全な水素生成システムは、2 つのコア構成要素（反応燃料反応器 1802、および水溶液キャニスター 1892）から成る。これらの 2 つの別個のキャニスター 1802、1892 は、相互に接続され、相互作用して水素ガスを生成する。代替的には、上述のとおり、これらの 2 つのキャニスター 1802、1892 は、単に、水入口弁を介して相互に接続することができる一方、制御システム（例えば、燃料電池システム、消費者用最終生成物、および同等物）は、キャニスターを定位置に保持し、それらを適宜に解放するために、機械的剛性を提供する。さらに、完全な水供給システムは、分離不可能および / または着脱式構成要素として、制御システム内に存在することができる。

20

30

【0096】

インターフェース弁 1824 は、反応器 1802 内、供給システム 1892 内、および / またはその両方内に存在することができる。反応器 1802 および水供給 1892 が接続されたとき、インターフェース弁は、水素圧力がバネ 1821 を偏向することを不可能にし得る。これは、インターフェース弁 1824 内に、逆止弁、または制御オン / オフ弁の特性を含むことによって達成することができる。別個の実装形態では、インターフェース弁 1824 が、かかる特性を提供しない場合、ネジ回し、または水供給システムが水素ガスで著しく加圧されることを不可能にする他の機構による、ピストンアセンブリの制御等の別個の特性を採用して、バネの逆動を阻害することができる。

40

【0097】

図 22 ~ 24 は、このシステム実装形態における、コア構成要素の例を示す。図 22B に示すとおり、金属バネ 2121 を水キャニスター 2192 内で採用して、圧力を生成し、水が反応器キャニスター内に流入するための手段を提供する。この例における金属バネ 2121 は、先細円錐引張バネであるが、ねじり、ぜんまい、逆先細円錐、圧縮、およびその

50

他等の他の種類のバネも使用することができる。バネ2121は、キャニスタ2192の基板2170、およびプランジャ2172にしっかりと載置することができる。さらに、バネ2121は、プランジャヨーを防止するように、中心に置かれる。図22Bに示すプランジャ2172は、プランジャ2172が摺動すると、移動し、封止するための統合特性を有するが、他の水送達設計を使用することができる。例えば、上述のとおり、異なる例は、圧縮下で水を反応器に送達する、可撓性「バック」を採用することができる。

【0098】

逆止弁2162および開口部2164（図23に示す）は、水キャニスタ2192と、粉末（反応器）キャニスタ2102との間の水出口内に組み込まれる。逆止弁2162は、水素圧力が水キャニスタ2192を再加圧することを妨げ、したがって、システムの不安定性を妨げることに役立つ。他の例では、逆止弁2162はまた、水キャニスタ／反応器の断絶時に封止することができる。他の例では、逆止弁2162は、過剰圧力がシステム内に発生する場合に、圧力を軽減することができる。開口部2164は、水と反応器キャニスタ2102、2192との間の高い差圧期間の間に、反応器2102への水流を制限することに役立つ。

10

【0099】

図26および27に示すとおり、他の実装形態では、反応器および水供給サブシステムは、分離可能である。例えば、図26に示すとおり実装形態の一例は、螺合係止機構2666を採用して、2つのキャニスタ2102、2192を連結する。機構、または水供給ポート上の微細（10～32）内部および外部螺合を係止するためのクリック等の他の係止設計もまた、使用することができる。係止機構の螺合は、水または水素に対して封止する必要がなく、O型環またはガスケットタイプの封止を使用して、水を反応器キャニスタインターフェースに連結することができる。

20

【0100】

この例におけるキャニスタの両方は、上述の薄壁付き圧力容器である。反応キャニスタは、ニッケルめっきを施したアルミニウムおよび同等物等の塩基耐食物質で構築することができる。水キャニスタは、軽量金属、またはエンジニアリングプラスチックから構築することができる。水キャニスタは、キャニスタが断絶または取り外されたときに水流を妨げる係止機構を有することができる。係止機構は、水が流動するためにユーザ介入を必要とする、機械的ラッチであることができる。代替的には、反応器は、弁、またはユーザ介入があるまで流量を停止する他の機構を収容することができる。ユーザ介入の例は、物理的スイッチ、またはキャニスタを燃料電池システムアセンブリに挿入する動作によって作動する弁を含む。

30

【0101】

付加的には、水供給システムの一部としてのバネは、図27の例に示すとおり、水の外、または図28に示すとおり、水中になるように構成することができる。バネが水中に位置する場合、腐食防止剤を水溶液に添加することができるか、または他のバネ物質を適切に選択して、腐食を制限することができる。

【0102】

図29Aおよび29Bの例に示すとおり、多くの異なる構造を使用して、反応器内に挿入される水の時間の間、ほぼ一定の水圧力を維持することができる。実際の移動距離が全体の圧縮距離に関して短くなるように、バネを選択することができる。これを達成する一方法は、図29Aおよび29Bに示すとおり、逆円錐バネを使用することによるものである。長い非圧縮バネ2921が、依然として圧力下にある間に、平らのまま下に引張るように、圧縮し、逆転することができる（図29Bに示すとおり）。これにより、依然として必要な力を提供しながら、バネ圧縮容量が最小限になることが可能になる。

40

【0103】

容量考察

数名のユーザは、ユーザの複雑度を最小限化するために、梱包内に含まれる必要な水のすべてで、できるだけ少容量である構造を必要とし得る。図30Aおよび30Bに示す一

50

例では、反応器容量 3 0 0 2 は、まず、少量で開始し、水溶液が枯渇し、反応点に添加されると、経時的に増加する。反応器容量 3 0 0 2 は、非常に圧縮された状態で開始する。経時的に、ピストン 3 0 7 2 または同様の機構を使用して、反応器容量 3 0 0 2 を水供給容量 3 0 1 4 に交換する。この裏にある駆動力は、動態ポンプ機構、バネ駆動機構、または他の機構であることができる。一実装形態では、システムは、生成された水素圧力が、ネジ駆動ピストンアセンブリ、拡大ガスケット、または同等物の使用によって、水送達圧力に寄与しないように設計される。別の実装形態では、システムは、水送達システムの一部としての制御弁または圧力調節器の使用によって、生成された水素圧力が水送達圧力に寄与しないように設計される。図 3 0 B に示すバネ駆動機構とともに、逆先細バネ 3 0 2 1 を示し、それは、依然として弛緩されていない状態のままである間に、バネアセンブリ 10 が、ほぼ平坦になるまで圧縮することができるよう許容される力を依然として提供しながら、反応の最後に、水供給容量 3 0 1 4 の最小限化を可能にする。このアプローチは、同程度のピストン（または他の方法）、水溶液分配ネットワーク、水溶液流量制限器、および統合逆止弁または同程度に機能した構成要素（図示せず）を使用する。弁または他の機構等の機構を採用し得、それは、バネを機械的に定位置に係止するか、または水溶液が流動することを停止する。水溶液は、カートリッジの外側に流動し得、ピストン形状を介して送られることができる。また、弁、調節器、または他の制御構成要素を、水供給ラインに使用することができる。形状および設計は、バネによって印加された力のみが水置換を生成するように採用し得る。例えば、螺合インターフェース等の機構は、水素圧力内の瞬間的な増加が水圧力内の瞬間的な増加に翻訳しないように、組み込むことができる。拡張ベローズおよびその他等の他の特性を採用することができる。付加的には、図 3 1 ~ 3 3 20 は、ラップトップコンピュータの電源のための燃料電池等のシステムに使用することができる、カートリッジ 3 1 0 0 のより大きいバージョンを示す。

【0104】

したがって、本発明の基本的概念を説明してきたが、むしろ、先述の詳細な開示は、例示目的のみで提示されることを意図し、制限するものではないことは、当業者には明らかであろう。本明細書に明確に記載していないが、種々の変化、改善、および修正が生じ、当業者のために意図されている。これらの変化、改善、および修正は、ここで示唆されることを意図し、本発明の精神および範囲内である。付加的には、したがって、処理要素の列挙した順序もしくは配列、または数、文字、もしくは他の指定物の使用は、請求項に特定することができることを除き、請求するプロセスを任意の順序に制限しないことを意図する。故に、本発明は、以下の請求項およびその等価物によってのみ制限される。 30

