

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6532866号
(P6532866)

(45) 発行日 令和1年6月19日(2019.6.19)

(24) 登録日 令和1年5月31日(2019.5.31)

(51) Int. Cl.	F 1		
CO 1 B 3/56 (2006.01)	CO 1 B	3/56	Z
HO 1 M 8/04 (2016.01)	HO 1 M	8/04	N
C 2 5 B 1/02 (2006.01)	HO 1 M	8/04	J
	C 2 5 B	1/02	

請求項の数 28 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2016-523723 (P2016-523723)	(73) 特許権者	505163578
(86) (22) 出願日	平成25年9月30日 (2013. 9. 30)		ヌヴェラ・フュエル・セルズ, エルエルシ
(65) 公表番号	特表2016-530188 (P2016-530188A)		ー
(43) 公表日	平成28年9月29日 (2016. 9. 29)		アメリカ合衆国マサチューセッツ州018
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/062646		21, ビルリカ, コンコルド・ロード 1
(87) 国際公開番号	W02014/209418		29, ビルディング 1
(87) 国際公開日	平成26年12月31日 (2014. 12. 31)	(74) 代理人	100140109
審査請求日	平成28年9月21日 (2016. 9. 21)		弁理士 小野 新次郎
(31) 優先権主張番号	13/972, 715	(74) 代理人	100075270
(32) 優先日	平成25年8月21日 (2013. 8. 21)		弁理士 小林 泰
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100101373
(31) 優先権主張番号	61/840, 843		弁理士 竹内 茂雄
(32) 優先日	平成25年6月28日 (2013. 6. 28)	(74) 代理人	100118902
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 山本 修

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気化学セルを使用して精製されたガスを生産および提供する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

予め決められた純度の閾値を満たす水素ガスを生産する方法であって、
電気化学的水素ポンプを介して所定量の水素ガス混合物を移動させるステップであって、該電気化学的水素ポンプは、アノード、カソード、および該アノードと該カソードとの間に配置された電解質膜を包含する、ステップ；

該アノードから該電解質膜を介して該カソードに水素ガスを移動させることによって、該水素ガス混合物から所定量の水素ガスを分離するステップであって、該電気化学的水素ポンプを作動させるのに必要な電圧が、該電解質膜通過が阻止された該水素ガス混合物からの非水素の量が増加するにつれて増加する、ステップ；

該電気化学的水素ポンプを作動させるのに必要な該電圧における予め決められた増加に基づき、該電解質膜通過が阻止された該水素ガス混合物中の非水素を該アノードからパー

ジするステップ；
該カソードから該水素ガスを収集するステップであって、収集された水素ガスは、少なくとも該予め決められた純度の閾値を満たしている、ステップ；および

該収集された水素ガスが該予め決められた純度の閾値に少なくとも等しい純度を有することの証明書を作成するステップ
を含む、上記方法。

【請求項 2】

前記収集された水素ガスを消費者に配送するステップ

をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記予め決められた純度の閾値が、99%の水素より高い、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記予め決められた純度の閾値が、300ppmの非水素より低い、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記予め決められた純度の閾値が、50ppmの非水素より低い、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

予め決められた純度の閾値を満たす水素ガスを提供する方法であって、
電気化学的水素ポンプに、水素ガスと非水素とを含有する第 1 の量の水素ガス混合物を導入するステップであって、該電気化学的水素ポンプは、アノード、カソード、および該アノードと該カソードとの間に配置された電解質膜を包含する、ステップ；

該水素ガス混合物を該アノードから該電解質膜に向かわせるステップ；

該水素ガスを該電解質膜を介して該カソードに通過させるステップ；

該非水素の該電解質膜通過を阻止するステップであって、該電気化学的水素ポンプを作動させるのに必要な電圧が、該電解質膜通過が阻止された該水素ガス混合物からの非水素の量が増加するにつれて増加する、ステップ；

該電気化学的水素ポンプを作動させるのに必要な該電圧における予め決められた増加に基づき、該電解質膜通過が阻止された該水素ガス混合物中の非水素を該アノードからパー

ジするステップ；
該カソードから該水素ガスを収集するステップであって、収集された水素ガスは、少なくとも該予め決められた純度の閾値を満たしている、ステップ；および

該収集された水素ガスを第 2 の量の水素ガス混合物と混合するステップであって、該混合により、少なくとも該予め決められた純度の閾値を満たす純度のレベルを有する第 3 の量の水素ガス混合物が生産される、ステップ

を含む、上記方法。

【請求項 7】

前記第 3 の量の水素ガス混合物が前記予め決められた純度の閾値に少なくとも等しい純度を有することの認定書を提供するステップをさらに含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記第 3 の量の水素ガスを消費者に配送するステップをさらに含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 9】

前記第 1 の量の水素ガス混合物および前記第 2 の量の水素ガス混合物が、両方とも最初に水素ガス混合物の供給源から得られ、ここで前記第 1 の量および前記第 2 の量は、前記第 1 の量が前記電気化学的水素ポンプに導入されるときに分離され、前記第 1 の量および前記第 2 の量は、前記混合によって合流される、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 10】

前記収集された水素ガスは、前記第 2 の量の水素ガス混合物と混合され、前記電解質膜通過が阻止された前記非水素ガスは、前記第 2 の量の水素ガス混合物と混合されない、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 11】

前記第 2 の量の水素ガス混合物と混合された前記収集された水素ガスが、消費者に配送される、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記予め決められた純度の閾値が、99%の水素より高い、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 13】

前記電気化学的水素ポンプが、2,000psi(13.79MPa)を超える圧力で

10

20

30

40

50

作動するように設計されている、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 14】

前記電気化学的水素ポンプが、5,000 psi (34.47 MPa) を超える圧力で作動するように設計されている、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 15】

前記電気化学的水素ポンプが、10,000 psi (68.95 MPa) を超える圧力で作動するように設計されている、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 16】

予め決められた純度の閾値を満たす水素ガスを提供する方法であって、

所定量の水素ガス混合物を提供するステップ；

該所定量の水素ガス混合物の第 1 の部分を、電気化学的水素ポンプに方向転換させるステップであって、該電気化学的水素ポンプは、アノード、カソード、および該アノードと該カソードとの間に配置された電解質膜を包含する、ステップ；

該水素ガス混合物の第 1 の部分を該アノードから該電解質膜に向かわせるステップ；

該水素ガス混合物の第 1 の部分を該電解質膜を介して該カソードに通過させるステップ

；

該水素ガス混合物の第 1 の部分中の非水素の該電解質膜通過を阻止するステップであって、該電気化学的水素ポンプを作動させるのに必要な電圧が、該電解質膜通過が阻止された該水素ガス混合物の第 1 の部分中の非水素の量が増加するにつれて増加する、ステップ

；

該電気化学的水素ポンプを作動させるのに必要な該電圧における予め決められた増加に基づき、該電解質膜通過が阻止された該水素ガス混合物の第 1 の部分中の非水素を該アノードからパージするステップ；および

該電解質膜を通過した該水素ガス混合物の第 1 の部分を、該電気化学的水素ポンプに方向転換されなかった水素ガス混合物の第 2 の部分に再導入するステップを含む、方法。

【請求項 17】

前記電気化学的水素ポンプが、前記電気化学的水素ポンプに方向転換された前記水素ガス混合物の第 1 の部分が前記予め決められた純度レベルを下回るかどうかを検出するように較正される、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

前記電解質膜を通過した前記水素ガス混合物の第 1 の部分と、前記電気化学的水素ポンプに方向転換されなかった前記水素ガス混合物の第 2 の部分とを消費者に配送するステップをさらに含む、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 19】

前記電気化学的水素ポンプが、制御器をさらに包含し、前記方法が、前記電気化学的水素ポンプに方向転換された前記水素ガス混合物の第 1 の部分が予め決められた純度レベルを下回ることが該制御器によって検出される場合、水素ガスの前記消費者への配送を止めるステップをさらに含む、請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

前記消費者に配送される前記水素ガス混合物が前記予め決められた純度の閾値に少なくとも等しい純度を有することの認定書を作成するステップをさらに含む、請求項 19 に記載の方法。

【請求項 21】

前記所定量の水素ガス混合物の前記第 1 の部分の一部を測定デバイスに送るステップであって、該測定デバイスは、前記水素ガス混合物の純度レベルを測定するように設計されている、ステップをさらに含む、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 22】

前記第 1 の部分の一部が、前記電気化学的水素ポンプの前記アノードから前記測定デバイスに送られる、請求項 21 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 23】

前記電気化学的水素ポンプが、2,000 psi (13.79 MPa) を超える圧力で作動するように設計されている、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 24】

前記電気化学的水素ポンプが、5,000 psi (34.47 MPa) を超える圧力で作動するように設計されている、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 25】

前記電気化学的水素ポンプが、10,000 psi (68.95 MPa) を超える圧力で作動するように設計されている、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 26】

予め決められた純度の閾値を満たす水素ガスを提供する方法であって、
電気化学的水素ポンプに、水素ガスと非水素ガスとを含有する所定量の水素ガス混合物を導入するステップであって、該電気化学的水素ポンプは、アノード、カソード、および該アノードと該カソードとの間に配置された電解質膜を包含する、ステップ；

