

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7335323号

(P7335323)

(45)発行日 令和5年8月29日(2023.8.29)

(24)登録日 令和5年8月21日(2023.8.21)

(51)国際特許分類

F I

C 0 1 B 3/04 (2006.01)

C 0 1 B 3/04 Z

C 0 1 B 6/21 (2006.01)

C 0 1 B 6/21

H 0 1 M 8/0606(2016.01)

H 0 1 M 8/0606

請求項の数 28 (全23頁)

(21)出願番号	特願2021-506075(P2021-506075)	(73)特許権者	520407769
(86)(22)出願日	平成31年2月15日(2019.2.15)		エレクトリック・グローバル・エナジー
(65)公表番号	特表2021-535056(P2021-535056 A)		・ソリューションズ・リミテッド
(43)公表日	令和3年12月16日(2021.12.16)		イスラエル国 3 9 0 2 6 3 8 カルメル
(86)国際出願番号	PCT/IB2019/000162	(74)代理人	100118902
(87)国際公開番号	WO2020/008251		弁理士 山本 修
(87)国際公開日	令和2年1月9日(2020.1.9)	(74)代理人	100106208
審査請求日	令和4年1月21日(2022.1.21)		弁理士 宮前 徹
(31)優先権主張番号	62/658,635	(74)代理人	100196508
(32)優先日	平成30年4月17日(2018.4.17)		弁理士 松尾 淳一
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	100196597
(31)優先権主張番号	62/723,331		弁理士 横田 晃一
(32)優先日	平成30年8月27日(2018.8.27)	(74)代理人	100120754
	最終頁に続く		弁理士 松田 豊治
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 水素放出のための交換可能なモジュール式デバイス

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

水素液キャリアから水素ガスを生成するためのモジュール式デバイスであって、ハウジングと、

前記水素液キャリアを受容するための少なくとも1つの注入口と、

前記ハウジング内に配置される少なくとも1つのカートリッジであって、前記水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第1の触媒を含む、前記少なくとも1つのカートリッジと、

前記モジュール式デバイスの少なくとも1つの端に配設される少なくとも1つの周縁カートリッジであって、前記水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第2の触媒を含む、前記少なくとも1つの周縁カートリッジと、

前記モジュール式デバイス内に放出される前記水素ガスを排出するための少なくとも1つのガス出口と、

前記水素液キャリアを排出するための少なくとも1つの液体出口とを含む、前記モジュール式デバイス。

【請求項2】

前記少なくとも1つのカートリッジが、

中央支持構造体をさらに含み、前記少なくとも1つの第1の触媒が、前記中央支持構造体に片側に取り付けられる、請求項1に記載のモジュール式デバイス。

【請求項 3】

前記少なくとも 1 つの第 1 の触媒が、複数の触媒を含み、前記少なくとも 1 つのカートリッジが、

中央支持構造体であって、前記複数の触媒のうちの 1 つ目が前記中央支持構造体の第 1 の側に装着され、前記複数の触媒のうちの 2 つ目が前記中央支持構造体の第 2 の側に装着された状態にある、前記中央支持構造体、をさらに含む、請求項 1 に記載のモジュール式デバイス。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つのカートリッジが、前記ハウジングから取り外し可能である、請求項 1 に記載のモジュール式デバイス。

【請求項 5】

前記モジュール式デバイス内に配設される冷却ジャケットをさらに含み、前記冷却ジャケットが、冷却液を含有する、請求項 1 に記載のモジュール式デバイス。

【請求項 6】

前記冷却ジャケットが、前記少なくとも 1 つのカートリッジ内に配設される、請求項 5 に記載のモジュール式デバイス。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つの第 1 の触媒が、伝熱媒体により前記冷却ジャケットに装着される、請求項 5 に記載のモジュール式デバイス。

【請求項 8】

前記少なくとも 1 つのカートリッジが、複数のカートリッジであって、前記注入口から受容される前記水素液キャリアが前記複数のカートリッジ間を流れるように配置される、前記複数のカートリッジを含む、請求項 1 に記載のモジュール式デバイス。

【請求項 9】

前記少なくとも 1 つのカートリッジが、複数のカートリッジを含み、前記モジュール式デバイスが、前記ハウジング内に少なくとも 1 つの水路をさらに含み、前記少なくとも 1 つの水路が、前記注入口からの前記水素液キャリアを前記複数のカートリッジへ分配するように構成される、請求項 1 に記載のモジュール式デバイス。

【請求項 10】

前記少なくとも 1 つの水路が、
前記注入口から前記水素液キャリアを受容するように構成される主流路と、
前記主流路を前記複数のカートリッジ間の空間に接続する複数の分岐と、を含む、請求項 9 に記載のモジュール式デバイス。

【請求項 11】

前記少なくとも 1 つの第 1 の触媒が、
金属構造体と、
前記金属構造体上の触媒コーティングと、を含み、前記コーティングが、
Ni を含む内側層と、
外側触媒層と、を含む、請求項 1 に記載のモジュール式デバイス。

【請求項 12】

前記 Ni を含む内側層が、 $6.3 \sim 25 \mu\text{m}$ の範囲の間の Ra ラフネス値を有する、請求項 11 に記載のモジュール式デバイス。

【請求項 13】

前記金属構造体が、ステンレス鋼を含む、請求項 11 に記載のモジュール式デバイス。

【請求項 14】

前記少なくとも 1 つの第 1 の触媒が、構造充填物構成で配置される、請求項 1 に記載のモジュール式デバイス。

【請求項 15】

水素液キャリアから水素ガスを生成するためのモジュール式デバイスであって、
ハウジングと、

10

20

30

40

50

前記ハウジング内に配置される少なくとも1つの内部カートリッジであって、前記内部カートリッジが、前記水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第1の触媒を含む、前記少なくとも1つの内部カートリッジと、

前記モジュール式デバイスの第1の端において前記ハウジング内に配設される第1の周縁カートリッジ、および前記モジュール式デバイスの第2の端において前記ハウジング内に配設される第2の周縁カートリッジであって、

前記第1の周縁カートリッジが、前記水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第2の触媒を含み、

前記第2の周縁カートリッジが、前記水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第3の触媒を含む、前記第1の周縁カートリッジおよび第2の周縁カートリッジと、

前記モジュール式デバイス内に発生した熱を除去するための冷却システムと、

前記水素液キャリアを受容するための少なくとも1つの燃料注入口と、

前記モジュール式デバイス内に発生した前記水素ガスを排出するための少なくとも1つのガス出口と、

前記水素液キャリアを排出するための少なくとも1つの液体出口とを含む、前記モジュール式デバイス。

【請求項16】

前記少なくとも1つの第1の触媒が、複数の触媒を含み、前記少なくとも1つの内部カートリッジが、

中央支持構造体であって、前記複数の触媒のうちの1つ目が前記中央支持構造体の第1の側に装着され、前記複数の触媒のうちの2つ目が前記中央支持構造体の第2の側に装着された状態にある、前記中央支持構造体、をさらに含む、請求項15に記載のモジュール式デバイス。

【請求項17】

前記冷却システムが、前記少なくとも1つの内部カートリッジ内に配設される冷却ジャケットを含み、前記冷却ジャケットが、冷却液を含有する、請求項15に記載のモジュール式デバイス。

【請求項18】

水素液キャリアから水素ガスを生成するためのモジュール式デバイスであって、

少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジであって、前記積み重ね可能なカートリッジの各々が、

前記水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第1の触媒、および

前記モジュール式デバイスを形成するために、前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジの接合を促進するように構成される1つまたは複数の構造要素を含む、前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジと、

前記水素液キャリアを受容するための少なくとも1つの液体注入口であって、前記少なくとも1つの液体注入口が、前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジのうちの1つまたは複数の配設される、前記少なくとも1つの液体注入口と、

前記モジュール式デバイス内に放出される前記水素ガスを排出するための少なくとも1つのガス出口であって、前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジのうちの1つまたは複数の配設される、前記少なくとも1つのガス出口と、

前記水素液キャリアを排出するための少なくとも1つの液体出口であって、前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジのうちの1つまたは複数の配設される、前記少なくとも1つの液体出口と

を含み、

前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジが、前記モジュール式デバイスの少なくとも1つの端に配設される少なくとも1つの周縁カートリッジであって、前記水素液

10

20

30

40

50

キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第2の触媒を含む、前記少なくとも1つの周縁カートリッジ、を含む、前記モジュール式デバイス。

【請求項19】

前記少なくとも1つの液体注入口が、前記モジュール式デバイスの第2の端よりも前記モジュール式デバイスの第1の端の近くに位置し、

前記少なくとも1つの液体出口が、前記モジュール式デバイスの前記第1の端よりも前記モジュール式デバイスの前記第2の端の近くに位置し、

前記少なくとも1つのガス出口が、前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジのうちの1つまたは複数の上部に配設される、請求項18に記載のモジュール式デバイス。

【請求項20】

前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジの接合を促進するように構成される前記1つまたは複数の構造要素が、整列構造体、戻り止め、または整列した孔のうちの少なくとも1つを含む、請求項18に記載のモジュール式デバイス。

【請求項21】

前記積み重ね可能なカートリッジの間に配設される少なくとも1つのシールをさらに含む、請求項18に記載のモジュール式デバイス。

【請求項22】

前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジが、前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジを通して挿入される少なくとも1つのボルトを使用して、互いと接続するように構成される、請求項18に記載のモジュール式デバイス。