【図 4 B】

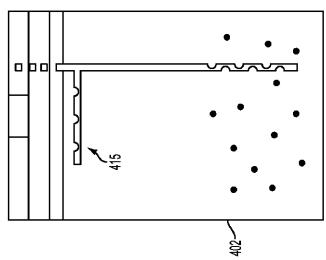


FIG. 4B

【図 4 D】

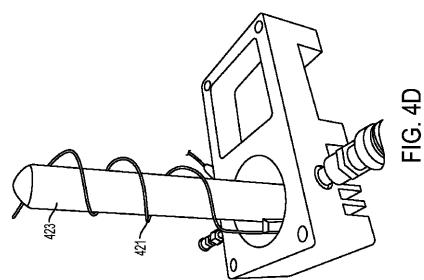


FIG. 4D

【図 4 C】

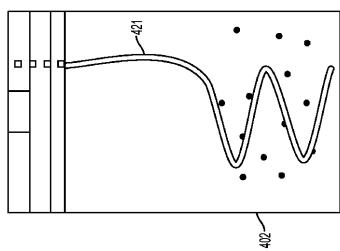


FIG. 4C

【図 6】

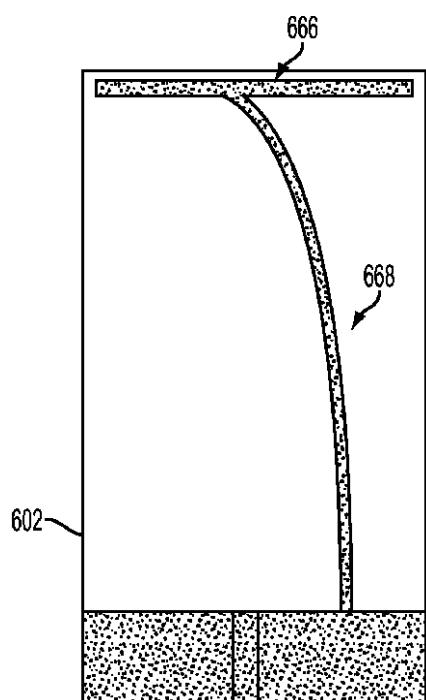


FIG. 6

【図 7】

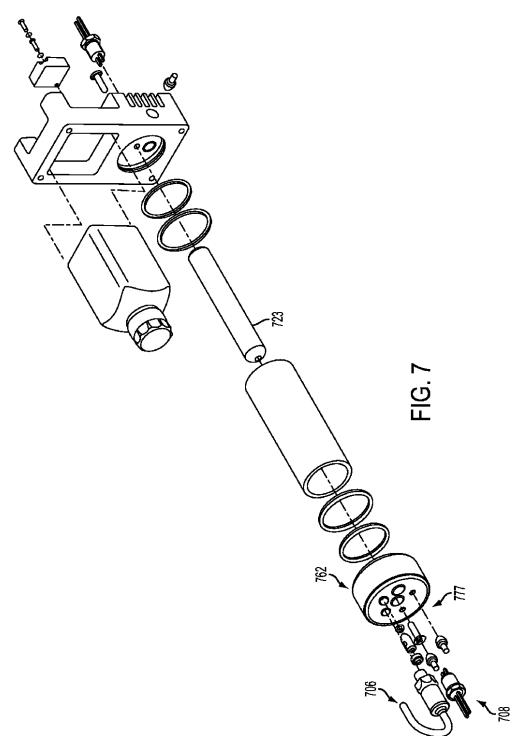


FIG. 7

【図 9 A】

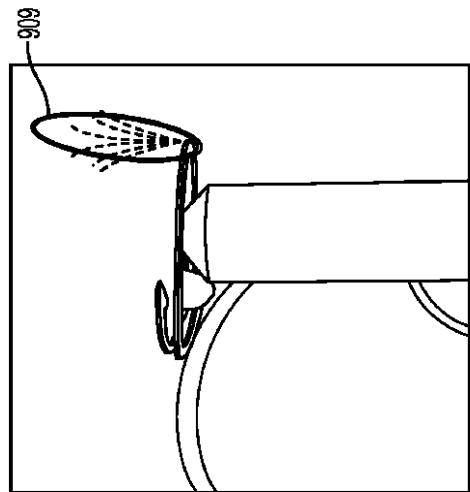


FIG. 9A

【図 12 A】

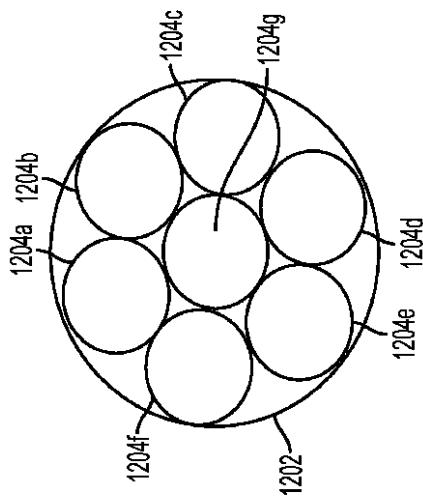


FIG. 12A

【図 12 B】

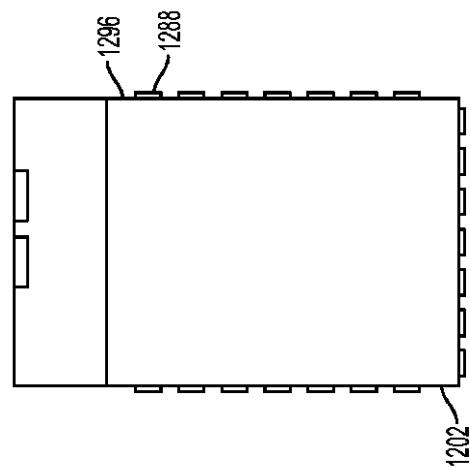


FIG. 12B

【図 13】

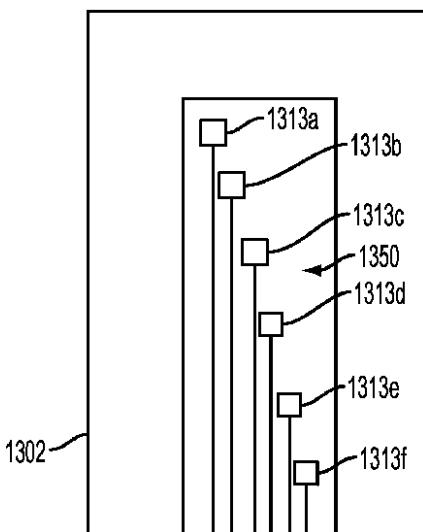


FIG. 13

【図 15 A】

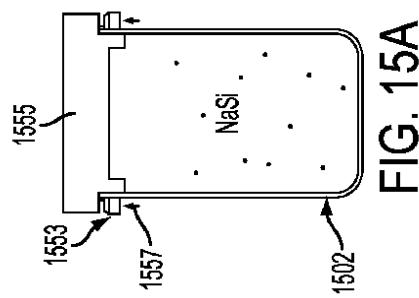


FIG. 15A

【図 15 B】

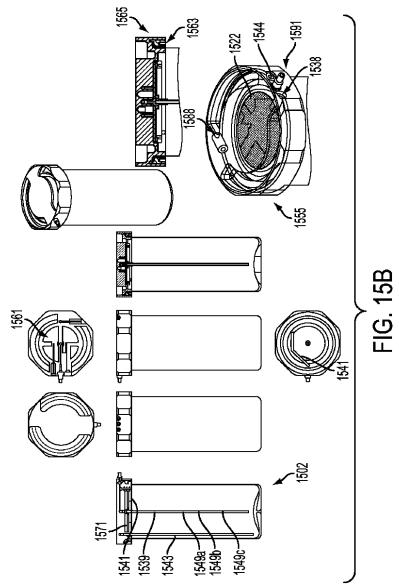


FIG. 15B

【図 17】

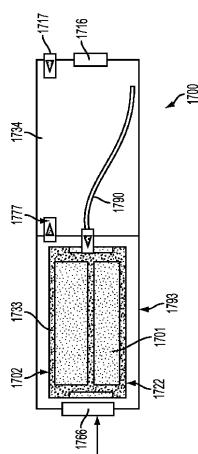


FIG. 17

【図 18】

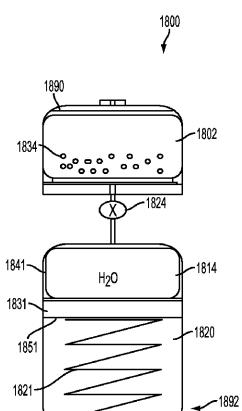


FIG. 18

【図 21】

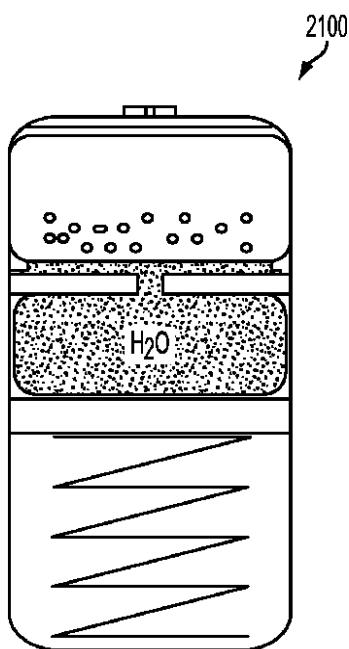


FIG. 21

【図 22A】

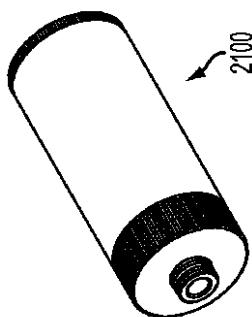


FIG. 22A

【図 22B】

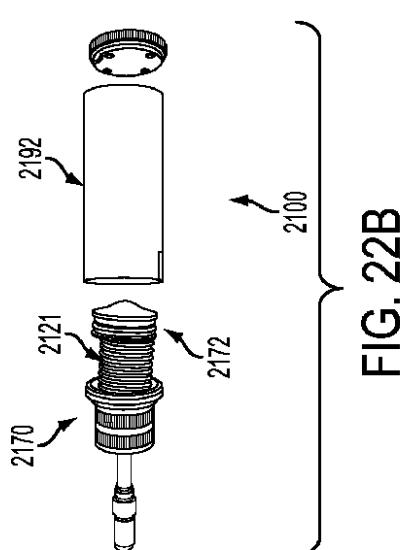


FIG. 22B

【図 24】

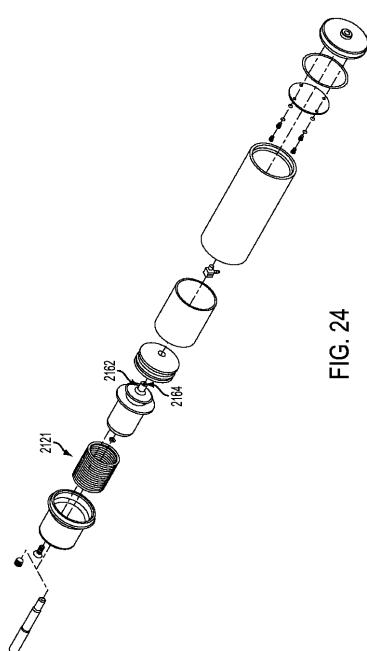


FIG. 24

【図 25】

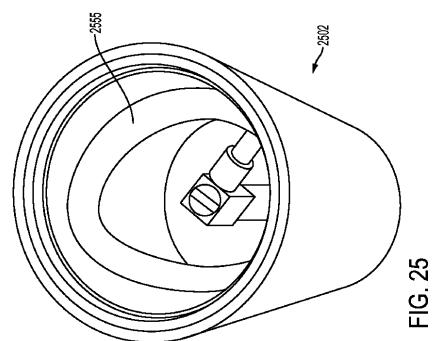


FIG. 25

【図 26】

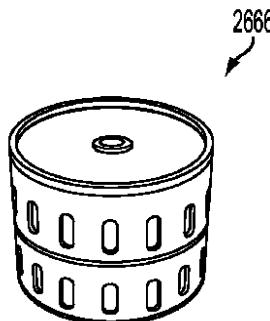
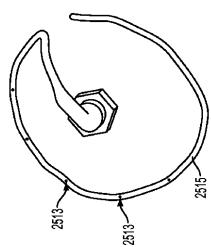


