

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7213191号
(P7213191)

(45)発行日 令和5年1月26日(2023.1.26)

(24)登録日 令和5年1月18日(2023.1.18)

(51)国際特許分類		F I	
H O 1 M	8/18 (2006.01)	H O 1 M	8/18
H O 1 M	8/2475(2016.01)	H O 1 M	8/2475
H O 1 M	8/249(2016.01)	H O 1 M	8/249
H O 1 M	8/04858(2016.01)	H O 1 M	8/04858
H O 1 M	8/04 (2016.01)	H O 1 M	8/04 Z
		請求項の数	22 (全44頁) 最終頁に続く
(21)出願番号 特願2019-554479(P2019-554479)		(73)特許権者	521117481
(86)(22)出願日	平成29年12月18日(2017.12.18)		ラーゴ クリーン エナジー コーポ
(65)公表番号	特表2020-502773(P2020-502773 A)		アメリカ合衆国 0 1 8 1 0 マサチュー
(43)公表日	令和2年1月23日(2020.1.23)		セッツ州 アンドバー スクエア スイート
(86)国際出願番号	PCT/US2017/067088	(74)代理人	2 0 1 ブリックストーン 3 0 0
(87)国際公開番号	WO2018/118804		100102978
(87)国際公開日	平成30年6月28日(2018.6.28)	(74)代理人	弁理士 清水 初志
審査請求日	令和2年12月15日(2020.12.15)		100102118
(31)優先権主張番号	62/436,388	(74)代理人	弁理士 春名 雅夫
(32)優先日	平成28年12月19日(2016.12.19)		100160923
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	弁理士 山口 裕孝
(31)優先権主張番号	62/436,365		100119507
(32)優先日	平成28年12月19日(2016.12.19)	(74)代理人	弁理士 刑部 俊
最終頁に続く			100142929
		(74)代理人	弁理士 井上 隆一
		最終頁に続く	
(54)【発明の名称】 モジュール式のスケーラブルなフロー電池システム			

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

電氣的に連通した複数のフローセル電池を収容するハウジングと、

前記複数のフローセル電池の各々に流体連通し、かつ複数（N）の、アノード液導管のそれぞれの対を含む、アノード液導管ネットワークであって、前記アノード液導管のそれぞれの対の各々は、アノード液戻り導管とアノード液供給導管を含んでいる、前記アノード液導管ネットワークと、

前記複数のフローセル電池の各々に流体連通し、かつ複数（N）の、カソード液導管のそれぞれの対を含む、カソード液導管ネットワークであって、前記カソード液導管のそれぞれの対の各々は、カソード液戻り導管とカソード液供給導管を含んでいる、前記カソード液導管ネットワークと

を含む電池スタックコンテナ；および

1からNの、アノード液コンテナとカソード液コンテナのそれぞれの対であって、前記対の各々は、アノード溶液とカソード溶液を収容するようにそれぞれ構成され、かつ個別のアノード液コンテナの各々は、それぞれの電解質コンテナ内に収容され、かつ個別のカソード液コンテナの各々は、それぞれの電解質コンテナ内に収容される、前記1からNの、アノード液コンテナとカソード液コンテナのそれぞれの対；

を備える、モジュール式二次電池であって、

前記Nのアノード液導管の対と前記Nのカソード液導管の対が、前記ハウジングの側面を通して延び、かつ前記ハウジングの側面に沿って相互にすき間が空けられており、

前記それぞれの電解質コンテナ内の前記個別のアノード液コンテナと前記個別のカソード液コンテナが、前記ハウジングに対してすき間が空くように、各アノード液コンテナは、前記アノード液導管の対のそれぞれ一つに独立して結合するように構成され、かつ各カソード液コンテナは、前記カソード液導管の対のそれぞれ一つに独立して結合するように構成され、かつ

前記ハウジングの前記側面を通して延び、かつ前記ハウジングの前記側面に沿って相互にすき間が空けられている前記Nのアノード液導管の対と前記Nのカソード液導管の対が、N以下の、アノード液コンテナとカソード液コンテナの対の前記電池スタックコンテナとの結合および使用に応じて、アノード溶液およびカソード溶液の量の変化、ならびに貯蔵および放電することができる電気エネルギー容量の変化を容易にする

10

前記モジュール式二次電池。

【請求項2】

各電池スタックコンテナが、別の電池スタックコンテナに対して垂直方向に積み重ねられるように構成され、各電解質コンテナが、別の電解質コンテナに対して垂直方向に積み重ねられるように構成され、スタックの各水平層にある前記電池スタックコンテナと前記電解質コンテナは、それぞれのモジュール式二次電池を提供し、ここで、一つのモジュール式二次電池のアノード液コンテナとカソード液コンテナの対は、互いのモジュール式二次電池のアノード液コンテナとカソード液コンテナの対から分離されている、請求項1記載の電池。

【請求項3】

20

少なくとも二つのモジュール式二次電池を提供するために、少なくとも2つの垂直方向に積み重ねられた電池スタックコンテナ、少なくとも2つの垂直方向に積み重ねられたアノード液コンテナ、および少なくとも2つの垂直方向に積み重ねられたカソード液コンテナをさらに備える、請求項2記載の電池。

【請求項4】

前記電池スタックコンテナは、細長く、長手軸に沿って延びており、それぞれのアノード液コンテナおよびカソード液コンテナは、前記長手軸に対して側方の側面に沿って前記電池スタックコンテナに結合するように構成され、かつNが2、3、4、および5のいずれかである、請求項1記載の電池。

【請求項5】

30

前記Nのアノード液導管の対の各々は、前記スタックコンテナの第1の側方側に位置付けられ、前記Nのカソード液導管の対の各々は、前記スタックコンテナの前記第1の側方側に対向する前記スタックコンテナの第2の側方側に位置付けられる、請求項1記載の電池。

【請求項6】

所定の電気エネルギー容量を提供するための1から複数(N)の電解質コンテナの対を選択する工程であって、電解質コンテナの各対が、アノード溶液を保持するように構成されたアノード液コンテナとカソード溶液を保持するように構成されたカソード液コンテナを含む、前記工程；

所定の電力量を提供するために電池スタックコンテナ内のいくつかのフローセル電池を選択する工程であって、前記電池スタックコンテナが、

40

電氣的に連通した少なくとも前記いくつかのフローセル電池を収容するハウジングと、

前記少なくともいくつかのフローセル電池の各々に流体連通し、複数(N)の、アノード液導管のそれぞれの対を含む、アノード液導管ネットワークであって、前記アノード液導管のそれぞれの対の各々は、アノード液戻り導管とアノード液供給導管を含む、前記アノード液導管ネットワークと、

前記少なくともいくつかのフローセル電池の各々に流体連通し、複数(N)の、カソード液導管のそれぞれの対を含む、カソード液導管ネットワークであって、前記カソード液導管のそれぞれの対の各々は、カソード液戻り導管とカソード液供給導管を含む、前記カソード液導管ネットワークと

を含み、

50

前記Nのアノード液導管の対および前記Nのカソード液導管の対が、結合を容易にするために、前記ハウジングの側面を通して延び、かつ前記ハウジングの前記側面に沿って相互にすき間が空けられている、前記工程;および

それぞれのアノード液コンテナの各々が、前記アノード液導管のそれぞれの対の1つに独立して結合され、かつそれぞれのカソード液コンテナの各々が、前記カソード液導管のそれぞれの対の1つに独立して結合されるように、前記1からNの電解質コンテナの対の各々を、前記電池スタックコンテナに直接結合させ、前記所定の電気エネルギー容量および前記所定の電力量を含むフロー電池スタックコンテナを作る工程であって、前記それぞれのアノード液コンテナと前記それぞれのカソード液コンテナが、単一の水平面で、前記電池スタックコンテナの前記ハウジングに対してすき間が空けられている、前記工程を含む、可変のエネルギー貯蔵および電力出力を提供するための方法。

10

【請求項7】

各アノード液コンテナが、アノード液戻り導管とアノード液供給導管の対に可逆的に結合するように構成され、各カソード液コンテナが、カソード液戻り導管とカソード液供給導管の対に可逆的に結合するように構成される、請求項6記載の方法。

【請求項8】

1からNの電解質コンテナの対は、前記アノード液コンテナが前記電池スタックコンテナの1つの側面に結合されかつ前記カソード液コンテナが前記電池スタックコンテナのもう1つの対向する側面に結合されるように、前記電池スタックコンテナに結合される、請求項6記載の方法。