【請求項23】

前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジが、第1および第2の周縁カートリッジを含み、前記第1の周縁カートリッジが、前記モジュール式デバイスの第1の端に配設され、前記第2の周縁カートリッジが、前記モジュール式デバイスの第2の端に配設され、前記第1および第2の周縁カートリッジの前記1つまたは複数の構造要素は、前記モジュール式デバイスに対して内側に向いている前記カートリッジの側にのみ配設される、請求項18に記載のモジュール式デバイス。

【請求項24】

前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジの外部表面および前記少なくとも1つの周縁カートリッジの外部表面が、前記モジュール式デバイスの外部ハウジングを形成する、請求項23に記載のモジュール式デバイス。

【請求項25】

前記第1および第2の周縁カートリッジの各々が、前記水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第2の触媒を含む、請求項23に記載のモジュール式デバイス。

【請求項26】

前記第1の触媒および前記第2の触媒が同じである、請求項25に記載のモジュール式デバイス。

【請求項27】

前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジのうちの前記1つまたは複数の前記少なくとも1つの液体注入口が、前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジのうちの隣接するものの前記少なくとも1つの液体出口と整列するように構成される、請求項21に記載のモジュール式デバイス。

【請求項28】

水素液キャリアから水素ガスを生成するためのモジュール式デバイスの触媒に対して保守を実施するための方法であって、

前記モジュール式デバイスから水素ガスおよび水素液キャリアを抜くステップと、

前記モジュール式デバイスから少なくとも1つのカートリッジを取り外すステップであって、前記カートリッジが、前記水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引

10

20

30

40

50

き起こすように構成される少なくとも1つの触媒を含む、前記ステップと、
保守動作を実施するステップであって、

劣化について前記少なくとも1つの触媒を検査すること、または

前記少なくとも1つの触媒もしくは前記少なくとも1つのカートリッジのうちの少なくとも1つを交換すること、のうちの少なくとも1つを含む、前記ステップとを含む、

前記モジュール式デバイスが、前記モジュール式デバイスの少なくとも1つの端に配設される少なくとも1つの周縁カートリッジであって、前記水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第2の触媒を含む、前記少なくとも1つの周縁カートリッジ、を含む、前記方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願への相互参照

[0001]本発明は、2018年4月17日に出願された米国仮出願第62/658,635号、および2018年8月27日に出願された米国仮出願第62/723,331号の利益を主張するものである。先述の出願の各々は、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

【背景技術】

【0002】

20

[0002]近年、水素は、クリーンエネルギー産生のための魅力的なソースにますますなっている。例えば、水素は、自動車、自転車、航空機、または他の電気ビークルなど、移動性装置のための非常に効率的なゼロ・エミッションエネルギー源を提供し得る。いくつかの水素動力システムは、エネルギー産生のための水素を供給するために貯蔵タンクを利用するが、そのようなシステムは、重量、容積、効率性、安全性、および費用などの技術的懸念を生じさせる。しかしながら、水素燃料電池は、電解酸化反応を通じて燃料電池内のオンデマンドエネルギーの安全な信頼できるソースを提供し得る。例えば、金属ホウ化水素燃料は、比較的高い水素含有量を有するため、水素産生のための魅力的な燃料オプションとなっている。

【0003】

30

[0003]そのようなホウ化水素燃料電池は、多くの場合、酸素と水素の反応を促進するために、水素液キャリアと接触した触媒を必要とする。水素燃料電池技術における大きな障害は、経時的にあまりに早く劣化しない耐久性のある触媒材料を開発することである。触媒選択および設計においては進歩があったが、触媒の耐久性は、多くの場合、燃料電池技術のライフサイクルにおける制限因子である。したがって、大半のシステムでは、触媒が劣化すると、燃料電池の産生性は大きく低減され、また触媒を交換する手だてがない。

【0004】

[0004]したがって、これらの不備の観点から、技術的なソリューションが、触媒の交換を可能にする液体水素ベースの燃料電池のために必要とされる。ソリューションは、有利に、保守サイクル中の触媒の取り外しを可能にすべきである。加えて、燃料電池デバイスは、個々に取り外され得、また必要に応じて交換され得る繰り返しトレイまたはカートリッジを可能にする、モジュール式設計を有するべきである。そのようなデバイスは、デバイスの効率またはオンデマンド水素産生の能力を犠牲にすることなく、交換可能な触媒カートリッジを可能にするべきである。

40

【0005】

[0005]本開示に組み込まれ、またその一部を構成する添付の図面は、様々な開示された実施形態を例証する。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0006】

50

【0001】本開示は、水素液キャリアからの水素ガスの産生のためのモジュール式デバイスに関する。本明細書に開示されるモジュール式デバイスは、いくつかの技術的問題を克服する。典型的な水素産生デバイスにおいては、デバイスのライフサイクルは、触媒の耐久性によって制限され、および、したがって、触媒劣化は、燃料電池技術における大きな障害である。以下で論じられるように、開示されたモジュール式デバイスは、水素産生において使用される触媒を含有する一連のカートリッジを有し得る。これらのカートリッジは、検査または交換されるようにモジュール式デバイスから取り外され得る。さらに、モジュール式デバイスは、費用を削減するため、および保守を促進するために、一連の繰り返し取り替え可能なカートリッジを収容し得る。開示されたモジュール式デバイスにおいて交換可能な均一のカートリッジを使用することにより、水素ガス産生デバイスの効率およびライフサイクルは、劇的に改善され得る。

10

【0007】

【0002】これより、開示された実施形態について詳細に言及し、その例は、添付の図面に例証される。

【0003】1つの態様において、モジュール式デバイスは、ハウジングと、水素液キャリアを受容するための少なくとも1つの注入口と、ハウジング内に配置される少なくとも1つのカートリッジと、モジュール式デバイス内に放出される水素ガスを排出するための少なくとも1つのガス出口とを含み得る。カートリッジは、水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの触媒を含み得る。いくつかの実施形態において、カートリッジは、中央支持構造体であって、触媒が中央支持構造体の片側に取り付けられた状態にある、中央支持構造体を含み得る。他の実施形態において、カートリッジは、中央支持構造体の両側に取り付けられた触媒を有し得る。カートリッジはまた、検査または保守のために、ハウジングから取り外され得る。カートリッジは、注入口から受容される水素液キャリアが複数のカートリッジの間を流れるように配置され得る。

20

【0008】

【0001】モジュール式デバイスは、モジュール式デバイスの少なくとも1つの端に、少なくとも1つの触媒を含む周縁カートリッジ (marginal cartridge) を含み得る。周縁カートリッジはまた、水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される触媒を含み得る。

30

【0009】

【0002】いくつかの実施形態において、モジュール式デバイスはまた、冷却液を含有する冷却ジャケットを含み得る。冷却ジャケットは、カートリッジの中央支持構造体内に配設され得る。触媒は、伝熱ゲルを使用して冷却ジャケットに装着され得る。

【0010】

【0003】モジュール式デバイスは、水素液キャリアを注入口からカートリッジへ分配するように構成されるハウジング内の水路を含み得る。水路は、注入口から水素液キャリアを受容し、燃料を、分岐を通じてカートリッジ間の空間へ分配するように構成される主流路を含み得る。

【0011】

【0004】触媒は、触媒コーティングを有する金属構造体を含み得る。コーティングは、Niを含む内部層、および外部触媒層を含み得る。いくつかの実施形態において、Ni層は、6.3~25 μmの範囲の間のRaラフネス値を有し得る。触媒は、構造充填物構成 (structured packing configuration) で配置され得る。

40

【0012】

【0005】別の実施形態において、モジュール式デバイスは、ハウジングと、ハウジング内に配置される少なくとも1つの内部カートリッジであって、水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第1の触媒を含む、内部カートリッジと、ハウジングの第1の端においてハウジング内に配設される第1の周縁カートリッジおよびハウジングの第2の端においてハウジング内に配設される第2の

50

周縁カートリッジとを含み得る。モジュール式デバイスはまた、モジュール式デバイス内に発生した熱を除去するための冷却システムと、水素液キャリアを受容するための燃料注入口と、モジュール式デバイス内に発生した水素ガスを排出するためのガス出口とを含み得る。第1の周縁カートリッジは、第2の触媒を含み、第2の周縁カートリッジは、第3の触媒を含む。

【0013】

【0006】別の実施形態において、モジュール式デバイスは、少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジであって、積み重ね可能なカートリッジの各々が、水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第1の触媒、およびモジュール式デバイスを形成するために、少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジの接合を促進するように構成される1つまたは複数の構造要素を含む、少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジと、水素液キャリアを受容するための少なくとも1つの液体注入口であって、少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジのうちの1つまたは複数の構造要素に配設される、少なくとも1つの液体注入口と、モジュール式デバイス内に放出される水素ガスを排出するための少なくとも1つのガス出口であって、少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジのうちの1つまたは複数の構造要素に配設される、少なくとも1つのガス出口と、水素液キャリアを排出するための少なくとも1つの液体出口であって、少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジのうちの1つまたは複数の構造要素に配設される、少なくとも1つの液体出口とを含み得る。