FIG. 26



【図 30A】

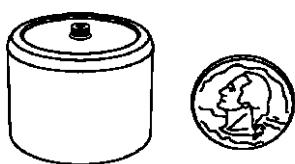


FIG. 30A

【図 30B】

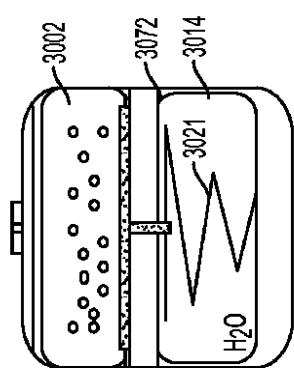


FIG. 30B

【図 32】

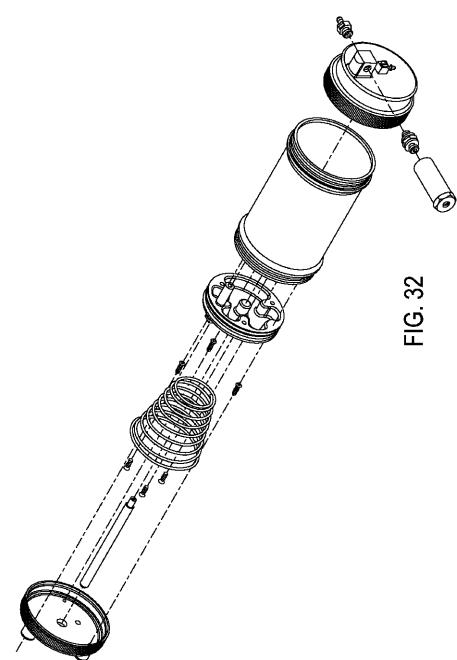


FIG. 32

【図35B】

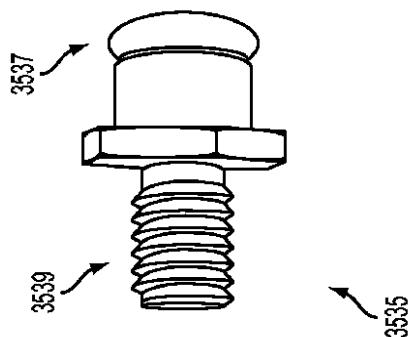
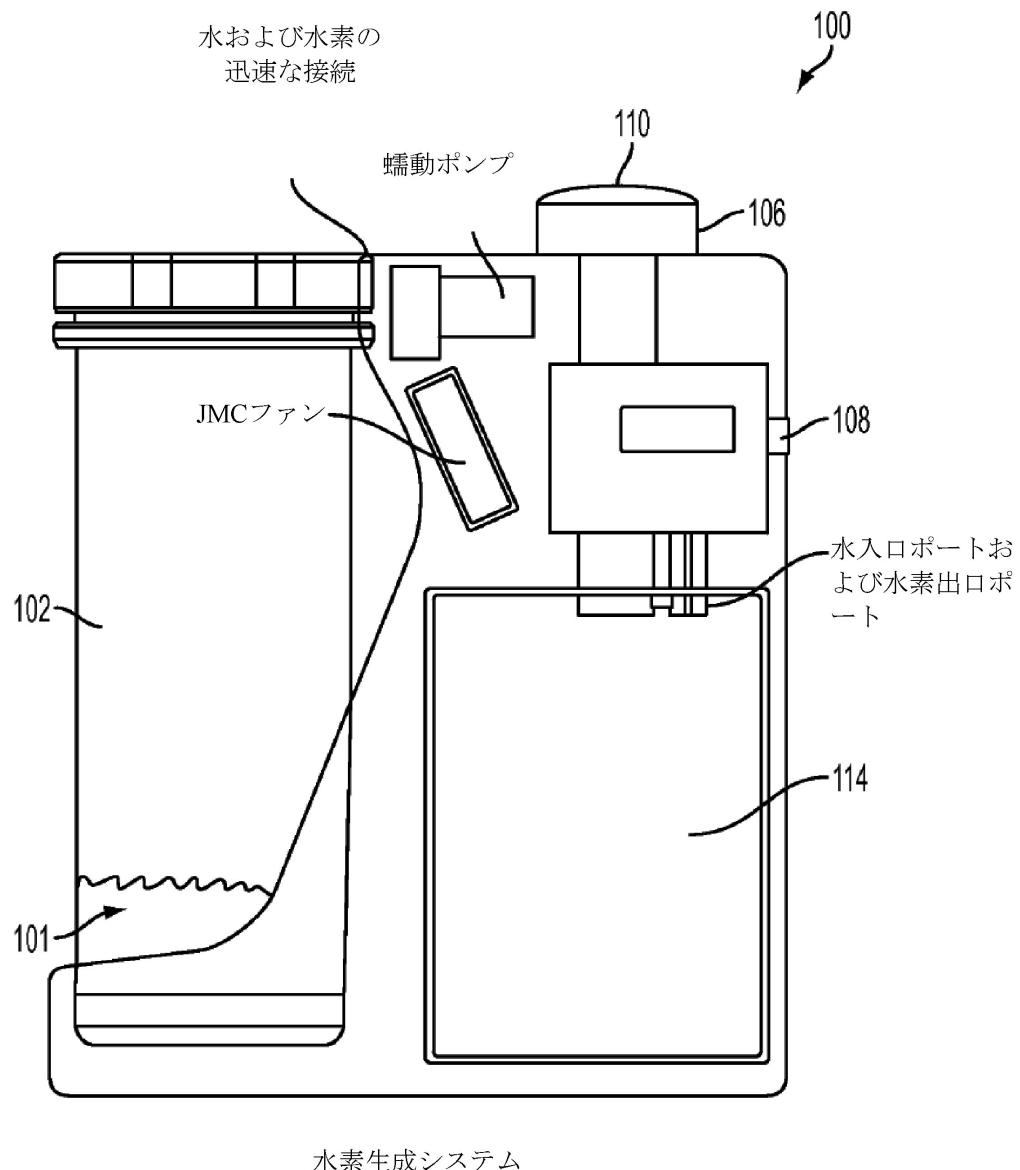
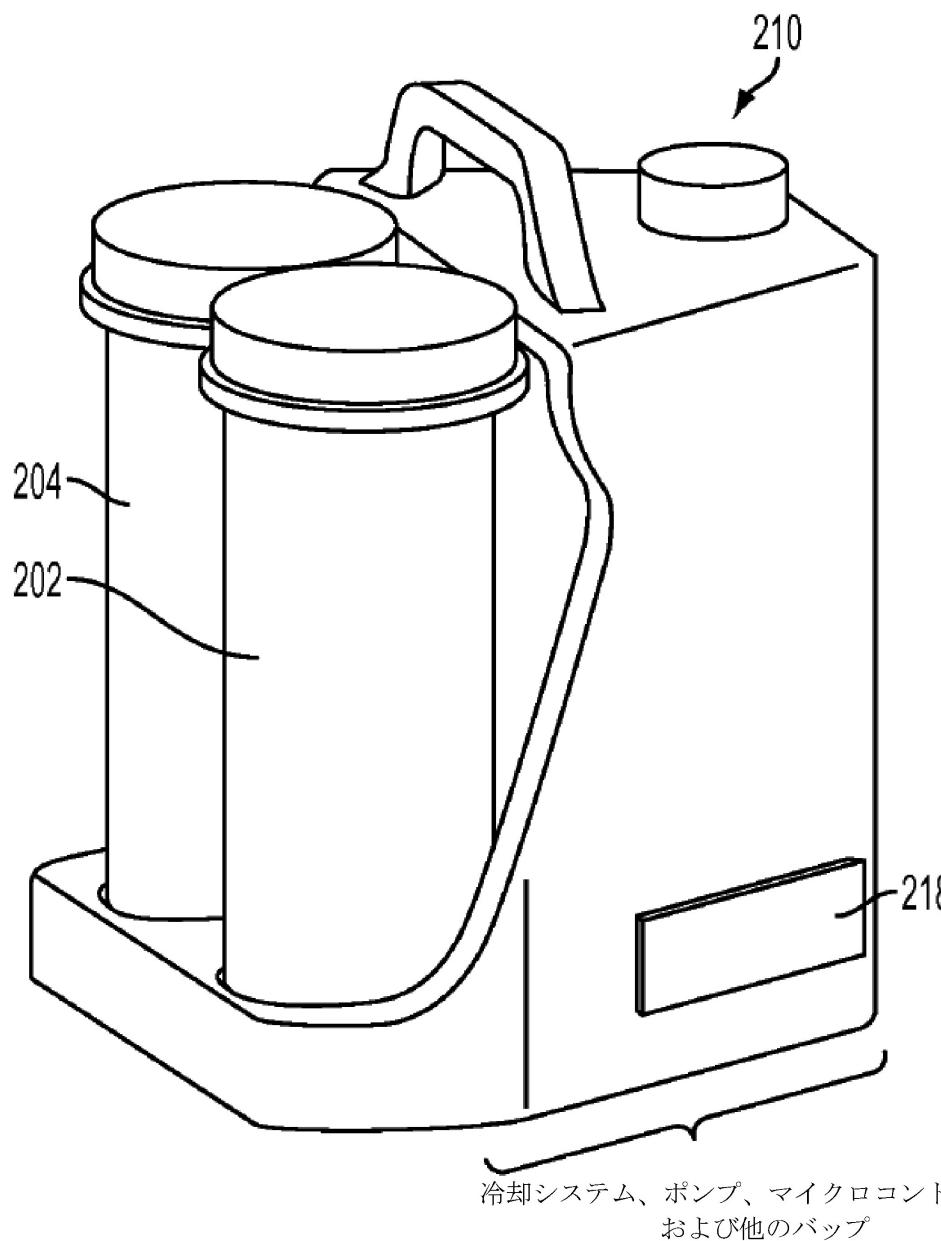