20

【請求項9】

前記電池スタックコンテナが、第1の電池スタックを定義し、前記1からNの電解質コンテナの対が、前記第1の電池スタックに結合されると、第1の水平面に第1のモジュール式二次電池を定義する電解質コンテナの第1の対を定義する、請求項6記載の方法であって、前記方法が、

第2の水平面に第2のモジュール式二次電池を定義する第2の電解質コンテナの対および第2の電池スタックが、水平方向に一緒に結合されるとき、第2の電池スタックを定義する電池スタックコンテナに結合するための、第2の、1からNの電解質コンテナの対を選択する工程;および

前記第1のモジュール式二次電池と前記第2のモジュール式二次電池を積み重ねる工程を含む、前記方法。

30

【請求項10】

前記第1のモジュール式二次電池と前記第2のモジュール式二次電池からの前記1からNの電解質コンテナの対が、前記第1のモジュール式二次電池の前記アノード液コンテナが、前記第2のモジュール式二次電池の前記アノード液コンテナと垂直方向に積み重ねられ、かつ前記第1のモジュール式二次電池の前記カソード液コンテナが、前記第2のモジュール式二次電池の前記カソード液コンテナと垂直方向に積み重ねられるように配置され、かつ前記第1のモジュール式二次電池の前記電池スタックコンテナは、前記第2のモジュール式二次電池の前記電池スタックコンテナと垂直方向に積み重ねられる、請求項9記載の方法。

40

【請求項11】

前記電池スタックコンテナの前記ハウジングの底部に、前記電解質コンテナの対のいずれかから漏れるアノード溶液またはカソード溶液またはその両方の少なくとも一部の漏れを保持するための体積が定義されており、それによって電解質の共有された封じ込めを提供する、請求項6記載の方法。

【請求項12】

共有された封じ込めのために、漏れた溶液を前記電池スタックコンテナに送るように、前記電池スタックコンテナと前記電解質コンテナのそれぞれの対の間の各結合の周りに、それぞれの封じ込めスリーブを結合させる工程をさらに含む、請求項11記載の方法。

【請求項13】

50

前記電池スタックコンテナが、前記フローセル電池、前記アノード液導管ネットワーク、または前記カソード液導管ネットワークから流出した液体電解質を保持するための体積が定義されている前記ハウジングの前記底部の上にある、前記ハウジングを通るアクセスドアを含む、請求項11記載の方法。

【請求項14】

前記アクセスドアが前記電池スタックコンテナの長手軸に沿った端に位置する、請求項13記載の方法。

【請求項15】

前記電解質コンテナ内の漏れセンサシステムを使用して、前記Nの、電解質コンテナの対のうちの1つの電解質コンテナにおける漏れを検出する工程をさらに含み、前記漏れセンサシステムは、コンテナの壁と電解質を収容するように構成されたタンクとの間に配設され、前記漏れセンサシステムは、サンプ、電解質を検出するように構成されたセンサ、および前記サンプと前記センサとの間に流体連通をもたらすように構成された継ぎ手を備える、請求項6記載の方法。

10

【請求項16】

低導電率の液体で前記コンテナの壁と前記タンクとの間のすき間空間を満たす工程であって、前記低導電率の液体は、前記タンクから漏れた電解質と、電解質混合物を形成するように混和可能であり、前記電解質混合物が前記サンプを満たして前記センサに接触するような充分な体積の前記低導電率の液体が提供される、工程;および

前記センサに接触した前記電解質混合物の導電率に基づいて、前記電解質の漏れを検出する工程をさらに含む、請求項15記載の方法。

20

【請求項17】

前記ハウジングの底部には、前記電解質コンテナの対のいずれかから漏れる電解質を保持するための体積が定義されており、それによって共有された電解質の封じ込めを前記電池スタックコンテナにより提供する、請求項1記載の電池。

【請求項18】

前記ハウジングが、下部パンによって前記体積を定義するために、前記底部で密封されている、請求項17記載の電池。

【請求項19】

共有された封じ込めのために、漏れた溶液を前記電池スタックコンテナに送るように、前記電池スタックコンテナと前記1からNの、電解質コンテナのそれぞれの対の間の各結合の周りで、それぞれの封じ込めスリーブを含む、請求項17記載の電池。

30

【請求項20】

前記電池スタックコンテナが、前記フローセル電池、前記アノード液導管ネットワーク、または前記カソード液導管ネットワークから流出した液体電解質を保持するための体積が定義されている前記ハウジングの前記底部の上に位置する前記ハウジングを通るアクセスドアを含む、請求項17記載の電池。

【請求項21】

前記アクセスドアが、前記電池スタックコンテナの長手軸に沿った端に位置している、請求項20記載の電池。

40

【請求項22】

電氣的に連通した複数のフローセル電池を収容するハウジングと、

前記複数のフローセル電池の各々に流体連通し、かつ複数(N)の、アノード液導管のそれぞれの対を含む、アノード液導管ネットワークであって、前記アノード液導管のそれぞれの対の各々は、アノード液戻り導管とアノード液供給導管を含む、前記アノード液導管ネットワークと、

前記複数のフローセル電池の各々に流体連通し、かつ複数(N)の、カソード液導管のそれぞれの対を含む、カソード液導管ネットワークであって、前記カソード液導管のそれぞれの対の各々は、カソード液戻り導管とカソード液供給導管を含む、前記カソード液

50

導管ネットワークと

を含む、モジュール式二次電池用の電池スタックコンテナであって、

前記Nのアノード液導管の対と前記Nのカソード液導管の対が：

前記ハウジングの側面に沿って延び、

前記ハウジングの前記側面に沿って相互にすき間が空けられており、かつ

1からNの、アノード液コンテナとカソード液コンテナのそれぞれの対のうちのそれぞれのものに独立して結合するように構成され、

各アノード液コンテナはアノード溶液を収容するように構成され、各カソード液コンテナはカソード溶液を収容するように構成され、アノード液コンテナとカソード液コンテナのそれぞれの対が前記ハウジングに対してすき間が空くように、各アノード液コンテナと各カソード液コンテナは、それぞれの電解質コンテナ内に収容され、

1からNの、アノード液コンテナとカソード液コンテナの対の前記電池スタックコンテナとの結合および使用に応じて、前記電池スタックコンテナが、アノード溶液およびカソード溶液の量の変化、ならびに貯蔵および放電することができる電気エネルギー容量の変化を容易にする

前記モジュール式二次電池用の電池スタックコンテナ。

【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、「Modular and Scalable Flow Battery System」という名称の2016年12月19日に出願された米国特許仮出願第62/436,347号の恩典を主張する。さらに、本出願は、「Systems and Methods For Electrolyte Storage and Detecting Faults In Flow Batteries」という名称の2016年12月19日に出願された米国特許仮出願第62/436,388号、および「Large Scale Flow Battery System」という名称の2016年12月19日に出願された米国特許仮出願第62/436,365号の優先権を主張する。これらの出願の各々の全体は、参照により本明細書に組み入れられる。

【0002】

技術

フロー電池が提供され、特に、大規模なモジュール式のスケーラブルなフロー電池が提供される。

【背景技術】

【0003】

背景

大規模なエネルギー貯蔵のソリューションについて、需要が高まっている。例えば、より多くの再生可能エネルギー源（例えば、太陽光、風力など）が電気グリッドに追加されるにつれ、間欠的であり多くの場合に予測不可能である再生可能エネルギーの出力を考慮すると、電力の供給と需要とをバランスさせる仕事が困難になり得る。この短期の間欠性は、需要を上回るエネルギーを大規模に貯蔵することができ、貯蔵したエネルギーを需要がより大きいときに放出することができるエネルギー貯蔵システムを使用することによって、効果的に対処することができる。

【0004】

しかしながら、すべてのエネルギー貯蔵システムが大規模な配備に適しているわけではない。とりわけ、コスト、信頼性、安全性、および法規の各々が、特定の用途に対するエネルギー貯蔵システムの適合性に影響する重要な要素である。

【0005】

レドックスフロー電池またはレドックスフローセルとしても知られるフロー電池を、大規模なエネルギー貯蔵に使用することができる。フロー電池は、電気エネルギーを、貯蔵することができかつ後に需要が存在するときに放出することができる化学エネルギーへと変換するように構成され得る。フロー電池は、可逆的な電気化学反応に関与する反応物質