該水素ガス混合物を該アノードから該電解質膜に向かわせるステップ；

該水素ガスを該電解質膜を介して該カソードに通過させるステップ；

該非水素ガスの該電解質膜通過を阻止するステップであって、該電気化学的水素ポンプを作動させるのに必要な電圧が、該電解質膜通過が阻止された該水素ガス混合物からの非水素ガスの量が増加するにつれて増加する、ステップ；

該電気化学的水素ポンプを作動させるのに必要な該電圧における予め決められた増加に基づき、該電解質膜通過が阻止された該水素ガス混合物中の非水素ガスを該アノードから
パーズするステップ；

該カソードから該水素ガスを収集するステップであって、該収集された水素ガスは、少なくとも該予め決められた純度の閾値を満たしている、ステップ；および

該収集された水素ガスが該予め決められた純度の閾値に少なくとも等しい純度を有することの認定書を提供するステップ
を含む、上記方法。

【請求項 27】

前記電気化学的水素ポンプが、5,000 psi (34.47 MPa) を超える圧力で作動するように設計されている、請求項 26 に記載の方法。

【請求項 28】

前記電気化学的水素ポンプが、10,000 psi (68.95 MPa) を超える圧力で作動するように設計されている、請求項 26 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[001]本特許出願は、合衆国法典第35巻第120条に基づき、参照によりその全体が本明細書に組み入れられる2013年6月28日付けで出願された米国仮出願第61/840,843号の優先権の利益を主張する。

【0002】

[002]本発明の開示の実施態様は、電気化学セルに関し、より具体的には、ガスの精製、モニタリング、および/または精製されたガスの提供に電気化学セルを利用する方法に関する。

【背景技術】

【0003】

[003]水素は、例えば運搬用車両、携帯用電力供給、および定置型発電などの様々な技術にとって、例えば化石燃料などの従来の動力源に対する実用的な代替物として出現した。エネルギー担体としての水素の商業化の成功および「水素経済」の長期的持続可能性は、水素操作および管理システム（例えば、EHC）、ならびに水素分配システム（例えば、分配ステーション）の効率および費用対効果に一部依存し得る。

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

[004]水素ガスの使用者は、ガス中に存在する可能性がある潜在的な汚染物質、例えばCO、CO₂、N₂、He、Ar、O₂、CH₄、高級炭化水素、S、Cl、Br、Hg、VOC、H₂O、HCHO、HCOOH、NH₃、ハロゲン化合物、および微粒子などに対して敏感なことがある。したがって消費者は、精製された水素ガスを提供すること、状況次第では、供給された水素ガスの純度の所定の閾値を満たすかまたはそれに勝ることを供給元に求める場合がある。水素ガスの供給元および配給元は、一般的に、配送前に、例えば、ガスクロマトグラフ、質量分析計、イオン化検出器、および赤外分光計などのデバイスを使用して水素ガスの組成を分析することにより供給された水素の純度を保証する。このようなデバイスを使用して記録されたガス組成の分析的測定に基づき、供給元は、水素ガス供給のために、これらまたは他の化合物に関する分析証明書を消費者に提供することができる。このような分析方法は、水素の純度を保証するための中央集中型の水素生産施設での品質管理にとっては有用な場合があるが、このような方法は、例えば水素燃料供給ステーションまたは水素中継ステーションで使用するには極めて費用が高くなる可能性がある。しかしながら、中央集中型の施設で生産された水素が、ユースポイントへの輸送中に汚染される可能性がある。したがって、水素ガスを精製する、水素ガスの純度をモニタリングする、および供給元によって顧客に配送された水素ガスの純度の閾値レベルを保証するための、費用効率が高い方法が必要である。また、費用効率が高い品質管理およびモニタリングも、例えば天然ガス水蒸気-メタン改質器および電解槽などの水素生産システムにとって必要な場合がある。本発明の開示の実施態様は、上記の問題の1つまたはそれより多くの解決を試みることであり得る。

10

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

[005]一実施態様によれば、予め決められた純度の閾値を満たす水素ガスを生産する方法は、電気化学的水素ポンプを介して所定量の水素ガス混合物を移動させるステップであって、電気化学的水素ポンプは、アノード、カソード、およびアノードとカソードとの間に配置された電解質膜を包含する、ステップ；アノードから電解質膜を介してカソードに水素ガスを移動させることによって、水素ガス混合物から所定量の水素ガスを分離するステップ；カソードから水素ガスを収集するステップであって、収集された水素ガスは、少なくとも予め決められた純度の閾値を満たしている、ステップ；および収集された水素ガスが予め決められた純度の閾値に少なくとも実質的に等しい純度を有することの証明書を作成するステップを含んでいてもよい。

30

【0006】

[006]本開示の様々な実施態様は、以下の形態の1つまたはそれより多くを包含していてもよい：本方法は、電解質膜を介したカソードへの通過が電解質膜によってブロックされた水素ガス混合物由来の所定量の非水素ガスを、アノードから除去するステップをさらに含んでいてもよい。本方法は、収集された水素ガスを消費者に配送するステップをさらに含んでいてもよい。予め決められた純度の閾値は、およそ99%の水素より高くてもよい。予め決められた純度の閾値は、およそ300ppmの非水素ガスより低くてもよい。および予め決められた純度の閾値は、およそ50ppmの非水素ガスより低くてもよい。

40

【0007】

[007]本開示の別の実施態様において、予め決められた純度の閾値を満たす水素ガスを提供する方法は、電気化学的水素ポンプに、水素ガスと非水素ガスとを含有する所定量の水素ガス混合物を導入するステップであって、電気化学的水素ポンプは、アノード、カソード、およびアノードとカソードとの間に配置された電解質膜を包含する、ステップ；水素ガス混合物をアノードから電解質膜に向かわせるステップ；水素ガスを電解質膜を介してカソードに通過させるステップ；非水素ガスの電解質膜通過を実質的に阻止するステップ；カソードから水素ガスを収集するステップであって、収集された水素ガスは、少なく

50

とも予め決められた純度の閾値を満たしている、ステップ；および収集された水素ガスを第2の量の水素ガス混合物と混合するステップであって、混合により、少なくとも予め決められた純度の閾値を満たす純度のレベルを有する第3の量の水素ガス混合物が生産される、ステップを含んでいてもよい。

【0008】

[008]本開示の様々な実施態様は、以下の形態の1つまたはそれより多くを包含していてもよい：本方法は、第3の量の水素ガス混合物が予め決められた純度の閾値に少なくとも実質的に等しい純度を有することの認定書を提出するステップをさらに含んでいてもよい。本方法は、第3の量の水素ガスを消費者に配送するステップをさらに含んでいてもよい。第1の量の水素ガス混合物および第2の量の水素ガス混合物は、両方とも最初に水素ガス混合物の供給源から得られてもよく、ここで第1の量および第2の量は、第1の量が電気化学的水素ポンプに導入されるときに分離されてもよく、第1の量および第2の量は、前記混合によって合流されてもよい。収集された水素ガスは、第2の量の水素ガス混合物と混合されてもよく、電解質膜通過が実質的に阻止された非水素ガスは、第2の量の水素ガス混合物と混合されなくてもよい。第2の量の水素ガス混合物と混合された収集された水素ガスは、消費者に配送されてもよい。予め決められた純度の閾値は、およそ99%の水素より高くてもよい。電気化学的水素ポンプは、およそ2,000 psiを超える圧力で作動するように設計されていてもよい。電気化学的水素ポンプは、およそ5,000 psiを超える圧力で作動するように設計されていてもよい。電気化学的水素ポンプは、およそ10,000 psiを超える圧力で作動するように設計されていてもよい。

10

20

【0009】

[009]別の実施態様において、予め決められた純度の閾値を満たす水素ガスを提供する方法は、所定量の水素ガスを提供するステップ；所定量の水素ガスの第1の部分を、電気化学的水素ポンプに方向転換させるステップであって、電気化学的水素ポンプは、アノード、カソード、およびアノードとカソードとの間に配置された電解質膜を包含する、ステップ；水素ガスの第1の部分をアノードから電解質膜に向かわせるステップ；水素ガスの第1の部分を電解質膜を介してカソードに通過させるステップ；第1の部分中の非水素ガスの電解質膜通過を実質的に阻止するステップ；および電解質膜を通過した水素ガスの第1の部分を、電気化学的水素ポンプに方向転換されなかった水素ガスの第2の部分に再導入するステップを含んでいてもよい。

30

【0010】

[010]本開示の様々な実施態様は、以下の形態の1つまたはそれより多くを包含していてもよい：電気化学的水素ポンプを作動させるのに必要な電圧は、電解質膜通過が実質的に阻止された非水素ガスの量が増加するにつれて増加する可能性がある。電圧の増加は、電解質膜通過が実質的に阻止された非水素ガスの量の関数であってもよいし、電気化学的水素ポンプは、電気化学的水素ポンプに方向転換された水素ガスの第1の部分が予め決められた純度レベルを下回るかどうかを検出するように較正されてもよい。本方法は、電解質膜を通過した水素ガスの第1の部分と、電気化学的水素ポンプに方向転換されなかった水素ガスの第2の部分とを消費者に配送するステップをさらに含んでいてもよい。電気化学的水素ポンプは、制御器をさらに包含していてもよいし、本方法は、電気化学的水素ポンプに方向転換された水素ガスが予め決められた純度レベルを下回ることが制御器によって検出される場合、水素ガスの第1の部分の消費者への配送を止めるステップをさらに含んでいてもよい。本方法は、消費者に配送される水素ガスが予め決められた純度の閾値に少なくとも実質的に等しい純度を有することの認定書を作成するステップをさらに含んでいてもよい。本方法は、所定量の水素ガスの第1の部分の一部を測定デバイスに送るステップであって、測定デバイスは、水素ガスの純度レベルを測定するように設計されている、ステップを包含していてもよい。第1の部分の一部は、電気化学的水素ポンプのアノードから測定デバイスに送られてもよい。電気化学的水素ポンプは、およそ2,000 psiを超える圧力で作動するように設計されていてもよい。電気化学的水素ポンプは、およそ5,000 psiを超える圧力で作動するように設計されていてもよい。および電気化