FIG. 35B

【図1】

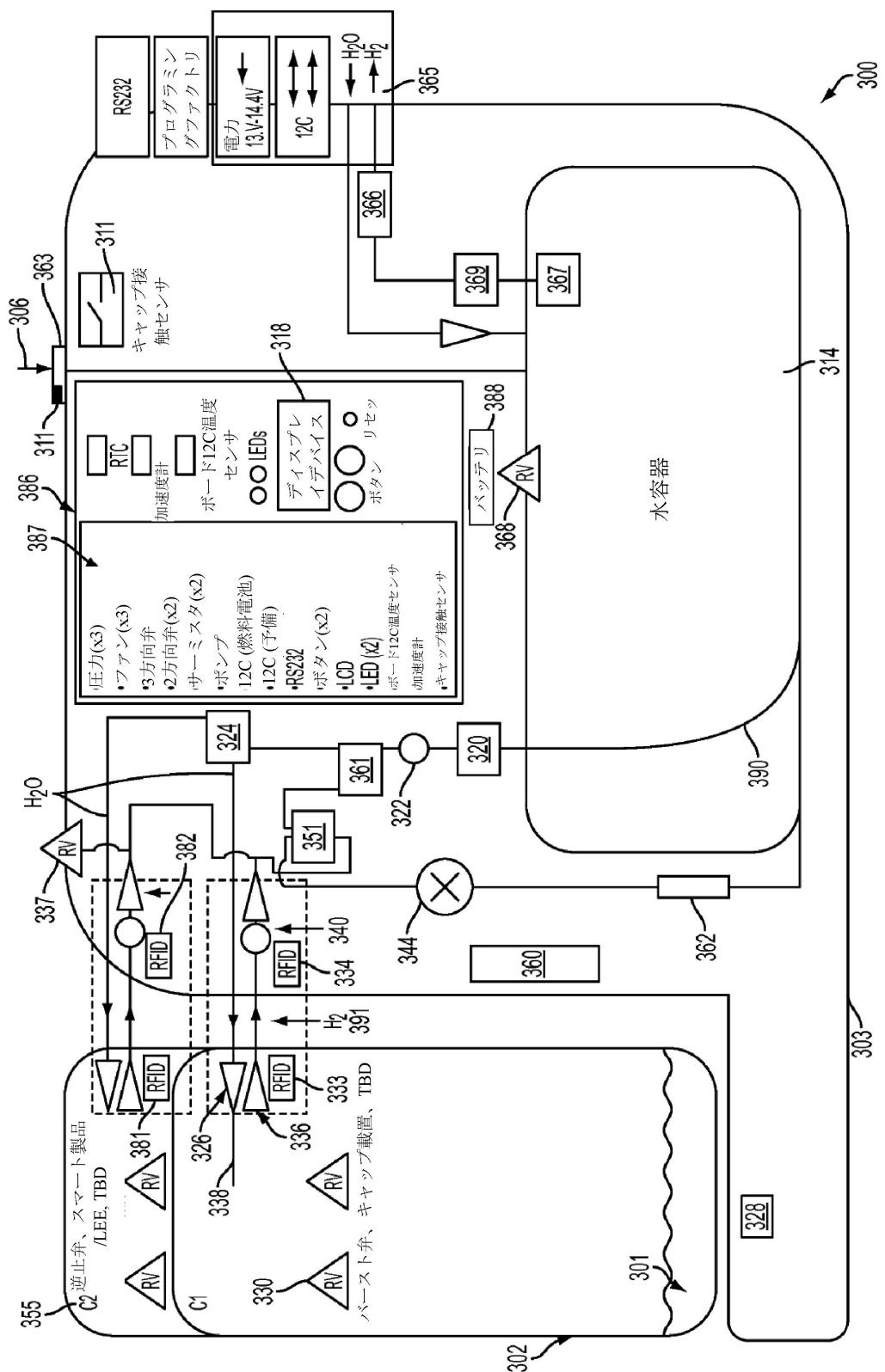


【図2】

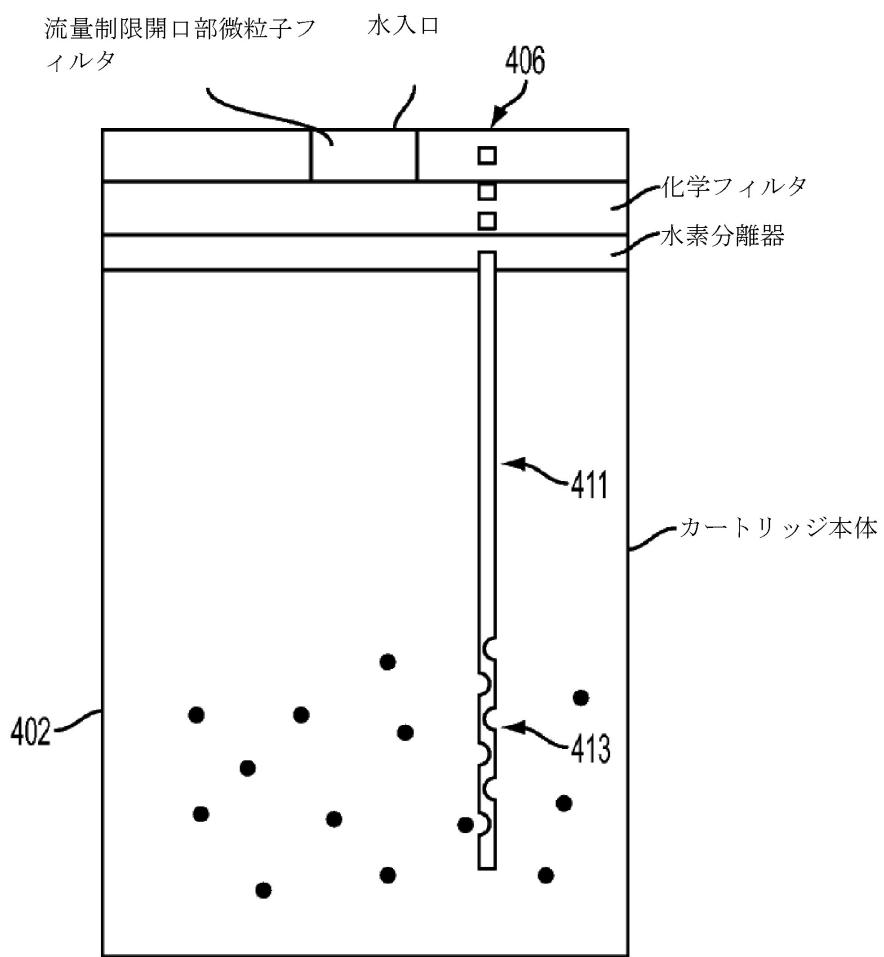


水素生成システム

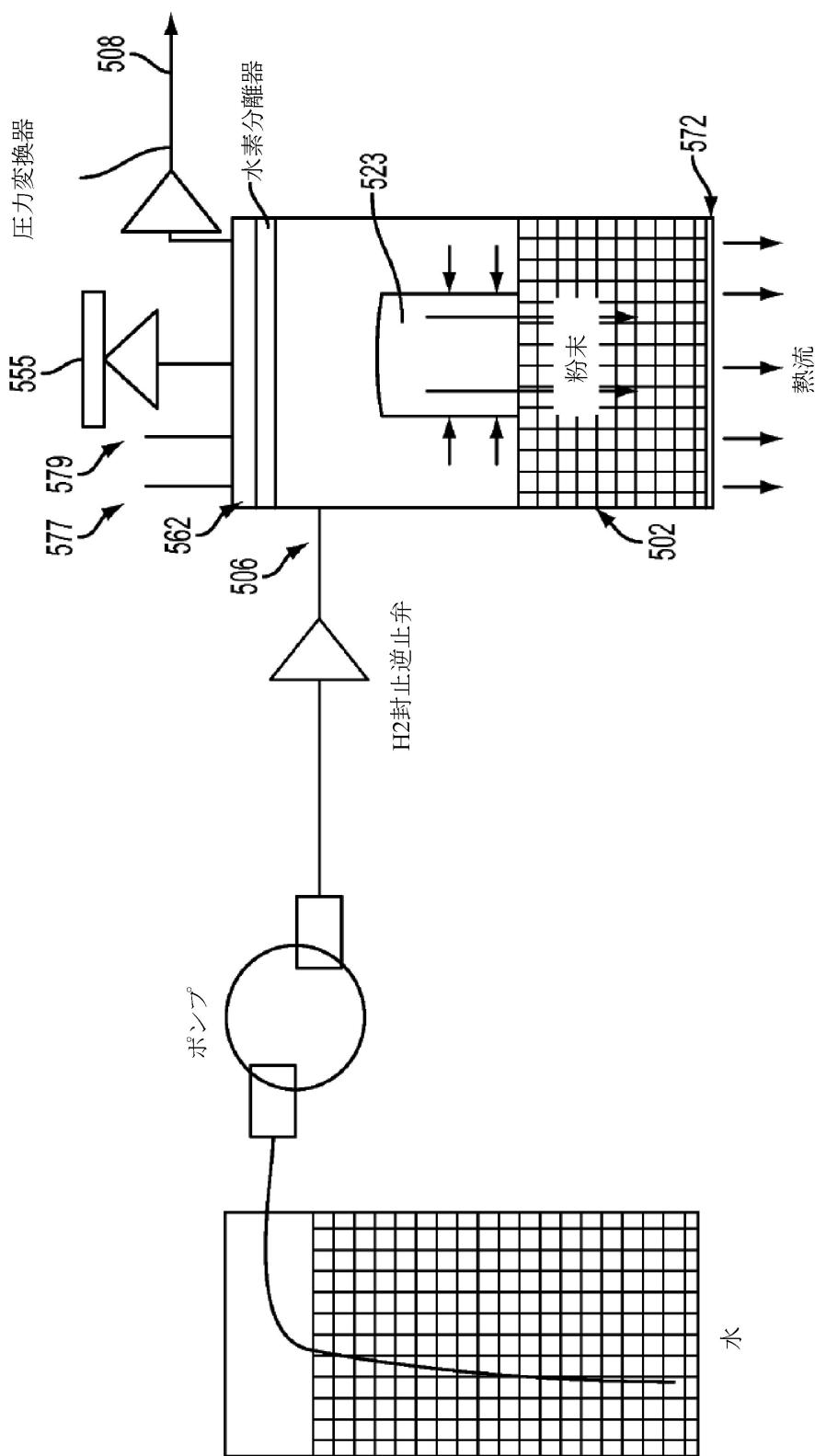
【図3】



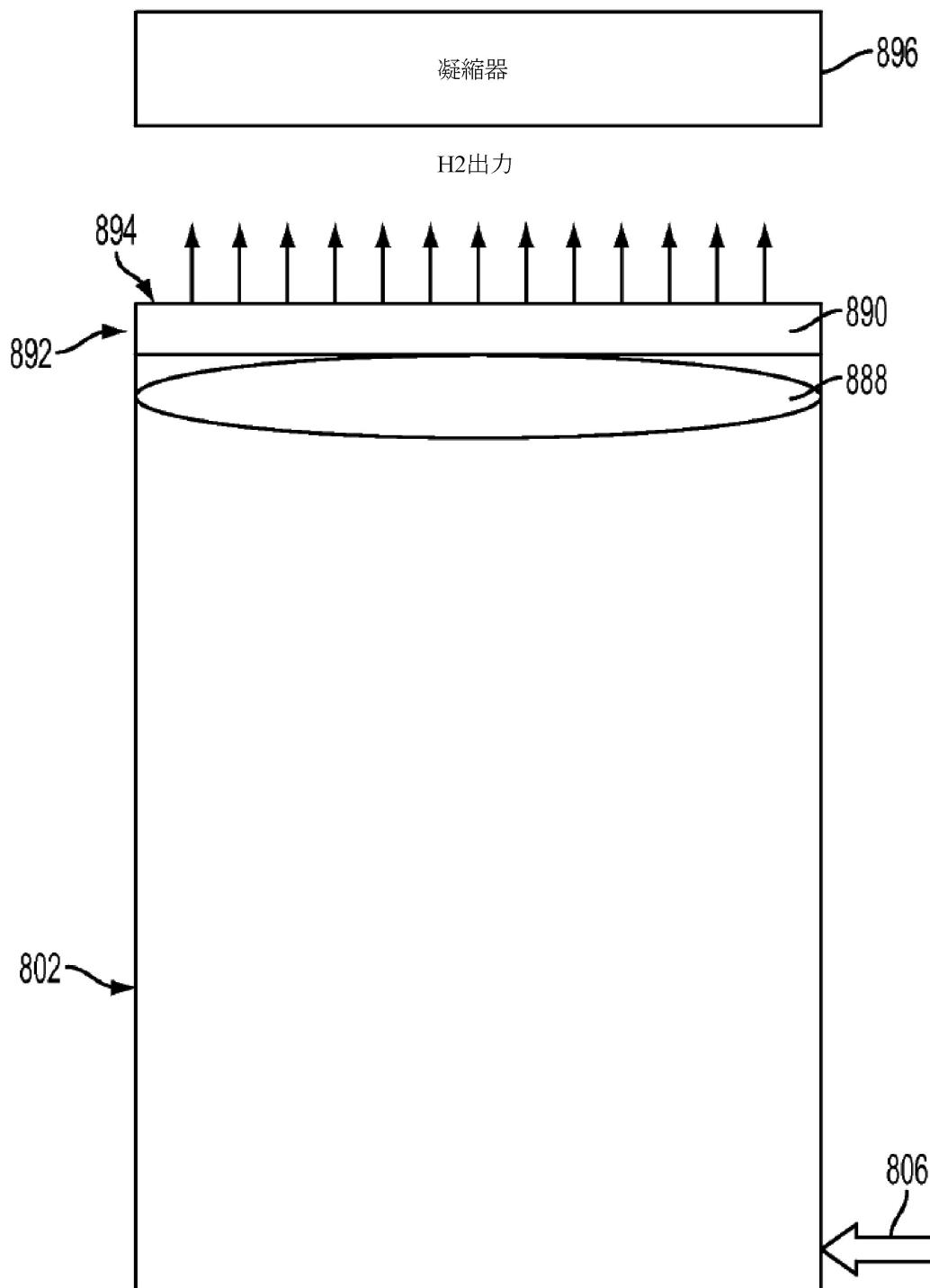
【図4A】