10

20

30

40

50

を含む、外部から供給される流体電解質溶液を使用することができる。充電時には、供給された電気エネルギーが、一方の電解質において化学的還元反応を引き起こし、他方の電解質において酸化反応を引き起こすことができる。放電時には、液体電解質に含まれる化学エネルギーを逆反応にて放出させることができ、電気エネルギーを電極から取り出すことができる。フロー電池は、グリッドに接続されたエネルギー貯蔵システムおよび/またはグリッドから切り離されたエネルギー貯蔵システムにおいて使用することができる。

【発明の概要】

【0006】

概要

アノード液を保持するためのアノード液コンテナとカソード液を保持するためのカソード液コンテナとを含む少なくとも1対の電解質コンテナに流体連通することができる複数のレドックスフロー電池スタックを格納する電池スタックコンテナを含むモジュール式のスケラブルなフロー電池システムを含む種々の方法および装置が提供される。電池スタックコンテナは、追加の電解質コンテナの対を電池スタックコンテナに接続して、モジュール式フロー電池システムによって貯蔵することができるエネルギーの量を増やすことができよう構成される。さらなる態様において、電池スタックコンテナおよび電解質コンテナの各々を囲むそれぞれのハウジングは、積み重ねられた構成で動作するように構成される。このようにして、システムによって占められる横方向の面積を実質的に増加させることなく、モジュール式フロー電池システムのエネルギー貯蔵容量を所望のとおり増加させることができる。

【0007】

一態様においては、モジュール式二次電池が提供される。モジュール式二次電池は、電池スタックコンテナと、少なくとも1対の電解質コンテナとを含む。電池スタックコンテナは、ハウジングと、アノード液導管ネットワークと、カソード液導管ネットワークとを含む。ハウジングは、電氣的に連通した複数のフローセル電池を含む。アノード液導管ネットワークは、複数のフローセル電池の各々に流体連通することができ、少なくとも1対のアノード液戻り導管とアノード液供給導管を含む。カソード液導管ネットワークは、複数のフローセル電池の各々に流体連通することができ、少なくとも1対のカソード液戻り導管とカソード液供給導管を含む。少なくとも1対の電解質コンテナは、アノード溶液を収容するように構成されたアノード液コンテナと、カソード溶液を収容するように構成されたカソード液コンテナとを含むコンテナを含むことができる。各アノード液コンテナを、アノード液戻り導管とアノード液供給導管の対に可逆的に結合するように構成し、各カソード液コンテナを、カソード液戻り導管とカソード液供給導管の対に可逆的に結合するように構成して、それによってアノード溶液およびカソード溶液の量、ならびに貯蔵および放出することができる電気エネルギーの容量を変えることができる。

【0008】

一態様においては、各電池スタックコンテナは、別の電池スタックコンテナに対して垂直方向に積み重ねられるように構成することができ、各電解質コンテナは、別のタンクコンテナに対して垂直方向に積み重ねられるように構成することができる。

【0009】

一態様において、モジュール式二次電池は、少なくとも2つの垂直方向に積み重ねられた電池スタックコンテナ、少なくとも2つの垂直方向に積み重ねられたアノード液コンテナ、および少なくとも2つの垂直方向に積み重ねられたカソード液コンテナを含むことができる。

【0010】

一態様において、少なくとも1対の電解質コンテナは、少なくとも2対の電解質コンテナを含むことができる。

【0011】

一態様において、カソード液導管は、アノード液導管ネットワークとは異なっていてよい。

【0012】

一態様において、電池スタックコンテナは、おおむね細長くてよく、長手軸に沿って延びることができ、それぞれのアノード液コンテナおよびカソード液コンテナは、長手軸に対して側方の側面に沿って電池スタックコンテナに結合可能である。

【0013】

一態様においては、少なくとも1対のアノード液戻り導管およびアノード液供給導管の各々を、コンテナスタックの第1の側方側に位置付けることができ、少なくとも1対のカソード液戻り導管およびカソード液供給導管の各々を、コンテナスタックの第1の側方側に対向するコンテナスタックの第2の側方側に位置付けることができる。

【0014】

別の態様においては、可変のエネルギー貯蔵および電力出力を提供するための方法が開示される。この方法は、所定の電気エネルギー容量を提供するための少なくとも1対の電解質コンテナを選択する工程を含むことができ、電解質コンテナの各対は、アノード溶液を保持するように構成されたアノード液コンテナとカソード溶液を保持するように構成されたカソード液コンテナとを含むことができる。この方法は、所定の電力量を提供するための、少なくとも1つの電池スタックコンテナ内のいくつかのフローセル電池を選択する工程をさらに含むことができる。この方法は、選択された少なくとも1対の電解質コンテナを、選択されたいくつかのフローセル電池を含む電池スタックコンテナに結合させて、所定の電気エネルギー容量および所定の電力量を含むフロー電池システムを作る工程をさらに含むことができる。

【0015】

一態様においては、各アノード液コンテナを、アノード液戻り導管とアノード液供給導管の対に可逆的に結合するように構成することができ、各カソード液コンテナを、カソード液戻り導管とカソード液供給導管の対に可逆的に結合するように構成することができる。

【0016】

一態様において、少なくとも1対の電解質コンテナは、2対の電解質コンテナを含むことができる。

【0017】

一態様においては、選択された少なくとも1対の電解質コンテナは、アノード液コンテナが電池スタックコンテナの1つの側面に結合され、カソード液コンテナが電池スタックコンテナのもう1つの対向する側面に結合されるように、電池スタックコンテナに結合させることができる。

【0018】

一態様において、少なくとも1対の電解質コンテナは、少なくとも2対の電解質コンテナを含むことができ、少なくとも1つの電池スタックコンテナは、少なくとも2つの電池スタックコンテナを含むことができる。

【0019】

一態様においては、少なくとも2対の電解質コンテナおよび少なくとも1つの電池スタックコンテナを、アノード液コンテナが垂直方向に積み重ねられ、カソード液コンテナが垂直方向に積み重ねられるように配置することができ、電池スタックコンテナは、垂直方向に積み重ねられる。一態様においては、可変のエネルギー貯蔵および電力出力を提供するための方法が提供される。この方法は、所定の電気エネルギー容量を提供するための少なくとも1対の電解質コンテナを選択する工程を含むことができ、電解質コンテナの各対は、アノード溶液を保持するように構成されたアノード液コンテナとカソード溶液を保持するように構成されたカソード液コンテナとを含む。この方法は、所定の電力量を提供するための、少なくとも1つの電池スタックコンテナ内のいくつかのフローセル電池（例えば、レドックスフローセル電池）を選択する工程をさらに含むことができる。この方法は、選択された少なくとも1対の電解質コンテナを、選択されたいくつかのフローセル電池を含む電池スタックコンテナに結合させて、所定の電気エネルギー容量および所定の電力量を含むフロー電池システムを作る工程をさらに含むことができる。

10

20

30

40

50

【0020】

別の態様においては、可変のエネルギー貯蔵および電力出力を提供するための方法が開示される。この方法は、電氣的に連通した複数のフローセル電池を含む少なくとも1つの電池スタックコンテナを提供する工程を含むことができる。この方法は、複数のフローセル電池ならびに少なくとも1対のアノード液戻り導管およびアノード液供給導管に流体連通するアノード液導管ネットワークを提供する工程をさらに含むことができる。この方法は、複数のフローセル電池ならびに少なくとも1対のカソード液戻り導管およびカソード液供給導管に流体連通するカソード液導管ネットワークを提供する工程をさらに含むことができる。この方法は、少なくとも1対の電解質コンテナを選択する工程をさらに含むことができる。電解質コンテナの各対は、アノード溶液を収容するように構成されたアノード液コンテナと、カソード溶液を収容するように構成されたカソード液コンテナとを含むことができる。各アノード液コンテナを、アノード液戻り導管とアノード液供給導管の対に可逆的に結合するように構成することができ、各カソード液コンテナを、カソード液戻り導管とカソード液供給導管の対に可逆的に結合するように構成することができる。電解質コンテナの数を、電池スタックコンテナに流体連通するアノード溶液およびカソード溶液の量を変え、それによって、貯蔵および放出することができる電気エネルギーの所望の容量を提供するように選択することができる。

10

【0021】

一態様においては、各電池スタックコンテナは、別の電池スタックコンテナに対して垂直方向に積み重ねられるように構成することができ、各電解質コンテナは、別の電解質コンテナに対して垂直方向に積み重ねられるように構成することができる。

