

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7673182号
(P7673182)

(45)発行日 令和7年5月8日(2025.5.8)

(24)登録日 令和7年4月25日(2025.4.25)

(51)国際特許分類	F I
C 0 1 B 3/56 (2006.01)	C 0 1 B 3/56 Z
B 0 1 D 53/22 (2006.01)	B 0 1 D 53/22
B 0 1 D 63/00 (2006.01)	B 0 1 D 63/00 5 1 0
B 0 1 D 63/08 (2006.01)	B 0 1 D 63/08

請求項の数 23 (全32頁)

(21)出願番号	特願2023-513482(P2023-513482)	(73)特許権者	514171706 エレメント・ワン・コーポレーション アメリカ合衆国・オレゴン・97701 ・ベンド・プラトー・ドライブ・630 50・スイート・100
(86)(22)出願日	令和3年8月27日(2021.8.27)	(74)代理人	100108453 弁理士 村山 靖彦
(65)公表番号	特表2023-540237(P2023-540237 A)	(74)代理人	100188558 弁理士 飯田 雅人
(43)公表日	令和5年9月22日(2023.9.22)	(74)代理人	100110364 弁理士 実広 信哉
(86)国際出願番号	PCT/US2021/047866	(72)発明者	デイヴィッド・ジェイ・エドルンド アメリカ合衆国・オレゴン・97702 ・ベンド・サイバー・ドライブ・345 ・スイート・105
(87)国際公開番号	WO2022/047106		
(87)国際公開日	令和4年3月3日(2022.3.3)		
審査請求日	令和5年3月24日(2023.3.24)		
(31)優先権主張番号	17/412,581		
(32)優先日	令和3年8月26日(2021.8.26)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(31)優先権主張番号	63/071,139		
(32)優先日	令和2年8月27日(2020.8.27)		
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 水素精製デバイス

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1および第2のエンドフレームであって、

水素ガスと他のガスとを含む混合ガスストリームを受け取るように構成された入力ポートと、

前記混合ガスストリームよりも高い濃度の水素ガスおよび前記混合ガスストリームよりも低い濃度の前記他のガスのうちの少なくとも1つを含む透過ストリームを受け取るように構成された出力ポートと、

前記他のガスの少なくとも実質的な部分を含む副生成物ストリームを受け取るように構成された副生成物ポートと、

を含む、第1および第2のエンドフレームと、

前記第1のエンドフレームと前記第2のエンドフレームとの間に配置され、それらに固定された少なくとも1つの箔マイクロスクリーンアセンブリであって、前記少なくとも1つの箔マイクロスクリーンアセンブリが、

供給側と透過側とを有する少なくとも1つの水素選択膜であって、前記透過ストリームの少なくとも一部が前記供給側から前記透過側に通過する前記混合ガスストリームの一部から形成され、前記供給側に残る前記混合ガスストリームの残りの部分が前記副生成物ストリームの少なくとも一部を形成する、少なくとも1つの水素選択膜と、

複数の流体通路を形成する複数のアパーチャを有する非多孔質平面シートを含む少なくとも1つのマイクロスクリーン構造であって、前記複数のアパーチャの各アパーチャが

長手方向軸を画定する長さを有し、複数の行の各行における前記複数のアパーチャのうちの前記アパーチャの前記長手方向軸が(1)互いに平行であり、かつ(2)前記複数の行のうち隣接する行の前記複数のアパーチャのうちの前記アパーチャの前記長手方向軸と平行ではなく、かつ(3)前記複数の行のうち隣接する行の前記複数のアパーチャのうちの前記アパーチャの前記長手方向軸に対して傾斜して配向されるように、前記複数のアパーチャが前記複数の行において前記非多孔質平面シート上に配置され、前記非多孔質平面シートが前記透過側に対する支持を提供するように構成された概ね対向する平面表面を含み、前記複数の流体通路が前記対向する表面間に延在し、前記少なくとも1つの水素選択膜が前記少なくとも1つのマイクロスクリーン構造に冶金学的に接合された、少なくとも1つのマイクロスクリーン構造と、

10

を含む、少なくとも1つの箔マイクロスクリーンアセンブリと、

前記第1および第2のエンドフレームと前記少なくとも1つの箔マイクロスクリーンアセンブリとの間に配置され、前記第1および第2のエンドフレームに固定された複数のフレームであって、前記複数のフレームの各フレームが開放領域を画定する周囲シェルを含む、複数のフレームと、
を備える水素精製デバイス。

【請求項2】

前記非多孔質平面シートが、前記複数のアパーチャを有する2つ以上の別個の部分を含み、前記2つ以上の別個の部分の各別個の部分が、前記複数のアパーチャがない少なくとも1つの境界部分によって前記2つ以上の別個の部分のうち隣接する別個の部分から離間されている、請求項1に記載のデバイス。

20

【請求項3】

前記少なくとも1つの水素選択膜が、2つ以上の水素選択膜を含み、前記2つ以上の水素選択膜のうち異なる水素選択膜が、前記2つ以上の別個の部分の各別個の部分に冶金学的に接合される、請求項2に記載のデバイス。

【請求項4】

前記2つ以上の水素選択膜の各水素選択膜が、前記水素選択膜の周囲部分が前記複数のアパーチャを含まない前記非多孔質平面シートの1つまたは複数の部分と接触するように、対応する前記別個の部分よりも大きくサイズ決定される、請求項3に記載のデバイス。

【請求項5】

前記少なくとも1つの水素選択膜が、前記少なくとも1つのマイクロスクリーン構造に拡散接合される、請求項1に記載のデバイス。

30

【請求項6】

第1および第2のエンドフレームであって、

水素ガスと他のガスとを含む混合ガストリームを受け取るように構成された入力ポートと、

前記混合ガストリームよりも高い濃度の水素ガスおよび前記混合ガストリームよりも低い濃度の前記他のガスのうちの少なくとも1つを含む透過ストリームを受け取るように構成された出力ポートと、

前記他のガスの少なくとも実質的な部分を含む副生成物ストリームを受け取るように構成された副生成物ポートと

40

を含む、第1および第2のエンドフレームと、

前記第1のエンドフレームと前記第2のエンドフレームとの間に配置され、それらに固定された少なくとも1つの箔マイクロスクリーンアセンブリであって、前記少なくとも1つの箔マイクロスクリーンアセンブリが、

供給側と透過側とを有する少なくとも1つの水素選択膜であって、前記透過ストリームの少なくとも一部が前記供給側から前記透過側に通過する前記混合ガストリームの一部から形成され、前記供給側に残る前記混合ガストリームの残りの部分が前記副生成物ストリームの少なくとも一部を形成する、少なくとも1つの水素選択膜と、

複数の流体通路を形成する複数のスタジアム形状のアパーチャを有する非多孔質平面

50

シートを含む少なくとも1つのマイクロスクリーン構造であって、前記複数のスタジアム形状のアーチャの各アーチャが前記アーチャの半径の10倍以上の長さを有し、前記平面シートが前記透過側に対する支持を提供するように構成された概ね対向する平面表面を含み、前記複数の流体通路が前記対向する表面間に延在し、前記少なくとも1つの水素選択膜が前記少なくとも1つのマイクロスクリーン構造に冶金学的に接合された、少なくとも1つのマイクロスクリーン構造と、

を含む、少なくとも1つの箔マイクロスクリーンアセンブリと、

前記第1および第2のエンドフレームと前記少なくとも1つの箔マイクロスクリーンアセンブリとの間に配置され、前記第1および第2のエンドフレームに固定された複数のフレームであって、前記複数のフレームの各フレームが開放領域を画定する周囲シェルを含む、複数のフレームと、

10

を備え、

前記非多孔質平面シートは長さおよび幅を有し、前記複数のスタジアム形状のアーチャは、前記非多孔質平面シートの前記長さの実質的な部分に沿っておよび前記幅の実質的な部分に沿って配置され、前記複数のスタジアム形状のアーチャの各アーチャは、前記非多孔質平面シートの幅の少なくとも25%の長さを有する水素精製デバイス。

【請求項7】

前記非多孔質平面シートが、長さおよび幅を含み、前記複数のスタジアム形状のアーチャが、前記非多孔質平面シートの前記長さの実質的な部分と前記幅の実質的な部分とに沿って配置される、請求項6に記載のデバイス。

20

【請求項8】

前記複数のスタジアム形状のアーチャのうちの1つまたは複数のスタジアム形状のアーチャが、前記非多孔質平面シートの前記幅の実質的な部分である長さを有する、請求項7に記載のデバイス。

【請求項9】

前記複数のスタジアム形状のアーチャが、(1)複数の列の各列における前記複数のスタジアム形状のアーチャのうちの前記スタジアム形状のアーチャの長手方向軸が互いに平行であり、かつ前記複数の列のうちの隣接する列の前記複数のスタジアム形状のアーチャのうちのスタジアム形状のアーチャと平行であり、(2)前記複数の列の各列における各スタジアム形状のアーチャの長さが前記複数の列のうちの隣接する列の1つまたは複数のスタジアム形状のアーチャの長さとは異なるように、前記複数の列において前記非多孔質平面シート上に配置される、請求項6に記載のデバイス。

30

【請求項10】

前記非多孔質平面シートが、前記複数のスタジアム形状のアーチャを有する2つ以上の別個の部分を含み、前記2つ以上の別個の部分の各別個の部分が、前記複数のスタジアム形状のアーチャがない少なくとも1つの境界部分によって前記2つ以上の別個の部分のうちの隣接する別個の部分から離間されている、請求項6に記載のデバイス。

【請求項11】

前記少なくとも1つの水素選択膜が、2つ以上の水素選択膜を含み、前記2つ以上の水素選択膜のうちの異なる水素選択膜が、前記2つ以上の別個の部分の各別個の部分に冶金学的に接合される、請求項10に記載のデバイス。

40

【請求項12】

前記2つ以上の水素選択膜の各水素選択膜が、前記水素選択膜の周囲部分が前記複数のスタジアム形状のアーチャを含まない前記非多孔質平面シートの1つまたは複数の部分と接触するように、対応する前記別個の部分よりも大きくサイズ決定される、請求項11に記載のデバイス。

【請求項13】

前記少なくとも1つの水素選択膜が、前記少なくとも1つのマイクロスクリーン構造に拡散接合される、請求項6に記載のデバイス。

【請求項14】

50

供給側と透過側とを有する少なくとも1つの水素選択膜であって、前記少なくとも1つの水素選択膜が、混合ガストリームを受け取り、前記供給側から前記透過側に通過する前記混合ガストリームの一部から透過ストリームを形成し、前記供給側に残る前記混合ガストリームの残りの部分から副生成物ストリームを形成するように構成された、少なくとも1つの水素選択膜と、

複数の流体通路を形成する複数のアパーチャを有する非多孔質平面シートを含む少なくとも1つのマイクロスクリーン構造であって、前記複数のアパーチャの各アパーチャが、長手方向軸を画定する長さを有し、複数の行の各行における前記複数のアパーチャのうちの前記アパーチャの前記長手方向軸が(1)互いに平行であり、かつ(2)前記複数の行のうちの隣接する行の前記複数のアパーチャのうちの前記アパーチャの前記長手方向軸と平行ではなく、かつ(3)前記複数の行のうちの隣接する行の前記複数のアパーチャのうちの前記アパーチャの前記長手方向軸に対して傾斜して配向されるように、前記複数のアパーチャが前記複数の行において前記非多孔質平面シート上に配置され、前記非多孔質平面シートが前記透過側に対する支持を提供するように構成された概ね対向する平面表面を含み、前記複数の流体通路が前記対向する表面間に延在し、前記少なくとも1つの水素選択膜の前記透過側が前記少なくとも1つのマイクロスクリーン構造に冶金学的に接合された、少なくとも1つのマイクロスクリーン構造と、
を備える箔マイクロスクリーンアセンブリ。

10

【請求項15】

前記非多孔質平面シートが、前記複数のアパーチャを有する2つ以上の別個の部分を含み、前記2つ以上の別個の部分の各別個の部分が、前記複数のアパーチャがない少なくとも1つの境界部分によって前記2つ以上の別個の部分のうちの隣接する別個の部分から離間されている、請求項14に記載のアセンブリ。

20

【請求項16】

前記少なくとも1つの水素選択膜が、2つ以上の水素選択膜を含み、前記2つ以上の水素選択膜のうちの異なる水素選択膜が、前記2つ以上の別個の部分の各別個の部分に冶金学的に接合される、請求項15に記載のアセンブリ。

【請求項17】

前記2つ以上の水素選択膜の各水素選択膜が、前記水素選択膜の周囲部分が複数のスタジアム形状のアパーチャを含まない前記非多孔質平面シートの1つまたは複数の部分と接触するように、対応する前記別個の部分よりも大きくサイズ決定される、請求項16に記載のアセンブリ。