【0014】

【0007】モジュール式デバイスは、少なくとも1つの液体注入口が、モジュール式デバイスの第2の端よりもモジュール式デバイスの第1の端の近くに位置し、少なくとも1つの液体出口が、モジュール式デバイスの第1の端よりもモジュール式デバイスの第2の端の近くに位置し、少なくとも1つのガス出口が、少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジのうちの1つまたは複数の構造要素に配設されるように、構成され得る。いくつかの態様において、1つの積み重ね可能なカートリッジの液体注入口は、隣接する積み重ね可能なカートリッジの液体出口と整列するように構成され得る。

【0015】

【0008】モジュール式デバイスは、少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジの接合を促進するように構成される1つまたは複数の構造要素が、整列構造体、戻り止め、または整列した孔のうちの少なくとも1つを含むように、構成され得る。モジュール式デバイスは、積み重ね可能なカートリッジの間に配設される少なくとも1つのシールをさらに備え得る。

【0016】

【0009】1つの態様において、少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジは、第1および第2の周縁カートリッジを含み、第1の周縁カートリッジが、モジュール式デバイスの第1の端に配設され、第2の周縁カートリッジが、モジュール式デバイスの第2の端に配設され、第1および第2の周縁カートリッジの1つまたは複数の構造要素は、モジュール式デバイスに対して内側に向いているカートリッジの側にのみ配設される。

【0017】

【0010】1つの態様において、少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジの外部表面および少なくとも1つの周縁カートリッジの外部表面は、モジュール式デバイスの外部ハウジングを形成し得る。

【0018】

【0011】1つの態様において、第1および第2の周縁カートリッジの各々は、水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第2の触媒を備える。第1の触媒および第2の触媒は同じであってもよい。

【0019】

【0012】別の態様において、モジュール式デバイスの触媒に対して保守を実施するための方法が開示される。本方法は、モジュール式デバイスから水素ガスおよび水素液キャリア

を抜くステップと、モジュール式デバイスのハウジング上の少なくとも1つのアクセスポートを開くステップと、モジュール式デバイスから少なくとも1つのカートリッジを取り外すステップであって、カートリッジが、水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの触媒を含む、ステップと、保守動作を実施するステップであって、劣化について少なくとも1つの触媒を検査すること、または少なくとも1つの触媒もしくは少なくとも1つのカートリッジのうちの少なくとも1つを交換すること、のうちの少なくとも1つを含む、ステップと、を含み得る。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】[0006]カートリッジの取り外しのためのアクセスポートを有する例示的なモジュール式デバイスを示す図である。

10

【図2】[0007]例示的なモジュール式デバイスの断面図である。

【図3】[0008]2つの触媒を有するカートリッジの例示的な実施形態を示す図である。

【図4】[0009]片側に触媒を有する周縁カートリッジの例示的な実施形態を示す図である。

。

【図5】[0010]カートリッジ内に内部冷却ジャケットが配設された状態にあるカートリッジの例示的な実施形態を示す図である。

【図6A】[0011]単一ポート内に燃料が注入された状態にあるハウジングの例示的な実施形態を示す図である。

【図6B】[0012]水素液キャリアの分配のための例示的な水路系を示す図である。

20

【図7】[0013]モジュール式デバイスに対して保守を実施する例示的な方法を示す図である。

【図8】[0014]モジュール式デバイスを動作させるための例示的な方法を示す図である。

【図9A】[0015]積み重ねられた構成にある例示的なモジュール式デバイスを示す図である。

【図9B】[0016]カートリッジブロックが分離された状態にある、積み重ねられた構成にある例示的なモジュール式デバイスを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

[0013]本開示は、水素液キャリアからの水素ガスの産生のためのモジュール式デバイス100に関する。本開示は、モジュール式デバイス100のための構成例を提供するが、本開示の態様は、それらの広義において、開示される特定の実施形態に限定されないということに留意されたい。

30

【0022】

[0014]モジュール式デバイス100は、水素液キャリアを使用して水素を生成し得る。1つの態様において、水素液キャリアは、ホウ化水素カリウム(KBH_4)などの既知のホウ化水素燃料を含み得る。他の態様において、水素液キャリアは、別の形態の金属-ホウ化水素(M^1-BH_4)を含み得る。水素液キャリアは、Electriq Global (EG) E-Fuelなどの市販の液体ホウ化水素であってもよい。本開示は、液体ホウ化水素燃料の例を提供するが、水素の産生に好適な任意の他の水素液キャリアが使用されてもよい。

40

【0023】

[0015]本開示によると、モジュール式デバイス100は、水素のオンデマンドソースを提供するために使用され得る。例えば、水素は、オンデマンド水素産生を必要とする燃料電池システムをサポートするために使用され得る。モジュール式デバイス100は、自動車、トラック、自転車、モペッド、ゴルフカート、または航空機などの電気ビークルに動力供給するための水素を供給するために使用され得る。モジュール式デバイス100はまた、燃料電池動力の電子デバイスのための動力を提供し得る。電子デバイスの例としては、携帯電話もしくは他のモバイルデバイス、ラップトップ、パーソナルコンピュータ、カメラ、ウェアラブル電子デバイス、IoTデバイス、医療デバイス、遠隔制御自動車もし

50

くはドローン、または任意の他の電子デバイスを含み得る。

【0024】

[0016]本開示によると、モジュール式デバイス100は、ハウジング110を含み得る。図1は、例えば、例示的なハウジング110を有するモジュール式デバイス100を例証する。ハウジング110は、一連の内部の取り外し可能なカートリッジを保持するのに好適な任意の様式で構成され得る。いくつかの実施形態において、ハウジングは、全体的に形状が略矩形であり得る。代替的に、ハウジング110は、円筒形容器または他のコンテナを含み得る。水素産生プロセスは、かなりの熱および圧力を必要とし得、したがって、ハウジング110は、これらの高動作条件に耐えるように設計され得る。例えば、ハウジング110は、ステンレス鋼などの金属で構築され得る。いくつかの態様において、ハウジング110は、水素産生プロセスを含有することができる単一の壁を有し得る。他の態様において、ハウジング110は、複数の層または壁を用いて製作され得る。ハウジング110はまた、ハウジングを保護するため、または可能性のある汚染から水素産生反応を隔離するために必要な、外部または内部コーティングを有し得る。ハウジング110が、動作中の燃料または水素ガスの漏出のリスクを低減または除去するためのシールまたは他の機構を含み得ることも想定される。

【0025】

[0017]モジュール式デバイス100はまた、水素液キャリアを受容するための注入口130を含み得る。注入口130については、可能性のある構成がいくつか存在し得る。注入口は、例えば、モジュール式デバイス100のハウジング110から延びる1つまたは複数の管を含み得る。注入口130はまた、燃料源に接続するためのフランジ状またはねじ式の接続部を含み得る。注入口130は、水素液キャリアを受容するためにプロセス配管に直接溶接され得る。注入口130は、モジュール式デバイス100内への燃料流を制御するため、または別途モジュール式デバイス100の使用を促進するために、弁または他の構成要素を含み得る。加えて、注入口130は、モジュール式デバイス100に対する、およびモジュール式デバイス100内へ水素液キャリアを受容するのに好適な、任意の場所に位置し得る。図1に示されるように、例えば、注入口130は、モジュール式デバイス100の底部に位置付けられ得る。

【0026】

[0018]モジュール式デバイス100はまた、モジュール式デバイス100内で産生される水素ガスを排出するためのガス出口140を含み得る。注入口130と同様に、出口140については、可能性のある構成がいくつか存在し得る。例えば、出口140は、産生した水素燃料の受容器（例えば、貯蔵器、電力消費デバイスまたはシステムと関連付けられた1つまたは複数の導管など）に接続するために、フランジ状またはねじ式の接続部を含み得る。出口140はまた、デバイス内で産生される水素を排出するためにプロセス配管に直接溶接され得る。出口140はまた、産生した水素のモジュール式デバイス100から離れる方への輸送を促進するために、弁または他の構成要素を含み得る。図1は、例えば、モジュール式デバイス100の上部に位置付けられる出口140を示す。モジュール式デバイス100の上部に接続出口140を位置付けることは、産生プロセス中に上へ上昇する水素ガスを収集するのに有益であり得る。しかしながら、出口140は、産生した水素をモジュール式デバイスから排出するのに好適な任意の位置に接続され得るということを理解されたい。

【0027】

[0019]モジュール式デバイス100はまた、水素生成プロセスの完了時に使用済みの水素液キャリアをモジュール式デバイスから排出するための液体出口145を含み得る。注入口130と同様に、出口145については、可能性のある構成がいくつか存在し得る。例えば、出口145は、産生した水素燃料の受容器（例えば、貯蔵器、電力消費デバイスまたはシステムと関連付けられた1つまたは複数の導管など）に接続するために、フランジ状またはねじ式の接続部を含み得る。出口145はまた、デバイス内で産生される水素を排出するためにプロセス配管に直接溶接され得る。出口145はまた、産生した水素の

モジュール式デバイス 100 から離れる方への輸送を促進するために、弁または他の構成要素を含み得る。図 1 は、例えば、モジュール式デバイス 100 の底部に位置付けられる出口 145 を示す。しかしながら、出口 145 は、水素液キャリアをモジュール式デバイスから排出するのに好適な任意の位置に接続され得るということを理解されたい。