20

【0022】

この方法の一態様において、少なくとも1つの電池スタックコンテナは、少なくとも2つの垂直方向に積み重ねられた電池スタックコンテナを含むことができ、少なくとも1対の電解質コンテナは、少なくとも2つの垂直方向に積み重ねられたアノード液コンテナおよび少なくとも2つの垂直方向に積み重ねられたカソード液コンテナを含むことができる。

【0023】

一態様において、電池スタックコンテナは、おおむね細長く、長手軸を有しており、それぞれのアノード液コンテナおよびカソード液コンテナは、長手軸に対して側方の側面に沿って電池スタックコンテナに結合するように構成することができる。

30

【0024】

一態様においては、少なくとも1対のアノード液戻り導管およびアノード液供給導管の各々を、コンテナスタックの第1の側方側に位置付けることができ、少なくとも1対のカソード液戻り導管およびカソード液供給導管の各々を、コンテナスタックの第1の側方側に対向するコンテナスタックの第2の側方側に位置付けることができる。

【0025】

一態様において、この方法は、電解質コンテナ内の漏れセンサシステムを使用して、電解質コンテナの対の少なくとも1つにおける漏れを検出する工程をさらに含むことができる。漏れセンサシステムを、コンテナの壁と電解質を収容するように構成されたタンクとの間に配設することができ、漏れセンサシステムは、サンプル、電解質を検出するように構成されたセンサ、およびサンプルとセンサとの間に流体連通をもたらすように構成された継ぎ手を含むことができる。

40

【0026】

一態様において、この方法は、低導電率の液体でコンテナの壁とタンクとの間のすき間空間を満たす工程をさらに含むことができ、低導電率の液体は、タンクから漏れた電解質と、電解質混合物を形成するように混和可能であり、電解質混合物がサンプルを満たしてセンサに接触するような充分な体積の低導電率の液体が提供される。この方法は、センサに接触した電解質混合物の導電率に基づいて電解質の漏れを検出する工程をさらに含むことができる。

[本発明1001]

50

電氣的に連通した複数のフローセル電池を収容するハウジングと、
前記複数のフローセル電池の各々に流体連通し、少なくとも1対のアノード液戻り導管とアノード液供給導管を含んでいる、アノード液導管ネットワークと、
前記複数のフローセル電池の各々に流体連通し、少なくとも1対のカソード液戻り導管とカソード液供給導管を含んでいる、カソード液導管ネットワークと
を含む電池スタックコンテナ；および
アノード溶液を収容するように構成されたアノード液コンテナと
カソード溶液を収容するように構成されたカソード液コンテナと
を含む少なくとも1対の電解質コンテナであって、各アノード液コンテナが、アノード液戻り導管とアノード液供給導管の対に可逆的に結合するように構成され、かつ各カソード液コンテナが、カソード液戻り導管とカソード液供給導管の対に可逆的に結合するように構成されて、それによってアノード溶液およびカソード溶液の量、ならびに貯蔵および放出することができる電気エネルギーの容量を変える、少なくとも1対の電解質コンテナを備える、モジュール式二次電池。

[本発明1002]

各電池スタックコンテナが、別の電池スタックコンテナに対して垂直方向に積み重ねられるように構成され、各電解質コンテナが、別の電解質コンテナに対して垂直方向に積み重ねられるように構成されている、本発明1001の電池。

[本発明1003]

少なくとも2つの垂直方向に積み重ねられた電池スタックコンテナ、少なくとも2つの垂直方向に積み重ねられたアノード液コンテナ、および少なくとも2つの垂直方向に積み重ねられたカソード液コンテナをさらに備える、本発明1002の電池。

[本発明1004]

前記少なくとも1対の電解質コンテナは、少なくとも2対の電解質コンテナを含む、本発明1001の電池。

[本発明1005]

前記カソード液導管ネットワークは、前記アノード液導管ネットワークとは異なる、本発明1001の電池。

[本発明1006]

前記電池スタックコンテナは、おおむね細長く、長手軸に沿って延びており、それぞれのアノード液コンテナおよびカソード液コンテナは、前記長手軸に対して側方の側面に沿って前記電池スタックコンテナに結合するように構成されている、本発明1001の電池。

[本発明1007]

前記少なくとも1対のアノード液戻り導管およびアノード液供給導管の各々は、前記コンテナスタックの第1の側方側に位置付けられ、前記少なくとも1対のカソード液戻り導管およびカソード液供給導管の各々は、前記コンテナスタックの前記第1の側方側に対向する前記コンテナスタックの第2の側方側に位置付けられる、本発明1006の電池。

[本発明1008]

所定の電気エネルギー容量を提供するための少なくとも1対の電解質コンテナを選択する工程であって、電解質コンテナの各対が、アノード溶液を保持するように構成されたアノード液コンテナとカソード溶液を保持するように構成されたカソード液コンテナとを含む、工程；

所定の電力量を提供するための少なくとも1つの電池スタックコンテナ内のいくつかのフローセル電池を選択する工程；および

前記選択された少なくとも1対の電解質コンテナを、前記選択されたいくつかのフローセル電池を含む電池スタックコンテナに結合させ、前記所定の電気エネルギー容量および前記所定の電力量を含むフル電池システムを作る工程を含む、可変のエネルギー貯蔵および電力出力を提供するための方法。

[本発明1009]

各アノード液コンテナが、アノード液戻り導管とアノード液供給導管の対に可逆的に結

10

20

30

40

50

合するように構成され、各カソード液コンテナが、カソード液戻り導管とカソード液供給導管の対に可逆的に結合するように構成される、本発明1008の方法。

[本発明1010]

前記少なくとも1対の電解質コンテナは、2対の電解質コンテナを含む、本発明1008の方法。

[本発明1011]

前記選択された少なくとも1対の電解質コンテナは、前記アノード液コンテナが前記電池スタックコンテナの1つの側面に結合されかつ前記カソード液コンテナが前記電池スタックコンテナのもう1つの対向する側面に結合されるように、前記電池スタックコンテナに結合される、本発明1008の方法。

10

[本発明1012]

前記少なくとも1対の電解質コンテナは、少なくとも2対の電解質コンテナを含み、少なくとも1つの電池スタックコンテナは、少なくとも2つの電池スタックコンテナを含む、本発明1008の方法。

[本発明1013]

前記少なくとも2対の電解質コンテナおよび前記少なくとも1つの電池スタックコンテナは、アノード液コンテナが垂直方向に積み重ねられかつカソード液コンテナが垂直方向に積み重ねられるように配置され、前記電池スタックコンテナは、垂直方向に積み重ねられる、本発明1012の方法。

[本発明1014]

電氣的に連通した複数のフローセル電池を含む少なくとも1つの電池スタックコンテナを提供する工程；

20

前記複数のフローセル電池ならびに少なくとも1対のアノード液戻り導管およびアノード液供給導管に流体連通したアノード液導管ネットワークを提供する工程；

前記複数のフローセル電池ならびに少なくとも1対のカソード液戻り導管およびカソード液供給導管に流体連通したカソード液導管ネットワークを提供する工程；

少なくとも1対の電解質コンテナを選択する工程であって、電解質コンテナの各対は、

アノード溶液を収容するように構成されたアノード液コンテナと、

カソード溶液を収容するように構成されたカソード液コンテナと

を含み、各アノード液コンテナが、アノード液戻り導管とアノード液供給導管の対に可逆的に結合するように構成され、各カソード液コンテナが、カソード液戻り導管とカソード液供給導管の対に可逆的に結合するように構成されている、工程を含み、

30

前記電池スタックコンテナに流体連通するアノード溶液およびカソード溶液の量を変え、それによって、貯蔵および放出することができる電気エネルギーの所望の容量を提供するように、電解質コンテナの数が選択される、

可変のエネルギー貯蔵および電力出力を提供するための方法。

[本発明1015]

各電池スタックコンテナが、別の電池スタックコンテナに対して垂直方向に積み重ねられるように構成され、各電解質コンテナが、別の電解質コンテナに対して垂直方向に積み重ねられるように構成されている、本発明1014の方法。

40

[本発明1016]

前記少なくとも1つの電池スタックコンテナは、少なくとも2つの垂直方向に積み重ねられた電池スタックコンテナを含み、前記少なくとも1対の電解質コンテナは、少なくとも2つの垂直方向に積み重ねられたアノード液コンテナおよび少なくとも2つの垂直方向に積み重ねられたカソード液コンテナを含む、本発明1015の方法。