40

50

学的水素ポンプは、およそ10,000 psiを超える圧力で作動するように設計されていてもよい。

【0011】

[011]その他の例示的な実施態様において、予め決められた純度の閾値を満たす水素ガスを提供する方法は、電気化学的水素ポンプに、水素ガスと非水素ガスとを含有する所定量の水素ガス混合物を導入するステップであって、電気化学的水素ポンプは、アノード、カソード、およびアノードとカソードとの間に配置された電解質膜を包含する、ステップ；水素ガス混合物をアノードから電解質膜に向かわせるステップ；水素ガスを電解質膜を介してカソードに通過させるステップ；非水素ガスの電解質膜通過を実質的に阻止するステップ；カソードから水素ガスを収集するステップであって、収集された水素ガスは、少なくとも予め決められた純度の閾値を満たしている、ステップ；および収集された水素ガスが予め決められた純度の閾値に少なくとも実質的に等しい純度を有することの認定書を提供するステップを含んでいてもよい。

10

【0012】

[012]本開示の様々な実施態様は、以下の形態の1つまたはそれより多くを包含していてもよい：電気化学的水素ポンプは、およそ5,000 psiを超える圧力で作動するように設計されていてもよい。電気化学的水素ポンプは、およそ10,000 psiを超える圧力で作動するように設計されていてもよい。

【0013】

[013]実施態様の追加の目的および利点は、下記の説明で部分的に記載され、その記載から部分的に明白であり、または実施態様の実施から学ぶこともできる。実施態様の目的および利点は、特に添付の特許請求の範囲で指摘された要素および組合せの手法によって理解され、達成されると予想される。

20

【0014】

[014]前述の一般的な説明と以下の詳細な説明はいずれも単に例示的で説明的なものにすぎず、特許請求されたような発明を限定しないと理解されるものとする。

【0015】

[015]添付の図面は、本明細書に取り入れられ本明細書の一部を構成するが、これらは本開示の実施態様を例示し、その記載と共に本開示の原理を説明するのに役立つ。

【図面の簡単な説明】

30

【0016】

【図1】[016]図1は、本発明の開示の実施態様に係る例示的な電気化学セルの分解図を例示する。

【図2A】[017]図2Aは、本発明の開示の実施態様に係る例示的な精製方法を例示する。

【図2B】[018]図2Bは、本発明の開示の実施態様に係る例示的な精製方法を例示する。

【図3A】[019]図3Aは、本発明の開示の実施態様に係る水素ガスの純度をモニタリングするための例示的な方法を例示する。

【図3B】[020]図3Bは、本発明の開示の実施態様に係る水素ガスの純度をモニタリングするための例示的な方法を例示する。

40

【図4】[021]図4は、本発明の開示の実施態様に係る所定量の水素ガスの純度をモニタリングするための例示的な方法を例示する。

【図5】[022]図5は、本発明の開示の実施態様に係る例示的な精製またはモニタリング方法を模式的に表したフローチャートを例示する。

【発明を実施するための形態】

【0017】

[023]以下、後述され添付の図面で例示される本発明の開示の例示的な実施態様について詳細に述べる。可能な限り、同じまたは類似の部品を指すために図面全体にわたり同じ参照番号が使用される。

50

【0018】

[024]電気化学的水素ポンプの例示的な実施態様を参照しながら本発明の開示を本明細書で説明するが、本発明の開示のデバイスおよび方法は、これらに限定されないが、あらゆる好適な水素圧縮機、燃料電池、電解セル、水素精製機、および水素エキスパンダー（hydrogen expander）などの様々な種類の電気化学セルと共に採用される可能性があることが理解される。当技術分野における通常の技術を有し本明細書で示された教示を利用できるものは、全て本開示の範囲内に包含される追加改変、適用、実施態様、および等価物での置き換えを認識しているものと予想される。したがって、本開示は、前述または以下の説明によって限定されるとみなされないものとする。

【0019】

[025]本発明の開示の他の特徴および利点ならびに可能性のある使用は、いずれかの当業者には添付の図面について述べている以下の本開示の説明から明らかになると予想される。

【0020】

[026]電気化学セルは、典型的には、化学反応により電流を発生させたり、または電流の流れを使用して化学反応を誘導したりするために使用されるデバイスである。燃料電池は、燃料（例えば、水素、天然ガス、メタノール、ガソリンなど）および酸化剤（例えば、空気または酸素）の化学エネルギーを電気に変換し、熱と水を生産する。基礎的な電気化学セルは、負電荷を有するアノード、正電荷を有するカソード、および電解質と呼ばれるイオン伝導性材料を含む。

【0021】

[027]電解セルは、本質的に、それとは逆に稼働する燃料電池である。基礎的な電解セルは、外部の電位が適用されると水を水素と酸素ガスとに分解することによって水素発生器として機能することができる。水素燃料電池または電解セルの基礎的な技術は、例えば電気化学的な水素の圧縮、精製、または膨張などの電気化学的な水素の操作に適用できる。

【0022】

[028]電気化学的水素圧縮機（EHC）は、例えば、セルの一方の側から他方の側に水素を選択的に移動するのに使用することができる。この方式で作動するEHCは、時には電気化学的水素ポンプ（EHP）とも称され、EHPおよびEHCという用語は、本開示の目的に関して互換的に使用される場合もある。第2の電極に蓄積した水素が限定されたスペースに制限される場合、電気化学セルは、限定されたスペース内で水素を圧縮するかまたは圧力を高める。個々のセルが作り出すことができる最大の圧力または流速は、セルの設計に基づき限定される可能性がある。いくつかの実施態様において、好適なEHCは、より高い圧力で、例えば、およそ2,000psiを超える、およそ5,000psiを超える、またはおよそ10,000psiを超える圧力で作動し得る。

【0023】

[029]例示的な実施態様において、水素の純度をモニタリングしてそれを保証する方法は、EHPまたはEHCの使用を包含していてもよい。上記で論じられたように、これらのデバイスは、電気化学セルの一部としてプロトン伝導膜を採用しており、この膜は、プロトン（すなわち水素イオン）と水だけを通過させる。水素イオンと水だけを通過させることにより、他の化合物の膜通過を物理的に阻止することができる。したがって、水素ガス供給元は、この技術を使用して、水素ガスから汚染物質を除去でき、水素ガス中の汚染物質の存在をモニタリングでき、したがって消費者に供給される水素ガスの所定の純度のレベルを保証することができる。「水素ガス」は、本明細書で使用される場合、予め決められた純度の閾値を満たす水素（精製された水素ガス）、所定量の不純物と混合された水素ガス、または所定量の不純物と混合された疑いのある、もしくはその可能性がある水素ガスを包含し得る。さらに、「水素ガス混合物」は、所定量の不純物と混合された水素ガス、または所定量の不純物と混合された疑いのある、もしくはその可能性がある水素ガスを包含し得る。「汚染物質」は、あらゆる非水素ガス、液体、または固体を包含し得る。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

[030] 図 1 は、本発明の開示の例示的な実施態様に係る電気化学セル 1 0 0 の分解側面図を表す。電気化学セル 1 0 0 は、アノード 1 1 0、カソード 1 2 0、およびアノード 1 1 0 とカソード 1 2 0 との間に配置された電解質膜 1 3 0 を包含する。電解質膜 1 3 0、アノード 1 1 0、およびカソード 1 2 0 は共に、膜電極接合体 (M E A) 1 4 0 を形成することができる。

【 0 0 2 5 】

[031] 電解質膜 1 3 0 は、アノード 1 1 0 をカソード 1 2 0 から電氣的に絶縁していてもよい。電解質膜 1 3 0 は、あらゆる好適な膜であってもよく、例えば、プロトン交換膜 (P E M) が挙げられる。電解質膜 1 3 0 は、純粋な高分子膜または複合膜で形成されていてもよく、複合膜は、高分子マトリックス中に埋め込まれた、例えばシリカ、ヘテロポリ酸、層状の金属リン酸塩、リン酸塩、およびリン酸ジルコニウムを包含していてもよい。電解質膜 1 3 0 は、プロトン透過性であってもよく、ただし電子を伝導しなくてもよい。アノード 1 1 0 およびカソード 1 2 0 は、触媒を含有する多孔質炭素電極を包含していてもよい。触媒材料、例えば白金または他のあらゆる好適な材料は、酸素と水素の反応を促進することができる。