30

【請求項18】

前記少なくとも1つの水素選択膜が、前記少なくとも1つのマイクロスクリーン構造に拡散接合される、請求項14に記載のアセンブリ。

【請求項19】

供給側と透過側とを有する少なくとも1つの水素選択膜であって、前記少なくとも1つの水素選択膜が、混合ガストリームを受け取り、前記供給側から前記透過側に通過する前記混合ガストリームの一部から透過ストリームを形成し、前記供給側に残る前記混合ガストリームの残りの部分から副生成物ストリームを形成するように構成された、少なくとも1つの水素選択膜と、

40

複数の流体通路を形成する複数のスタジアム形状のアパーチャを有する非多孔質平面シートを含む少なくとも1つのマイクロスクリーン構造であって、前記複数のスタジアム形状のアパーチャの各アパーチャが前記アパーチャの半径の10倍以上の長さを有し、前記平面シートが前記透過側に対する支持を提供するように構成された概ね対向する平面表面を含み、前記複数の流体通路が前記対向する表面間に延在し、前記少なくとも1つの水素選択膜の前記透過側が前記少なくとも1つのマイクロスクリーン構造に冶金学的に接合された、少なくとも1つのマイクロスクリーン構造と、
を備え、

前記非多孔質平面シートは長さおよび幅を有し、前記複数のスタジアム形状のアパーチャ

50

は、前記非多孔質平面シートの前記長さの実質的な部分に沿っておよび前記幅の実質的な部分に沿って配置され、前記複数のスタジアム形状のアーチャの各アーチャは、前記非多孔質平面シートの幅の少なくとも25%の長さを有する箔マイクロスクリーンアセンブリ。

【請求項20】

前記非多孔質平面シートが、前記複数のスタジアム形状のアーチャを有する2つ以上の別個の部分を含み、前記2つ以上の別個の部分の各別個の部分が、前記複数のアーチャがない少なくとも1つの境界部分によって前記2つ以上の別個の部分のうちの隣接する別個の部分から離間されている、請求項19に記載のアセンブリ。

【請求項21】

前記少なくとも1つの水素選択膜が、2つ以上の水素選択膜を含み、前記2つ以上の水素選択膜のうちの異なる水素選択膜が、前記2つ以上の別個の部分の各別個の部分に冶金学的に接合される、請求項20に記載のアセンブリ。

【請求項22】

前記2つ以上の水素選択膜の各水素選択膜が、前記水素選択膜の周囲部分が前記複数のアーチャを含まない前記非多孔質平面シートの1つまたは複数の部分と接触するように、対応する前記別個の部分よりも大きくサイズ決定される、請求項21に記載のアセンブリ。

【請求項23】

前記少なくとも1つの水素選択膜が、前記少なくとも1つのマイクロスクリーン構造に拡散接合される、請求項19に記載のアセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、2020年8月27日出願した「Hydrogen Purification Devices」と題する米国仮出願第63/071,139号の利益を主張するものである。本出願は、現在は放棄されている2012年8月30日出願した「Hydrogen Generation Assemblies」と題する米国特許出願第13/600,096号の一部継続である、現在は米国特許第9,187,324号として発行されている2013年3月14日出願した「Hydrogen Generation Assemblies and Hydrogen Purification Devices」と題する米国特許出願第13/829,766号の分割である、現在は米国特許9,616,389号として発行されている2015年11月3日出願した「Hydrogen Generation Assemblies and Hydrogen Purification Devices」と題する米国特許出願第14/931,585号の継続である、現在は米国特許第10,166,506号として発行されている2017年4月10日出願した「Hydrogen Generation Assemblies and Hydrogen Purification Devices」と題する米国特許出願第15/483,265号の一部継続出願である、現在は米国特許第10,717,040号として発行されている2018年1月4日出願した「Hydrogen Purification Devices」と題する米国特許出願第15/862,474号の分割出願である、2020年6月18日出願した「Hydrogen Purification Devices」と題する米国特許出願第16/904,872号の一部継続でもある。上記の出願の完全な開示は、すべての目的のために参照により本明細書に組み込まれる。

【背景技術】

【0002】

水素発生アセンブリは、1つまたは複数の原料を、水素ガスを主成分として含む生成物ストリームに変換するアセンブリである。原料は、炭素含有原料を含み得、いくつかの実施形態において、水も含み得る。原料は、原料送達システムから水素発生アセンブリの水素生成領域に送達され、典型的には、圧力下および高温で送達される。水素生成領域は、しばしば、水素ガスを効果的に生成するための適切な温度範囲内に水素生成領域を維持するために、1つまたは複数の燃料ストリームを消費する加熱アセンブリまたは冷却アセンブリなどの温度調整アセンブリに関連付けられる。水素発生アセンブリは、水蒸気改質、

10

20

30

40

50

自己熱改質、熱分解、および/または触媒部分酸化などの任意の適切なメカニズムを介して水素ガスを発生させ得る。

【0003】

しかしながら、発生または生成された水素ガスは、不純物を有し得る。そのガスは、水素ガスと他のガスとを含む混合ガスストリームと呼ばれる場合がある。混合ガスストリームを使用する前に、他のガスの少なくとも一部を除去するなど、精製される必要がある。したがって、水素発生アセンブリは、混合ガスストリームの水素純度を高めるための水素精製デバイスを含み得る。水素精製デバイスは、混合ガスストリームを生成物ストリームと副生成物ストリームとに分離するために少なくとも1つの水素選択膜を含み得る。生成物ストリームは、混合ガスストリームからのより高い濃度の水素ガスおよび/または低減された濃度の1つまたは複数の他のガスを含む。1つまたは複数の水素選択膜を使用する水素精製は、1つまたは複数の水素選択膜が圧力容器内に含まれる圧力駆動分離プロセスである。混合ガスストリームは、膜の混合ガス表面と接触し、生成物ストリームは、膜を透過する混合ガスストリームの少なくとも一部から形成される。圧力容器は、典型的には、画定された入口ポートおよび出口ポートまたは導管を通らない限り、ガスが圧力容器に出入りするのを防止するために密閉される。

10

【0004】

生成物ストリームは、様々な用途において使用され得る。1つのそのような用途は、電気化学燃料電池などのエネルギー生産である。電気化学燃料電池は、燃料と、酸化剤とを、電気と、反応生成物と、熱とに変換するデバイスである。例えば、燃料電池は、水素と、酸素とを、水と、電気とに変換し得る。それらの燃料電池において、水素は、燃料であり、酸素は、酸化剤であり、水は、反応生成物である。燃料電池スタックは、複数の燃料電池を含み、エネルギー生成アセンブリを提供するために、水素発生アセンブリと共に利用され得る。

20

【0005】

水素発生アセンブリ、水素処理アセンブリ、および/またはそれらのアセンブリの構成要素の例は、米国特許第5,861,137号、米国特許第6,319,306号、米国特許第6,494,937号、米国特許第6,562,111号、米国特許第7,063,047号、米国特許第7,306,868号、米国特許第7,470,293号、米国特許第7,601,302号、米国特許第7,632,322号、米国特許第8,961,627号、ならびに米国特許出願公開第2006/0090397号、米国特許出願公開第2006/0272212号、米国特許出願公開第2007/0266631号、米国特許出願公開第2007/0274904号、米国特許出願公開第2008/0085434号、米国特許出願公開第2008/0138678号、米国特許出願公開第2008/0230039号、および米国特許出願公開第2010/0064887号において記載されている。

30

【0006】

上記の特許および特許出願公開の完全な開示は、すべての目的のために参照により本明細書に組み込まれる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】米国特許第5,861,137号明細書

【文献】米国特許第6,319,306号明細書

【文献】米国特許第6,494,937号明細書

【文献】米国特許第6,562,111号明細書

【文献】米国特許第7,063,047号明細書

【文献】米国特許第7,306,868号明細書

【文献】米国特許第7,470,293号明細書

【文献】米国特許第7,601,302号明細書

【文献】米国特許第7,632,322号明細書

【文献】米国特許第8,961,627号明細書

40

50

【文献】米国特許出願公開第2006/0090397号明細書
 【文献】米国特許出願公開第2006/0272212号明細書
 【文献】米国特許出願公開第2007/0266631号明細書
 【文献】米国特許出願公開第2007/0274904号明細書
 【文献】米国特許出願公開第2008/0085434号明細書
 【文献】米国特許出願公開第2008/0138678号明細書
 【文献】米国特許出願公開第2008/0230039号明細書
 【文献】米国特許出願公開第2010/0064887号明細書
 【文献】米国特許第5,997,594号明細書
 【文献】米国特許第6,221,117号明細書
 【文献】米国特許第6,537,352号明細書
 【文献】米国特許第6,152,995号明細書

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】水素発生アセンブリの一例の概略図である。

【図2】図1の水素発生アセンブリの一例の概略図である。

【図3】図1の水素発生アセンブリの水素精製デバイスの概略図である。

【図4】図3の水素精製デバイスの一例の分解等角図である。

【図5】図3の水素精製デバイスの箔マイクロスクリーンアセンブリの一例の上面図である。

【図6】図5の箔マイクロスクリーンアセンブリのマイクロスクリーン構造の一例の上面図である。

【図7】アパーチャの別の例を有する図6のマイクロスクリーン構造の部分図である。

【図8】アパーチャの追加の例を有する図6のマイクロスクリーン構造の部分図である。

【図9】アパーチャのさらなる例を有する図6のマイクロスクリーン構造の部分図である。

【図10】アパーチャのさらに別の例を有する図6のマイクロスクリーン構造の部分図である。

【図11】図3の水素精製デバイスの箔マイクロスクリーンアセンブリの追加の例の上面図である。

【図12】図11の箔マイクロスクリーンアセンブリのマイクロスクリーン構造の一例の上面図である。

【図13】図3の水素精製デバイスの箔マイクロスクリーンアセンブリの別の例の上面図である。

【図14】図3の水素精製デバイスの箔マイクロスクリーンアセンブリのさらなる例の上面図である。

【図15】図3の水素精製デバイスの別の例の分解等角図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

図1は、水素発生アセンブリ20の一例を示す。特に除外されない限り、水素発生アセンブリ20は、本開示において説明する他の水素発生アセンブリの1つまたは複数の構成要素を含み得る。水素発生アセンブリは、生成物水素ストリーム21を発生するように構成された任意の適切な構造を含み得る。例えば、水素発生アセンブリは、原料送達システム22と、燃料処理アセンブリ24とを含み得る。原料送達システムは、少なくとも1つの供給ストリーム26を燃料処理アセンブリに選択的に送達するように構成された任意の適切な構造を含み得る。

【0010】

いくつかの実施形態において、原料送達システム22は、少なくとも1つの燃料ストリーム28を燃料処理アセンブリ24のバーナまたは他の加熱アセンブリに選択的に送達するように構成された任意の適切な構造をさらに含み得る。いくつかの実施形態において、供給ストリーム26および燃料ストリーム28は、燃料処理アセンブリの異なる部分に送達され

10

20

30

40

50

る同じストリームであり得る。原料送達システムは、流体ストリームを推進するための容積式または他の適切なポンプまたは機構などの、任意の適切な送達機構を含み得る。いくつかの実施形態において、原料送達システムは、ポンプおよび/または他の電動流体送達メカニズムの使用を必要とすることなく、供給ストリーム26および/または燃料ストリーム28を送達するように構成され得る。水素発生アセンブリ20と共に使用され得る適切な原料送達システムの例は、米国特許第7,470,293号および米国特許第7,601,302号と、米国特許出願公開第2006/0090397号とに記載された原料送達システムを含む。上記の特許および特許出願の完全な開示は、すべての目的のために参照により本明細書に組み込まれる。

【0011】

供給ストリーム26は、生成物水素ストリーム21を生成するための反応物として利用され得る1つまたは複数の流体を含み得る少なくとも1つの水素生成流体30を含み得る。例えば、水素生成流体は、少なくとも1つの炭化水素および/またはアルコールなどの炭素含有原料を含み得る。適切な炭化水素の例は、メタン、プロパン、天然ガス、ディーゼル、ケロシン、ガソリンなどを含む。適切なアルコールの例は、メタノール、エタノール、ポリオール(エチレングリコールおよびプロピレングリコールなど)などを含む。追加的に、水素生成流体30は、燃料処理アセンブリが水蒸気改質および/または自己熱改質を介して生成物水素ストリームを発生する場合などに、水を含み得る。燃料処理アセンブリ24が熱分解または触媒部分酸化を介して生成物水素ストリームを発生する場合、供給ストリーム26は、水を含まない。

【0012】

いくつかの実施形態において、原料送達システム22は、水と、水と混和性の炭素含有原料(メタノールおよび/または別の水溶性アルコールなど)との混合物を含む水素生成流体30を送達するように構成され得る。そのような流体ストリームにおける水の炭素含有原料に対する比率は、使用される特定の炭素含有原料、ユーザの好み、燃料処理アセンブリの設計、生成物水素ストリームを発生するために燃料処理アセンブリによって使用されるメカニズムなどの1つまたは複数の要因に従って変化し得る。例えば、水の炭素に対するモル比は、約1:1から3:1であり得る。追加的に、水とメタノールとの混合物は、1:1またはそれに近いモル比(37重量%の水、63重量%のメタノール)において送達され得、炭化水素または他のアルコールの混合物は、1:1よりも大きい水対炭素のモル比において送達され得る。