[本発明1017]

前記電池スタックコンテナは、おおむね細長く、長手軸を有しており、それぞれのアノード液コンテナおよびカソード液コンテナは、前記長手軸に対して側方の側面に沿って前記電池スタックコンテナに結合するように構成されている、本発明1014の方法。

50

[本発明1018]

前記少なくとも1対のアノード液戻り導管およびアノード液供給導管の各々は、前記コンテナスタックの第1の側方側に位置付けられ、前記少なくとも1対のカソード液戻り導管およびカソード液供給導管の各々は、前記コンテナスタックの前記第1の側方側に対向する前記コンテナスタックの第2の側方側に位置付けられる、本発明1017の方法。

[本発明1019]

前記電解質コンテナ内の漏れセンサシステムを使用して、前記電解質コンテナの対のうちの少なくとも1つにおける漏れを検出する工程をさらに含み、前記漏れセンサシステムは、コンテナの壁と電解質を収容するように構成されたタンクとの間に配設され、前記漏れセンサシステムは、サンプ、電解質を検出するように構成されたセンサ、および前記サンプと前記センサとの間に流体連通をもたらすように構成された継ぎ手を備える、本発明1014の方法。

10

[本発明1020]

低導電率の液体で前記コンテナの壁と前記タンクとの間のすき間空間を満たす工程であって、前記低導電率の液体は、前記タンクから漏れた電解質と、電解質混合物を形成するように混和可能であり、前記電解質混合物が前記サンプを満たして前記センサに接触するような十分な体積の前記低導電率の液体が提供される、工程;および

前記センサに接触した前記電解質混合物の導電率に基づいて、前記電解質の漏れを検出する工程

をさらに含む、本発明1019の方法。

20

【図面の簡単な説明】

【0027】

本開示は、以下の詳細な説明を添付の図面と併せて検討することで、さらに十分に理解されるであろう。

【0028】

【図1A】フロー電池システムの一態様を示す概略図である。

【図1B】図1Aのフロー電池の電池セルスタックの電気化学セルの一態様を示す概略図である。

【図2A】図2A～2Bは、複数の電解質コンテナに流体連通する電池スタックコンテナを含んでいるモジュール式フロー電池システムの一態様の切断図である。

30

【図2B】図2A～2Bは、複数の電解質コンテナに流体連通する電池スタックコンテナを含んでいるモジュール式フロー電池システムの一態様の切断図である。

【図2C】図2C～2Eは、さまざまな数の電解質コンテナを用いた、図2A～2Bのモジュール式フロー電池システムの態様を示している。

【図2D】図2C～2Eは、さまざまな数の電解質コンテナを用いた、図2A～2Bのモジュール式フロー電池システムの態様を示している。

【図2E】図2C～2Eは、さまざまな数の電解質コンテナを用いた、図2A～2Bのモジュール式フロー電池システムの態様を示している。

【図3A】図2A～2Bのモジュール式フロー電池システムの電解質コンテナの一態様を示す等角投影図である。

40

【図3B】供給管および戻り管の一態様を示す、図3Aの電解質コンテナの断面図である。

【図4A】図4A～4Bは、戻り管用の管支持体の一態様を示す、図3Aの電解質コンテナの断面図である。

【図4B】図4A～4Bは、戻り管用の管支持体の一態様を示す、図3Aの電解質コンテナの断面図である。

【図4C】マンウェイの一態様を示す、図3Aの電解質コンテナの断面図である。

【図5A】図5A～5Bは、電池スタックコンテナを電解質コンテナに結合させる接続部の態様を示す、図3Aの電解質コンテナの断面図を示している。

【図5B】図5A～5Bは、電池スタックコンテナを電解質コンテナに結合させる接続部の態様を示す、図3Aの電解質コンテナの断面図を示している。

50

【図 6 A】図 6A～6Bは、窒素送達システムを示す、図 3Aのタンクコンテナの断面図である。(A) 全体図。

【図 6 B】図 6A～6Bは、窒素送達システムを示す、図 3Aのタンクコンテナの断面図である。(B) ノズルの詳細。

【図 7】漏れセンサの一態様を示す、図 3Aの電解質コンテナの断面図である。

【図 8】電解質排出部の一態様を示す、図 3Aの電解質コンテナの断面図である。

【図 9 A】図 9A～9Cは、積み重ねられたタンクコンテナの構成において使用されるように構成された電解質タンクレベルセンサの一態様を示す、図 3Aのタンクコンテナの断面図である。

【図 9 B】図 9A～9Cは、積み重ねられたタンクコンテナの構成において使用されるように構成された電解質タンクレベルセンサの一態様を示す、図 3Aのタンクコンテナの断面図である。

【図 9 C】図 9A～9Cは、積み重ねられたタンクコンテナの構成において使用されるように構成された電解質タンクレベルセンサの一態様を示す、図 3Aのタンクコンテナの断面図である。

【図 10 A】図 10A～10Bは、図 2A～2Bのスタックコンテナの態様を示している。(A) 等角投影図。

【図 10 B】図 10A～10Bは、図 2A～2Bのスタックコンテナの態様を示している。(B) 端面図。

【図 11 A】図 11A～11Dは、図 2A～2Bの電池スタックコンテナ内に含まれる電池スタックおよび流体導管ネットワークの態様の種々の図を示している。(A) 端面図。

【図 11 B】図 11A～11Dは、図 2A～2Bの電池スタックコンテナ内に含まれる電池スタックおよび流体導管ネットワークの態様の種々の図を示している。(B) 16個の電池セルスタックの切断図。

【図 11 C】図 11A～11Dは、図 2A～2Bの電池スタックコンテナ内に含まれる電池スタックおよび流体導管ネットワークの態様の種々の図を示している。(C) 4つの電池セルスタックの等角投影図。

【図 11 D】図 11A～11Dは、図 2A～2Bの電池スタックコンテナ内に含まれる電池スタックおよび流体導管ネットワークの態様の種々の図を示している。(D) コンテナスタックからの電池セルスタックの取り外しを示す等角端面図。

【図 12】図 2A～2Bの電池スタックコンテナのポンプの態様を示している。

【図 13 A】図 13A～13Bは、流体導管ネットワークと連通する弁およびセンサの態様を示している。

【図 13 B】図 13A～13Bは、流体導管ネットワークと連通する弁およびセンサの態様を示している。

【図 14】主電解質マニホールド支持システムを示す図 2A～2Bのスタックコンテナの切断図である。

【図 15 A】図 15A～15Bは、図 2A～2Bのスタックコンテナの熱交換器アセンブリの態様を示している。

【図 15 B】図 15A～15Bは、図 2A～2Bのスタックコンテナの熱交換器アセンブリの態様を示している。

【発明を実施するための形態】

【0029】

詳細な説明

次に、本明細書に開示される装置および方法の構造、機能、製造、および使用の原理の全体的な理解をもたらすために、特定の例示的な態様を説明する。これらの態様の1つまたは複数の例が、添付の図面に示されている。本明細書において具体的に説明され、添付の図面に示される装置および方法が、非限定的な例示的な態様であり、本発明の範囲は、特許請求の範囲によってのみ定義されることを、当業者であれば理解できるであろう。或る例示的な態様に関連して図示または説明される特徴を、他の態様の特徴と組み合わせるこ

10

20

30

40

50

とが可能である。そのような修正および変形は、本発明の範囲に包含されるように意図される。

【0030】

さらに、本開示において、いくつかの態様の類似の名称の構成要素は、一般に、同様の特徴を有する。したがって、個々の態様において、各々の類似の名称の構成要素の各々の特徴は、必ずしも完全に詳しくは説明されないかもしれない。加えて、本明細書に開示されるシステム、装置、および方法の説明において直線状または円形の寸法が使用される限りにおいて、そのような寸法は、そのようなシステム、装置、および方法において使用することができる形状の種類を限定しようとするものではない。そのような直線状および円形の寸法の同等物を、任意の幾何学形状について容易に決定できることを、当業者であれば理解できるであろう。システムおよび装置ならびにそれらの構成要素のサイズおよび形状は、少なくとも、システムおよび装置が使用される対象の解剖学的構造、システムおよび装置が共に使用される構成要素のサイズおよび形状、ならびにシステムおよび装置が使用される方法および手順に依存し得る。