【 0 0 2 6 】

[032] 電気化学セル 1 0 0 は、2 つのバイポーラプレート 1 5 0、1 6 0 をさらに含んでいてもよい。バイポーラプレート 1 5 0、1 6 0 は、支持プレート、導体として作用することができる、それぞれの電極表面に水素のための通路を提供することができる、圧縮水素除去のための通路を提供することができる。またバイポーラプレート 1 5 0、1 6 0 は、冷却流体 (すなわち、水、グリコール、または水とグリコールとの混合物) のためのアクセスチャネルを包含していてもよい。バイポーラプレートは、アルミニウム、鋼、ステンレス鋼、チタン、銅、Ni - Cr 合金、グラファイトもしくは他のあらゆる導電性材料または材料の組合せで作製することができる。バイポーラプレート 1 5 0、1 6 0 は、電気化学スタック中の隣接するセル (示されていない) から電気化学セル 1 0 0 を隔てることのできる。例えば、複数の電気化学セル 1 0 0 を直列に連結して多段階 E H C を形成してもよいし、または並列にスタックして一段階 E H C を形成してもよい。

【 0 0 2 7 】

[033] 例示的な実施態様によれば、作動中、水素ガスは、バイポーラプレート 1 5 0 を介してアノード 1 1 0 に供給されてもよい。アノード 1 1 0 とカソード 1 2 0 との間に電位が適用されてもよく、ここでアノード 1 1 0 における電位は、カソード 1 2 0 における電位より大きい。アノード 1 1 0 における水素を酸化して、水素を電子とプロトンとに分けてもよい。次いで水素のプロトンを、P E M 1 3 0 を介してカソード 1 2 0 に電気化学的に輸送するかまたは「ポンプで送って」もよく、一方で電子を、P E M 1 3 0 を迂回してルート変更してもよい。カソード 1 2 0 で、輸送されたプロトンとルート変更された電子とが還元され、水素を形成することができる。カソード 1 2 0 で水素がますます形成されるにつれて、限定されたスペース内で水素を圧縮して加圧することができる。

【 0 0 2 8 】

[034] したがって、上述したように、E H P または E H C は、電気化学セルの一部としてプロトン伝導膜を採用していてもよく、この膜は、水素イオンと水だけを通過させることができる。他の化合物、例えば汚染物質の膜通過は、物理的に阻止され得る。したがって、この技術は、水素の精製に使用することができる。同様に、電気化学セル技術を使用することによって、水素供給元は、供給された水素ガスの純度を保証できるようになる可能性があり、供給元または消費者は、水素ガスの供給を汚染物質に関してモニタリングできるようになる可能性がある。

【 0 0 2 9 】

[035] 例示的な実施態様において、E H P または E H C は、水素ガスの精製に使用することができる。図 2 A で示されるように、水素供給元 2 1 0 は、所定量の水素ガスを生成できるが、ここでこの水素ガスには、1 種またはそれより多くの汚染物質が含有されてい

10

20

30

40

50

る可能性がある。水素ガスの供給は、例えば、あらゆる好適な水蒸気 - メタン改質器、化石炭化水素改質器、再生可能な炭化水素の改質器、電解槽、エタノール改質器、バイオマス改質器、石炭ガス化、原子力を利用した水分解、光電気化学的なシステム、光生物学的なシステム、または太陽熱化学的なシステムを使用して生成することができる。いくつかの実施態様において、供給元 210 は、あらゆる好適な容器、例えばチューブ、タンク、パイプライン、またはボトル中に入れられた所定量の水素ガスまたは液体水素をすでに有している場合もあり、この水素は、汚染物質の未知の、疑いのある、または既知の混和物を含む可能性がある。

【0030】

[036]消費者に供給される水素ガスの純度を保証するために、水素ガスと可能性のある汚染物質との混和物を EHP 220 に通過させてもよい(工程 211)。生産後のあらゆるポイントで、例えば、生産直後または貯蔵期間後に、ガス混和物を EHP 220 に通過させてもよい。上記で論じられたように、EHP 220 は電解質膜を包含し、プロトン、すなわち水素イオンと水分子だけを通過させるように設計されている。したがって、水素と水だけが、EHP 220 のアノード側から EHP 220 のカソード側に通過が可能であると予想される。ガス混和物中に存在する汚染物質は、分別されて、EHP 220 から除去されると予想される(工程 221)。図 2A、2B に記載の例示的な実施態様は 1 つのみの EHP 220 を示すが、あらゆる好適な数の EHP が包含されていてもよい。例えば、複数の EHP が並列または直列に配置されていてもよい。加えて、各 EHP が、個々の電気化学セルを包含していてもよいし、またはスタックに配置された複数の電気化学セルを包含していてもよい。

【0031】

[037]工程 222 で示されるように、EHP 220 のカソード側で収集された精製水素が、水素消費者 230 に配送されてもよい。水素ガスは、精製後のあらゆるポイントで、例えば精製直後または貯蔵期間後に、消費者 230 に配送されてもよいが、精製から配送までの時間を短くすることにより再汚染の可能性を低減させることができる。消費者 230 は、あらゆる好適な使用のために配送された水素を使用することができ、このような使用としては、例えば、燃料電池車両への分配(例えば、燃料供給または中継ステーションでの)、燃料電池車両との使用、定置型の燃料電池用途での使用(例えば、補助発電機、家庭用電気システム)、携帯用の燃料電池用途、製造(例えば、半導体、エレクトロニクス、冶金の)、または他の日用的な水素ガス使用者(例えば、実験室、化学合成)のための使用が挙げられる。水素ガスの供給元 210 としては、小売業者(例えば、燃料供給または中継ステーション)に供給する大量生産業者および卸売業者、工業品および日用品の製造元もしくは使用者、または個人の水素使用者を挙げることができる。水素ガスの消費者 230 としては、化石および再生可能な炭化水素燃料両方の精製所、小売業者、例えば燃料供給ステーション、工業品の製造元もしくは使用者、または個人の水素使用者を挙げることができる。いくつかの実施態様において、供給元 210 および消費者 230 は、同じ実体、例えば小売人であってもよいし、または製造元は、それ自身が消費するためのそれ自身用の水素ガスを生産してもよい。

【0032】

[038]さらに、図 2B で示されるように、いくつかの実施態様において、水素の部分、工程 211 で EHP 220 を通過させる代わりに、EHP 220 をバイパスさせてもよい。例えば、水素の部分、工程 212 に進ませて、水素供給元 210 から水素消費者 230 に直接通過させてもよい。このような例において、供給元 210 からの所定量の水素は、少なくとも 2 つの部分に分けてもよく、その一方を EHP 220 を介して工程 211 に進ませて、もう一方を工程 212 に進ませて EHP 220 をバイパスさせる。水素の 2 つの部分は、消費者 230 に到達する前に、工程 222 で合流されてもよい。いくつかの実施態様において、工程 212 に進む水素の部分は、工程 211 に進む水素の部分より少なくてもよく、一方で、いくつかの実施態様において、工程 212 に進む水素の部分は、工程 211 に進む水素の部分と実質的に等しいかまたはそれより多くてもよい。いくつか

の実施態様において、工程 2 1 1 および / または 2 1 2 に向けられた水素の量は、経時的に変更されてもよく、例えば上記量は、経時的に手動または自動で調整されてもよい。例えば、いくつかの実施態様において、各部分のサイズは、システムの測定されたパラメーター（例えば、電圧、消費、経年数、効率）、もしくは E H P 2 2 0 を通過する流体の測定されたパラメーター（例えば、内容物、圧力、温度、流速など）に対応して、または供給元の特徴もしくは消費者の特徴（例えば、消費者のニーズなど）に対応して変更することができる。いくつかの実施態様において、図 2 B の方法は、期間に関しては図 2 A の方法と類似するように調整されてもよいし、水素は工程 2 1 2 に向けられなくてもよい。

【 0 0 3 3 】

[039]いくつかの実施態様において、図 2 B の方法は、精製の代替方法を提供することができる。水素供給元 2 1 0 は、図 2 A に関して説明したように、E H P 2 2 0 を通過した水素ガスの部分を精製することができる。E H P 2 2 0 を通過した精製水素を、工程 2 2 2 で E H P 2 2 0 をバイパスした水素の部分と再混合する場合、この水素ガスの部分を混合することによって、純度の閾値レベルを満たす水素ガスを生じさせることができる。

【 0 0 3 4 】

[040]いくつかの実施態様において、消費者 2 3 0 に配送される水素ガスが予め決められた純度の閾値を満たすことを保証するために、水素ガス 2 1 0 の供給元は、上記の図 2 A、2 B の精製方法を使用することができる。このような閾値は、工業規格、例えば、C G A - 5 . 3、S A E J 2 7 1 9 および I S O 1 4 6 8 7 - 2 によって設定されてもよいし、または少なくとも部分的に例えば消費者 2 3 0 のニーズによって規定されてもよい。水素の純度レベルは、9 9 % の純度を超えていてもよく、いくつかの場合において、9 9 . 9 % の純度を超えていてもよい。不純物の総量は、4 0 0 p p m 未満であってもよく、いくつかの場合において、1 0 0 p p m 未満または 1 0 p p m 未満であってもよい。