【0013】

燃料処理アセンブリ24が改質を介して生成物水素ストリーム21を発生する場合、供給ストリーム26は、例えば、約25~75体積%のメタノールまたはエタノール(または別の適切な水混和性炭素含有原料)と、約25~75体積%の水とを含み得る。メタノールと水とを少なくとも実質的に含む供給ストリームについて、それらのストリームは、約50~75体積%のメタノールと、約25~50体積%の水とを含み得る。エタノールまたは他の水混和性アルコールを含むストリームは、約25~60体積%のアルコールと、約40~75体積%の水とを含み得る。水蒸気改質または自己熱改質を利用する水素発生アセンブリ20のための供給ストリームの一例は、69体積%のメタノールと、31体積%の水とを含む。

【0014】

原料送達システム22は、単一の供給ストリーム26を送達するように構成されているように示されているが、原料送達システムは、2つ以上の供給ストリーム26を送達するように構成され得る。それらのストリームは、同じまたは異なる原料を含み得、異なる組成を有するか、少なくとも1つの共通成分を有するか、共通成分を有さないか、または同じ組成を有し得る。例えば、第1の供給ストリームは、炭素含有原料などの第1の成分を含み得、第2の供給ストリームは、水などの第2の成分を含み得る。追加的に、原料送達システム22は、いくつかの実施形態において、単一の燃料ストリーム28を送達するように構成され得るが、原料送達システムは、2つ以上の燃料ストリームを送達するように構成され得る。燃料ストリームは、異なる組成を有するか、少なくとも1つの共通成分を有するか、

10

20

30

40

50

共通成分を有さないか、または同じ組成を有し得る。さらに、供給ストリームおよび燃料ストリームは、異なる段階において原料送達システムから排出され得る。例えば、ストリームの一方は、流体ストリームであり得、他方は、ガスストリームである。いくつかの実施形態において、両方のストリームが、流体ストリームであり得、他の実施形態において、両方のストリームが、ガスストリームであり得る。さらに、水素発生アセンブリ20は、単一の原料送達システム22を含むように示されているが、水素発生アセンブリは、2つ以上の原料送達システム22を含み得る。

【0015】

燃料処理アセンブリ24は、任意の適切な水素生成メカニズムを介して水素ガスを含む出力ストリーム34を生成するように構成された水素生成領域32を含み得る。出力ストリームは、少なくとも主成分として水素ガスを含み得、追加のガス状成分を含み得る。したがって、出力ストリーム34は、その主成分として水素ガスを含むが、他のガスを含む「混合ガスストリーム」と呼ばれる場合がある。

10

【0016】

水素生成領域32は、任意の適切な触媒含有床または領域を含み得る。水素生成メカニズムが水蒸気改質である場合、水素生成領域は、炭素含有原料と水とを含む供給ストリーム26からの出力ストリーム34の生成を促進するために、適切な水蒸気改質触媒36を含み得る。そのような実施形態において、燃料処理アセンブリ24は、「水蒸気改質器」と呼ばれる場合があり、水素生成領域32は、「改質領域」と呼ばれる場合があり、出力ストリーム34は、「改質ストリーム」と呼ばれる場合がある。改質ストリーム内に存在し得る他のガスは、一酸化炭素、二酸化炭素、メタン、蒸気、および/または未反応の炭素含有原料を含み得る。

20

【0017】

水素生成メカニズムが自己熱改質である場合、水素生成領域32は、空気の存在下で水と炭素含有原料とを含む供給ストリーム26からの出力ストリーム34の生成を促進するために、適切な自己熱改質触媒を含み得る。追加的に、燃料処理アセンブリ24は、水素生成領域に空気ストリームを送達するように構成された空気送達アセンブリ38を含み得る。

【0018】

いくつかの実施形態において、燃料処理アセンブリ24は、出力(または混合ガス)ストリーム34から少なくとも1つの水素リッチストリーム42を生成するように構成された任意の適切な構造を含み得る精製(または分離)領域40を含み得る。水素リッチストリーム42は、出力ストリーム34よりも高い水素濃度、および/またはその出力ストリーム内に存在した1つまたは複数の他のガス(または不純物)の低下した濃度を含み得る。生成物水素ストリーム21は、水素リッチストリーム42の少なくとも一部を含む。したがって、生成物水素ストリーム21および水素リッチストリーム42は、同じストリームであり得、同じ組成と流量とを有し得る。代替的には、水素リッチストリーム42中の精製された水素ガスの一部は、後の使用のために、適切な水素貯蔵アセンブリ内などに貯蔵され得、および/または燃料処理アセンブリによって消費され得る。精製領域40は、「水素精製デバイス」または「水素処理アセンブリ」と呼ばれる場合もある。

30

【0019】

いくつかの実施形態において、精製領域40は、水素ガスを含まないか、またはいくらかの水素ガスを含み得る少なくとも1つの副生成物ストリーム44を生成し得る。副生成物ストリームは、排出され、バーナアセンブリおよび/もしくは他の燃焼ソースに送られ、加熱された流体ストリームとして使用され、後の使用のために保存され、ならびに/または他の方法で利用、保存、および/もしくは廃棄され得る。追加的に、精製領域40は、出力ストリーム34の送達にตอบสนองして、連続ストリームとして副生成物ストリームを放出し得、またはバッチプロセスにおいて、もしくは出力ストリームの副生成物部分が精製領域において少なくとも一時的に保持される場合などに、そのストリームを断続的に放出し得る。

40

【0020】

燃料処理アセンブリ24は、燃料処理アセンブリのための加熱アセンブリのための燃料ス

50

トリーム(または原料ストリーム)として使用するのに適した十分な量の水素ガスを含む1つまたは複数の副生成物ストリームを生成するように構成された1つまたは複数の精製領域を含み得る。いくつかの実施形態において、副生成物ストリームは、加熱アセンブリが水素生成領域を所望の動作温度または選択された温度範囲内に維持することを可能にするのに十分な燃料価または水素含有量を有し得る。例えば、副生成物ストリームは、10~30体積%の水素ガス、15~25体積%の水素ガス、20~30体積%の水素ガス、少なくとも10または15体積%の水素ガス、少なくとも20体積%の水素ガスなどの水素ガスを含み得る。

【0021】

精製領域40は、出力ストリーム21の少なくとも1つの成分の濃度を濃縮する(および/または上昇させる)ように構成された任意の適切な構造を含み得る。ほとんどの用途において、水素リッチストリーム42は、出力ストリーム(または混合ガスストリーム)34よりも高い水素濃度を有することになる。水素リッチストリームはまた、水素リッチストリームの水素濃度が出力ストリームよりも高い、同じ、または低い状態で出力ストリーム34内に存在していた1つまたは複数の非水素成分の低下した濃度を含み得る。例えば、従来の燃料電池システムにおいて、一酸化炭素が数ppmでも存在すると、燃料電池スタックを損傷する可能性があるが、水などの、出力ストリーム34中に存在する他の非水素成分は、はるかにより高い濃度で存在しても、スタックを損傷することはない。したがって、そのような用途において、精製領域は、全体の水素濃度を上昇させない場合があるが、生成物水素ストリームに関する所望の用途にとって有害または潜在的に有害である1つまたは複数の非水素成分の濃度を低下させることになる。

【0022】

精製領域40に適したデバイスの例は、1つまたは複数の水素選択膜46、化学的一酸化炭素除去アセンブリ48、および/または圧力スイング吸着(PSA)システム50を含む。精製領域40は、2つ以上のタイプの精製デバイスを含み得、デバイスは、同じもしくは異なる構造を有し得、および/または同じもしくは異なるメカニズムによって動作し得る。燃料処理アセンブリ24は、1つまたは複数の生成物水素ストリーム、水素リッチストリーム、および/または副生成物ストリームに関連するような、精製領域の下流の少なくとも1つの制限オリフィスおよび/または他の流量制限器を含み得る。

【0023】

水素選択膜46は、水素ガスに対して透過性であるが、出力ストリーム34の他の成分に対しては少なくとも実質的に(完全ではないにしても)不透過性である。膜46は、精製領域40が動作される動作環境およびパラメータにおける使用に適した任意の水素透過性材料から形成され得る。膜46に適した材料の例は、パラジウムおよびパラジウム合金、特に、そのような金属および金属合金の薄膜を含む。パラジウム合金、特に35重量%から45重量%の銅を含むパラジウムが特に効果的であることが証明されている。約40重量%の銅を含むパラジウム-銅合金が特に効果的であることが証明されているが、他の相対濃度および成分も使用され得る。他の3つの特に効果的な合金は、2重量%から20重量%の金を含むパラジウム、特に、5重量%の金を含むパラジウム、3重量%から10重量%のインジウムと0重量%から10重量%のルテニウムとを含むパラジウム、特に、6重量%のインジウムと0.5重量%のルテニウムとを含むパラジウム、および20重量%から30重量%の銀を含むパラジウムである。パラジウムおよびパラジウム合金が使用される場合、水素選択膜46は、時には「箔」と呼ばれる場合がある。水素透過性金属箔の典型的な厚さは、25ミクロン(マイクロメートル)未満、好ましくは15ミクロン以下、最も好ましくは5ミクロンと12ミクロンとの間である。箔は、110mm x 270mmなどの任意の適切な寸法であり得る。

【0024】

化学的一酸化炭素除去アセンブリ48は、それほど潜在的に有害ではない他の組成物を形成するために、出力ストリーム34の一酸化炭素および/または他の望ましくない成分を化学的に反応させるデバイスである。化学的一酸化炭素除去アセンブリの例は、水と一酸化炭素から水素ガスと二酸化炭素とを生成するように構成された水-ガスシフト反応器、一酸化炭素と(通常は空気からの)酸素とを二酸化炭素に変換するように構成された部分酸化反

応器、および一酸化炭素と水素とをメタンと水とに変換するように構成されたメタネーション反応器を含む。燃料処理アセンブリ24は、2つ以上のタイプおよび/または数の化学的除去アセンブリ48を含み得る。

【0025】

圧力スイング吸着(PSA)は、温度および圧力の適切な条件下で、特定のガスが他のガスよりも強力に吸着材料に吸着されるという原理に基づいて、ガス状不純物が出力ストリーム34から除去される化学プロセスである。典型的には、非水素不純物は、吸着され、出力ストリーム34から除去される。不純物ガスの吸着は、高圧において発生する。圧力が減少すると、不純物は、吸着材料から脱着され、したがって、吸着材料を再生する。典型的には、PSAは、循環プロセスであり、(バッチとは対照的に)連続動作のために少なくとも2つの床を必要とする。吸着床において使用され得る適切な吸着材料の例は、活性炭およびゼオライトである。PSAシステム50は、副生成物または除去された成分が出力ストリームの精製と同時にガスストリームとして領域から直接排出されない、精製領域40において使用するためのデバイスの例も提供する。代わりに、これらの副生成物成分は、吸着材料が再生されるか、または精製領域から他の方法で除去されたときに除去される。

【0026】

図1において、精製領域40が燃料処理アセンブリ24内に示されている。代替的には、精製領域は、図1において一点鎖線において概略的に示されているように、燃料処理アセンブリから下流に別個に配置され得る。精製領域40は、燃料処理アセンブリの内部および外部の部分も含み得る。

【0027】

燃料処理アセンブリ24は、加熱アセンブリ52の形態における温度調整アセンブリも含み得る。加熱アセンブリは、典型的には、空気の下で燃焼されるような、少なくとも1つの燃料ストリーム28から少なくとも1つの加熱排気ストリーム(または燃焼ストリーム)54を生成するように構成され得る。加熱排気ストリーム54は、水素生成領域32を加熱するものとして図1において概略的に示されている。加熱アセンブリ52は、加熱排気ストリームを生成するために燃料が空気と共に燃焼されるバーナまたは燃焼触媒などの、加熱排気ストリームを発生するように構成された任意の適切な構造を含み得る。加熱アセンブリは、燃料の燃焼を開始するように構成された点火器または点火源58を含み得る。適切な点火源の例は、1つまたは複数のスパークプラグ、グロープラグ、燃焼触媒、パイロットランプ、圧電点火器、スパーク点火器、高温表面点火器などを含む。

【0028】

いくつかの実施形態において、加熱アセンブリ52は、バーナアセンブリ60を含み得、燃焼ベースまたは燃焼駆動の加熱アセンブリと呼ばれる場合がある。燃焼ベースの加熱アセンブリにおいて、加熱アセンブリ52は、少なくとも1つの燃料ストリーム28を受け取り、少なくとも燃料処理アセンブリの水素生成領域を加熱するために使用され得る高温燃焼ストリーム54を提供するために、空気の下で燃料ストリームを燃焼させるように構成され得る。空気は、様々なメカニズムを介して加熱アセンブリに送達され得る。例えば、空気ストリーム62は、図1に示すように、別個のストリームとして加熱アセンブリに送達され得る。代替的または追加的に、空気ストリーム62は、加熱アセンブリ52のための燃料ストリーム28のうちの少なくとも1つと共に加熱アセンブリに送達され得、および/または加熱アセンブリが利用される環境から引き出され得る。