【0031】

一般に、エネルギーの貯蔵のためのシステムおよび方法が提供される。

【0032】

フロー電池は、イオン交換膜などのセパレータによって隔てられた負電極および正電極を有するレドックスフローセルを含むことができる。負の流体電解質（アノード液と呼ばれることもある）を負電極へと送達することができ、正の流体電解質（カソード液と呼ばれることもある）を正電極へと送達することができる。アノード液およびカソード液は、電気化学的に可逆的な酸化還元反応を行うように構成することができる。セパレータは、電解質の自由かつ急速な混合を防止するように構成することができるが、酸化還元反応を完了させるために選択されたイオンの通過を許すようにも構成することができる。

【0033】

レドックスフロー電池の概要

図1を参照すると、図1は、レドックスフロー電池システム10の一態様を示す概略図である。フロー電池システム10は、第1の電解質貯蔵タンク12と、第2の電解質貯蔵タンク14と、第1の電解質回路ループ16と、第2の電解質回路ループ18と、第1の流量調整器19と、第2の流量調整器21と、スタック22に配置された1つまたは複数のフロー電池セル20と、電力変換器25と、コントローラ（図示せず）と、エネルギー入力部27と、エネルギー出力部29とを含むことができる。第1および第2の電解質貯蔵タンク12および14の各々を、電解質溶液の対のうちの一方を保持および貯蔵するように適合させることができる。適切な電解質溶液の対の例は、バナジウム、臭素、鉄、クロム、亜鉛、セリウム、鉛、硫黄、またはこれらの任意の適切な組み合わせに基づくことができる。

【0034】

フロー電池システム10の動作時に、酸化還元活性種を含有する液体電解質を、スタック22の1つまたは複数のフロー電池セル20を通して循環させて、発電のために化学エネルギーを電気エネルギーに変換することができる。酸化還元反応が、エネルギー貯蔵のために電気エネルギーを化学エネルギーに変換するように可逆的であり得ることを、当業者であれば理解できるであろう。例えば、第1および第2の電解質回路ループ16および18の各々は、それぞれの供給導管24、26、および戻り導管28、30を含むことができる。第1および第2の流量調整器19および21の各々を、コントローラからの制御信号に応答して電解質回路ループ16、18のうちのそれぞれ1つを通る一方の電解質溶液の流れを選択的に調整するように適合させることができる。流量調整器19、21の各々は、フロー電池システム10の個々の設計要件に応じて、可変速ポンプまたは電子的に駆動される弁などの単一の装置を含むことができ、あるいは複数のそのような装置を含むことができる。しかしながら、本開示の態様は、いかなる特定の種類の流量調整器にも限定されない。

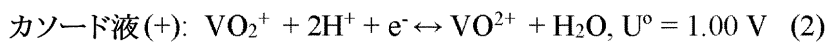
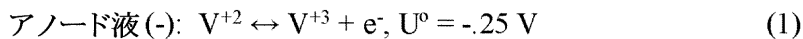
【0035】

図1Bは、スタック22の電池セル20の1つの例示的な態様、および液体電解質の化学エ

エネルギーを電気エネルギーに変換することができる代表的な酸化還元反応を示す図である。電池セル20は、多孔質の負電極（アノード）50と、多孔質の正電極（カソード）52と、それらの間に置かれたセパレータまたは膜54とを含むことができる。多孔質の負電極50は、アノード液と呼ばれる貯蔵タンク12の液体電解質と流体連通することができ、多孔質の正電極52は、カソード液と呼ばれる貯蔵タンク14の液体電解質と流体連通することができる。さらに、正電極および負電極は、外部回路に電氣的に連通する。

【0036】

いくつかの実装形態において、セル20は、バナジウム-バナジウム（例えば、全バナジウム）レドックスフロー電池の一部を形成することができる。バナジウムレドックスフロー電池用の液体電解質は、硫酸に溶解させた硫酸バナジウムであってよい。硫酸バナジウムおよび硫酸の濃度を、それぞれ約1~2Mから約4~5Mの範囲より選択することができる。全バナジウム系のレドックス対は、以下の式1および式2に示される。分かり易くするために、傍観種の硫酸（ SO_4 ）は示されていない。



【0037】

負および正の半電池反応がそれぞれ、炭素系の紙から形成することができるアノード50およびカソード52の表面で生じることができ、これらは、PFSA（ペルフルオロスルホン酸）系のプロトン交換膜の形態をとることができるセパレータ54によって隔てられ得る。セパレータ52は、バナジウムのクロスオーバーを最小限に抑えつつ、プロトンがセル20間で電荷を移動させることを可能にすることができる。スタック22において、各々のセル20へのバルクの電解質の移動および各々のセル20からのバルクの電解質の移動のためのフローチャネルも含むことができるグラファイトバイポーラプレート（図示せず）を介して、セル20を電氣的に直列に接続することができる。セル20に、セルスタック22に一体化された共通のマニホールドを介して、電解質を並列に供給することができる。

【0038】

フロー電池システム10は、充電、放電、および電解質メンテナンスの3つのモードで動作することができる。充電動作および放電動作の際には、電気化学をサポートするのに十分な量の反応物質を貯蔵タンク12、14からセルスタック22へと送り出すことによって、エネルギーを電解質へと供給する、あるいはエネルギーを電解質から抽出することができる。

【0039】

電解質メンテナンスの際には、セパレータ54を通るバナジウムのクロスオーバーの影響の少なくとも一部を逆転させることができる。一例として、カソード液中のバナジウム濃度が、時間とともに（すなわち、充電/放電サイクルの数が増えるにつれて）増加する可能性がある。セパレータ54を横切る正味の水の移動も、バナジウムの濃度の変化をもたらす可能性がある。これらのプロセスは両方とも、各々のタンク12、14内の電解質の全体積に影響を及ぼす可能性がある。このメンテナンスがないと、エネルギー容量および効率がサイクルに伴い低下する可能性がある。バナジウムの濃度および/または温度が所定のしきい値を超える場合（例えば、約2M以上の濃度、約40℃以上の温度）、バナジウムの沈殿もまた、セル20のカソード液側において懸念をもたらす可能性がある。

【0040】

本明細書で論じられるシステムおよび技術の態様は、全バナジウムレドックスフロー電池を使用することができる。しかしながら、他のフロー電池も使用可能である。全バナジウムレドックスフロー電池は、他の種類のレドックスフロー電池に勝る利点をもたらすことができる。一例として、他のレドックス化学は、2つの電解質の流れが互いに混ざり合うことについて、不適合性および/または感受性を示す可能性がある。或る種が横断して反対側の流れに存在する要素と不可逆的に反応する場合、その特定の充電/放電サイクルにお

10

20

30

40

50

いて効率が低下する可能性があるだけでなく、フロー電池システム10の容量の減少および全体的な性能の低下につながる可能性もある。結果として、電解質を分離し、反応物質を回復させるための高価なメンテナンスが必要とされ得る。対照的に、全バナジウム系は、アノード液およびカソード液の両方にバナジウムが用いられるがゆえに、何らかの種が不可逆的に消費されたり、あるいは反応電解質溶液から取り除かれたりすることがないため、クロスオーバーが、最悪の場合でも、効率の低下をもたらすにすぎない。

【0041】

図2A～2Eは、モジュール式のスケーラブルなフロー電池システム200の態様を示している。以下で詳細に説明されるように、システム200は、電力（スタックによって提供される）をエネルギー（離れて貯蔵された電解質によって提供される）から分離するというフロー電池の能力を最大限に利用するモジュール式の設計を含むことができる。システム200の電力を、システム200に含まれる電池セルスタックの数によって決定することができる一方で、システム200によって貯蔵されるエネルギーを、電池セルスタックによる使用のために利用することができる電解質の量によって決定することができる。さらに、システム200は、電池セルスタックおよび電解質貯蔵部を、容易に輸送、保管、および配備が可能であるフォームファクタで提供することができる。結果として、本開示のモジュール式フロー電池システム200の態様は、迅速かつ費用効果的なやり方で拡大・縮小することができる大規模なエネルギー貯蔵容量を提供することができる。