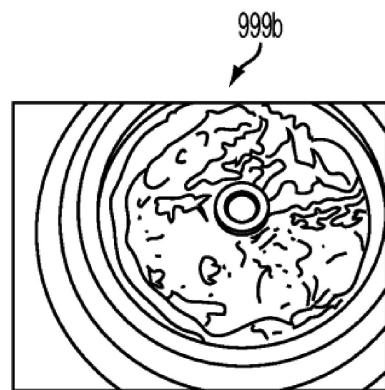
【図5】



【図8】

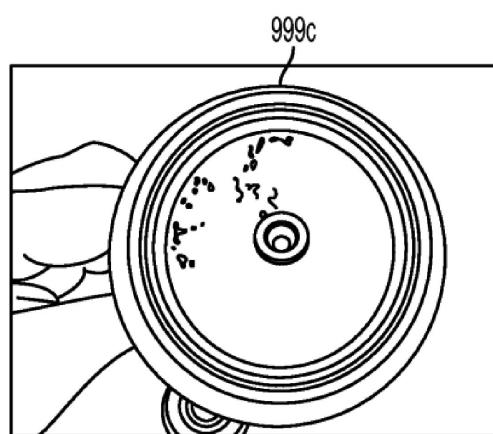


【図9B】

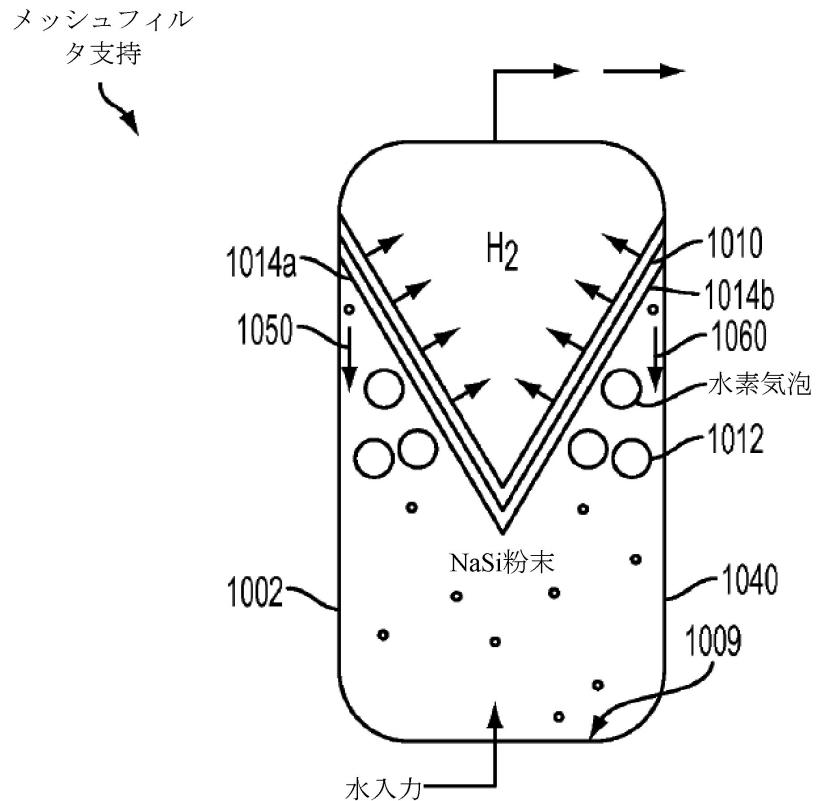


フィルタ洗浄ノズル未使用

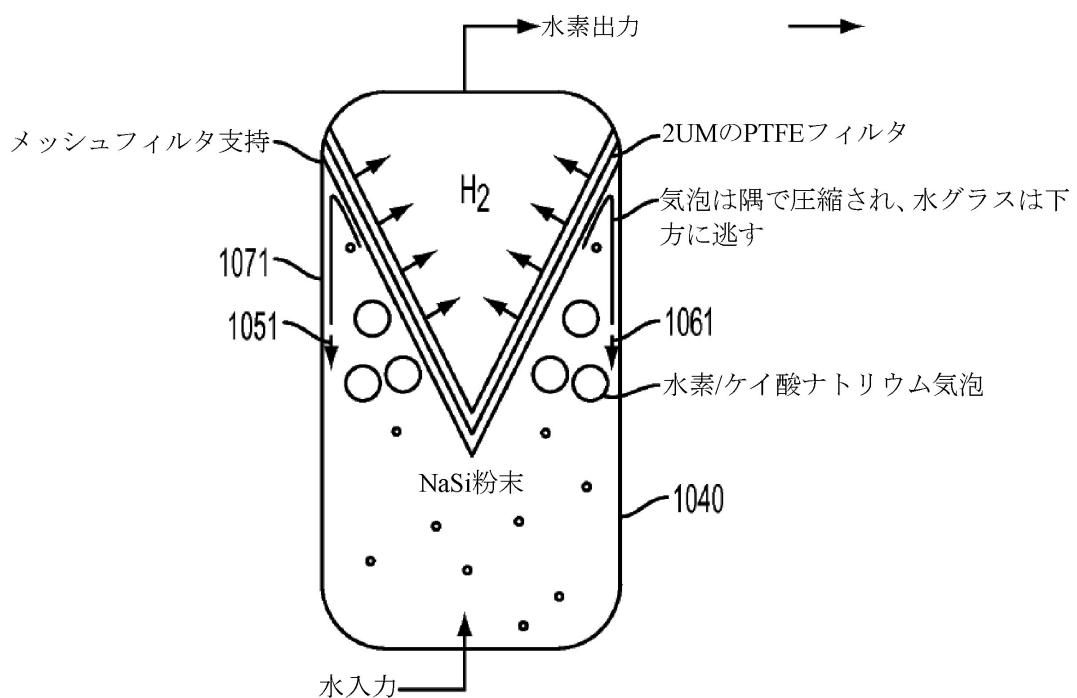
【図9C】

フィルタ洗浄ノズル使用
(フィルタにわたる圧力降下が低減された)