【0029】

燃焼ストリーム54は、追加的または代替的に、加熱アセンブリが使用される燃料処理アセンブリおよび/または燃料電池システムの他の部分を加熱するために使用され得る。追加的に、他の構成およびタイプの加熱アセンブリ52が使用され得る。例えば、加熱アセンブリ52は、抵抗加熱素子などの少なくとも1つの加熱素子を使用して熱を発生することによって、燃料処理アセンブリ24の少なくとも水素生成領域32を加熱するように構成された電動加熱アセンブリであり得る。それらの実施形態において、加熱アセンブリ52は、水素生成領域を適切な水素生成温度まで加熱するために、可燃性燃料ストリームを受け取って

燃焼させなくてよい。加熱アセンブリの例は、米国特許第7,632,322号において開示されており、その完全な開示は、すべての目的のために参照により本明細書に組み込まれる。

【0030】

加熱アセンブリ52は、水素生成領域および/または分離領域(以下でさらに論じる)と共通のシェルまたはハウジング内に収容され得る。加熱アセンブリは、水素生成領域32に対して別々に配置され得るが、少なくとも水素生成領域の所望の加熱を提供するために、その領域と熱連通および/または流体連通し得る。加熱アセンブリ52は、共通のシェル内に部分的もしくは完全に配置され得、および/または加熱アセンブリの少なくとも一部(またはすべて)は、そのシェルの外部に配置され得る。加熱アセンブリがシェルの外部に配置される場合、パーナアセンブリ60からの高温燃焼ガスは、適切な熱伝導管を介してシェル内の1つまたは複数の構成要素に輸送され得る。

10

【0031】

加熱アセンブリはまた、原料送達システム22、原料供給ストリーム、水素生成領域32、精製(または分離)領域40、またはそれらのシステム、ストリーム、および領域の任意の適切な組合せを加熱するように構成され得る。原料供給ストリームの加熱は、水素生成領域において水素ガスを生成するために使用される水素生成流体の液体反応物ストリームまたは成分を気化させることを含み得る。その実施形態において、燃料処理アセンブリ24は、気化領域64を含むものとして説明され得る。加熱アセンブリは、追加で、水素発生アセンブリの他の構成要素を加熱するように構成され得る。例えば、加熱排気ストリームは、供給ストリーム26および燃料ストリーム28の少なくとも一部を形成する加熱燃料および/または水素生成流体を含む圧力容器および/または他のキャニスターを加熱するように構成され得る。

20

【0032】

加熱アセンブリ52は、水素生成領域32において任意の適切な温度を達成および/または維持し得る。水蒸気改質器は、典型的には、200 から900 の範囲内の温度において動作する。しかしながら、この範囲外の温度は、本開示の範囲内である。炭素含有原料がメタノールである場合、水蒸気改質反応は、典型的には、約200~500 の温度範囲において動作する。その範囲の例示的なサブセットは、350~450 、375~425 、および375~400 を含む。炭素含有原料が炭化水素、エタノール、または別のアルコールである場合、典型的には、約400~900 の温度範囲が水蒸気改質反応に使用される。その範囲の例示的なサブセットは、750~850 、725~825 、650~750 、700~800 、700~900 、500~800 、400~600 、および600~800 を含む。水素生成領域32は、2つ以上のゾーンまたは部分を含み得、その各々は、同じまたは異なる温度において動作され得る。例えば、水素生成流体が炭化水素を含む場合、水素生成領域32は、2つの異なる水素生成部分または領域を含み得、予備改質領域を提供するために一方が他方よりも低い温度において動作する。それらの実施形態において、燃料処理アセンブリは、2つ以上の水素生成領域を含むと呼ばれる場合もある。

30

【0033】

燃料ストリーム28は、所望の熱出力を提供するために加熱アセンブリ52によって消費されるのに適した任意の可燃性液体および/またはガスを含み得る。いくつかの燃料ストリームは、加熱アセンブリ52によって送達および燃焼されるときにガスであり得るが、他の燃料ストリームは、液体ストリームとして加熱アセンブリに送達され得る。燃料ストリーム28のための適切な加熱燃料の例は、メタノール、メタン、エタン、エタノール、エチレン、プロパン、プロピレン、ブタンなどの炭素含有原料を含む。追加の例は、液化石油ガス、アンモニア、軽量アミン、ジメチルエーテル、低分子量炭化水素などの低分子量凝縮性燃料を含む。さらに他の例は、水素および一酸化炭素を含む。加熱アセンブリの代わりに(水蒸気改質などの吸熱プロセスの代わりに発熱水素生成プロセス、例えば、部分酸化が利用されるときに使用され得るような)冷却アセンブリの形態における温度調整アセンブリを含む水素発生アセンブリ20の実施形態において、原料送達システムは、燃料または冷却剤ストリームをアセンブリに供給するように構成され得る。任意の適切な燃料または冷却

40

50

液が使用され得る。

【 0 0 3 4 】

燃料処理アセンブリ24は、図1に示すような、少なくとも水素生成領域32が含まれるシェルまたはハウジング66を追加で含み得る。いくつかの実施形態において、気化領域64および/または精製領域40が、シェル内に追加で含まれ得る。シェル66は、水蒸気改質器または他の燃料処理メカニズムの構成要素がユニットとして移動されることを可能にし得る。シェルはまた、保護エンクロージャを提供することによって燃料処理アセンブリの構成要素を損傷から保護し得、および/または構成要素がユニットとして加熱されるので、燃料処理アセンブリの加熱需要を低減し得る。シェル66は、固体断熱材料、ブランケット断熱材料、および/または空気充填空洞などの断熱材料68を含み得る。断熱材料は、シェルの内部、シェルの外部、またはその両方にあり得る。断熱材料がシェルの外部にある場合、燃料処理アセンブリ24は、図1に概略的に示すように、断熱材の外側に外側カバーまたはジャケット70をさらに含み得る。燃料処理アセンブリは、原料送達システム22および/または他の構成要素などの、燃料処理アセンブリの追加の構成要素を含む異なるシェルを含み得る。

10

【 0 0 3 5 】

燃料処理アセンブリ24の1つまたは複数の構成要素は、シェルを越えて延在するか、またはシェルの外部に配置され得る。例えば、精製領域40は、シェルから離間されているが、適切な流体連通導管によって流体連通しているなど、シェル66の外部に配置され得る。別の例として、水素生成領域32の一部(1つまたは複数の改質触媒床の一部など)は、図1における代替シェル構成を表す波線で概略的に示されているように、シェルを越えて延在し得る。適切な水素発生アセンブリおよびその構成要素の例は、米国特許第5,861,137号、第5,997,594号、および第6,221,117号において開示されており、それらの完全な開示は、すべての目的のために参照により本明細書に組み込まれる。

20

【 0 0 3 6 】

水素発生アセンブリ20の別の例が、図2において示されており、全体として72において示されている。特に除外されない限り、水素発生アセンブリ72は、水素発生アセンブリ20の1つまたは複数の構成要素を含み得る。水素発生アセンブリ72は、図2に示すように、原料送達システム74と、気化領域76と、水素生成領域78と、加熱アセンブリ80とを含み得る。いくつかの実施形態において、水素発生アセンブリ20は、精製領域82も含み得る。

30

【 0 0 3 7 】

原料送達システムは、水素発生アセンブリの1つまたは複数の他の構成要素に1つまたは複数の供給ストリームおよび/または燃料ストリームを送達するように構成された任意の適切な構造を含み得る。例えば、原料送達システムは、原料タンク(またはコンテナ)84およびポンプ86を含み得る。原料タンクは、水および炭素含有原料(例えば、メタノール/水混合物)などの任意の適切な水素生成流体88を含み得る。ポンプ86は、水と炭素含有原料とを含む少なくとも1つの液体含有供給ストリーム90の形態であり得る水素生成流体を、気化領域76および/または水素生成領域78に送達するように構成された任意の適切な構造を有し得る。

【 0 0 3 8 】

気化領域76は、液体含有供給ストリーム90などの液体含有供給ストリームの少なくとも一部を受け取り、気化するように構成された任意の適切な構造を含み得る。例えば、気化領域76は、液体含有供給ストリーム90を1つまたは複数の蒸気供給ストリーム94に少なくとも部分的に変換するように構成された気化器92を含み得る。蒸気供給ストリームは、いくつかの実施形態において、液体を含み得る。適切な気化器の一例は、コイル状ステンレス鋼管などのコイル状管気化器である。

40

【 0 0 3 9 】

水素生成領域78は、主成分としての水素ガスと、他のガスとを含む1つまたは複数の出力ストリーム96を生成するために、気化領域からの蒸気供給ストリーム94などの1つまたは複数の供給ストリームを受け取るように構成された任意の適切な構造を含み得る。水素

50

生成領域は、任意の適切なメカニズムを介して出力ストリームを生成し得る。例えば、水素生成領域78は、水蒸気改質反応を介して出力ストリーム96を生成し得る。その例において、水素生成領域78は、水蒸気改質反応を容易におよび/または促進するように構成された改質触媒98を有する水蒸気改質領域97を含み得る。水素生成領域78が水蒸気改質反応を介して出力ストリーム96を生成する場合、水素発生アセンブリ72は、「水蒸気改質水素発生アセンブリ」と呼ばれる場合があり、出力ストリーム96は、「改質ストリーム」と呼ばれる場合がある。

【0040】

加熱アセンブリ80は、水素発生アセンブリ72の1つまたは複数の他の構成要素を加熱するための少なくとも1つの加熱排気ストリーム99を生成するように構成された任意の適切な構造を含み得る。例えば、加熱アセンブリは、気化領域を、少なくとも最低気化温度、または液体含有供給ストリームの少なくとも一部が蒸気供給ストリームを形成するために気化される温度などの、任意の適切な温度に加熱し得る。追加的または代替的に、加熱アセンブリ80は、水素生成領域を、少なくとも最低水素生成温度、または蒸気供給ストリームの少なくとも一部が出力ストリームを形成するために水素ガスを生成するために反応される温度などの、任意の適切な温度に加熱し得る。加熱アセンブリは、気化領域および/または水素生成領域などの、水素発生アセンブリの1つまたは複数の構成要素と熱連通し得る。

10

【0041】

加熱アセンブリは、図2に示すように、バーナアセンブリ100と、少なくとも1つの送風機102と、点火器アセンブリ104とを含み得る。バーナアセンブリは、少なくとも1つの空気ストリーム106と少なくとも1つの燃料ストリーム108とを受け取り、加熱排気ストリーム99を生成するために燃焼領域110内で少なくとも1つの燃料ストリームを燃焼させるように構成された任意の適切な構造を含み得る。燃料ストリームは、原料送達システム74および/または精製領域82によって提供され得る。燃焼領域は、水素発生アセンブリのエンクロージャ内に収容され得る。送風機102は、空気ストリーム106を発生するように構成された任意の適切な構造を含み得る。点火器アセンブリ104は、燃料ストリーム108に点火するように構成された任意の適切な構造を含み得る。

20

【0042】

精製領域82は、出力ストリーム96よりも高い水素濃度、および/または出力ストリーム内に存在していた1つまたは複数の他のガス(または不純物)の低下した濃度を含み得る、少なくとも1つの水素リッチストリーム112を生成するように構成された任意の適切な構造を含み得る。精製領域は、図2に示すように、バーナアセンブリ100に送られ、そのアセンブリのための燃料ストリームとして使用され得る、少なくとも1つの副生成物ストリームまたは燃料ストリーム108を生成し得る。精製領域82は、流量制限オリフィス111と、フィルタアセンブリ114と、膜アセンブリ116と、メタネーション反応器アセンブリ118とを含み得る。フィルタアセンブリ(1つまたは複数の高温ガスフィルタなど)は、水素精製膜アセンブリの前に出力ストリーム96から不純物を除去するように構成され得る。

30

【0043】

膜アセンブリ116は、水素ガスと他のガスとを含む出力または混合ガスストリーム96を受け取り、混合ガスストリームよりも高い濃度の水素ガスおよび/または混合ガスストリームよりも低い濃度の他のガスを含む透過または水素リッチストリーム112を生成するように構成された任意の適切な構造を含み得る。膜アセンブリ116は、平面または管状の水素透過性(または水素選択性)膜を組み込み得、2つ以上の水素透過性膜が、膜アセンブリ116に組み込まれ得る。透過ストリームは、1つまたは複数の燃料電池などの任意の適切な用途のために使用され得る。いくつかの実施形態において、膜アセンブリは、他のガスの少なくとも実質的な部分を含む副生成物または燃料ストリーム108を生成し得る。メタネーション反応器アセンブリ118は、一酸化炭素と水素とをメタンと水とに変換するように構成された任意の適切な構造を含み得る。精製領域82は、流量制限オリフィス111と、フィルタアセンブリ114と、膜アセンブリ116と、メタネーション反応器アセンブリ118とを