【0042】

図2A～2Bに示されるように、システム200の態様は、少なくとも1つの電池スタック202と、1つまたは複数のアノード液貯蔵部204と、1つまたは複数のカソード液貯蔵部206とを含むことができる。以下でさらに詳しく説明されるように、各電池スタック202を、それぞれのアノード液貯蔵部204およびカソード液貯蔵部206の対に流体連通するように構成することができる。一例として、電池スタック202を、電池スタック202とアノード液貯蔵部およびカソード液貯蔵部204、206との間で電解質を移動させるために必要な任意の電解質ポンプ、支持配管、弁、および制御電子機器と共に格納することができる。したがって、さまざまな数のアノード液貯蔵部204およびカソード液貯蔵部206の対を各電池スタック202に結合させることができる。

【0043】

特定の態様においては、電池スタック202を、異なるアノード液およびカソード液を使用して電力を発生させるように構成することができる。したがって、アノード液貯蔵部およびカソード液貯蔵部に貯蔵される電解質が異なってもよい。他の態様（例えば、全バナジウムフロー電池）においては、電池スタック202を、カソード液および電解質に同じ電解質を使用して電力を発生させるように構成することができる。したがって、アノード液貯蔵部およびカソード液貯蔵部に貯蔵される液体電解質は、同じであってよい。

【0044】

各電池スタック202、アノード液貯蔵部204、およびカソード液貯蔵部206は、輸送および現場での配備を容易にするフォームファクタを有することができる。一例として、各電池スタック202、アノード液貯蔵部204、およびカソード液貯蔵部206を、輸送用コンテナについて国際標準化機構（ISO）によって定められた規格寸法を満たすフォームファクタを有するそれぞれのコンテナ内に設けることができる。特定の態様においては、電池スタック202が、第1のフォームファクタを採用することができ、アノード液およびカソード液貯蔵部204、206は、異なるフォームファクタで独立して選択されることができる。一例として、電池スタック202を、ISO規格寸法の40フィートの輸送用コンテナ内に設けることができ、アノード液およびカソード液貯蔵部204、206を、ISO規格寸法の20フィートの輸送用コンテナ内に設けることができる。システム200の態様を、本明細書において論じられ得る電池スタック202、アノード液貯蔵部204、およびカソード液貯蔵部206の特定の寸法に関して論じることができるが、システムのさらなる態様は、制限なく、任意のISO規格寸法の輸送用コンテナのサイズを採用することができる。したがって、電池スタック202、アノード液貯蔵部204、およびカソード液貯蔵部206を、本明細書にお

いて電池スタックコンテナ202、アノード液貯蔵コンテナ204、およびカソード液貯蔵コンテナ206と互換的に呼ぶことができる。

【0045】

有益には、コンテナのフォームファクタは、システム200の電力およびエネルギー貯蔵能力の迅速な拡大・縮小を可能にすることができ、これは、大規模配備の状況において重要な考慮事項となり得る。一局面において、電池スタックコンテナ202ならびにアノード液およびカソード液貯蔵コンテナ204、206の各々の規格寸法は、既存のインフラストラクチャを使用して、船舶、鉄道、およびトラックによる製造業者から現場への輸送、ならびに現場での保管および配備を容易にすることができる。

【0046】

一態様において、システム200は、少なくとも1つの電池スタックコンテナ202と、少なくとも1対のアノード液貯蔵コンテナ204およびカソード液貯蔵コンテナ206とを含むことができる。例えば、各電池スタックコンテナ202が10フィート×40フィートのコンテナ内にあり、アノード液およびカソード液貯蔵コンテナ204、206の各々が10フィート×20フィートのコンテナ内にあると仮定すると、システムは、0.5 MW・1時間に相当するエネルギー貯蔵を提供することができる。

【0047】

システムのモジュール式の局面ゆえに、システムによって占められる面積を大きく変えることなく、システムによって提供される電力およびエネルギー貯蔵を拡大・縮小するために追加の電池スタックコンテナおよび/または電解質貯蔵コンテナの対を追加することができる。図2Cの態様において、システムは、2つの積層階を有することができ、各階は、それぞれが10フィート×20フィートのコンテナの形態である3対の電解質コンテナに流体連通した、約10フィート×40フィートの電池スタックコンテナを含むことができる。図2Cのシステムの総面積は、約40フィート×約50フィート(2000ft²)であることができ、エネルギー容量は、約1 MW・6時間であることができる。図2Cと比較して、図2Dのシステムは、図2Dの各層に1対の追加のアノード液コンテナおよびカソード液コンテナを加えており、図2Eのシステムは、各層に2対の追加のアノード液コンテナおよびカソード液コンテナを加えている。図2Dのシステムの総面積は、約42フィート×50フィート(2100ft²)であることができ、エネルギー容量は、約1 MW・8時間であることができる。追加の100ft²の面積は、電池スタックコンテナの前部における1対のアノード液貯蔵コンテナおよびカソード液貯蔵コンテナの突き出しによって占められ得る。図2Eは、2つの積層階を含み、各階は、4対のアノード液コンテナおよびカソード液コンテナに流体連通した電池スタックコンテナを含んでいる、システムの態様を示している。図2Eのシステムの総面積は、約44フィート×約50フィート(2200ft²)であることができ、エネルギー容量は、約1 MW・約10時間であることができる。追加の100ft²の面積は、電池スタックコンテナの前部および後部における1対の電解質貯蔵コンテナの突き出しによって占められ得る。とりわけ、図2Dおよび2Eの態様の各々において、約1 MW・約2時間という追加のエネルギー貯蔵を、設置面積の比較的わずかな増加(例えば、図2Cの態様に対して約ft²)によりもたらすことができる。

【0048】

図示されていないが、さらなる態様においては、2つ以上のモジュール式フロー電池システムを、直流(DC)バス上で並列の構成にて電氣的に結合させることができる。例えば、それぞれが1 MWのDCを別々にもたらす2つのモジュール式フロー電池システムを並列に配置して、2 MWのシステムを提供することができる。さらなる態様においては、より大電力のシステムを提供するために、複数の1 MWまたは2 MWのモジュール式フロー電池システムを、絶縁変圧器のユーティリティ側において並列にすることができる。

【0049】

さらに、モジュール式フロー電池システム200の態様を、電気グリッドとの統合を容易にするために、以下の外部システムのうちの1つまたは複数に電氣的に連通させることができる:インバータ(電力変換システム)、変圧器、電池システムコントローラ、グリッド

10

20

30

40

50

コントローラ、相互接続および保護機器、ならびに冷却器-加熱器ユニット。これらの外部システムに関するさらなる情報は、後に詳しく論じられる。さらなる態様においては、モジュール式フロー電池システム200を、電解質コンテナから流出する液体電解質を封じ込めるように構成され得る場所に設置することができる。例えば、一態様において、フロー電池システムの下方に位置し、かつ/またはフロー電池システムに隣接して位置する地面を、液体電解質を吸収するように構成された物質で覆い、地面の汚染を防ぐことができる。電解質が漏れた場合に、電解質を吸収した汚染された物質を除去することができる。別の態様においては、フロー電池システムの下方に位置し、かつ/またはフロー電池システムに隣接して位置する地面を、液体電解質を実質的に通さないバリア層で覆うことができる。液体電解質を封じ込め容器へと導くために、このバリア層内にチャンネルをさらに形成することができる。いずれの場合も、地面および/または地下水の汚染を軽減または完全に回避することが可能である。

10

【0050】

電解質コンテナ300の形態のアノード液コンテナおよび/またはカソード液コンテナ204、206の態様が、図3A~3Bに示されている。図3Aを参照すると、電解質コンテナ300は、タンク304を収容するように寸法付けられた電解質コンテナハウジング302を含むことができる。電解質コンテナハウジング302は、電解質コンテナ300の外壁を形成する底部302a、側壁302b~302e、およびカバー302fを含むことができる。特定の態様においては、電解質コンテナハウジング302を、補強された底部とともに鋼から形成することができる。さらに、電解質コンテナハウジング302は、液体電解質がタンク304から流出した場合に二次的な封じ込めをもたらすために、実質的に液密であってよい。例えば、電解質コンテナハウジング302を、約-1psigの圧力を支えるように構成することができる。

20

【0051】

上述のように、一般に、電解質コンテナハウジング302のサイズを、国内輸送および国際輸送を容易にするように選択することができる。例えば、電解質コンテナハウジング302の長さは、通常の船舶位置における海上輸送のための標準的な長さである約19フィート10.5インチであってよい。コンテナハウジングの幅は、約8.5フィートであってよく、これは、現時点において、超過サイズの許可なしでの米国における国内道路輸送の最大幅である。コンテナハウジング302の高さは、約9.5フィートであってよく、これは、現時点において、超過サイズの許可なしで標準的な車台による米国における国内道路輸送の最大高さである。しかしながら、他の態様において、電解質コンテナハウジングの寸法が、特定の産業および/または法的管轄（例えば、国、州/地方など）によって採用されたコンテナ輸送の規格に基づいてさまざまであってよいことを、理解できるであろう。