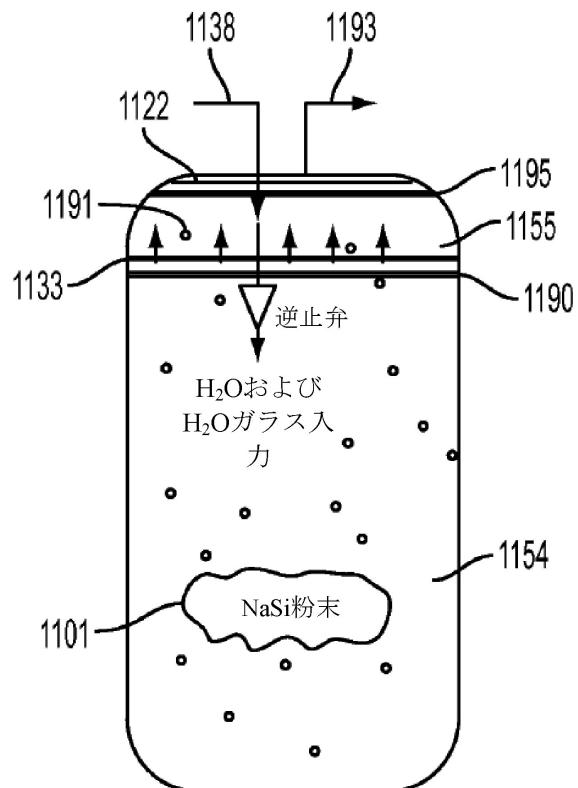
【図10A】



【図10B】

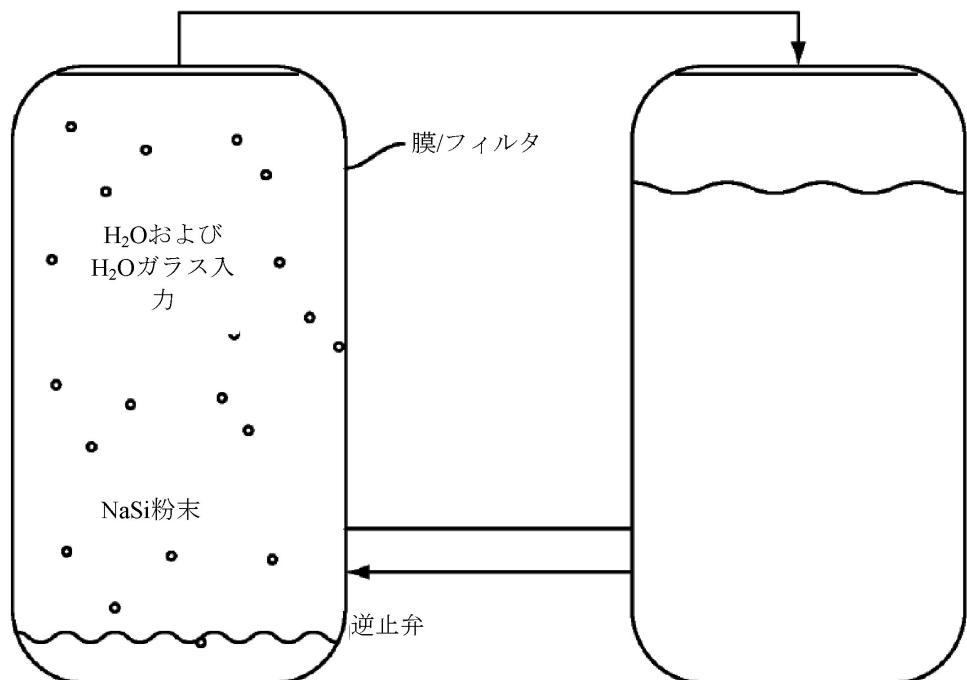


【図 1 1 A】

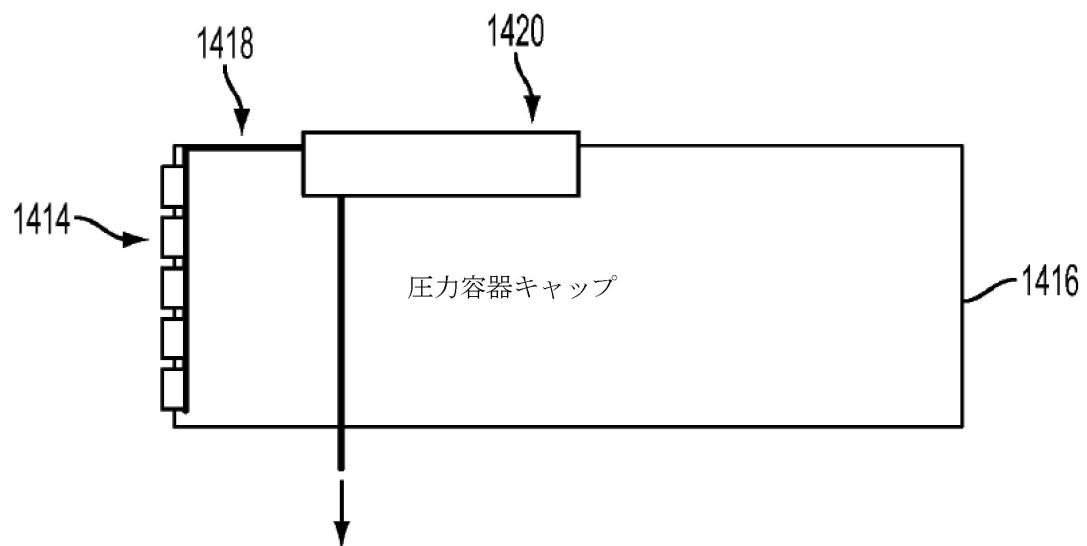


【図 1 1 B】

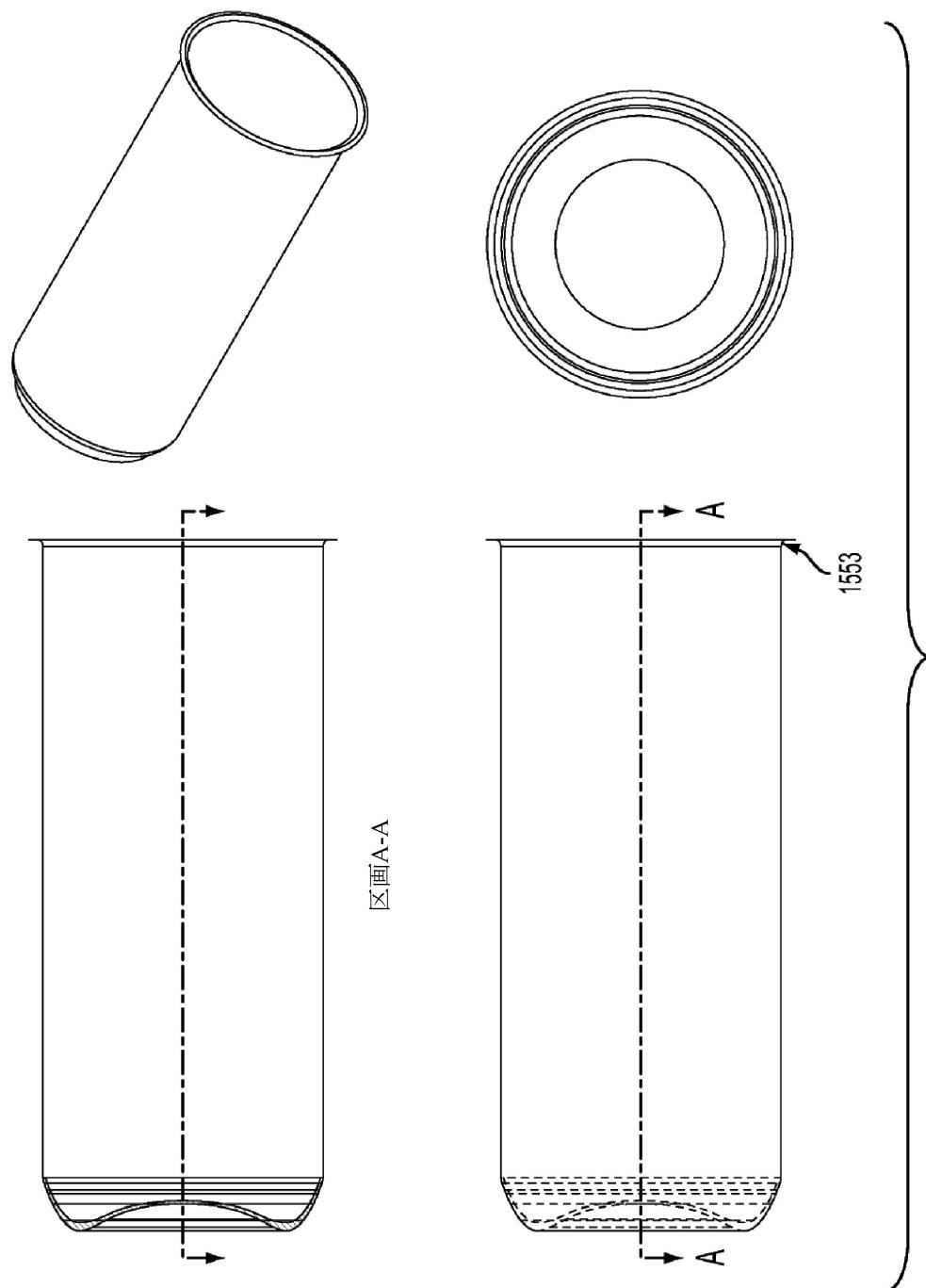
副生成物での水素出力



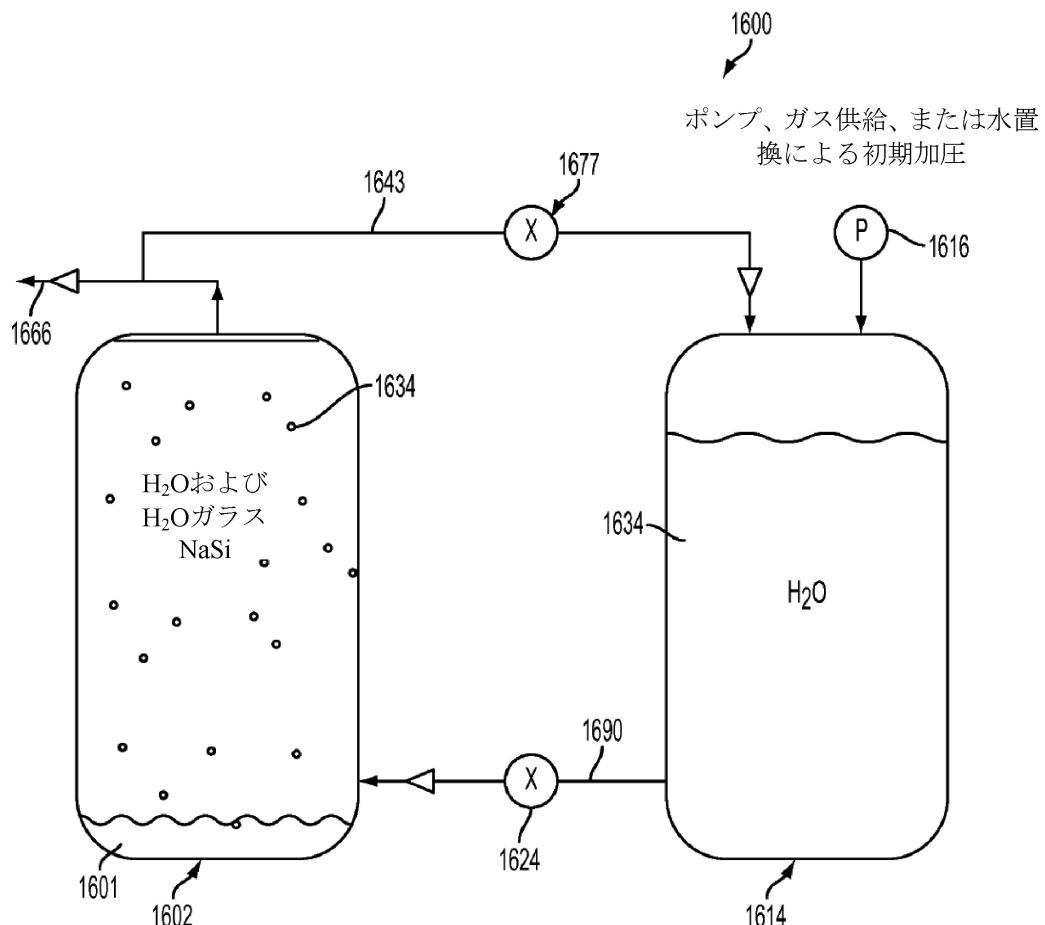
【図14】



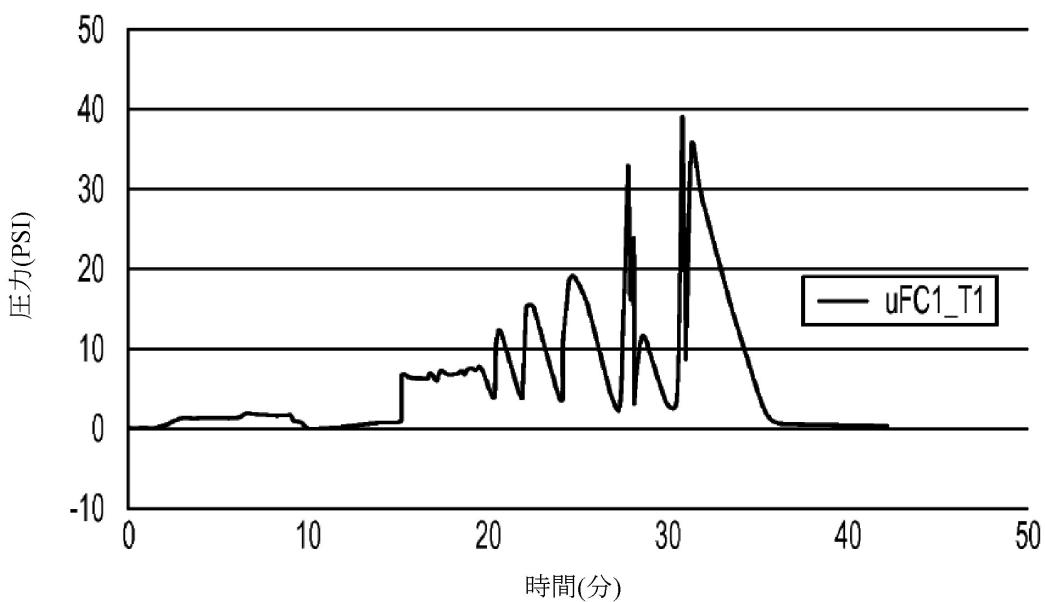
【図15C】



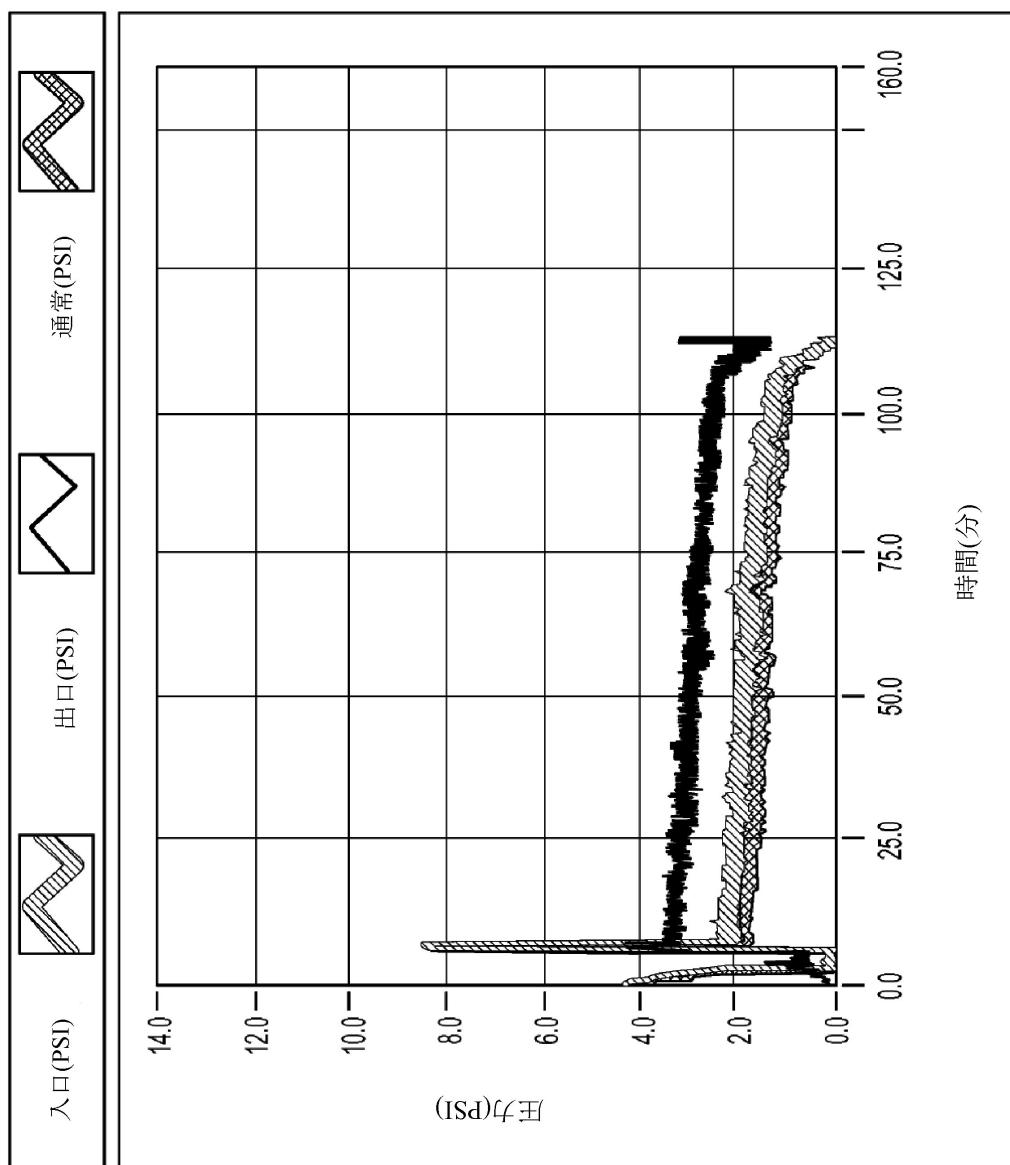
【図16】



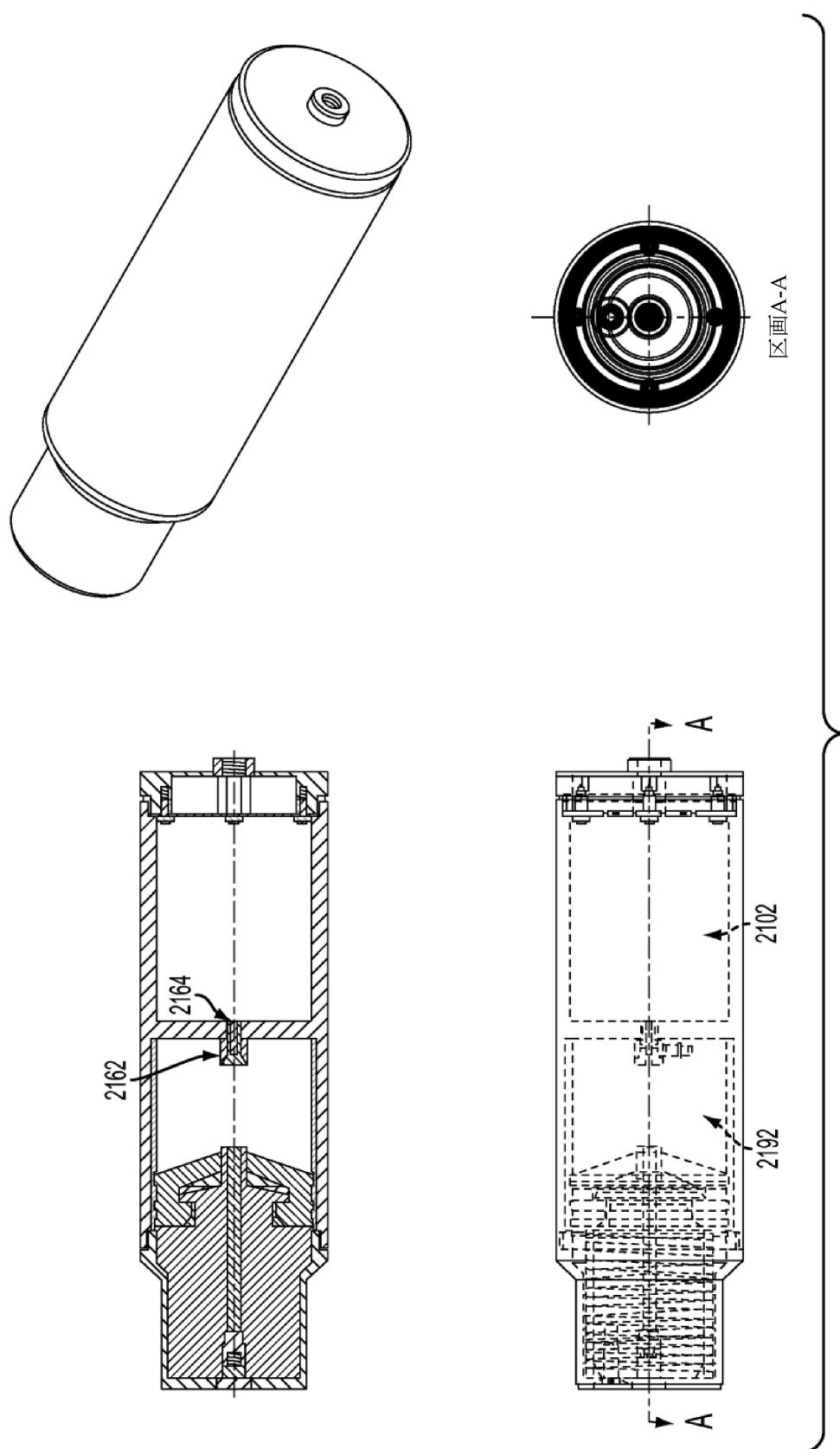
【図19】



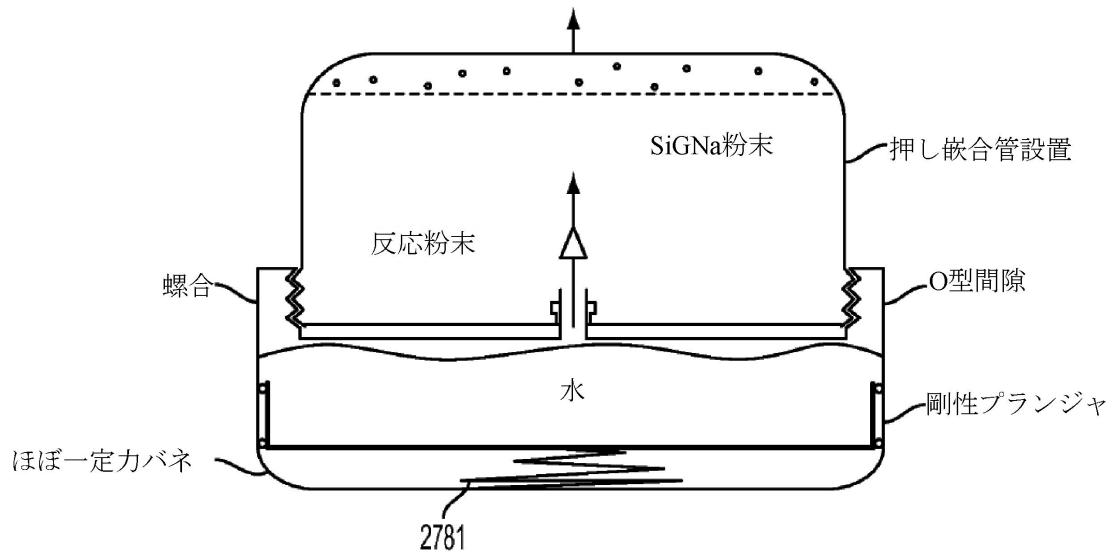
【図20】