【 0 0 3 5 】

[041]いくつかの実施態様において、供給元 2 1 0 は、例えば契約上の合意または証明書を介して消費者 2 3 0 に配送される水素の純度レベルについての所定の保証書または認定書を作成する方法として、水素精製のための E H P 2 2 0 を使用することができる。本明細書で使用される場合、認定書としては、あらゆる明確な、暗黙の、記述された、口頭の、条件付きの、限定的な、完全な、または他の好適な認定書を挙げることができる。本明細書で使用される場合、証明書は、一致の証明、コンプライアンス、順守、分析、精度、もしくは他のあらゆる好適な証明またはそれらの組合せを包含していてもよい。このような証明書は、ガスのあらゆる好適なパラメーター、測定値、特性、または品質（例えば、特殊性または工業的）、例えば、含量（例えば、ガス、水分、または粒子）、組成の確実性、完全性、複雑性、純度レベル、1 つまたはそれより多くの規格または仕様のコンプライアンスを証明または保証することができる。さらに、証明書は、例えば、ブレンドの方法、ガス混合物を調製するのに使用された実験室分析および参照標準のタイプ、ならびに有効期限を証明することができる。したがって、所定量の水素ガスを精製するための E H P の使用方法は、例えば、供給元 2 1 0 によって消費者 2 3 0 に配送される水素ガスの純度を契約上保証する、または予め決められた純度の閾値を満たす水素ガスの供給を生産し提供する、費用効率が高い方法を供給元 2 1 0 に提供することができる。

【 0 0 3 6 】

[042]別の実施態様において、E H P は、所定量の水素ガスの純度をモニタリングするために使用することができる。図 3 A で示されるように、供給元 3 1 0 は、1 種またはそれより多くの汚染物質を含有する可能性がある所定量の水素ガスを生成することができる。水素ガスの供給は、例えば、あらゆる好適な水蒸気 - メタン改質器、化石炭化水素改質器、再生可能な炭化水素改質器、電解槽、エタノール改質器、バイオマス改質器、石炭ガス化、原子力を利用した水分解、光電気化学的なシステム、光生物学的なシステム、または太陽熱化学的なシステムを使用して生成することができる。いくつかの実施態様において、供給元 3 1 0 は、あらゆる好適な容器、例えばチューブ、タンク、パイプライン、またはボトル中に入れられた所定量の水素ガスまたは液体水素をすでに有している場合もあ

10

20

30

40

50

り、この水素は、汚染物質の未知の、疑いのある、または既知の混和物を含む可能性がある。

【0037】

[043]水素ガスは、水素消費者330に配送されてもよい。水素供給の純度を保証するために、汚染物質を含む可能性がある水素ガスの部分をEHP320に通過させてもよい(工程311、321)。生産後のあらゆるポイントで、例えば生産直後または貯蔵期間後に、水素ガスの部分をEHP320に通過させてもよい。加えて、消費者330への水素ガスの配送前または配送中に、ガスの部分をEHP320に通過させてもよく、これは、ランダムな、規則的な、または連続的なモニタリングプロセスの一部であってもよい。例えば、いくつかの実施態様において、消費者330に水素ガスを直接配送するために、供給ラインを使用してもよく、配送前および/または配送中に、ガスの部分をEHP320に再度向かわせてもよい。いくつかの実施態様において、ガスの部分をEHP320に再度向かわせてもよく、一方で、消費者330にガスが配送される前に、水素ガスを容器に分配してもよい。さらに他の好ましい実施態様において、消費者330への配送が意図されたガスの容器をランダムにサンプリングして、ガスのサンプル部分をEHP320に通過させてもよい。いくつかの実施態様において、EHP320は、水素ガスのスリップストリーム中に設置されてもよい。上記で論じられたように、EHP320は、プロトン、すなわち水素イオンと水分子だけを通過させる電解質膜を包含する。

10

【0038】

[044]図2の実施態様に関して上記で論じられたように、水素と水分子だけが、EHP320のアノード側からEHP320のカソード側に通過が可能であると予想される。図3に記載の例示的な実施態様は1つのみのEHPを示しているが、あらゆる好適な数のEHPが包含されていてもよい。例えば、水素ガス純度をモニタリングするために、複数のEHPが並列または直列に配置されていてもよい。加えて、各EHPが、個々の電気化学セルを包含していてもよいし、またはスタックに配置された複数の電気化学セルを包含していてもよい。この配置において、モニターとして使用されるEHP320を作動させるのに必要な電圧は、アノード側に汚染物質が蓄積するにつれて増加する可能性がある。アノードのパーセントと特定のレベルの電圧増加の間の時間は、汚染物質の量の関数であるかまたはそれに比例する可能性がある。EHPモニターの較正は、予め決められた汚染物質レベルを検出する時間の前に行ってもよいし、または供給源ストリームと比較するために純度レベルが公知の所定量の水素と共にEHPモニターを提供することによってその場で行ってもよい。

20

30

【0039】

[045]水素ガスは、EHP320を通過した後、消費者330への水素ガスの供給に再導入されてもよい(工程322)。しかしながら、水素ガスの供給中に汚染物質が検出される場合および/または純度レベルが予め決められた閾値未満と決定される場合、消費者330への水素ガスの配送を止めてもよい(工程325)。いくつかの実施態様において、例えば、消費者330または消費者330に配送するための容器にガスを配送するのに供給ラインが使用される実施態様において、水素ガス中の汚染物質が検出は、供給ラインを介した水素ガスのフローを止めることができる。例えば、供給ラインを介したガスのフローを制御するために、配送システム中に1つまたはそれより多くのフロー制御弁が包含されていてもよい。いくつかの実施態様において、配送システム中に制御器324が包含されていてもよいし、制御器324は、消費者330へのガスの配送を自動的に止める(例えば、フロー制御弁を閉じる)ように設計されていてもよい。いくつかの実施態様において、可視または可聴シグナルなどのシグナルは、供給元310または消費者330に汚染物質を検出したことを示すことができる。いくつかの実施態様において、本システムは、手動式であってもよいし、供給元310は、シグナルを感知したときに、消費者330への水素の供給を手動で止めることができる。

40

【0040】

[046]モニタリングプロセスが完了した後、またはモニタリングプロセスが起こって

50

る間、純度に関してモニタリングされた水素を水素ガスの供給と合流して、水素消費者 330 に配送してもよい(工程 322)。水素ガスは、モニタリング後のあらゆるポイントで、例えばモニタリングの直後、モニタリング中、または貯蔵期間後に、消費者 330 に配送されてもよいが、モニタリングから配送までの時間を短くすることにより再汚染の可能性を低減させることができる。

【0041】

[047]図 3 B に、別のモニタリングの実施態様を示す。図 3 B の実施態様は、図 3 A の類似の方式と類似の方式で作動することができるが、ただし工程 321 で EHP 320 に方向転換された汚染物質を含む可能性がある水素ガスの部分は、工程 323 で純度測定デバイス 340 に送られてもよい。この実施態様において、工程 321 で EHP 320 に向けられたガスの全部または一部のいずれかはさらに、工程 323 を介して測定デバイス 340 に向けられてもよい。測定デバイス 340 に送られたガスは、EHP 320 に送られるがそこを通過しなくてもよく、またはいくつかの実施態様において、ガスが EHP 320 を通過する前またはその後に、ガスは測定デバイス 340 に送られてもよい。例えば、測定デバイス 340 に送られたガスは、EHP 320 を通過させた後にカソード側から受け取ってもよく、より低濃度の汚染物質を含有する可能性があり、または EHP 320 を通過させずに EHP 320 のアノード側から受け取ってもよく、カソード側と比べてより高濃度の汚染物質を含有する可能性がある。

【0042】

[048]測定デバイス 340 としては、あらゆる好適なデバイス、例えば、ガスクロマトグラフ、質量分析計、赤外分光計、イオン移動度スペクトロメータ、表面弾性波センサー、光学分光計、またはあらゆる好適な分析機器などを挙げることができる。測定デバイス 340 は、水素ガスの純度を測定するように設計されていてもよい。例えば、測定デバイス 340 は、水素ガス中に存在する成分およびそのような成分の相対量を同定してもよいし、または測定デバイス 340 は、消費者 330 が敏感になり得る 1 種またはそれより多くの具体的な汚染物質の量だけを測定してもよいし、または測定デバイス 340 は、存在する全ての非水素汚染物質に相対的な水素の量を同定してもよい。これらの測定に基づき、測定デバイス 340 は、水素ガスの純度を決定するように設計されていてもよい。

【0043】

[049]さらに、いくつかの実施態様において、汚染物質を含む可能性がある水素ガスの純度は、測定デバイス 340 によってとられた測定値および EHP 320 の 1 つまたはそれより多くのパラメーター、例えば電流、電圧、圧力、温度、ガス流速、または他のあらゆる好適なパラメーターに基づき計算することができる。いくつかの実施態様において、この計算は、例えば測定デバイス 340 または制御器 324 によって行ってもよい。加えて、いくつかの実施態様において、使用される測定デバイス 340 および/または計算は、これらのパラメーターの 1 つまたはそれより多くに基づき較正または調整することができる。したがって、EHP 320 のあらゆる好適なパラメーターを測定するために、例えば圧力計、温度計、または他の好適なデバイスの 1 つまたはそれより多くの追加の測定デバイスが包含されていてもよい。