【0028】

[0020]モジュール式デバイス 100 はまた、ハウジング 110 内に配置される少なくとも 1 つのカートリッジ 120 を含み得る。カートリッジ 120 は、少なくとも 1 つの触媒 160 を含むように構成され得る。触媒 160 は、上に論じられるように、水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスを産生するように構成され得る。触媒 160 は、ねじ、ボルト、クランプ、クリップ、係止機構、溶接、接着剤、または任意の他の手段によって、カートリッジに装着され得る。触媒 160 は、水素液キャリアと接触した水素ガスの産生に好適な任意の様式で構成され得る。例えば、いくつかの場合では、触媒は、平面構成を有し得る。他の場合では、図 1 に示されるように、触媒 160 は、略平面構成を有し得るが、表面特徴が、触媒と関連付けられた表面積を増加させるように構成されている（例えば、起伏のある表面、ファセット化された表面、粗面など）。触媒 160 はまた、例えば、モジュール式デバイス 100 内の水素液キャリアの流れを促すため、または表面積を最大限にするために、様々な他の形状で構成され得る。いくつかの実施形態において、触媒 160 は、波形シートまたはメッシュとして構成され得る。他の実施形態において、触媒 160 は、ハニカム、ガーゼ、ニット、シート金属、グリッド、または他の構造充填物構成など、構造充填物構成で配置され得る。他の実施形態において、触媒 160 は、球体または管状構造体を含み得る。

【0029】

[0021]本開示によると、触媒は、金属構造体、および金属構造体上の触媒コーティングを含み得る。コーティングは、水素液キャリアと接触したときに水素の産生を促進するのに好適な任意の材料を含み得る。例えば、コーティングは、Ni を含む層を含み得る。いくつかの場合では、コーティングは、内側層の上に配設される外側層を含み得る。外側層は、水素産生プロセスに対して触媒的である構成要素を含み得る。いくつかの実施形態において、外側層は、III 族金属（例えば、コバルト-P、コバルト-B、コバルト-Ni, P、およびコバルト-NiB）を含み得る。本開示は、Ni ベースのコーティングを有する触媒の例を提供するが、本開示の態様は、それらの広義において、触媒の任意の特定の組成または構造に限定されないということに留意されたい。

【0030】

[0022]いくつかの実施形態において、触媒の金属構造体は、ステンレス鋼からなり得る。金属構造体上の触媒コーティング（例えば、Ni ベースのコーティング）は、触媒材料と水素液キャリアとの相互作用を促進し得る特定のラフネス値またはラフネス値の範囲を含み得る。いくつかの実施形態において、Ni 層を含む触媒コーティングは、ラフネス平均（Ra: Roughness Average）として計算される $6.3 \sim 25 \mu\text{m}$ の間のラフネス値を有し得る。本開示は、例示的なラフネス値の例を提供するが、本開示の態様は、それらの広義において、これらの特定の値に限定されないということに留意されたい。

【0031】

[0023]いくつかの実施形態において、モジュール式デバイス 100 は、複数のカートリッジを保持し得る。図 2 は、例えば、互いに平行に配列される複数のカートリッジ 120 を有するモジュール式デバイス 100 を示す。カートリッジ 210 は、モジュール式デバイスからの取り外しを可能にする任意の様式で構成され得る。例えば、カートリッジ 120 は、円形ディスクとして構成され得るか、または、六角形もしくは八角形などの他の幾何形状に基づき得る。カートリッジ 120 は、図 1 では垂直配置で示される。カートリッジ 120 は、水平または斜めなど、任意の他の好適な構成で配置され得るということを理解されたい。

【0032】

[0024]本開示によると、モジュール式デバイスはまた、“積み重ねられた”または“ブロック化された”構成で配置され得る。この構成では、モジュール式デバイスは、別個の外部ハウジングを含まなくてもよいが、代わりに、直列に接続された複数の積み重ね可能なカートリッジブロックから形成され得る。積み重ね可能なカートリッジブロックの外縁は、モジュール式デバイスのための外部ハウジングを形成し得る。この実施形態では、モジュール式デバイスのサイズは、デバイスを形成するために積み重ねられるカートリッジブロックの数に依存する。この実施形態は、モジュール式デバイスが用途（例えば、動力供給されるデバイスのサイズ、動力供給されるデバイスのタイプ、必要とされる水素の量など）に応じてスケールリングされることを可能にすることによって、水素ガス産生のさらなる柔軟性を可能にする。図9Aは、積み重ねられた構成にある一連のカートリッジブロック910を備える例示的なモジュール式デバイス100を示す。カートリッジブロック910は、例えば、他のカートリッジに直列で接続するように構成される、上に説明されるようなカートリッジ120であってもよい。カートリッジ120に対するいかなる言及も、モジュール式デバイスが積み重ね可能な構成で構成されるときには、カートリッジブロック910も説明し得るということを理解されたい。

【0033】

[0025]カートリッジブロックは、様々な異なるやり方で互いと接続するように構成され得る。例えば、カートリッジブロックは、カートリッジブロック910を通して配設される、植込ボルトなどの、少なくとも1つのねじ棒911によって結合され得る。カートリッジブロック910は、例えば、他のカートリッジブロックの隣に置かれるときに整列するいくつかの孔を備える。ねじ棒911は、カートリッジを通して挿入され、ナットまたは他の留め具を使用して両端において締め付けられ得る。プレートまたはワッシャ912もまた、ねじ棒911に配設され得る。カートリッジブロックを互いに接続する様々な他の方法（例えば、クランプ、ねじ、ボルト、係止機構など）が使用され得ることが予期される。カートリッジブロックは、様々な方法（例えば、整列構造体、戻り止め、または整列した孔）により隣接するカートリッジブロックと整列するようにさらに構成され得る。別個のコネクタがカートリッジブロックの各々の間に配設され得ることがさらに予期される。

【0034】

[0026]積み重ねられた構成にあるモジュール式デバイスは、モジュール式デバイスを包囲するために各端に配設される周縁ブロックを含み得る。周縁ブロックの外表面は、カートリッジブロックの外表面／縁と組み合わせて、モジュール式デバイスの外部ハウジングを形成し得る。例えば、図9Bは、周縁ブロック910を含むモジュール式デバイス100を示す。周縁ブロック920は、触媒も収容し得る。例えば、周縁ブロック920は、片側がカートリッジブロックに接続するように構成される、以下に詳細に説明される周縁カートリッジ420であってもよい。周縁カートリッジは、上に説明されるように隣接するカートリッジブロックと接続および／または整列するように構成され得る。周縁カートリッジ420に対するいかなる言及も、周縁ブロック920も説明し得るということを理解されたい。例えば、モジュール式デバイスの両端においてカートリッジブロックに接続される終板またはキャップを使用することなど、様々な他の方法が、モジュール式デバイスを包囲するために使用され得る。代替的に、カートリッジブロック910は、終板または周縁ブロック920が必要とされないように、自己完結型であってもよい。例えば、カートリッジブロック910は、触媒が完全に包囲されるように構成され得る。この実施形態では、流れは、カートリッジブロックの内側の流路もしくは管を通じて、またはブロックに接続される外部マニホールドを通じて、モジュール式デバイス内を進路変更され得る。

【0035】

[0027]積み重ねられた構成では、モジュール式デバイスの注入口および出口は、カートリッジブロックまたは周縁カートリッジブロックのうちの1つまたは複数に配設され得る。図9Aに示されるように、注入口130および出口140は、1つの周縁ブロックに配設され得、出口145が、モジュール式デバイスの反対の端にある周縁ブロックに配設さ

れる。カートリッジブロックは、水素液キャリアが1つの周縁ブロックから他の周縁ブロックへとカートリッジブロックを通して流れるように構成され得る。例えば、各カートリッジブロックは、1つのカートリッジブロックの注入口が、接続されるときに、隣接するカートリッジブロックの出口と整列するように構成されるように、注入口および出口を含有し得る。代替的に、カートリッジブロックは、カートリッジブロックを通して、隣接するカートリッジブロック内へ入る流れを方向付けるために内部プレートを有し得る。

【0036】

【0028】他の実施形態において、モジュール式デバイスのすべての出口および注入口は、単一のカートリッジブロックに、またはいくつかのブロックにわたって、配設され得る。例えば、注入口および出口は、カートリッジブロックの各々に含まれ、マニホールドまたは他のシステムを介して接続され得る。注入口および出口はまた、カートリッジブロックのうちのいくつかにおける注入口および出口のみが使用されるように、例えば弁を使用して、ブロックのうちのいくつかでは閉じられ得る。上に説明されるように、注入口および出口ポートは、図9Aでは垂直構成で示されるが、それらは、様々な配向または設置場所で配置され得る。他の様々な構成が、水素液キャリアの流れがモジュール式デバイスを出入りすることを可能にするため、水素ガスが排出されることを可能にするために使用され得る。

【0037】

【0029】モジュール式デバイス100はまた、カートリッジブロック910および／または周縁ブロック920の各々の間に配設される、ガスケット930または他の密閉デバイスなどの少なくとも1つのシールを含み得る。シール930は、水素液キャリア、水素ガス、または他のプロセス流体が、モジュール式デバイスの動作中に漏出しないことを確実にし得る。ガスケット930はまた、カートリッジブロック910、周縁ブロック920、または終板もしくはキャップに、一体形成され得るか、または接続され得る。