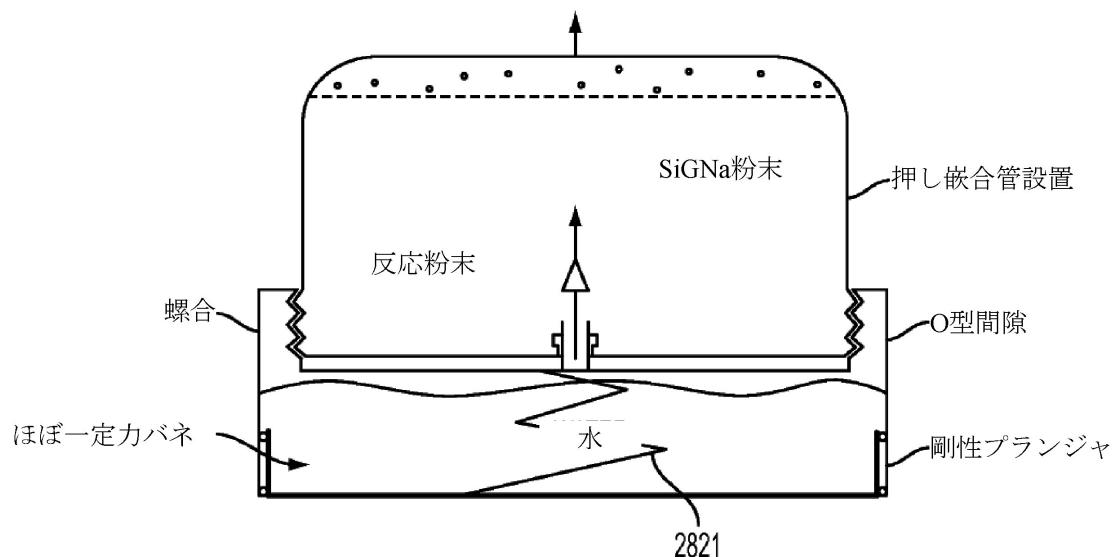
【図23】



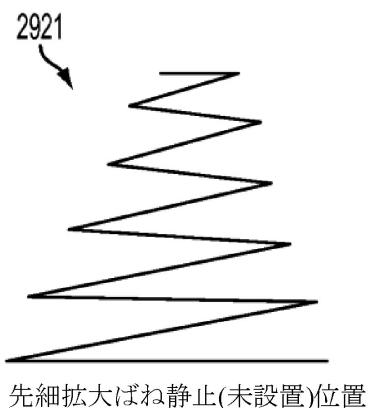
【図27】



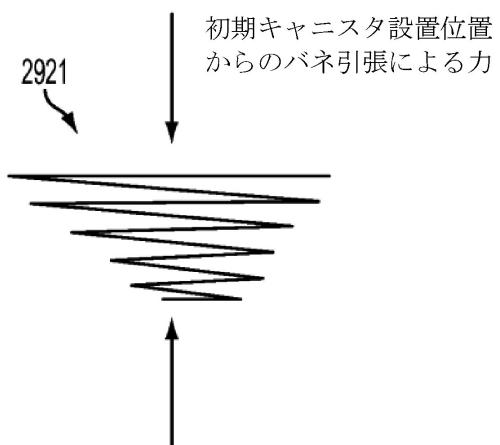
【図28】



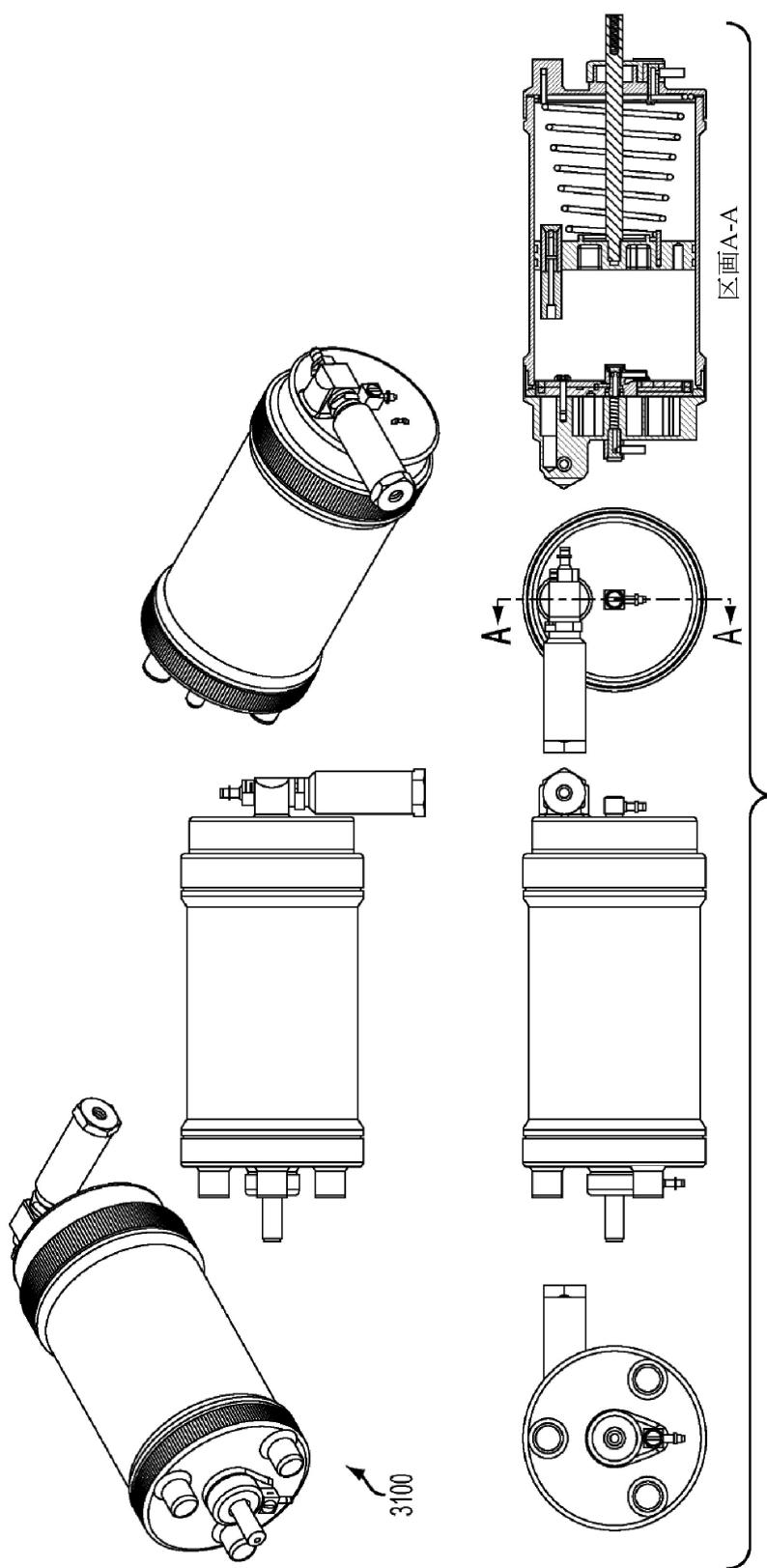
【図29A】



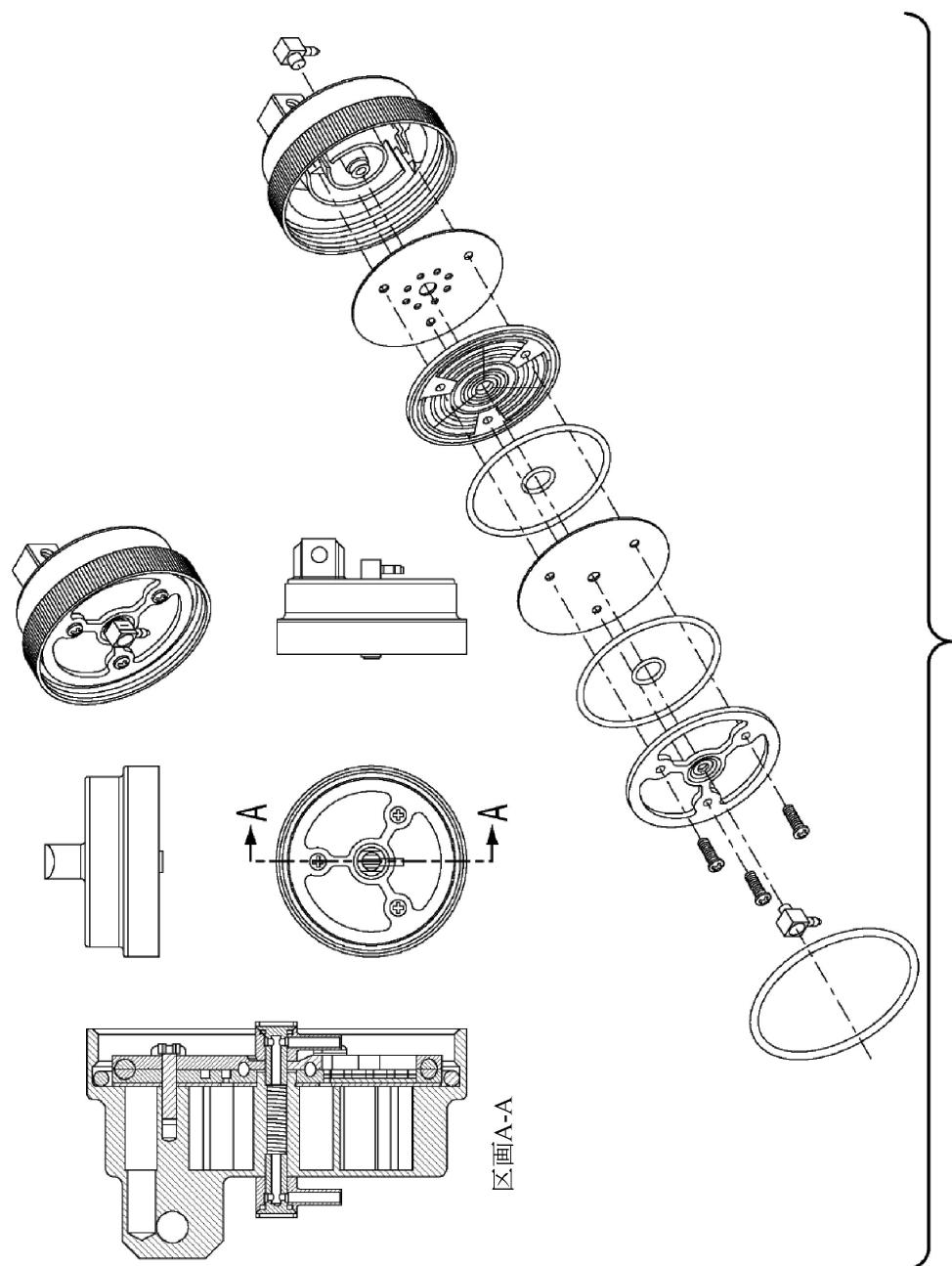
【図29B】



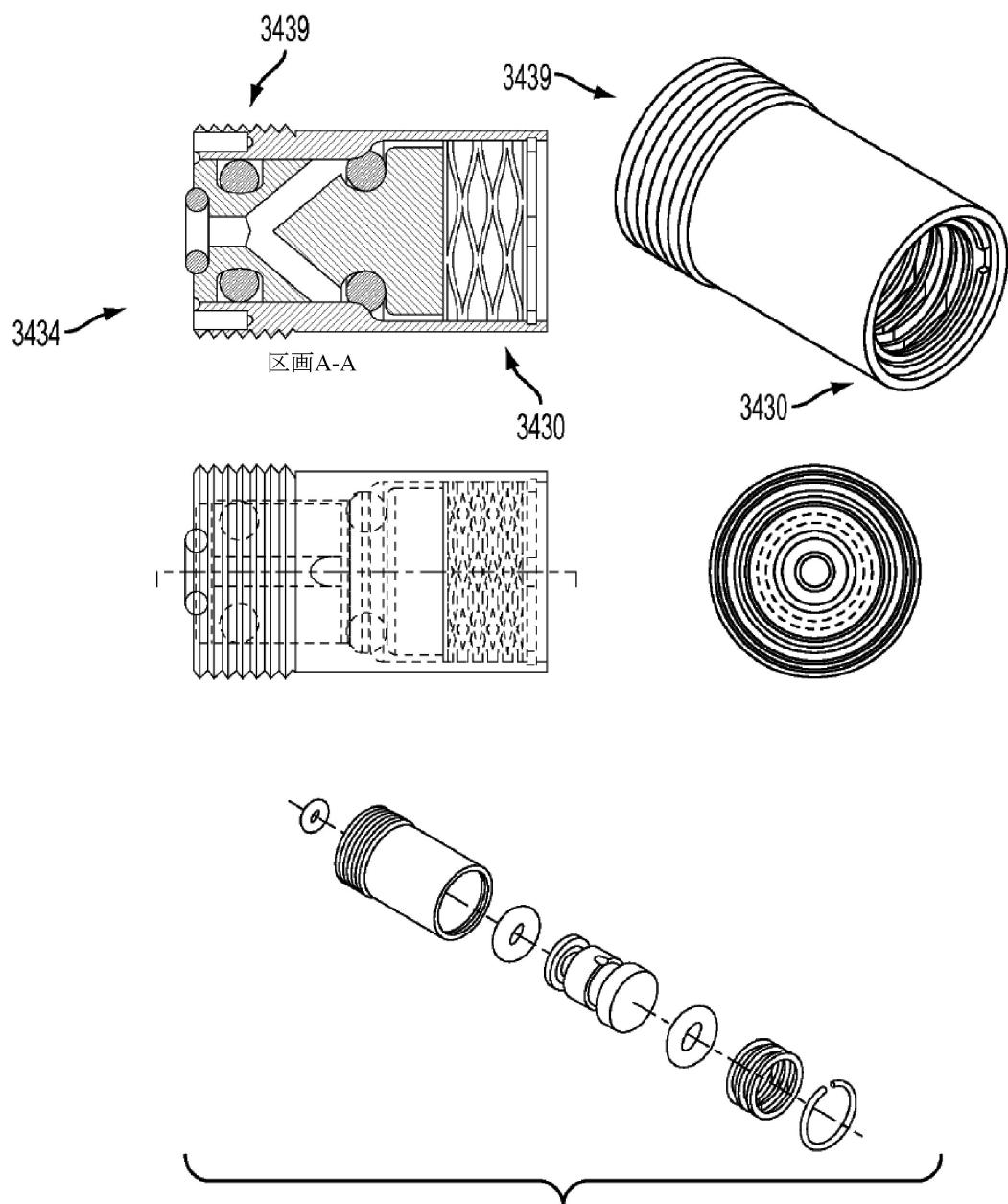
【図31】



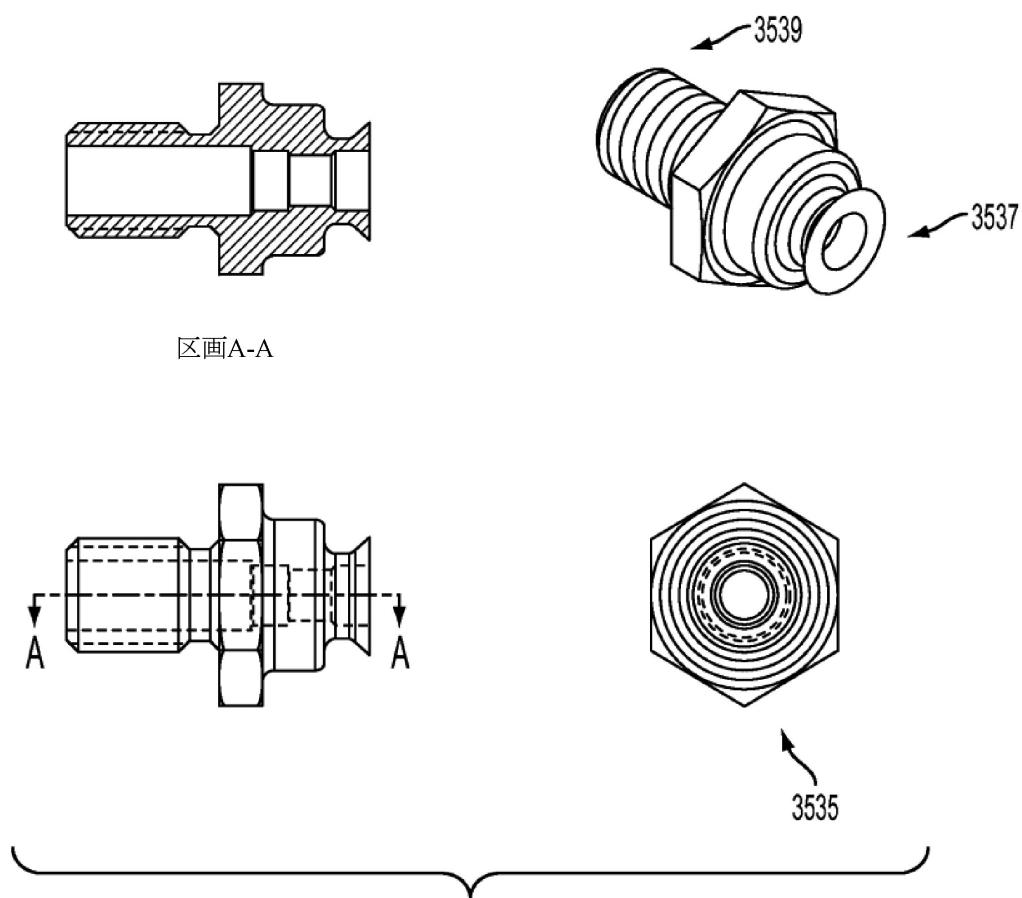
【図33】



【図3-4】



【図35A】



フロントページの続き

(74)代理人 100181641

弁理士 石川 大輔

(74)代理人 230113332

弁護士 山本 健策

(72)発明者 ウオレス, アンドリュー, ピー.

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95616, デイビス, パークサイド ドライブ 36

(72)発明者 メラック, ジョン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95694, ウィンターズ, ラッセル ブルヴァード 32
560

(72)発明者 レフェンフェルド,マイケル

アメリカ合衆国, ニューヨーク州 10023, ニューヨーク, ウエスト 64番 ストリート
20, アパート 40ブイ

審査官 森坂 英昭

(56)参考文献 特開2007-317649(JP, A)

特表2007-500829(JP, A)

特表2007-520407(JP, A)

特表2008-532893(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C01B 3/00 - 3/58

H01M 8/06

H01M 8/10