【0044】

[050]水素ガスが測定デバイス 340 に送られ純度測定値がとられた後、水素ガスを EHP 320 に通過させてもよいし、および/または消費者 330 に提供される水素ガスの供給に再導入してもよい(工程 322)。いくつかの実施態様において、測定デバイス 340 に送られたガスは、パーズもしくは排気されてもよいし、EHP 320 を通過しなくてもよいし、または消費者 330 に提供される水素ガスの供給に再導入されなくてもよい。

【0045】

[051]いくつかの実施態様において、測定デバイス 340 が水素ガスの供給中に汚染物質を検出する場合、または純度のレベルが予め決められた閾値未満であることを検出する場合、消費者 330 への水素ガスの配送を止めてもよい(工程 325)。いくつかの実施

10

20

30

40

50

態様において、例えば、消費者 330 または消費者 330 に配送するための容器にガスを配送するのに供給ラインが使用される実施態様において、水素ガス中の汚染物質の検出は、供給ラインを介した水素ガスのフローを止めることができる。例えば、供給ラインを介したガスのフローを制御するために、配送システム中に 1 つまたはそれより多くのフロー制御弁が包含されていてもよい。いくつかの実施態様において、配送システム中に制御器 324 が包含されていてもよいし、制御器 324 は、消費者 330 へのガスの配送を自動的に止める（例えば、フロー制御弁を閉じる）ように設計されていてもよい。例えば、測定デバイス 340 を、例えばワイヤレスまたはハードの接続を介して制御器 324 に作動可能なように連結してもよく、継続的または定期的に測定の読み取り値を制御器 324 に伝達してもよい。いくつかの実施態様において、可視または可聴シグナルなどのシグナルは、供給元 310 または消費者 330 に汚染物質を検出したことを示すことができる。いくつかの実施態様において、本システムは、手動式であってもよいし、供給元 310 は、シグナルを感知したときに、消費者 330 への水素の供給を手動で止めることができる。

【0046】

[052] 図 3 B の実施態様は、単に水素の供給源ストリーム中で汚染物質を直接測定することを超える利点を提供することができる。例えば、測定デバイス 340 に送られた水素ガスが、すでに EHP 320 を通過し、EHP 320 のアノード側で発生したものの場合、汚染物質の濃度は、より高くなる可能性がある。このような配置は、より安価な可能性があり、感度の低い測定デバイスの使用を可能にする場合があり、コスト面での利益をもたらす。したがって、この配置を使用した水素ガス純度のモニタリングは、EHP 320 導入前に汚染物質を含む可能性がある水素供給の濃度を直接測定するよりも安価で簡単に達成される可能性がある。

【0047】

[053] 図 4 のフローチャートは、図 3 A、3 B に関して上述した例示的な実施態様に類似した例示的なモニタリング方法 410 の工程の視覚的な配置を提供する。

【0048】

[054] 消費者は、あらゆる好適な使用のために配送された水素を使用することができ、このような使用としては、例えば、燃料電池車両への分配（例えば、燃料供給または中継ステーションでの）、燃料電池車両との使用、定置型の燃料電池用途での使用（例えば、補助発電機、家庭用電気システム）、携帯用の燃料電池用途、製造（例えば、半導体、エレクトロニクス、冶金の）、または他の日用的な水素ガス使用者（例えば、実験室、化学合成）のための使用が挙げられる。水素ガスの供給元としては、小売業者（例えば、燃料供給または中継ステーション）に供給する大量生産業者および卸売業者、工業品および日用品の製造元もしくは使用者、または個人の水素使用者を挙げることができる。水素ガスの消費者としては、化石および再生可能な炭化水素燃料両方の精製所、化石および再生可能な炭化水素燃料両方の精製所、小売業者、例えば燃料供給ステーション、工業品の製造元もしくは使用者、または個人の水素使用者を挙げることができる。いくつかの実施態様において、供給元および消費者は、同じ実体、例えば小売人であってもよいし、または製造元は、それ自身が消費するためのそれ自身用の水素ガスを生産してもよい。

【0049】

[055] いくつかの実施態様において、水素ガスの供給元は、消費者に配送される水素ガスが予め決められた純度の閾値を満たすことを保証するために、上記のモニタリング方法を使用することができる。このような閾値は、工業規格、例えば、CGA-5.3、SAE J2719 および ISO 14687-2 によって設定されてもよいし、または少なくとも部分的に例えば消費者のニーズまたは他のあらゆる仕様によって規定されてもよい。水素の純度レベルは、99%の純度を超えていてもよく、いくつかの場合において、99.9%の純度を超えていてもよい。不純物の総量は、400 ppm 未満であってもよく、例えば 300 ppm 未満、200 ppm 未満、100 ppm 未満、50 ppm 未満、および 10 ppm 未満などであってもよい。いくつかの実施態様において、供給元は、例えば契約上の合意または証明書を通じて消費者に配送される水素の純度のレベルについての所定

10

20

30

40

50

の保証書または認定書を作成する方法として、水素をモニタリングするためのEHPを使用することができる。したがって、所定量の水素ガスの純度をモニタリングするためのEHPの使用方法は、例えば、供給元によって消費者に配送される水素ガスの純度を契約上保証する、または予め決められた純度の閾値を満たす水素ガスの供給を生産し提供する、費用効率が高い方法を供給元に提供することができる。

【0050】

[056]図5の方法は、あらゆる好適な精製またはモニタリングシステム、例えば図2A、2B、3および4で説明されているシステムで起こる可能性がある事象のフローチャートを例示する。工程410で示されるように、供給元は、所定量の水素ガスを有していてもよい。所定量の水素ガスは、例えば、あらゆる好適な水蒸気-メタン改質器、化石炭化水素改質器、再生可能な炭化水素改質器、電解槽、エタノール改質器、バイオマス改質器、石炭ガス化、原子力を利用した水分解、光電気化学的なシステム、光生物学的なシステム、または太陽熱化学的なシステムを使用して生成することができる。いくつかの実施態様において、供給元は、あらゆる好適な容器、例えばチューブ、タンク、パイプライン、またはボトル中に入れられた所定量の水素ガスまたは液体水素をすでに有している場合もあり、この水素は、汚染物質の未知の、疑いのある、または既知の混和物を含む可能性がある。

【0051】

[057]消費者に供給される水素ガスの純度を保証するために、汚染物質を含む可能性がある水素ガスの一部または全部をEHPに通過させてもよい(工程411および420)。上記で論じられたように、EHPは電解質膜を包含し、プロトン、すなわち水素イオンと水分子だけを通過させるように設計されている。したがって、水素と水だけが、EHPのアノード側からEHPのカソード側に通過が可能であると予想される。ガス混和物中に存在するあらゆる汚染物質が分別されて、EHPから除去されると予想される(工程421)。図5に記載の例示的な実施態様は1つのみのEHPを示すが、あらゆる好適な数のEHPが包含されていてもよい。例えば、複数のEHPが並列または直列に配置されていてもよい。加えて、各EHPが、個々の電気化学セルを包含していてもよいし、またはスタックに配置された複数の電気化学セルを包含していてもよい。所定量の水素ガスの全部または一部をEHPに通過させることによって、所定量の水素ガスを精製してもよいし、純度をモニタリングしてもよいし、またはその両方でもよい。

【0052】

[058]水素ガスは、精製および/またはモニタリングされたら、いつでも消費者に配送できる状態になる。工程420中になされたモニタリングおよび/または精製に基づき、水素供給元は証明書を作成してもよい(工程440)。このような証明書は、一致の証明、コンプライアンス、順守、分析、精度、もしくは他のあらゆる好適な証明またはそれらの組合せを包含していてもよい。例示的な証明書は、ガスのあらゆる好適なパラメーター、測定値、特性、または品質(例えば、特殊性または工業的)、例えば、含量(例えば、ガス、水分、または粒子)、組成の確実性、完全性、複雑性、純度レベル、1つまたはそれより多くの規格または仕様のコンプライアンスを証明または保証することができる。さらに、証明書は、例えば、ブレンドの方法、ガス混合物を調製するのに使用された実験室分析および参照標準のタイプ、ならびに有効期限を証明することができる。いくつかの実施態様において、例えば、例えば、工程440で、消費者に配送される水素の純度レベルについての証明書または他の契約上の合意を通じて所定の保証書または認定書を作成するのに、供給元はEHPを使用することができる。例示的な認定書としては、あらゆる明確な、暗黙の、記述された、口頭の、条件付きの、限定的な、完全な、または他の好適な認定書を挙げることができる。例えば、工程440で作成された証明書は、水素がEHCから収集され、いつでも消費者に提供できる状態であること、または消費者に提供される水素が、予め決められた純度の閾値に少なくとも実質的に等しいパラメーター、例えば純度レベルを有することを証明することができる。純度の閾値は、例えば、例えば、あらゆる好適な仕様、工業規格に従って、または消費者のニーズに従って設定することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

[059]次いで水素供給元は、認定された純度の水素ガスを水素消費者に供給することができる(工程422、423、430)。水素供給元は、水素消費者に証明書を物理的に提供してもよいし、またはこのような証明書は、口頭で伝えられてもよいし、または暗黙に了解されていてもよい。証明書は、記述された、明確な、暗黙の、1回限りの、または水素供給元と水素消費者との進行中の契約上の合意の一部として取り入れられてもよいし、あらゆる好適な認定、保証、または証明を包含していてもよい。証明書は、水素ガスの配送前、その間もしくはその後に、消費者に提供されてもよいし、または供給元と消費者との間に進行中の供給関係が存在する場合、証明書は、水素の各配送の前、その間もしくはその後に、全ての水素配送の前、その間もしくはその後に、または進行中の水素配送の経過全体にわたり定期的に提供されてもよい。