【0038】

【0030】本開示の実施形態によると、カートリッジ120はまた、剛性の中央支持構造体を含み得、この支持構造体の側面に少なくとも1つの触媒が装着されている。例えば、カートリッジは、中央支持構造体320の両側に1つの触媒が装着されて、2つの触媒を保持するように構成され得る。図3は、触媒が支持構造体320の両側に装着された状態の例示的なカートリッジ120を示す。カートリッジ120は、水素液キャリアとカートリッジに配設される触媒との接触を促進するのに好適な任意の構成で配置され得る。いくつかの実施形態において、カートリッジは、両側に触媒が装着された状態にある、矩形で形成され得る。他の実施形態において、カートリッジは、中央支持構造体320なしで、上部および底部においてカートリッジに接続される一連の触媒を収容し得る。

【0039】

【0031】図3は、“I”状の構成にある中央支持構造体320を示すが、中央支持構造体320は、任意の他の好適な構成を有し得るということを理解されたい。例えば、支持構造体320は、円形ディスク、球体として、または六角形もしくは八角形などの幾何形状で、構成され得る。

【0040】

【0032】いくつかの例示的な実施形態において、カートリッジ120は、モジュール式デバイス100およびハウジング110から取り外し可能であり得る。カートリッジ120は、カートリッジ120と関連付けられた構造体を検査するために取り外され得る。例えば、定期保守の間、触媒160は、モジュール式デバイス100からカートリッジ120を取り外すことによって、検査され得る。例えば、カートリッジ120は、カートリッジに対する損傷または摩耗について検査され得る。触媒160はまた、水素産生の減少をもたらし得る劣化の兆候について検査され得る。カートリッジ120または触媒160はまた、動作を継続するために、別のカートリッジ120または触媒160と交換され得る。図1は、カートリッジ120の取り外しを可能にする例示的なハウジングを示す。図1は、各カートリッジの取り外しのための一連のアクセスポート150を有するハウジング1

10を示すが、カートリッジの取り外しのための他の手段が提供され得ることが企図される。例えば、ハウジング110は、すべてのカートリッジへのアクセスを提供する単一のアクセスポートを有し得る。アクセスポート150は、ドアまたは取り外し可能なパネルなど、閉鎖機構を含み得る。他の実施形態において、ハウジング110は、カートリッジの取り外しを可能にするために、モジュール式デバイス100から取り外し可能であり得る。ハウジング110またはモジュール式デバイス100はまた、カートリッジ120の取り外しを促進するために、トラック、ローラ、ベアリング、またはガイドを有し得る。モジュール式デバイス100はまた、動作中にカートリッジ120を適所に保持するための機構（すなわち、クリップ、ロック、ボルト、ねじ、クランプなど）を有し得る。

【0041】

【0033】他のカートリッジ構造体が、開示されたモジュール式デバイスと併せて使用され得る。例えば、図4は、別のカートリッジ400の例を示す。この実施形態では、カートリッジ400は、ハウジングの各端への設置のために設計される周縁カートリッジを含む。例えば、周縁カートリッジ420は、ハウジング110の内側を向いているカートリッジの片側のみに装着される触媒を有し得る。周縁カートリッジ420の触媒は、カートリッジ120の触媒と同じであるか、または異なってもよい。図4は、例示的な周縁カートリッジ420を示す。図4は、1つの触媒のみを示すが、周縁カートリッジが複数の触媒を保持するように構成され得ることが想定される。例えば、周縁カートリッジ420は、カートリッジの片側に接続されて上部もしくは底部において適所に保持される2つ以上の触媒を含み得るか、または触媒の間の水素液キャリアの流れを可能にするような別の様式で含み得る。いくつかの実施形態において、周縁カートリッジ420は、例えば、片側からのみ水素液キャリアを受容するために、モジュール式デバイスの端への設置のために特に構成され得る。

【0042】

【0034】本開示によるモジュール式デバイスはまた、モジュール式デバイス内に配設される1つまたは複数の冷却ジャケットを含み得る。冷却ジャケットは、水素生成プロセス中に発生した熱を放散するために使用され得る。冷却ジャケットは、ジャケット内に配設される液体を含み得る。いくつかの実施形態において、冷却ジャケットは、熱分散を促すために冷却液を含有し得る。冷却液は、水、グリコール、または何らかの他のガスもしくは液体冷却剤、またはそれらの組み合わせからなり得る。冷却ジャケットは、伝熱を促すために、ジャケットの内側にいくつかのフィンまたはバッフルを含有し得る。代替的に、冷却ジャケットは、シェルアンドチューブ熱交換器、または他の既知の伝熱デバイスであってもよい。冷却ジャケットは、様々な代替の構造体によってモジュール式デバイス内に含まれ得る。冷却ジャケットは、例えば、ハウジングの内壁に沿って置かれ得る。代替的に、冷却ジャケットは、カートリッジ160の間、またはそれに沿って、置かれ得る。

【0043】

【0035】冷却ジャケットはまた、少なくとも1つのカートリッジ内に配設され得る。各カートリッジは、カートリッジに対して内側に専用の冷却ジャケットを有し得る。これは、水素産生プロセス中に発生した熱がカートリッジ120を通して放散されることを可能にする。例として、図5は、一体式の冷却ジャケットを有する例示的なカートリッジを示す。この例では、カートリッジ500は、中央支持構造体520を有する。冷却ジャケット510は、中央支持構造体520内の腔として一体化される。カートリッジ500はまた、冷却液530の循環のための注入口540および出口550を含み得る。上に論じられるように、冷却ジャケット510は、伝熱を促すために、バッフル、フィン、または何らかの他の構造体をさらに含み得る。

【0044】

【0036】本開示の実施形態によると、少なくとも1つの触媒は、伝熱ゲルにより冷却ジャケットに装着され得る。例として、図5は、一体式の冷却ジャケット510を有するカートリッジ500を示す。触媒160は、中央支持構造体520に装着され、伝熱ゲル535は、伝熱を促すために、触媒160と冷却ジャケット510との間に配設される。触媒

１６０、中央支持構造体５２０、および冷却ジャケット５１０の他の構成が想定され、図５に示されるカートリッジは、単に例として提供されるということに留意されたい。

【００４５】

【００３７】いくつかの例示的な実施形態において、モジュール式デバイス１００は、注入口から受容される燃料が複数のカートリッジの間を流れるように配置される複数のカートリッジまたはカートリッジブロックを保持し得る。例えば、燃料は、注入口１３０から受容され、ハウジング１１０内へ向けられ得る。燃料は、単一の点または複数の場所において、ハウジング１１０に入り得る。カートリッジ１２０は、水素液キャリアがカートリッジの間を流れてデバイスにわたって広がり、すべての触媒１６０に接触するように配置され得る。図６Ａは、燃料が単一ポート６０５において注入される、例示的なモジュール式デバイスを示す。燃料は、カートリッジ１２０の間を流れて、水素液キャリアがカートリッジに装着される各触媒１６０に接触することを可能にし得る。図６Ａにおける配置は、単に例のために提供され、他の実施形態が想定される。例えば、燃料は、２つ以上の場所で注入されて、カートリッジの間で分散され得る。

【００４６】

【００３８】他の実施形態において、モジュール式デバイス１００は、モジュール式デバイス内の１つまたは複数の水路をさらに含み得る。水路は、注入口からの水素液キャリアを複数のカートリッジへ分配するように構成され得る。カートリッジの各々の間で水素液キャリアを分配することは、触媒にわたる水素生成の分配を促進し得る。いくつかの場合では、カートリッジ間での水素液キャリアの分配は、触媒間での水素の均一またはほぼ均一の生成を可能にし得る。そのような分配は、様々な代替の構造体によって達成され得る。１つの態様において、水路または水路系は、ハウジング１１０内へ一体的に形成され得る。水路は、例えば、他の製造プロセスによって、直接ハウジング１１０内へ機械加工または形成され得る。別の態様において、水路は、モジュール式デバイス１００内に配設されるプレートまたはマニホールドなど、別個の構造体内へ形成され得る。燃料はまた、モジュール式デバイス１００内の管、配管、流路、または他の内部構造体を通じて分配され得る。例えば、水素液キャリアは、一方の側にある周縁カートリッジ（または周縁カートリッジブロック）における燃料注入口を通して注入され、次いで、内部流路を介して、使用済みの水素液キャリアが排出されるデバイスの反対端にある周縁カートリッジ（または周縁カートリッジブロック）へ向かって、順次に触媒プレートの各々を通して流れ得る。

【００４７】

【００３９】図６ｂは、複数のカートリッジ間で水素液キャリアを分配するための複数の水路を含む例示的なデバイス構成を示す。例示的な開示された実施形態によると、燃料を分配するための水路は、注入口から水素液キャリアを受容するように構成される主流路と、主流路を複数のカートリッジ間の空間に接続する複数の分岐とを含み得る。例えば、図６ｂは、モジュール式デバイス１００内に配設される構造体６３０を示す。構造体６３０は、注入口１３０介して下から燃料を受容するように構成される。構造体６３０は、モジュール式デバイス１００にわたる燃料の分配のための主流路６１５を有する。構造体６３０はまた、主流路６１５から生じる複数の横分岐６４０を有する。横分岐６４０は、均一の分配を促すために、水素液キャリアをカートリッジ１２０の各々の間へ向ける。