40

50

含むように示されているが、精製領域は、それらのアセンブリのすべてよりは少ないものを有し得、および/または代替的もしくは追加的に、出力ストリーム96を精製するように構成された1つもしくは複数の他の構成要素を含み得る。例えば、精製領域82は、膜アセンブリ116のみを含み得る。

【0044】

いくつかの実施形態において、水素発生アセンブリ72は、そのアセンブリの1つまたは複数の他の構成要素を少なくとも部分的に含み得るシェルまたはハウジング120を含み得る。例えば、シェル120は、図2に示すように、気化領域76、水素生成領域78、加熱アセンブリ80、および/または精製領域82を少なくとも部分的に含み得る。シェル120は、加熱アセンブリ80によって生成された少なくとも1つの燃焼排気ストリーム124を排出する

10

【0045】

水素発生アセンブリ72は、いくつかの実施形態において、水素発生アセンブリ72の動作を制御するように構成された任意の適切な構造を含み得る制御システム126を含み得る。例えば、制御アセンブリ126は、制御アセンブリ128、少なくとも1つのバルブ130、少なくとも1つの圧力開放バルブ132、および1つまたは複数の温度測定デバイス134を含み得る。制御アセンブリ128は、1つまたは複数の熱電対および/または他の適切なデバイスを含み得る温度測定デバイス134を介して、水素生成領域および/または精製領域における温度を検出し得る。検出された温度に基づいて、制御アセンブリおよび/または制御システムのオペレータは、バルブ130とポンプ86とを介して、気化領域76および/または水素生成領域78への供給ストリーム90の送達を調整し得る。バルブ130は、ソレノイドバルブおよび/または任意の適切なバルブを含み得る。圧力開放バルブ132は、システム内の過剰な圧力が解放されることを確実にするように構成され得る。

20

【0046】

いくつかの実施形態において、水素発生アセンブリ72は、水素発生アセンブリのある部分から別の部分に熱を伝達するように構成された1つまたは複数の熱交換器138を含み得る熱交換アセンブリ136を含み得る。例えば、熱交換アセンブリ136は、気化領域76に入る前の供給ストリームの温度を上昇させると共に、水素リッチストリーム112を冷却するために、水素リッチストリーム112から供給ストリーム90に熱を伝達し得る。

【0047】

図1の水素発生アセンブリ20の精製領域40(または水素精製デバイス)の一例が、図3中の144において全体として示されている。特に除外されない限り、水素精製デバイスは、本開示において説明する他の精製領域の1つまたは複数の構成要素を含み得る。水素精製デバイス40は、水素分離領域146と、エンクロージャ148とを含み得る。エンクロージャは、内周152を有する内部容積150を画定し得る。エンクロージャ148は、画定された入力ポートと出力ポートとを含み得る密封された圧力容器の形態における本体149を形成するために一緒に結合された少なくとも第1の部分154と第2の部分156とを含み得る。それらのポートは、ガスおよび他の流体がエンクロージャの内部容積に送達またはそこから除去される流体経路を画定し得る。

30

【0048】

第1および第2の部分154および156は、任意の適切な保持メカニズムまたは構造158を使用して一緒に結合され得る。適切な保持構造の例は、溶接および/またはボルトを含む。第1の部分と第2の部分との間に流体密界面を提供するために使用され得るシールの例は、ガスケットおよび/または溶接を含み得る。追加的または代替的に、エンクロージャ内の水素分離領域を画定する様々な構成要素および/または水素発生アセンブリに組み込まれ得る他の構成要素に少なくとも所定の量の圧縮が加えられるように、第1および第2の部分154および156は、一緒に固定され得る。加えられる圧縮は、様々な構成要素がエンクロージャ内の適切な位置において保持されることを確実にし得る。追加的または代替的に、水素分離領域を画定する様々な構成要素および/または他の構成要素に加えられる圧縮は、水素分離領域を画定する様々な構成要素間、様々な他の構成要素間、および/または水素分離領

40

50

域を画定する構成要素と他の構成要素との間に流体密界面を提供し得る。

【0049】

エンクロージャ148は、図3に示すように、混合ガス領域160と、透過領域162とを含み得る。混合ガスおよび透過領域は、水素分離領域146によって分離され得る。少なくとも1つの入力ポート164が設けられ得、それを通して流体ストリーム166がエンクロージャに送達される。流体ストリーム166は、混合ガス領域160に送達される水素ガス170と他のガス172とを含む混合ガスストリーム168であり得る。水素ガスは、混合ガスストリームの主成分であり得る。水素分離領域146は、混合ガス領域内のガスが透過領域に入るために水素分離領域を通過しなければならないように、混合ガス領域160と透過領域162との間に延在し得る。ガスは、例えば、以下でさらに論じるように、少なくとも1つの水素選択膜を通過する必要があるあり得る。透過領域または混合ガス領域は、エンクロージャ内の任意の適切な相対的サイズのものであり得る。

10

【0050】

エンクロージャ148は、透過ストリーム176が受け取られ、透過領域162から除去され得る少なくとも1つの生成物出力ポート174を含み得る。透過ストリームは、混合ガスストリームよりも高い濃度の水素ガスおよび混合ガスストリームよりも低い濃度の他のガスのうちの少なくとも1つを含み得る。透過ストリーム176は、いくつかの実施形態において、透過領域と流体連通するスリーブガスポート180を介してスリーブガスストリーム178として送達され得るような、キャリアまたはスリーブガス成分を少なくとも最初に含み得る。エンクロージャは、他のガス172の実質的な部分と(混合ガスストリームに対して)低下した濃度の水素ガス170のうちの少なくとも1つを含む副生成物ストリーム184が混合ガス領域から除去される少なくとも1つの副生成物出力ポート182も含み得る。

20

【0051】

水素分離領域146は、混合ガスストリーム168による接触のために配向される第1のまたは混合ガス表面188と、表面188に対して概ね対向する第2のまたは透過表面190とを有する少なくとも1つの水素選択膜186を含み得る。混合ガスストリーム168は、1つまたは複数の水素選択膜の混合ガス表面と接触するように、エンクロージャの混合ガス領域に送達され得る。透過ストリーム176は、水素分離領域を通過して透過領域162に至る混合ガスストリームの少なくとも一部から形成され得る。副生成物ストリーム184は、水素分離領域を通過しない混合ガスストリームの少なくとも一部から形成され得る。いくつかの実施形態において、副生成物ストリーム184は、混合ガスストリーム内に存在する水素ガスの一部を含み得る。水素分離領域は、他のガスの少なくとも一部をトラップまたは他の方法で保持するようにも構成され得、この他のガスの少なくとも一部は、分離領域が交換、再生、または他の方法で再充填されるときに、副生成物ストリームとして除去され得る。

30

【0052】

図3において、ストリーム166、176、178、および/または184は、水素精製デバイス144に流入または流出する2つ以上の実際のストリームを含み得る。例えば、水素精製デバイスは、複数の混合ガスストリーム168、水素分離領域146に接触する前に2つ以上のストリームに分割される単一の混合ガスストリーム168、内部容積150に送達される単一のストリームなどを受け取り得る。したがって、エンクロージャ148は、2つ以上の入力ポート164、生成物出力ポート174、スリーブガスポート180、および/または副生成物出力ポート182を含み得る。

40

【0053】

水素選択膜は、水素精製デバイスが動作される動作環境およびパラメータにおける使用に適した任意の水素透過性材料から形成され得る。水素精製デバイスの例は、米国特許第5,997,594号および第6,537,352において開示されており、その完全な開示は、すべての目的のために参照により本明細書に組み込まれる。いくつかの実施形態において、水素選択膜は、パラジウムおよびパラジウム合金のうちの少なくとも1つから形成され得る。パラジウム合金の例は、銅、銀、および/または金を含むパラジウムの合金も含む。様々な膜、膜構成、および/または膜と膜構成とを準備する方法の例は、米国特許第6,152,995

50

号、第6,221,117号、第6,319,306号、および第6,537,352号において開示されており、その完全な開示は、すべての目的のために参照により本明細書に組み込まれる。

【0054】

いくつかの実施形態において、水素分離アセンブリ192の少なくとも一部を形成するために、水素分離領域において複数の離間した水素選択膜186が使用され得る。存在する場合、複数の膜は、1つまたは複数の膜アセンブリ194を集合的に画定し得る。そのような実施形態において、水素分離アセンブリは、概して、第1の部分154から第2の部分156まで延在し得る。したがって、第1および第2の部分は、水素分離アセンブリを効果的に圧縮し得る。いくつかの実施形態において、エンクロージャ148は、追加的または代替的に、本体部分の両側に結合されたエンドプレート(またはエンドフレーム)を含み得る。そのような実施形態において、エンドプレートは、一対の両側のエンドプレート間で水素分離アセンブリ(およびエンクロージャ内に収容され得る他の構成要素)を効果的に圧縮し得る。

10

【0055】

1つまたは複数の水素選択膜を使用する水素精製は、典型的には、混合ガストリームが水素分離領域の透過領域におけるガスよりも高い圧力において膜の混合ガス表面と接触するように送達される圧力駆動型分離プロセスである。水素分離領域は、いくつかの実施形態において、水素分離領域が混合ガストリームを透過ストリームと副生成物ストリームとに分離するために利用される場合、任意の適切なメカニズムを介して高温に加熱され得る。パラジウム膜またはパラジウム合金膜を使用する水素精製のための適切な動作温度の例は、少なくとも275 の温度、少なくとも325 の温度、少なくとも350 の温度、275~500 の範囲内の温度、275~375 の範囲内の温度、300~450 の範囲内の温度、350~450 の範囲内の温度などを含む。

20

【0056】

水素精製デバイス144の一例が、図4中の196において全体として示されている。特に除外されない限り、水素精製デバイス196は、本開示において説明する他の水素精製デバイスおよび/または精製領域の1つまたは複数の構成要素を含み得る。水素精製デバイス196は、第1のエンドプレートまたはエンドフレーム200と、第2のエンドプレートまたはエンドフレーム202とを含み得るシェルまたはエンクロージャ198を含み得る。第1および第2のエンドプレートは、水素分離領域が支持される内部区画204を有する密封圧力容器を画定するために一緒に固定および/または圧縮されるように構成され得る。第1および第2のエンドプレートは、水素精製デバイス144と同様の入力ポート、出力ポート、スリーブガスポート、および副生成物ポート(図示せず)を含み得る。

30

【0057】

水素精製デバイス196は、第1のエンドプレートと第2のエンドプレートとの間に配置および/またはこれらに固定され得る少なくとも1つの箔マイクロスクリーンアセンブリ205も含み得る。箔マイクロスクリーンアセンブリは、図5に示すように、少なくとも1つの水素選択膜206と、少なくとも1つのマイクロスクリーン構造208とを含み得る。水素選択膜は、入力ポートから混合ガストリームの少なくとも一部を受け取り、混合ガストリームを、透過ストリームの少なくとも一部と、副生成物ストリームの少なくとも一部とに分離するように構成され得る。水素選択膜206は、供給側210と、透過側212とを含み得る。透過ストリームの少なくとも一部は、供給側から透過側に通過する混合ガストリームの一部から形成され、供給側に残る混合ガストリームの残りの部分は、副生成物ストリームの少なくとも一部を形成する。

40

【0058】

水素選択膜のうちの1つまたは複数の膜は、マイクロスクリーン構造208に冶金学的に接合され得る。例えば、水素選択膜の透過側は、マイクロスクリーン構造に冶金学的に接合され得る。いくつかの実施形態において、1つまたは複数の水素選択膜206(および/またはそれらの膜の透過側)は、膜とマイクロスクリーン構造との間に固相拡散接合を形成するために、マイクロスクリーン構造に拡散接合され得る。例えば、膜の透過側およびマイクロスクリーン構造は、膜の表面およびマイクロスクリーン構造の表面が経時的に交錯するこ

50

とを可能にするために、互いに接触させられ、高温および/または高圧に曝露され得る。

【0059】

いくつかの実施形態において、マイクロスクリーン構造は、拡散接合を助ける金属または中間接合層の薄層でコーティングされ得る。例えば、固相拡散接合に適しているが、(1)700以下では溶融せず、液相に入らず、(2)水素選択膜への拡散時に700以下で低融点合金を形成するニッケル、銅、銀、金、または他の金属の薄いコーティングである。薄い金属層は、水素選択膜と接触することになるマイクロスクリーン構造の表面への中間接合層の薄いコーティングの適切な堆積プロセス(例えば、電気化学めっき、蒸着、スパッタリングなど)を介してマイクロスクリーン構造に適用され得る。いくつかの実施形態において、箔マイクロスクリーンアセンブリ205は、水素選択膜および(上記のコーティングを含むまたは含まない)マイクロスクリーン構造のみを含み、水素選択膜および/またはマイクロスクリーン構造のいずれかまたは両方に取り付けられた、接合された、および/または冶金学的に接合されたいかなる他のフレーム、ガスケット、構成要素、および/または構造も含まない。他の実施形態において、水素選択膜は、少なくとも1つの膜フレーム(図示せず)に固定され得、この膜フレームは、次いで、第1および第2のエンドフレームに固定され得る。