10

【 0 0 5 4 】

[060]消費者は、あらゆる好適な使用のために配送された水素を使用することができ、このような使用としては、例えば、燃料電池車両への分配(例えば、燃料供給または中継ステーションでの)、燃料電池車両との使用、定置型の燃料電池用途での使用(例えば、補助発電機、家庭用電気システム)、携帯用の燃料電池用途、製造(例えば、半導体、エレクトロニクス、冶金の)、または他の日用的な水素ガス使用者(例えば、実験室、化学合成)のための使用が挙げられる。水素ガスの供給元としては、小売業者(例えば、燃料供給または中継ステーション)に供給する大量生産業者および卸売業者、工業品および日用品の製造元もしくは使用者、または個人の水素使用者を挙げることができる。水素ガスの消費者としては、化石および再生可能な炭化水素燃料両方の精製所、化石および再生可能な炭化水素燃料両方の精製所、小売業者、例えば燃料供給ステーション、工業品の製造元もしくは使用者、または個人の水素使用者を挙げることができる。いくつかの実施態様において、供給元および消費者は、同じ実体、例えば小売人であってもよいし、または製造元は、それ自身が消費するためのそれ自身用の水素ガスを生産してもよい。

20

【 0 0 5 5 】

[061]いくつかの実施態様において、水素ガスの供給元は、消費者に配送される水素ガスが予め決められた純度の閾値を満たすことを保証するために、上記の方法および証明書を使用することができる。このような閾値は、工業規格、例えば、CGA-5.3、SAE J2719およびISO14687-2によって設定されてもよいし、または少なくとも部分的に例えば消費者のニーズまたは他のあらゆる仕様によって決定されてもよい。水素の純度レベルは、99%の純度を超えていてもよく、いくつかの場合において、99.9%の純度を超えていてもよい。不純物の総量は、400ppm未満であってもよく、例えば300ppm未満、200ppm未満、100ppm未満、50ppm未満、および10ppm未満などであってもよい。いくつかの実施態様において、供給元は、例えば契約上の合意または証明書を介して消費者に配送される水素の純度のレベルについての所定の保証書または認定書を作成する方法として、水素をモニタリングするためのEHPを使用することができる。したがって、所定量の水素ガスの純度をモニタリングするためのEHPの使用方法は、例えば、供給元によって消費者に配送される水素ガスの純度を契約上保証する、または予め決められた純度の閾値を満たす水素ガスの供給を生産し提供する、費用効率が高い方法を供給元に提供することができる。

30

40

【 0 0 5 6 】

[062]上述した実施態様の適用は、水素ガスに関する費用効率が高い精製、モニタリング、品質管理、および純度の確かさを容易にすることができる。

【 0 0 5 7 】

[063]本発明の開示の多くの特徴および利点は詳細な明細書から明白であり、したがって、添付の特許請求の範囲は、本発明の開示の真の本質および範囲内に当てはまる本発明の開示のこのような全ての特徴および利点を包含することが意図される。さらに、当業者であれば多数の改変およびパリエーションを容易に思いつくと予想されることから、例示され説明された正確な構築および操作に本発明の開示を限定することは望ましくなく、し

50

たがって、全ての好適な改変および等価物は、本発明の開示によって決まり、その範囲内に含まれ得る。

【 0 0 5 8 】

[064]さらに当業者は、本開示が基礎とする概念は、本発明の開示の数々の目的を実行するために他の構造、方法、およびシステムを設計するための基礎として容易に使用することができることを理解しているものと予想される。したがって、特許請求の範囲は、前述の説明によって限定されるとみなされないものとする。本明細書は以下の発明の開示を包含する：

[1] 予め決められた純度の閾値を満たす水素ガスを生産する方法であって、電気化学的水素ポンプを介して所定量の水素ガス混合物を移動させるステップであって、該電気化学的水素ポンプは、アノード、カソード、および該アノードと該カソードとの間に配置された電解質膜を包含する、ステップ；

該アノードから該電解質膜を介して該カソードに水素ガスを移動させることによって、該水素ガス混合物から所定量の水素ガスを分離するステップ；

該カソードから該水素ガスを収集するステップであって、収集された水素ガスは、少なくとも該予め決められた純度の閾値を満たしている、ステップ；および

該収集された水素ガスが該予め決められた純度の閾値に少なくとも実質的に等しい純度を有することの証明書を作成するステップを含む、上記方法。

[2] 前記電解質膜を介した前記カソードへの通過が前記電解質膜によってブロックされた前記水素ガス混合物からの所定量の非水素を、前記アノードから除去するステップをさらに含む、[1]に記載の方法。

[3] 前記収集された水素ガスを消費者に配送するステップをさらに含む、[1]に記載の方法。

[4] 前記予め決められた純度の閾値が、およそ99%の水素より高い、[1]に記載の方法。

[5] 前記予め決められた純度の閾値が、およそ300ppmの非水素より低い、[1]に記載の方法。

[6] 前記予め決められた純度の閾値が、およそ50ppmの非水素より低い、[1]に記載の方法。

[7] 予め決められた純度の閾値を満たす水素ガスを提供する方法であって、電気化学的水素ポンプに、水素ガスと非水素とを含有する第1の量の水素ガス混合物を導入するステップであって、該電気化学的水素ポンプは、アノード、カソード、および該アノードと該カソードとの間に配置された電解質膜を包含する、ステップ；

該水素ガス混合物を該アノードから該電解質膜に向かわせるステップ；

該水素ガスを該電解質膜を介して該カソードに通過させるステップ；

該非水素の該電解質膜通過を実質的に阻止するステップ；

該カソードから該水素ガスを収集するステップであって、収集された水素ガスは、少なくとも該予め決められた純度の閾値を満たしている、ステップ；および

該収集された水素ガスを第2の量の水素ガス混合物と混合するステップであって、該混合により、少なくとも該予め決められた純度の閾値を満たす純度のレベルを有する第3の量の水素ガス混合物が生産される、ステップを含む、上記方法。

[8] 前記第3の量の水素ガス混合物が前記予め決められた純度の閾値に少なくとも実質的に等しい純度を有することの認定書を提供するステップをさらに含む、[7]に記載の方法。

[9] 前記第3の量の水素ガスを消費者に配送するステップをさらに含む、[7]に記載の方法。

[10] 前記第1の量の水素ガス混合物および前記第2の量の水素ガス混合物が、両方とも最初に水素ガス混合物の供給源から得られ、ここで前記第1の量および前記第2の量

10

20

30

40

50

は、前記第 1 の量が前記電気化学的水素ポンプに導入されるときに分離され、前記第 1 の量および前記第 2 の量は、前記混合によって合流される、[7] に記載の方法。

[1 1] 前記収集された水素ガスは、前記第 2 の量の水素ガス混合物と混合され、前記電解質膜通過が実質的に阻止された前記非水素ガスは、前記第 2 の量の水素ガス混合物と混合されない、[7] に記載の方法。

[1 2] 前記第 2 の量の水素ガス混合物と混合された前記収集された水素ガスが、消費者に配送される、[1 1] に記載の方法。

[1 3] 前記予め決められた純度の閾値が、およそ 9 9 % の水素より高い、[7] に記載の方法。

[1 4] 前記電気化学的水素ポンプが、およそ 2 , 0 0 0 p s i を超える圧力で作動するように設計されている、[7] に記載の方法。

[1 5] 前記電気化学的水素ポンプが、およそ 5 , 0 0 0 p s i を超える圧力で作動するように設計されている、[7] に記載の方法。

[1 6] 前記電気化学的水素ポンプが、およそ 1 0 , 0 0 0 p s i を超える圧力で作動するように設計されている、[7] に記載の方法。

[1 7] 予め決められた純度の閾値を満たす水素ガスを提供する方法であって、
所定量の水素ガスを提供するステップ；
該所定量の水素ガスの第 1 の部分を、電気化学的水素ポンプに方向転換させるステップ
であって、該電気化学的水素ポンプは、アノード、カソード、および該アノードと該カ
ソードとの間に配置された電解質膜を包含する、ステップ；

該水素ガスの第 1 の部分を該アノードから該電解質膜に向かわせるステップ；
該水素ガスの第 1 の部分を該電解質膜を介して該カソードに通過させるステップ；
該第 1 の部分中の非水素の該電解質膜通過を実質的に阻止するステップ；および
該電解質膜を通過した該水素ガスの第 1 の部分を、該電気化学的水素ポンプに方向転換
されなかった水素ガスの第 2 の部分に再導入するステップ
を含む、方法。

[1 8] 前記電気化学的水素ポンプを作動させるのに必要な電圧が、前記電解質膜通過
が実質的に阻止された非水素の量が増加するにつれて増加する、[1 7] に記載の方法。

[1 9] 前記電圧の増加が、前記電解質膜通過が実質的に阻止された前記非水素の量の
関数であり、前記電気化学的水素ポンプが、前記電気化学的水素ポンプに方向転換された
前記水素ガスの第 1 の部分が前記予め決められた純度レベルを下回るかどうかを検出する
ように較正される、[1 8] に記載の方法。