【００４８】

【００４０】いくつかの実施形態において、水素液キャリアは、モジュール式デバイス１００内へ噴霧され得る。他の実施形態において、水素液キャリアは、触媒を水素液キャリアに浸漬させるために、モジュール式デバイス１００内へ流れ得る。いくつかの実施形態において、燃料は、ハウジング１１０内を自然に流れ得る。他の実施形態において、水素液キャリアは、ハウジング１１０内を循環することを強いられ得る。例えば、モジュール式デバイス１００は、カートリッジの間で燃料を循環させるためのポンプまたは他の手段を含み得る。

【００４９】

【００４１】図７は、モジュール式デバイスに対して保守を実施する例示的な方法を例証する

。ステップ 710 において、水素抽出プロセスの動作は、水素液キャリアのすべてが除去または消耗されると終了される。1つの態様において、モジュール式デバイスの動作は、手動で終了され得る。例えば、モジュール式デバイスのオペレータは、デバイスのシャットダウンを開始し得る。他の態様において、動作の終了は、自動プロセスにより発生し得る。例えば、動作の終了は、モジュール式デバイス 100 を制御するように構成されるコンピュータによって開始され得る。終了はまた、動力産生のためにモジュール式デバイス 100 を使用する電子デバイスによって開始され得る。ステップ 710 は、弁を閉めること、または、ポンプ、熱交換器、ファン、ヒータ、もしくは他の関連設備をシャットダウンすることなど、いくつかの副ステップを含み得ることが想定される。

【0050】

[0042]いかなる残りの水素および水素液キャリアも、ステップ 720 において、モジュール式デバイスから抜かれ得る。モジュール式デバイス 720 は、カートリッジが安全にアクセスされ得ることを確実にするために、完全に空にされ得る。ステップ 720 は、モジュール式デバイス 100 内に提供される排液管を通じて水素液キャリアを排液することを含み得る。いくつかのセンサまたは他のモニタリングデバイスが、モジュール式デバイス 100 が開くのに安全であることを確実にするために使用され得る。

【0051】

[0043]次に、モジュール式デバイス 100 が外部ハウジングを含む場合、ステップ 730 に示されるように、ハウジング内のカートリッジアクセスパネルが、カートリッジ 120 へアクセスするために開かれ得る。アクセスパネルは、図 1 に示されるようなアクセスポート 150 を含み得る。上に説明されるように、開示された発明のいくつかの態様において、アクセスパネルは、単一のカートリッジへのアクセスを提供し得る。この例では、単一のカートリッジがアクセスされ得、残りのカートリッジは現状のままである。他の態様において、アクセスパネルは、複数のカートリッジまたはカートリッジのすべてへのアクセスを提供し得る。代替的に、モジュール式デバイス 100 が、上に説明されるように、積み重ねられた構成にある場合、カートリッジブロックは、ステップ 735 において、互いから切り離され得る。次いで、カートリッジ 120 は、他のカートリッジまたはカートリッジブロックから取り外され得る。カートリッジ 120 が例として言及されるが、方法 700 および図 7 に説明される手順は、他のカートリッジ構成にも当てはまり得るということを理解されたい。例えば、方法 700 は、図 4 に示されるような周縁カートリッジ 420 など、周縁カートリッジに当てはまり得る。方法 700 は、図 5 に示されるようなカートリッジ 500 など、内部冷却ジャケットを有するカートリッジにも当てはまり得る。

【0052】

[0044]ステップ 740 において、カートリッジ 120 または触媒 160 は、上に論じられるように、取り外され得る、および／または検査され得る。例えば、カートリッジ 160 は、損傷もしくは摩耗について、または任意の他の保守目的のために、検査され得る。触媒 160 は、水素産生プロセス中に発生し得る劣化について調査され得る。カートリッジ 120 および触媒 160 はまた、清浄のために取り外され得る。いくつかの実施形態において、ステップ 740 は、カートリッジ 120 もしくは触媒 160、または両方を交換することを含み得る。

【0053】

[0045]ステップ 750 において、カートリッジアクセスパネルは閉じられる。このステップは、シールがハウジング 110 内に作成されることを確実にすることなど、他の副ステップを含み得ることが想定される。ステップ 750 はまた、例えば、ねじ、ボルト、ラッチ、クリップ、クランプ、ロック、または他の機械的閉鎖デバイスを使用して、アクセスパネルを機械的に閉じることを必要とし得る。

【0054】

[0046]ステップ 760 において、水素生成プロセスの動作は、再開され得る。これは、開くステップ 710 に関して説明される追加ステップの逆の手順を含み得る。ステップ 760 はまた、モジュール式デバイス 100 の動作が再開され得ることを確実にするために

安全手順を含み得る。

【0055】

[0047]図8は、モジュール式水素産生デバイスを動作させるための例示的な方法を例証する。ステップ810において、水素液キャリア（例えば、水素ベースの水素液キャリア）は、モジュール式デバイス100内へ圧送され得る。上に論じられるように、水素液キャリアは、ホウ化水素カリウム（ KBH_4 ）などのホウ化水素燃料を含み得る。他の態様において、水素液キャリアは、別の形態の金属-ホウ化水素（ M^1-BH_4 ）を含み得る。水素液キャリアは、Electric Global (EG) E-Fuelなどの市販の液体ホウ化水素であってもよい。水素液キャリアは、注入口130より受容され得る。

【0056】

[0048]ステップ820において、水素液キャリアは、カートリッジ120の間で分配される。開示された発明のいくつかの態様において、水素液キャリアは、単一の点または複数の場所において、ハウジング110に入り得、図6Aに示されるように、カートリッジ120の間を流れ得る。他の態様において、水素液キャリアは、図6Bに示されるようにカートリッジの間に分配され得る。

【0057】

[0049]ステップ830において、水素ガスは、水素液キャリアが触媒160と接触した結果として生成される。これは、触媒と接触した液体ホウ化水素燃料を使用した水素ガスの産生のためのプロセスを含む、様々な代替のプロセスによって達成され得る。ステップ830中に生成される水素ガスは、ステップ840において、モジュール式デバイスから排出され得る。水素ガスは、図100に示されるように出口140より排出され得る。水素ガスは、電子ビークルまたは上に説明されるようなデバイスに動力供給するための燃料電池を供給するために使用され得る。

【0058】

[0050]本開示のいくつかの態様が上に論じられた。例えば、図面のうちの任意の1つまたは複数に関して、上に論じられた、特徴、態様、特性、構造などの任意の実現可能な組み合わせは、本開示の部分と見なされて実施され得ることに留意されたい。それらの実現可能な組み合わせのいくつかは、開示の簡潔さおよび簡明さなどの理由のために、詳細には論じられていないが、それにもかかわらず本開示の一部であり、上記開示の観点で当業者に提示されるものとする。

本発明の具体的態様は以下のとおりである。

[態様1]

水素液キャリアから水素ガスを生成するためのモジュール式デバイスであって、
ハウジングと、
前記水素液キャリアを受容するための少なくとも1つの注入口と、
前記ハウジング内に配置される少なくとも1つのカートリッジであって、前記水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第1の触媒を含む、前記少なくとも1つのカートリッジと、
前記モジュール式デバイス内に放出される前記水素ガスを排出するための少なくとも1つのガス出口と、
前記水素液キャリアを排出するための少なくとも1つの液体出口と
を含む、前記モジュール式デバイス。

[態様2]

前記少なくとも1つのカートリッジが、
中央支持構造体をさらに含み、前記少なくとも1つの触媒が、前記中央支持構造体に片側に取り付けられる、態様1に記載のモジュール式デバイス。

[態様3]

前記少なくとも1つの触媒が、複数の触媒を含み、前記少なくとも1つのカートリッジが、
中央支持構造体であって、前記複数の触媒のうちの1つ目が前記中央支持構造体の第1

10

20

30

40

50

の側に装着され、前記複数の触媒のうちの２つ目が前記中央支持構造体の第２の側に装着された状態にある、前記中央支持構造体、をさらに含む、態様１に記載のモジュール式デバイス。

[態様４]

前記少なくとも１つのカートリッジが、前記ハウジングから取り外し可能である、態様１に記載のモジュール式デバイス。

[態様５]

前記モジュール式デバイスの少なくとも１つの端に配設される周縁カートリッジであって、前記水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも１つの第２の触媒を含む、前記周縁カートリッジ、をさらに含む、態様１に記載のモジュール式デバイス。

10

[態様６]

前記モジュール式デバイス内に配設される冷却ジャケットをさらに含み、前記冷却ジャケットが、冷却液を含有する、態様１に記載のモジュール式デバイス。

[態様７]

前記冷却ジャケットが、前記少なくとも１つのカートリッジ内に配設される、態様６に記載のモジュール式デバイス。

[態様８]

前記少なくとも１つの触媒が、伝熱媒体により前記冷却ジャケットに装着される、態様６に記載のモジュール式デバイス。

20

[態様９]

前記少なくとも１つのカートリッジが、複数のカートリッジであって、前記注入口から受容される前記水素液キャリアが前記複数のカートリッジ間を流れるように配置される、前記複数のカートリッジを含む、態様１に記載のモジュール式デバイス。

[態様１０]

前記少なくとも１つのカートリッジが、複数のカートリッジを含み、前記モジュール式デバイスが、前記ハウジング内に少なくとも１つの水路をさらに含み、前記少なくとも１つの水路が、前記注入口からの前記水素液キャリアを前記複数のカートリッジへ分配するように構成される、態様１に記載のモジュール式デバイス。