10

【0060】

マイクロスクリーン構造208は、少なくとも1つの水素選択膜を支持するように構成された任意の適切な構造を含み得る。例えば、マイクロスクリーン構造は、図6に示すように、透過側212への支持を提供するように構成された概ね対向する表面214および215と、透過ストリームがマイクロスクリーン構造を通して流れることを可能にする、対向する表面間に延在する複数の流体通路217を形成する複数のアパーチャ216を有する非多孔質平面シート213とを含み得る。アパーチャは、電気化学エッチング、レーザ穿孔、およびスタンピングまたはダイカットなどの他の機械的形成プロセスを介して非多孔質平面シート上に形成され得る。言い換えれば、平面シートは、いかなる開口部またはアパーチャも含まない1つまたは複数の材料から作られ、そのシート上の唯一のアパーチャまたは開口部は、上記の方法のうちの1つまたは複数を通じて追加される。いくつかの実施形態において、アパーチャのうちの1つまたは複数(またはアパーチャのすべて)は、図6に示すように、それらの長手方向軸、または流体通路の長手方向軸が非多孔質平面シートの平面に対して垂直になるように、非多孔質平面シート上に形成され得る。非多孔質平面シートは、100ミクロンと約200ミクロンとの間などの任意の適切な厚さであり得る。

20

30

【0061】

いくつかの実施形態において、マイクロスクリーン構造208は、複数のアパーチャを含む1つまたは複数の有孔領域(または部分)218と、複数のアパーチャを含まない(または除外する)1つまたは複数の非有孔領域(または部分)219とを含み得る。図6において少数のアパーチャ216のみが示されているが、アパーチャ216は、有孔部分のみの全長および全幅にわたって分布する。有孔領域は、1つまたは複数の他の有孔領域から分離または離間され得る。非有孔領域219は、有孔領域のうちの1つもしくは複数の周囲にフレームを形成する周囲領域(または部分)220、および/または有孔領域のさらに2つの別個の部分(または部分)221を分離または画定する1つもしくは複数の境界領域(または部分)221を含み得る。言い換えれば、各有孔部分は、複数のアパーチャのない少なくとも1つの境界部分によって、他の隣接する別個の有孔部分から離間され得る。

40

【0062】

アパーチャ216は、任意の適切なパターン、形状、および/またはサイズを含み得る。いくつかの実施形態において、アパーチャは、圧力負荷下での過度のたわみを防止するためにマイクロスクリーン構造の十分に高い剛性を維持しながら、組み合わされたアパーチャ面積を最大化する1つまたは複数のパターンを用いて形成され得る。アパーチャ216は、図6に示すように円形(環状)、細長い円形、レーストラック形状、もしくは図7~図10に示すようなスタジアム形状、オーバル形、楕円形、六角形、三角形、四角形、八角形、および/または他の適切な形状であり得る。いくつかの実施形態において、有孔領域におけるア

50

パーチャ216は、単一の一貫した形状であり得る。他の実施形態において、有孔領域におけるパーチャ216は、上記の形状のうちの2つ以上などの、2つ以上の異なる形状の任意の適切な組合せであり得る。

【0063】

パーチャ216は、任意の適切な向きを有し得、および/または任意の適切なパターンであり得る。例えば、図7は、長手方向に(または有孔領域または平面シートの長さに沿って)、平行な行において直列に配向されたパーチャ216を示す。言い換えれば、各パーチャ216は、長手方向軸223を画定する長さを有し、図7におけるすべてのパーチャの長手方向軸は、平面シート213(図6に示す)の長手方向軸225と平行および/または同軸である。代替的に、図9~図10は、横方向に(または有孔領域もしくは平面シートの幅に沿って)配向されたパーチャを示す。言い換えれば、図9~図10の例におけるすべてのパーチャの長手方向軸223は、平面シート213の長手方向軸225に対して垂直である。

10

【0064】

パーチャ216はすべて、図7および図9~図10において同じ方向または向きであるように示されているが、平面シート213の他の実施形態は、2つ以上の方向および/または向きを有するパーチャ216を含み得る。例えば、パーチャ216は、各行または列におけるパーチャが各隣接する行または列におけるパーチャとは異なって配向される(例えば、30、45、60、90、120度)ように、千鳥状に配置され得る。言い換えれば、各行または列におけるパーチャ216の長手方向軸223は、互いに平行であり、および/または平面シート213上の1つまたは複数の隣接する行または列におけるパーチャの長手方向軸223と平行ではない。一例において、パーチャ216はまた、図8に示すように、パーチャの各行がパーチャの隣接する行から約90度に向けられるように、斜めにかつ平行な行において直列に配向される。代替的または追加的に、1つまたは複数の行および/または列における1つまたは複数のパーチャ216は、同じ行および/または列における1つまたは複数の他のパーチャとは異なって配向され得る。

20

【0065】

パーチャは、任意の適切なサイズであり得る。例えば、パーチャが円形である場合、直径は、約0.003インチから約0.020インチの範囲であり得る。追加的に、パーチャがオーバル形または楕円形である場合、オーバル形または楕円形の丸い端の半径は、0.001インチから約0.010インチの範囲であり得、オーバル形または楕円形の長さは、半径の最大10倍であり得る。さらに、パーチャが細長い円形またはスタジアム形状である場合、幅または直径は、0.005インチから0.02インチの範囲であり得、長さは、0.05インチから0.8インチなどの直径の10倍以上であり得る。図8におけるパーチャの寸法の例は、丸い端の直径における0.10インチ、および長さにおける0.028インチ(すなわち、約3の縦横比)であり、パーチャ間の0.006インチの間隔、または隣接するパーチャの中心間の0.011インチである。図8に示すパターンおよび例示的な寸法は、約50%のマイクロスクリーン構造における総開口面積を提供する。

30

【0066】

いくつかの例において、1つまたは複数のパーチャ216は、有孔領域の幅または長さの全体または実質的に全体に及ぶようにサイズ決定され得る。図9に示す例において、スタジアム形状のパーチャは、横方向に向けられ、縦横比(長さ/幅)が10よりもはるかに大きくなるように、有孔領域または部分の全幅または実質的に全幅である。図9におけるパーチャの寸法の一例は、0.005インチから0.02インチの幅であり、最大8インチの長さである。パーチャは、最大約62.5%の総開口面積を提供するように、約0.006インチ(すなわち、隣接するパーチャ間の非有孔部分または固体のランドの幅)だけ互いから離間され得る。

40

【0067】

いくつかの例において、パーチャ216は、サイズの組合せを有し得る。例えば、パーチャ216は、平面シート213が(1)1つまたは複数のより長い長さを有するより少ない数のパーチャと(2)1つまたは複数のより短い長さを有するより多い数のパーチャとを有

50

するアパーチャの行および/または列を含むようにサイズ決定され得る。いくつかの例において、より長い長さを有するより少ない数のアパーチャを有する行および/または列は、より短い長さを有するより多い数のアパーチャを有する行および/または列と、千鳥状のように互い違いになる。図10に示す例において、アパーチャ216は、横方向に(または、平面シート213の長手方向軸225に対して垂直に)向けられ、各行および/または列は、より長い長さを有する2つのアパーチャとより短い長さを有する3つのアパーチャとの間で互い違いになる。各行および/または列のアパーチャの長さは、同じまたは異なり得る。図10におけるアパーチャの寸法の一例は、0.005インチから0.02インチの幅、および0.05インチから8インチの長さである。アパーチャは、約0.006インチ(すなわち、隣接するアパーチャ間の非有孔部分または固体のランドの幅)だけ互いから離間され得る。アパーチャ216のパターン、サイズ、向き、および/または形状の他の組合せが可能であり、本開示内に含まれる。

10

【0068】

非多孔質平面シートは、任意の適切な材料を含み得る。例えば、非多孔質平面シートは、ステンレス鋼を含み得る。ステンレス鋼は、300系ステンレス鋼(例えば、ステンレス鋼303(アルミニウム変性)、ステンレス鋼404など)、400系ステンレス鋼、17-7PH、14-8PH、および/または15-7PHを含み得る。いくつかの実施形態において、ステンレス鋼は、約0.6重量%から約3.0重量%のアルミニウムを含み得る。いくつかの実施形態において、非多孔質平面シートは、炭素鋼、銅もしくは銅合金、アルミニウムもしくはアルミニウム合金、ニッケル、ニッケル-銅合金、ならびに/または銀、ニッケル、および/もしくは銅でメッキされた卑金属を含み得る。卑金属は、炭素鋼、または上記で論じたステンレス鋼のうちの1つもしくは複数を含み得る。

20

【0069】

水素選択膜206は、水素選択膜がマイクロスクリーン構造に冶金学的に接合されたときに、水素選択膜の周囲部分222がマイクロスクリーン構造の1つまたは複数の非有孔領域219と接触するように、マイクロスクリーン構造の有孔領域またはフィールドよりも大きくサイズ決定され得る。いくつかの実施形態において、図5に示すように、単一の水素選択膜が、単一のマイクロスクリーン構造に冶金学的に接合され得る。他の実施形態において、2つ以上の水素選択膜206が、単一のマイクロスクリーン構造208に冶金学的に接合され得る。例えば、2、3、4、5、6、7、8、9、10、またはそれ以上の水素選択膜206が、単一のマイクロスクリーン構造208に冶金学的に接合され得る。図11~図12は、単一のマイクロスクリーン構造208に冶金学的に接合された6つの水素選択膜206を有する例示的な箔マイクロスクリーンアセンブリ205を示す。図13は、単一のマイクロスクリーン構造208に冶金学的に接合された2つの水素選択膜206を有する例示的な箔マイクロスクリーンアセンブリ205を示し、図14は、単一のマイクロスクリーン構造208に冶金学的に接合された4つの水素選択膜206を有する例示的な箔マイクロスクリーンアセンブリ205を示す。

30

【0070】

2つ以上の水素選択膜206がマイクロスクリーン構造に冶金学的に接合される場合、マイクロスクリーン構造は、1つまたは複数の非有孔領域219によって分離された2つ以上の別個の有孔領域218を含み得る。いくつかの実施形態において、有孔領域218は、他の有孔領域218と同じサイズであり得る。例えば、図12は、ほぼ同じサイズの6つの別個の有孔領域218を示す。他の実施形態において、1つまたは複数の有孔領域218は、他の有孔領域218よりも小さくおよび/または大きくサイズ決定され得る。水素選択膜206は、図11に示すように、有孔領域の各々に冶金学的に接合され得る。代替的または追加的に、水素選択膜は、2つ以上の別個の有孔領域218に冶金学的に接合され得る。水素選択膜206は、膜が1つまたは複数の有孔領域218に冶金学的に接合されたときに、膜の周囲部分222が1つまたは複数の非有孔領域219と接触するようにサイズ決定され得る。

40

【0071】

マイクロスクリーン構造208は、図5に示すように、透過フレームの開放領域内に含ま

50

れる(完全に含まれるなど)ように、および/または開放領域内の膜支持構造によって支持されるようにサイズ決定され得る。言い換えれば、マイクロスクリーン構造は、マイクロスクリーン構造および透過フレームが第1および第2のエンドフレームに固定または圧縮されるときに、透過フレームの周囲シェルと接触しないようにサイズ決定され得る。代替的に、マイクロスクリーン構造は、透過フレームの周囲シェルなどの、非多孔質周囲壁部分またはフレーム(図示せず)によって支持および/またはそれに固定され得る。マイクロスクリーン構造が非多孔質周囲壁部分に固定される場合、マイクロスクリーン構造は、「多孔質中央領域部分」と呼ばれる場合がある。他のマイクロスクリーン構造の例は、米国特許出願公開第2010/0064887号において論じられており、その完全な開示は、すべての目的のために参照により本明細書に組み込まれる。

10

【0072】

水素精製デバイス196は、第1および/または第2のエンドフレームの間に配置され、それらに固定された複数のプレートまたはフレーム224も含み得る。フレームは、任意の適切な構造を含み得、および/または正方形、長方形、もしくは円形などの任意の適切な形状であり得る。例えば、フレーム224は、図4に示すように、周囲シェル226と、少なくとも1つの支持部材228とを含み得る。周囲シェルは、開放領域230と、フレーム平面232とを画定し得る。追加的に、周囲シェル226は、図4に示すように、第1および第2の対向する側面234および236と、第3および第4の対向する側面238および240とを含み得る。