[2 0] 前記電解質膜を通過した前記水素ガスの第 1 の部分と、前記電気化学的水素ポン
プに方向転換されなかった前記水素ガスの第 2 の部分とを消費者に配送するステップを
さらに含む、[1 7] に記載の方法。

[2 1] 前記電気化学的水素ポンプが、制御器をさらに包含し、前記方法が、前記電気
化学的水素ポンプに方向転換された前記水素ガスの第 1 の部分が予め決められた純度レ
ベルを下回ることが該制御器によって検出される場合、水素ガスの前記消費者への配送を止
めるステップをさらに含む、[2 0] に記載の方法。

[2 2] 前記消費者に配送される前記水素ガスが前記予め決められた純度の閾値に少な
くとも実質的に等しい純度を有することの認定書を作成するステップをさらに含む、[2
1] に記載の方法。

[2 3] 前記所定量の水素ガスの前記第 1 の部分の一部を測定デバイスに送るステップ
であって、該測定デバイスは、前記水素ガスの純度レベルを測定するように設計されてい
る、ステップをさらに含む、[1 7] に記載の方法。

[2 4] 前記第 1 の部分の一部が、前記電気化学的水素ポンプの前記アノードから前記
測定デバイスに送られる、[2 3] に記載の方法。

[2 5] 前記電気化学的水素ポンプが、およそ 2 , 0 0 0 p s i を超える圧力で作動す
るように設計されている、[1 7] に記載の方法。

[2 6] 前記電気化学的水素ポンプが、およそ 5 , 0 0 0 p s i を超える圧力で作動す

10

20

30

40

50

るように設計されている、[17]に記載の方法。

[27]前記電気化学的水素ポンプが、およそ10,000 psiを超える圧力で作動するように設計されている、[17]に記載の方法。

[28]予め決められた純度の閾値を満たす水素ガスを提供する方法であって、電気化学的水素ポンプに、水素ガスと非水素ガスとを含有する所定量の水素ガス混合物を導入するステップであって、該電気化学的水素ポンプは、アノード、カソード、および該アノードと該カソードとの間に配置された電解質膜を包含する、ステップ；

該水素ガス混合物を該アノードから該電解質膜に向かわせるステップ；

該水素ガスを該電解質膜を介して該カソードに通過させるステップ；

該非水素ガスの該電解質膜通過を実質的に阻止するステップ；

該カソードから該水素ガスを収集するステップであって、該収集された水素ガスは、少なくとも該予め決められた純度の閾値を満たしている、ステップ；および

該収集された水素ガスが該予め決められた純度の閾値に少なくとも実質的に等しい純度を有することの認定書を提供するステップを含む、上記方法。

10

[29]前記電気化学的水素ポンプが、およそ5,000 psiを超える圧力で作動するように設計されている、[28]に記載の方法。

[30]前記電気化学的水素ポンプが、およそ10,000 psiを超える圧力で作動するように設計されている、[28]に記載の方法。

【符号の説明】

20

【0059】

100 電気化学セル

110 アノード

120 カソード

130 電解質膜、プロトン交換膜 (PEM)

140 膜電極接合体 (MEA)

150、160 バイポーラプレート

210 水素供給元

211、212、221、222 工程

220 電気化学的水素ポンプ (EHP)

230 水素消費者

310 供給元

311、321、322、323、325 工程

320 電気化学的水素ポンプ (EHP)

324 制御器

330 水素消費者

340 純度測定デバイス

410、411、420、421、422、423、430、440 工程

30

【図 1】

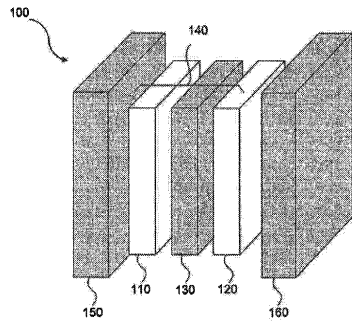
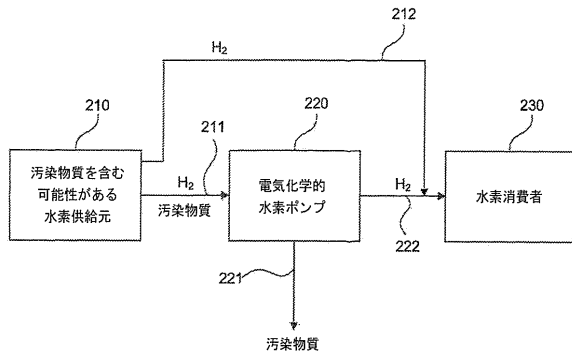
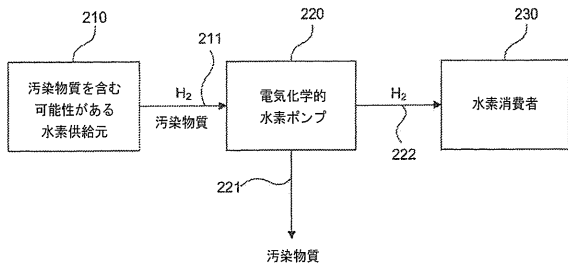


FIG. 1

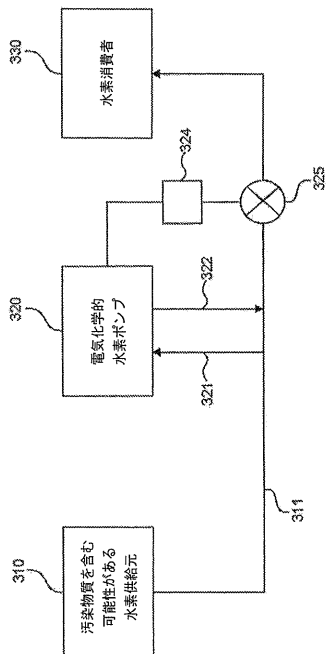
【図 2 B】



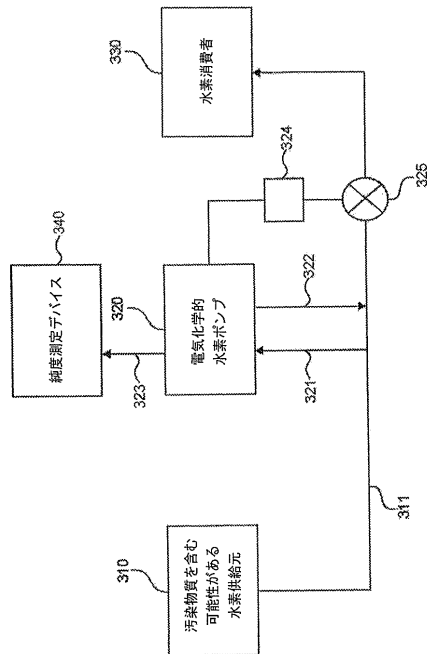
【図 2 A】



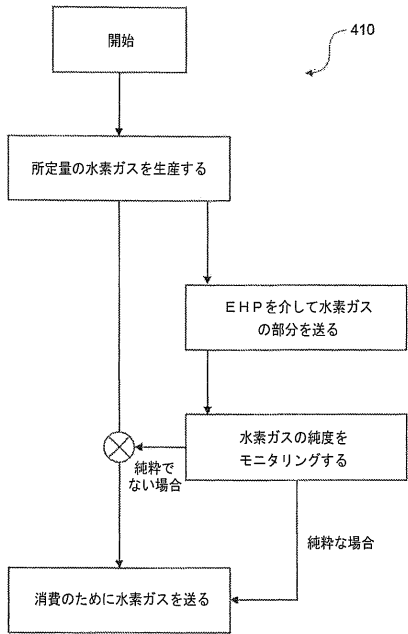
【図 3 A】



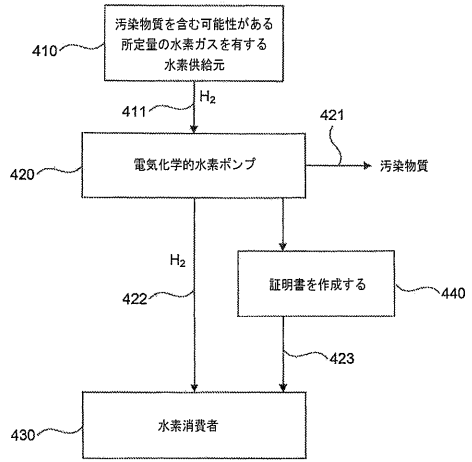
【図 3 B】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(74)代理人 100112634

弁理士 松山 美奈子

(74)代理人 100203769

弁理士 大沢 勇久

(72)発明者 ブランシェ, スコット

アメリカ合衆国マサチューセッツ州01824, チェルムズフォード, チェスナット・ヒル・ロード 43

審査官 廣野 知子

(56)参考文献 特開2009-123432(JP, A)

特開2010-242183(JP, A)

特開2006-019120(JP, A)

特開2004-265032(JP, A)

特開2005-342562(JP, A)

特開2007-209868(JP, A)

特開昭62-007886(JP, A)

特表2008-513336(JP, A)

米国特許出願公開第2007/0246373(US, A1)

米国特許出願公開第2011/0233072(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C01B 3/00 - 6/34

C02F 1/44

B01D 53/22、61/00 - 71/82

H01M 8/04

C25B 1/02