[態様１１]

前記少なくとも１つの水路が、
前記注入口から前記水素液キャリアを受容するように構成される主流路と、
前記主流路を前記複数のカートリッジ間の空間に接続する複数の分岐と、を含む、態様１０に記載のモジュール式デバイス。

30

[態様１２]

前記少なくとも１つの触媒が、
金属構造体と、
前記金属構造体上の触媒コーティングと、を含み、前記コーティングが、
N iを含む内側層と、
外側触媒層と、を含む、態様１に記載のモジュール式デバイス。

40

[態様１３]

前記N i層が、 $6.3 \sim 25 \mu\text{m}$ の範囲の間のRaラフネス値を有する、態様１２に記載のモジュール式デバイス。

[態様１４]

前記金属構造体が、ステンレス鋼を含む、態様１２に記載のモジュール式デバイス。

[態様１５]

前記少なくとも１つの触媒が、構造充填物構成で配置される、態様１に記載のモジュール式デバイス。

[態様１６]

水素液キャリアから水素ガスを生成するためのモジュール式デバイスであって、

50

ハウジングと、

前記ハウジング内に配置される少なくとも1つの内部カートリッジであって、前記内部カートリッジが、前記水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第1の触媒を含む、前記少なくとも1つの内部カートリッジと、

前記モジュール式デバイスの第1の端において前記ハウジング内に配設される第1の周縁カートリッジ、および前記モジュール式デバイスの第2の端において前記ハウジング内に配設される第2の周縁カートリッジであって、

前記第1の周縁カートリッジが、前記水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第2の触媒を含み、

前記第2の周縁カートリッジが、前記水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第3の触媒を含む、前記第1の周縁カートリッジおよび第2の周縁カートリッジと、

前記モジュール式デバイス内に発生した熱を除去するための冷却システムと、

前記水素液キャリアを受容するための少なくとも1つの燃料注入口と、

前記モジュール式デバイス内に発生した前記水素ガスを排出するための少なくとも1つのガス出口と、

前記水素液キャリアを排出するための少なくとも1つの液体出口とを含む、前記モジュール式デバイス。

[態様17]

前記少なくとも1つの触媒が、複数の触媒を含み、前記少なくとも1つの内部カートリッジが、

中央支持構造体であって、前記複数の触媒のうちの1つ目が前記中央支持構造体の第1の側に装着され、前記複数の触媒のうちの2つ目が前記中央支持構造体の第2の側に装着された状態にある、前記中央支持構造体、をさらに含む、態様16に記載のモジュール式デバイス。

[態様18]

前記冷却システムが、前記少なくとも1つの内部カートリッジ内に配設される冷却ジャケットを含み、前記冷却ジャケットが、冷却液を含有する、態様16に記載のモジュール式デバイス。

[態様19]

水素液キャリアから水素ガスを生成するためのモジュール式デバイスであって、

少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジであって、前記積み重ね可能なカートリッジの各々が、

前記水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第1の触媒、および

前記モジュール式デバイスを形成するために、前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジの接合を促進するように構成される1つまたは複数の構造要素を含む、前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジと、

前記水素液キャリアを受容するための少なくとも1つの液体注入口であって、前記少なくとも1つの液体注入口が、前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジのうちの1つまたは複数のに配設される、前記少なくとも1つの液体注入口と、

前記モジュール式デバイス内に放出される前記水素ガスを排出するための少なくとも1つのガス出口であって、前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジのうちの1つまたは複数のに配設される、前記少なくとも1つのガス出口と、

前記水素液キャリアを排出するための少なくとも1つの液体出口であって、前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジのうちの1つまたは複数のに配設される、前記少なくとも1つの液体出口と

を含む、前記モジュール式デバイス。

[態様20]

前記少なくとも1つの液体注入口が、前記モジュール式デバイスの第2の端よりも前記モジュール式デバイスの第1の端の近くに位置し、

前記少なくとも1つの液体出口が、前記モジュール式デバイスの前記第1の端よりも前記モジュール式デバイスの前記第2の端の近くに位置し、

前記少なくとも1つのガス出口が、前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジのうちの1つまたは複数の上部に配設される、態様19に記載のモジュール式デバイス。

[態様21]

前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジの接合を促進するように構成される前記1つまたは複数の構造要素が、整列構造体、戻り止め、または整列した孔のうちの少なくとも1つを含む、態様19に記載のモジュール式デバイス。

[態様22]

前記積み重ね可能なカートリッジの間に配設される少なくとも1つのシールをさらに含む、態様19に記載のモジュール式デバイス。

[態様23]

前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジが、前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジを通して挿入される少なくとも1つのボルトを使用して、互いと接続するように構成される、態様19に記載のモジュール式デバイス。

[態様24]

前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジが、第1および第2の周縁カートリッジを含み、前記第1の周縁カートリッジが、前記モジュール式デバイスの第1の端に配設され、前記第2の周縁カートリッジが、前記モジュール式デバイスの第2の端に配設され、前記第1および第2の周縁カートリッジの前記1つまたは複数の構造要素は、前記モジュール式デバイスに対して内側に向いている前記カートリッジの側にのみ配設される、態様19に記載のモジュール式デバイス。

[態様25]

前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジの外部表面および前記少なくとも1つの周縁カートリッジの外部表面が、前記モジュール式デバイスの外部ハウジングを形成する、態様24に記載のモジュール式デバイス。

[態様26]

前記第1および第2の周縁カートリッジの各々が、前記水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの第2の触媒を含む、態様24に記載のモジュール式デバイス。

[態様27]

前記第1の触媒および前記第2の触媒が同じである、態様26に記載のモジュール式デバイス。

[態様28]

前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジのうちの前記1つまたは複数の前記少なくとも1つの液体注入口が、前記少なくとも2つの積み重ね可能なカートリッジのうちの隣接するものの前記少なくとも1つの液体出口と整列するように構成される、態様22に記載のモジュール式デバイス。

[態様29]

水素液キャリアから水素ガスを生成するためのモジュール式デバイスの触媒に対して保守を実施するための方法であって、

前記モジュール式デバイスから水素ガスおよび水素液キャリアを抜くステップと、

前記モジュール式デバイスから少なくとも1つのカートリッジを取り外すステップであって、前記カートリッジが、前記水素液キャリアに曝露されるときに水素ガスの放出を引き起こすように構成される少なくとも1つの触媒を含む、前記ステップと、

保守動作を実施するステップであって、

劣化について前記少なくとも1つの触媒を検査すること、または

前記少なくとも1つの触媒もしくは前記少なくとも1つのカートリッジのうちの少なく

10

20

30

40

50

とも1つを交換すること、のうちの少なくとも1つを含む、前記ステップとを含む、前記方法。

【図面】

【図 1】

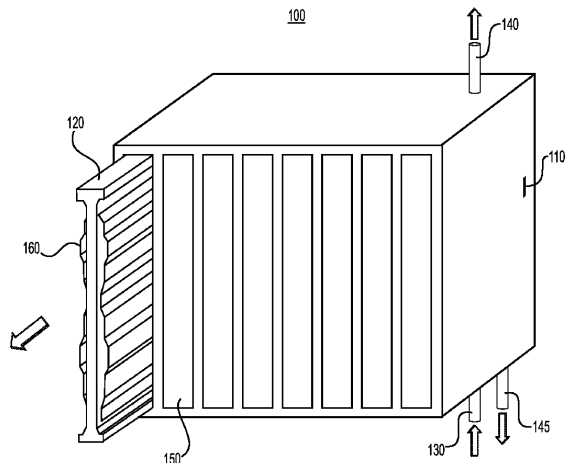
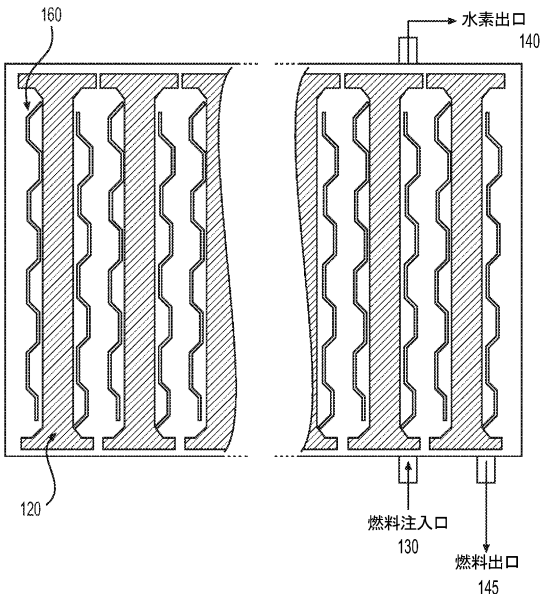