【0073】

第1の支持部材228は、図4に示すように、箔マイクロスクリーンアセンブリ205の第1の部分242を支持するように構成された任意の適切な構造を含み得る。例えば、複数のフレームの第1の支持部材は、図4に示すように、水素選択膜の第1の部分242を支持するために、第1の支持平面244内で互いに(または複数のフレームのうちの他のフレームの他の第1の支持部材と)同一平面上にあり得る。言い換えれば、複数のフレームの各フレームの第1の支持部材は、複数のフレームのうちの他のフレームの第1の支持部材を反映し得る。第1の支持部材は、フレーム平面232に対して任意の適切な向きを有し得る。例えば、第1の支持平面244は、図4に示すように、フレーム平面に対して垂直であり得る。代替的に、第1の膜支持平面は、フレーム平面232と交差するが、垂直でなくてよい。

20

【0074】

いくつかの実施形態において、フレーム224は、図4に示すように、箔マイクロスクリーンアセンブリ205の第2の部分250および/または第3の部分252を支持するように構成された任意の適切な構造を含み得る第2の支持部材246および/または第3の支持部材248を含み得る。例えば、複数のフレームの第2の支持部材は、箔マイクロスクリーンアセンブリの第2の部分250を支持するために、第2の支持平面254内で互いに(または複数のフレームの他の第2の支持部材と)同一平面上にあり得る。追加的に、複数のフレームの第3の支持部材は、箔マイクロスクリーンアセンブリの第3の部分252を支持するために、第3の支持平面256内で互いに(または複数のフレームの他の第3の支持部材と)同一平面上にあり得る。言い換えれば、複数のフレームの各フレームの第2の支持部材は、複数のフレームのうちの他のフレームの第2の支持部材を反映し得、複数のフレームの各フレームの第3の支持部材は、複数のフレームのうちの他のフレームの第3の支持部材を反映し得る。第2および/または第3の支持部材は、フレーム平面232に対して任意の適切な向きを有し得る。例えば、第2の支持平面254および/または第3の支持平面256は、図4に示すように、フレーム平面に対して垂直であり得る。代替的に、第2および/または第3の支持平面は、フレーム平面232と交差するが、垂直でなくてよい。

30

40

【0075】

第2の支持部材246および/または第3の支持部材248は、第1の支持部材228に対して任意の適切な向きを有し得る。例えば、第1の支持部材228は、周囲シェル226の第3の側面238から開放領域230内に延在し得、第2の支持部材246は、周囲シェルの(第3の側面とは反対側の)第4の側面240から開放領域内に延在し得、第3の支持部材248は、第3の側面から開放領域内に延在し得る。代替的に、第1、第2の、および/または第3の支持部材は、

50

周囲シェル第1、第2、第3、または第4の側面などの同一の側面から開放領域内に延在し得る。いくつかの実施形態において、第1、第2、および/または第3の支持部材は、周囲シェル第1の側面および/または(第1の側面とは反対側の)第2の側面から開放領域内に延在し得る。

【0076】

第1、第2、および/または第3の支持部材は、例えば、周囲シェルに取り付けられたおよび/または周囲シェルと共に形成された1つまたは複数の突起またはフィンガ258の形態であり得る。突起は、周囲シェルから任意の適切な方向において延在し得る。突起は、周囲シェルの全厚であり得、またはそのシェルの全厚未満であり得る。フレーム224の各フレームの突起は、箔マイクロスクリーンアセンブリに対して圧縮され得、それによってそのアセンブリを定位置にロックする。言い換えれば、フレーム224の突起は、第1および/または第2の膜支持平面内にエンドフレームの延長部が積層されることによって、箔マイクロスクリーンアセンブリを支持し得る。いくつかの実施形態において、突起258は、フレーム224を第1および/または第2のエンドフレームに固定するために少なくとも1つのファスナ(図示せず)を受け入れるように構成された1つまたは複数のレセプタクルまたはアパーチャ(図示せず)を含み得る。

10

【0077】

フレーム224は、図4に示すように、少なくとも1つの供給フレーム260と、少なくとも1つの透過フレーム262と、複数のガスケットまたはガスケットフレーム264とを含み得る。供給フレーム260は、第1および第2のエンドフレームのうちの1つと少なくとも1つの箔マイクロスクリーンアセンブリ205との間、または2つの箔マイクロスクリーンアセンブリ205の間に配置され得る。供給フレームは、図4に示すように、供給フレーム周囲シェル266と、供給フレーム入力導管268と、供給フレーム出力導管270と、供給フレーム開放領域272と、少なくとも第1の供給フレーム支持部材274とを含み得る。いくつかの実施形態において、供給フレームは、第2の供給フレーム支持部材276および/または第3の供給フレーム支持部材278を含み得る。いくつかの実施形態において、エンドプレート、箔マイクロスクリーンアセンブリ、およびフレーム224は、(箔マイクロスクリーンアセンブリ内の水素選択膜とコーティングされたまたはコーティングされていないマイクロスクリーン構造との間の上記で説明した冶金学的接合以外の)水素精製デバイスの2つ以上の構成要素間のいかなる冶金学的接合および/または他のタイプの化学的接合もなしに、ボルトおよび/または他のファスナを介して機械的に固定および/または機械的に圧縮されるなど、一緒に固定または圧縮される。例えば、箔マイクロスクリーンアセンブリの水素選択膜および/またはマイクロスクリーン構造、ならびに水素精製デバイスのすべての他の構成要素に冶金学的にまたは他の方法で化学的に接合されたガスケットおよび/またはフレームは存在しない。

20

30

【0078】

水素精製デバイス144の別の例が、図15中の396において全体として示されている。特に除外されない限り、水素精製デバイス396は、本開示において説明する他の水素精製デバイスおよび/または精製領域の1つまたは複数の構成要素を含み得る。

【0079】

水素精製デバイス396は、多くの点で水素精製デバイス196と同様であるが、以下でさらに説明するように、異なる形状のフレームを有し、支持部材がなく、異なるサイズの箔マイクロスクリーンアセンブリを有し、より少ないガスケットフレームを有する。水素精製デバイス396の構成要素または部品は、水素精製デバイス196の構成要素または部品に対応し、「1XX」ではなく「3XX」、および「2XX」ではなく「4XX」という一般的な表記を有する図15において同様の参照番号でラベル付けされている。したがって、特徴398、400、402、404、405、406、408、424、426、434、436、438、440、460、462、464などは、水素精製デバイス196におけるそれらのそれぞれの対応物、すなわち、特徴198、200、202、204、205、206、208、224、226、234、236、238、240、260、262、264などと同一または実質的に同一であり得る。

40

50

【 0 0 8 0 】

水素精製デバイス396は、第1のエンドプレートまたはエンドフレーム400と、第2のエンドプレートまたはエンドフレーム402とを含み得るシェルまたはエンクロージャ398を含み得る。第1および第2のエンドプレートは、水素分離領域が支持される内部区画404を有する密封圧力容器を画定するために一緒に固定および/または圧縮されるように構成され得る。

【 0 0 8 1 】

水素精製デバイス396は、第1のエンドプレートと第2のエンドプレートとの間に配置および/またはこれらに固定され得る少なくとも1つの箔マイクロスクリーンアセンブリ405も含み得る。箔マイクロスクリーンアセンブリは、少なくとも1つの水素選択膜406と、少なくとも1つのマイクロスクリーン構造408とを含み得る。水素選択膜のうちの1つまたは複数は、マイクロスクリーン構造408に冶金学的に接合され得る。例えば、水素選択膜406のうちの1つまたは複数は、膜とマイクロスクリーン構造との間に固相拡散接合を形成するために、マイクロスクリーン構造に拡散接合され得る。箔マイクロスクリーンアセンブリ405は、透過フレームの開放領域に適合するようにサイズ決定され、したがって、箔マイクロスクリーンアセンブリ205と比較して、または相対的に、長さおよび幅が小さい。

10

【 0 0 8 2 】

水素精製デバイス396は、第1および/または第2のエンドフレームの間に配置され、それらに固定された複数のプレートまたはフレーム424も含み得る。フレーム424は、周囲シェル426を含み得る。周囲シェルは、開放領域430を画定し得る。追加的に、周囲シェル426は、第1および第2の対向する側面434および436と、第3および第4の対向する側面438および440とを含み得る。水素精製デバイス196のフレーム224とは異なり、フレーム424は、いかなる支持部材も含まない。

20

【 0 0 8 3 】

フレーム424は、少なくとも1つの供給フレーム460と、少なくとも1つの透過フレーム462と、複数のガスケットまたはガスケットフレーム464とを含み得る。供給フレーム460は、第1および第2のエンドフレームのうちの1つと少なくとも1つの箔マイクロスクリーンアセンブリ405との間、または2つの箔マイクロスクリーンアセンブリ405の間に配置され得る。供給フレームは、供給フレーム周囲シェル、供給フレーム入力導管、供給フレーム出力導管、および/または供給フレーム開放領域などの、供給フレーム260と少なくとも実質的に同様の構成要素を含み得る。

30

【 0 0 8 4 】

透過フレーム462は、少なくとも1つの箔マイクロスクリーンアセンブリが、第1および第2のエンドフレームのうちの1つと透過フレームとの間、または2つの箔マイクロスクリーンアセンブリの間に配置されるように位置決めされ得る。透過フレームは、透過フレーム周囲シェル、透過フレーム出力導管、透過フレーム開放領域、および/または膜支持構造などの、透過フレーム262と少なくとも実質的に同様の構成要素を含み得る。

【 0 0 8 5 】

フレーム424は、ガスケットまたはガスケットフレーム464も含み得る。ガスケットフレームは、第1および第2のエンドプレート400および402と供給フレーム460との間、および/または供給フレーム460と箔マイクロスクリーンアセンブリ405との間などの、他のフレーム間に流体密界面を提供するように構成された任意の適切な構造を含み得る。水素精製デバイス196とは異なり、水素精製デバイス396は、箔マイクロスクリーンアセンブリと透過フレーム462との間にガスケットフレーム464を含まない。水素精製デバイス196と同様に、供給側から透過側への、または透過側から供給側への漏れを排除または最小限に抑えるために、追加の幅が箔マイクロスクリーンアセンブリの端部を覆う(例えば、供給フレームおよびガスケットフレームの追加の幅が箔マイクロスクリーンアセンブリの端部を覆う)ように、供給フレームおよびガスケットフレームの幅は、透過フレームの幅よりも大きい(または、供給フレームおよびガスケットフレームの開放領域は、透過フレームの

40

50

開放領域よりも小さい)。いくつかの実施形態において、追加の幅は、箔マイクロスクリーンアセンブリのマイクロスクリーン構造の周囲(非有孔)部分の幅に対応する。

【産業上の利用可能性】

【0086】

水素精製デバイスと、それらのデバイスの構成要素とを含む本開示は、水素ガスが精製、生成、および/または利用される燃料処理および他の産業に適用可能である。

【0087】

上記の開示は、独立した有用性を有する複数の別個の発明を包含する。これらの発明の各々は、その好ましい形態において開示されているが、本明細書で開示および図示されているその特定の実施形態は、多数の変形が可能であるので、限定的な意味において考慮されるべきではない。本発明の主題は、本明細書で開示される様々な要素、特徴、機能、および/または特性のすべての新規かつ非自明な組合せおよび部分的組合せを含む。同様に、いずれかの請求項が「1つの」または「第1の」要素またはその等価物を記載している場合、そのような請求項は、1つまたは複数のそのような要素の組み込みを含むと理解されるべきであり、2つ以上のそのような要素を要求も排除もしない。

10

【0088】

特徴、機能、要素、および/または特性の様々な組合せおよび部分的組合せにおいて具現化された発明は、関連出願における新しい請求項の提示によって特許請求され得る。そのような新しい請求項は、それらが異なる発明に向けられているか、同じ発明に向けられているかにかかわらず、元の請求項と異なる範囲、より広い範囲、より狭い範囲、または等しい範囲にかかわらず、本開示の発明の主題の範囲内に含まれるともみなされる。

20

【符号の説明】

【0089】

- 20 水素発生アセンブリ
- 21 生成物水素ストリーム
- 22 原料送達システム
- 24 燃料処理アセンブリ
- 26 供給ストリーム
- 28 燃料ストリーム
- 30 水素生成流体
- 32 水素生成領域
- 34 出力ストリーム、出力(または混合ガス)ストリーム、出力ストリーム(または混合ガスストリーム)
- 36 水蒸気改質触媒
- 38 空気送達アセンブリ
- 40 精製(または分離)領域、精製領域、水素精製デバイス
- 42 水素リッチストリーム
- 44 副生成物ストリーム
- 46 水素選択膜、膜
- 48 化学的一酸化炭素除去アセンブリ、化学的除去アセンブリ
- 50 圧カスイング吸着(PSA)システム、PSAシステム
- 52 加熱アセンブリ
- 54 加熱排気ストリーム(または燃焼ストリーム)、加熱排気ストリーム、高温燃焼ストリーム
- 58 点火器または点火源
- 60 バーナアセンブリ
- 62 空気ストリーム
- 64 気化領域
- 66 シェルまたはハウジング、シェル
- 68 断熱材料

30

40

50

70	外側カバーまたはジャケット	
72	水素発生アセンブリ	
74	原料送達システム	
76	気化領域	
78	水素生成領域	
80	加熱アセンブリ	
82	精製領域	
84	原料タンク(またはコンテナ)	
86	ポンプ	
88	水素生成流体	10
90	液体含有供給ストリーム	
92	気化器	
94	蒸気供給ストリーム	
96	出力ストリーム、出力または混合ガスストリーム	
97	水蒸気改質領域	
98	改質触媒	
99	加熱排気ストリーム	
100	バーナアセンブリ	
102	送風機	
104	点火器アセンブリ	20
106	空気ストリーム	
108	燃料ストリーム、副生成物または燃料ストリーム	
110	燃焼領域	
111	流量制限オリフィス	
112	水素リッチストリーム、透過または水素リッチストリーム	
114	フィルタアセンブリ	
116	膜アセンブリ	
118	メタネーション反応器アセンブリ	
120	シェルまたはハウジング、シェル	
122	排気ポート	30
124	燃焼排気ストリーム	
126	制御システム、制御アセンブリ	
128	制御アセンブリ	
130	バルブ	
132	圧力開放バルブ	
134	温度測定デバイス	
136	熱交換アセンブリ	
138	熱交換器	
144	水素精製デバイス	
146	水素分離領域	40
148	エンクロージャ	
149	本体	
150	内部容積	
152	内周	
154	第1の部分	
156	第2の部分	
158	保持メカニズムまたは構造	
160	混合ガス領域	
162	透過領域	
164	入力ポート	50

166	流体ストリーム、ストリーム	
168	混合ガスストリーム	
170	水素ガス	
172	他のガス	
174	生成物出力ポート	
176	透過ストリーム、ストリーム	
178	スweepガスストリーム、ストリーム	
180	スweepガスポート	
182	副生成物出力ポート	
184	副生成物ストリーム、ストリーム	10
186	水素選択膜	
188	第1のまたは混合ガス表面、表面	
190	第2のまたは透過表面	
192	水素選択アセンブリ	
194	膜アセンブリ	
196	水素精製デバイス	
198	シェルまたはエンクロージャ	
200	第1のエンドプレートまたはエンドフレーム	
202	第2のエンドプレートまたはエンドフレーム	
204	内部区画	20
205	箔マイクロスクリーンアセンブリ	
206	水素選択膜	
208	マイクロスクリーン構造	
210	供給側	
212	透過側	
213	非多孔質平面シート、平面シート	
214	表面	
215	表面	
216	アパーチャ	
217	流体通路	30
218	有孔領域(または部分)、有孔領域	
219	非有孔領域(または部分)、非有孔領域	
220	周囲領域(または部分)	
221	境界領域(または部分)	
222	周囲部分	
223	長手方向軸	
224	プレートまたはフレーム、フレーム	
225	長手方向軸	
226	周囲シェル	
228	第1の支持部材	40
230	開放領域	
232	フレーム平面	
234	第1の対向する側面	
236	第2の対向する側面	
238	第3の対向する側面、第3の側面	
240	第3の対向する側面、第4の側面	
242	第1の部分	
244	第1の支持平面	
246	第2の支持部材	
248	第3の支持部材	50

250	第2の部分	
252	第3の部分	
254	第2の支持平面	
256	第3の支持平面	
258	突起またはフィンガ、突起	
260	供給フレーム	
262	透過フレーム	
264	ガスケットまたはガスケットフレーム	
266	供給フレーム周囲シェル	
268	供給フレーム入力導管	10
270	供給フレーム出力導管	
272	供給フレーム開放領域	
274	供給フレーム支持部材	
276	第2の供給フレーム支持部材	
278	第3の供給フレーム支持部材	
396	水素精製デバイス	
398	シェルまたはエンクロージャ	
400	第1のエンドプレートまたはエンドフレーム、第1のエンドプレート	
402	第2のエンドプレートまたはエンドフレーム、第2のエンドプレート	
404	内部区画	20
405	箔マイクロスクリーンアセンブリ	
406	水素選択膜	
408	マイクロスクリーン構造	
424	プレートまたはフレーム、フレーム	
430	開放領域	
434	第1の対向する側面	
436	第2の対向する側面	
438	第3の対向する側面	
440	第4の対向する側面	
460	供給フレーム	30
462	透過フレーム	
464	ガスケットまたはガスケットフレーム、ガスケットフレーム	

【 図 5 】

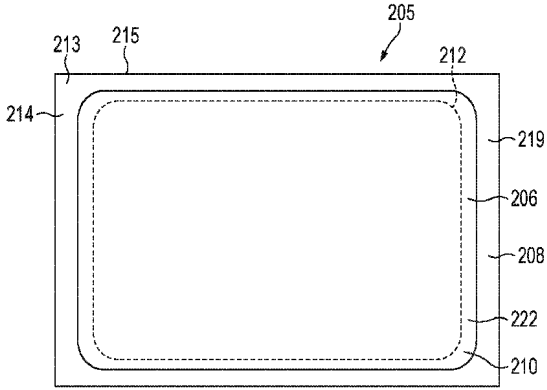


FIG. 5

【 図 6 】

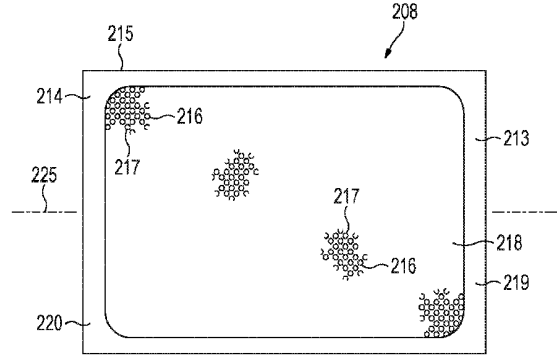


FIG. 6

【 図 7 】

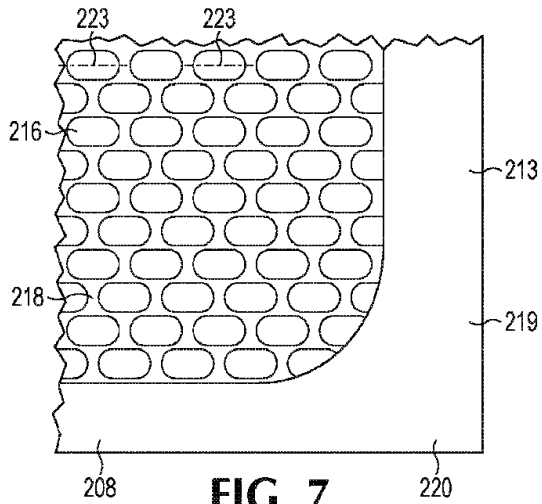


FIG. 7

【 図 8 】

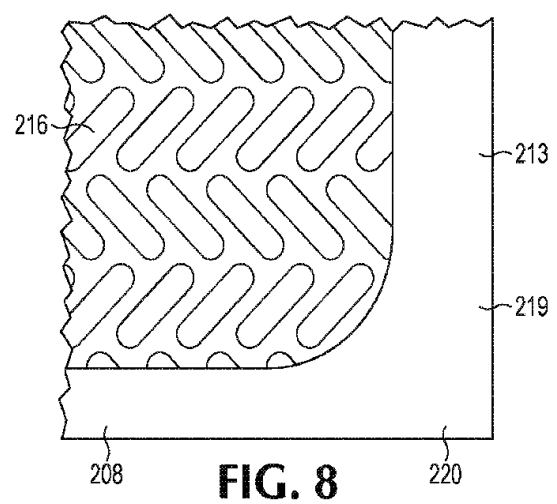


FIG. 8

10

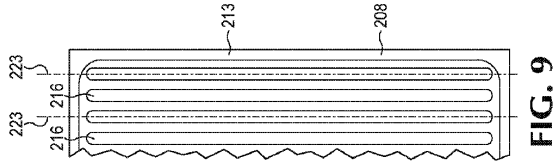
20

30

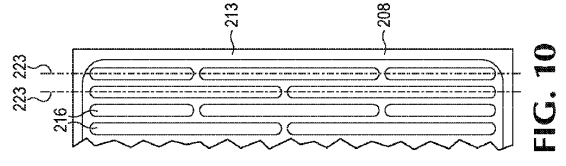
40

50

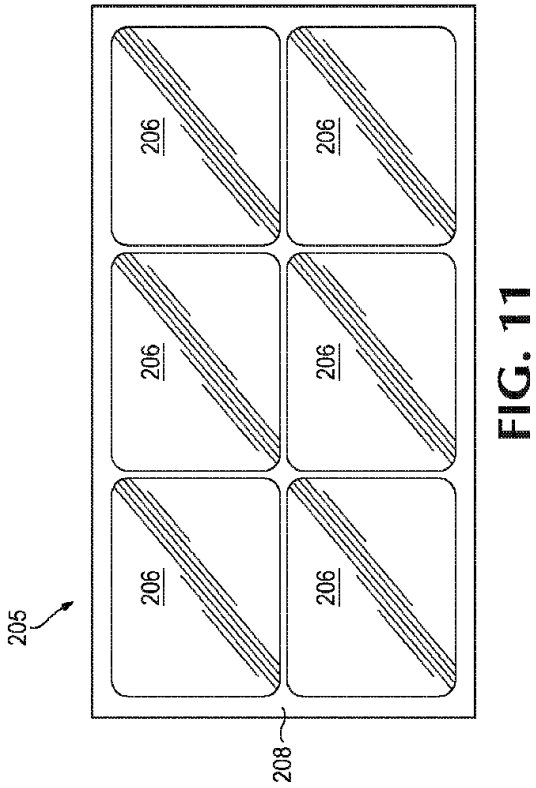
【図 9】



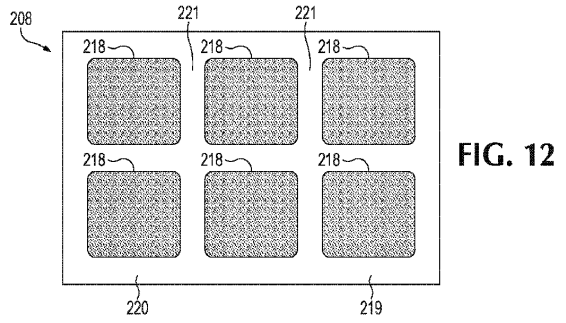
【図 10】



【図 11】



【図 12】

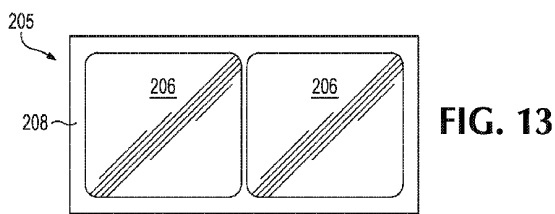


10

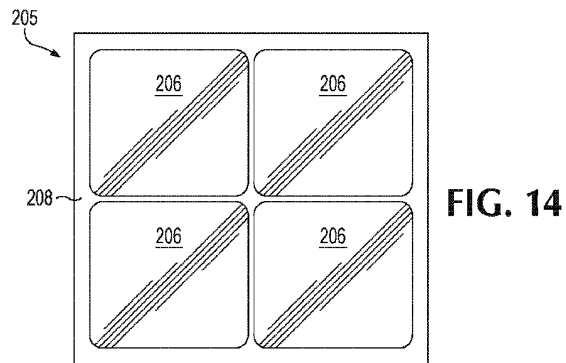
20

30

【図 13】



【図 14】



40

50

【 15 】

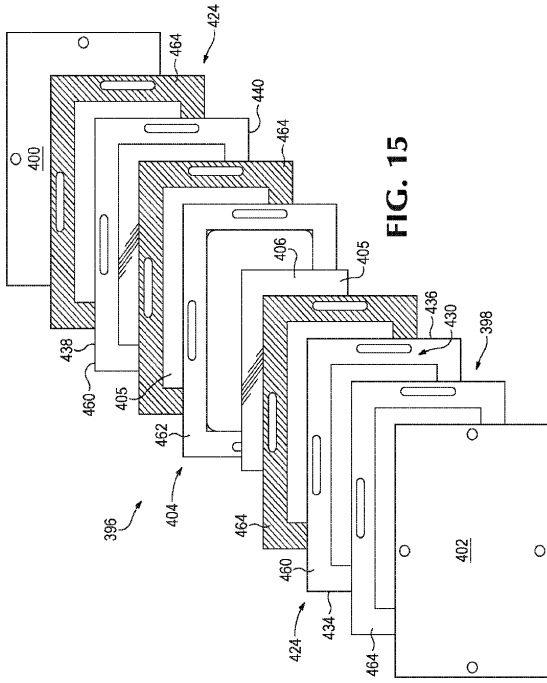


FIG. 15

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

前置審査

(72)発明者 ロバート・トッド・スチュードベーカー
アメリカ合衆国・オレゴン・97703・ベンド・ジョナサン・コート・20225

審査官 磯部 香

(56)参考文献 国際公開第2019/136156(WO, A1)
特開2001-276558(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

C01B 3/56

B01D 53/22

B01D 63/00

B01D 63/08