FIG. 1

【図 2】



【図 3】

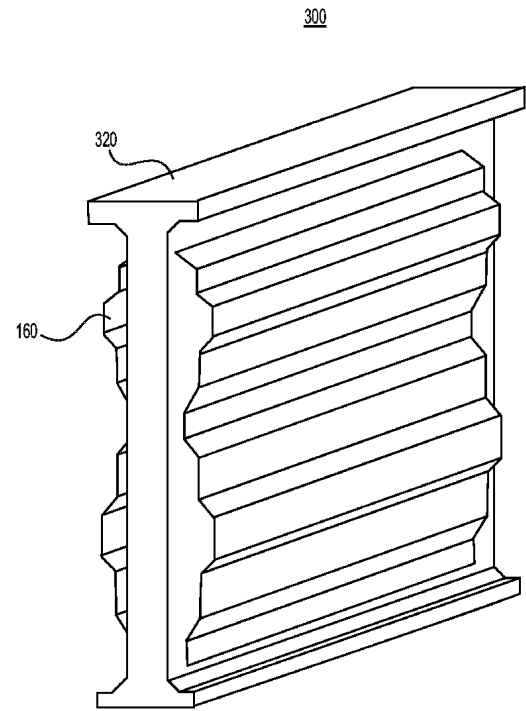


FIG. 3

【図 4】

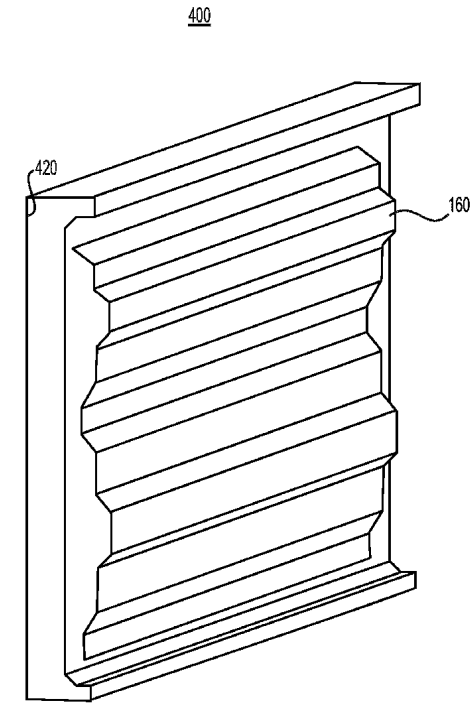


FIG. 4

10

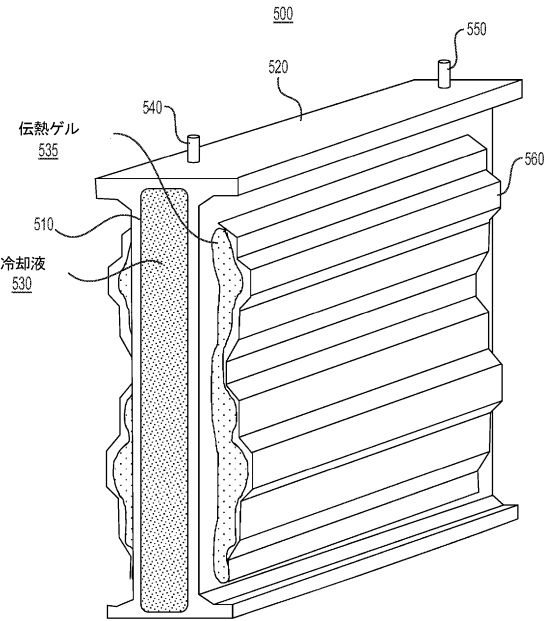
20

30

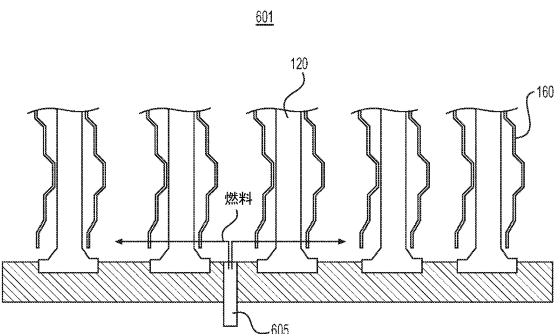
40

50

【図 5】



【図 6 A】



10

【図 6 B】

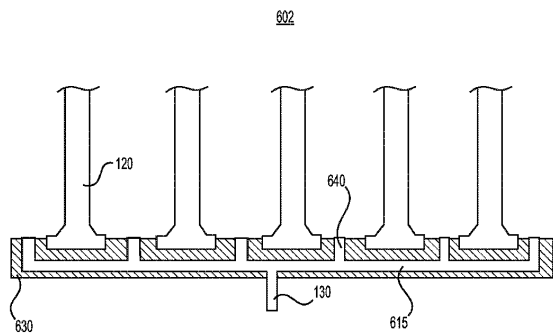
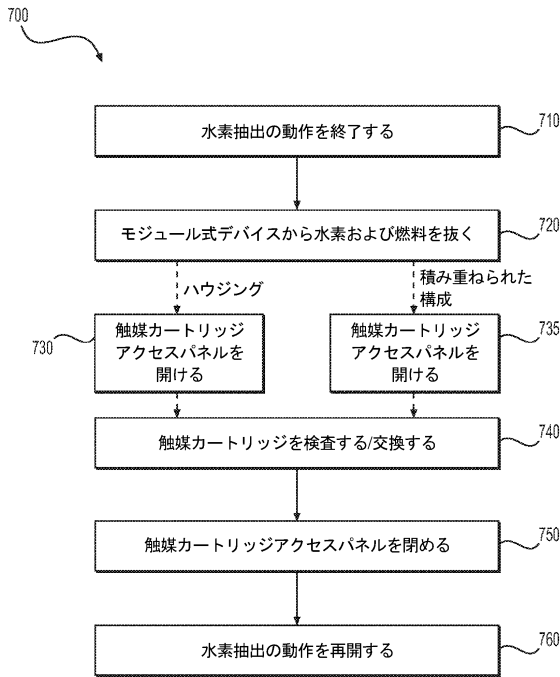


FIG. 6B

【図 7】



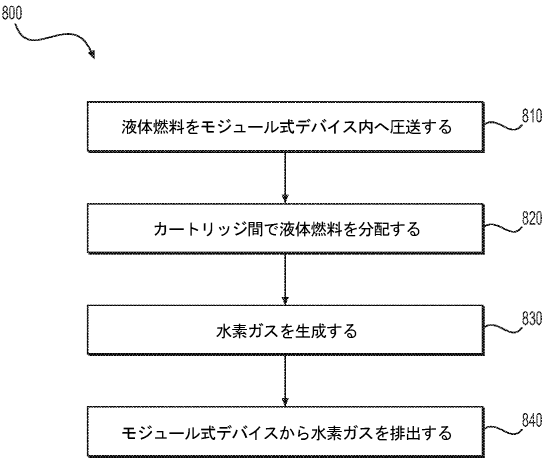
20

30

40

50

【図 8】



【図 9 A】

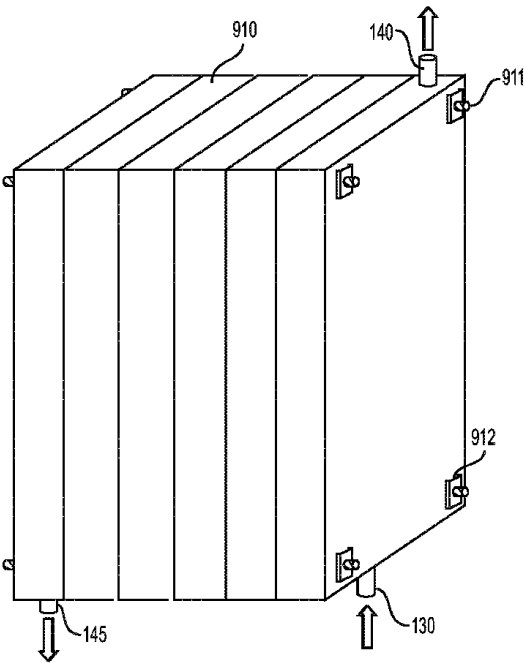


FIG. 9A

【図 9 B】

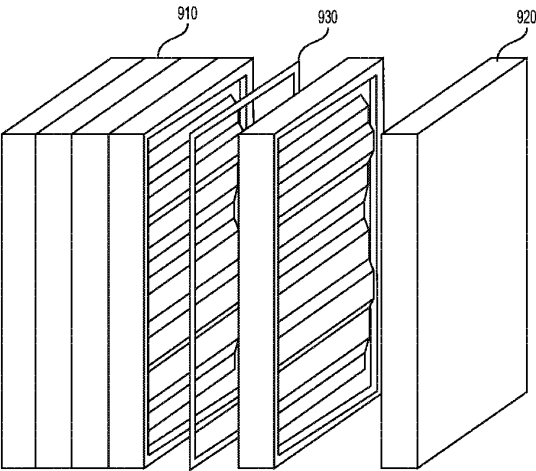


FIG. 9B

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)

(72)発明者 フテルマン, ロマン

イスラエル国 ネシエル, ヘカザブ・ストリート 17

(72)発明者 ニーボー・ミクロウスキ, ガイ

イスラエル国 カディマ・ゾラン, ロスチャイルド・ストリート 46

審査官 磯部 香

(56)参考文献 米国特許出願公開第2014/0193304 (US, A1)

特開2004-149394 (JP, A)

特開2006-000820 (JP, A)

特開2017-124394 (JP, A)

特開2004-000950 (JP, A)

米国特許出願公開第2016/0272489 (US, A1)

米国特許出願公開第2012/0328491 (US, A1)

米国特許出願公開第2003/0113259 (US, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

C01B 3/04

C01B 6/21

H01M 8/0606