30

【0052】

タンク304を、液体電解質を収容するように構成することができる。一局面においては、タンク304を、液体電解質による攻撃に対して耐性のある任意の材料から形成することができる。タンク304を形成する適切な材料としては、これらに限られるわけではないが、中密度ポリエチレンおよび高密度ポリエチレン（HDPE）を挙げることができる。タンクの材料を、電解質コンテナハウジング302の形状（例えば、矩形の形状）に成形し、電解質コンテナハウジング302内に位置付けることができる。そのような態様において、タンク304を電解質コンテナハウジング302に接合（例えば、溶接）して、電解質コンテナハウジングに対するタンク304の滑りを実質的に阻止することができる。他の態様（図示せず）において、タンクは、コンテナハウジングの内面に適用されたライナであってよい。

40

【0053】

タンク304の寸法は、さまざまであってよい。特定の態様においては、タンクの外壁のうちの1つまたは複数（例えば、底部、側壁、およびカバー）が、約0.25インチの厚さであってよい。タンクがISO規格の20フィートの輸送用コンテナ（例えば、約20フィート×8.5フィート×9.5フィート）の形状で提供されると仮定すると、タンクの容積は約10,000ガロンであり得る。別の局面においては、タンクを、電解質と接地されたコンテナ枠との間に高電圧絶縁をもたらすように構成することができる。例えば、タンクは、20年目に

50

少なくとも最大約20kV DCおよび約400TΩ/in²をもたらすことができる。

【0054】

電解質コンテナが図3Bの断面図に示されており、電池スタックコンテナ202との液体電解質の流体連通をもたらすように構成された構成要素を示している。図示のように、電解質コンテナ300は、供給管350および戻り管352を含むことができる。供給フランジ354aおよび戻りフランジ354bを、それぞれ供給管350および戻り管352に結合させることができる。特定の態様においては、管フランジ354a、354bを、電解質コンテナ300の側壁に形成することができる。さらなる態様においては、管フランジ354a、354bを、電池スタックコンテナ202に隣接する複数の電解質コンテナ300の効率的な空間分布を容易にするために、短い壁（例えば、端面の壁）上に形成することができる。

10

【0055】

一態様において、供給管および戻り管350、352は、出荷の前にタンクの販売業者によって設置されてよい。モジュール式フロー電池システム200の使用時に、供給管および戻り管350、352の各々は、液体電解質中に浸漬させることができ、液体電解質は、供給管および戻り管350、352のそれぞれを介して電池スタックコンテナへおよび電池スタックコンテナから流れることができる（電解質コンテナ300への電解質の供給の流れおよび電解質コンテナ300からの電解質の戻りの流れを示している矢印SおよびRを参照）。供給管350は、下方へと曲げられた部分を含むことができ、戻り管352は、タンク304内でほぼ水平に延びることができる。供給管および戻り管350、352のこの構成は、二重壁の外部配管の必要性を実質的に排除することができ、供給管および戻り管350、352を損傷させる心配なく、電解質コンテナ300を積み重ねることを可能にできる。タンク304と同様に、戻り管および供給管350、352の各々を、液体電解質からの化学的攻撃に耐えることができる材料（例えば、HDPE）から形成することができる。

20

【0056】

さらなる態様において、電解質コンテナ300は、充てんシステム306を含むことができる。例えば、電解質コンテナ300を空の状態に出荷し、現場において液体電解質を充てんすることができる。充てんシステム306は、液体電解質を大気に曝すことなくタンク304へと追加することを可能にするように構成することができる。例えば、充てんシステム306は、タンク304の壁を通して延びるチャンネルと、サイフォン防止弁（図示せず）とを含むことができる。このような構成により、電解質をチャンネルを通してタンク304へと導くことができ、サイフォン防止弁が、タンク304からの電解質の流れを阻止することができる。

30

【0057】

供給管および戻り管350、352の各々は、輸送時に供給管および戻り管350、352の機械的な支持を提供するために、それぞれの供給管支持体および戻り管支持体360a、360bにさらに係合することができる。タンク304と同様に、管支持体360a、360bの各々を、液体電解質からの化学的攻撃に耐えることができる材料（例えば、HDPE）から形成することができる。

【0058】

図4A～4Bにさらに詳細に示されるように、各戻り管支持体260bを、戻り管352を受け入れるための横方向の開口が貫通した中空管として形成することができる。支持フランジ362を、戻り管支持体360bの終端部に固定（例えば、融接）することができる。戻り管支持体360bを、複数のボルトによって支持フランジ362において電解質コンテナハウジング302に固定することができる。例えば、図4Bに示されるように、ボルトリング364（例えば、ポリエチレンで包まれたステンレス鋼製のボルトリング）をタンク304の内面に位置付けることができ、ボルトリング364の1つまたは複数のボルトが、タンク304の壁を通して延びて、支持フランジ362に係合することができる。シール366（例えば、ガスケット）を、フランジにおけるタンクからの電解質の漏れを阻止するために、ボルトの各側（例えば、タンク304と支持フランジ362との間およびタンク304とボルトリング364との間）に位置付けることもできる。シール366に予荷重を加えるために、皿ばね370と

40

50

しても知られるベルビルワッシャを、各ボルトの周囲（例えば、シール366と対応するボルトのナットとの間）に位置付けることができる。

【0059】

タンク304は、図4Cに詳細に示されるように、メンテナンス用のアクセスのための（例えば、タンク304の天井の）マンウェイ372をさらに含むことができる。マンウェイ372は、これらに限られるわけではないが供給管および戻り管350、352、供給支持体および戻り支持体360a、360b、マンウェイ372などの構成要素をタンク304内に設置するために、作業者がタンク304に進入できるような寸法とすることができる。マンウェイ372を、液体電解質からの化学的攻撃に耐えることができる材料（例えば、HDPE）から形成することができる。マンウェイ372を、複数のボルトによって外部に面するタンク304の壁に固定することができる。例えば、図4Cに示されるように、ボルトリング374（例えば、ポリエチレンで包まれたステンレス鋼製のボルトリング）をタンク304の内面に位置付けることができ、ボルトリング374の複数のボルトが、タンク304の壁を通して延びて、マンウェイ372に係合することができる。さらに、マンウェイ372におけるタンク304からの電解質の漏れを阻止するために、シール376をボルトリング374の各ボルトの周囲に位置付け、ボルトの各側の間（例えば、タンク304とマンウェイ372との間およびタンク304とボルトリング374との間）に介在させることができる。シール376に予荷重を加えるために、皿ばね（図示せず）を、各ボルトの周囲（例えば、マンウェイ372とボルトリング374の対応するナットとの間）に位置付けることができる。マンウェイ372を、出荷の前にタンクの販売業者が設置することができる。

10

20

【0060】

図5A～5Bは、1つまたは複数の管接続部500を介して流体連通する電池スタックコンテナ202および電解質コンテナ300の態様の断面図である。以下で詳しく説明されるように、管接続部500を、電池スタックコンテナ202と電解質コンテナ300との間のアノード溶液およびカソード溶液の流れを可能にするように構成することができる。図示のように、管接続部500は、第1の端部500aと第2の端部500bとの間を延びる管状構造であってよく、電池スタックコンテナ202と電解質コンテナ300との間に実質的に流体密封性のシールを形成するように構成されてよい。第1の端部500aを、（例えば、溶接によって）電池スタックコンテナ202の電解質導管ネットワーク502の終端部に固定することができる。第2の端部500bは、戻りフランジ354bを介して（例えば、管接続部500と戻りフランジ354bとの間に実質的に流体密封性のシールを提供するボルトリングを介して）戻り管352に結合するように構成された管接続フランジ504を含むことができる。特定の態様において、管接続部500および戻りフランジ354bの直径は、ほぼ等しくてよい（例えば、約4インチ）。

30

【0061】

管接続部500は、電池スタックコンテナ202と電解質コンテナ300との間に広がるギャップGに沿って延びることができる。ギャップGを、管接続部500の設置およびメンテナンスのための充分なすき間を提供するように寸法付けることができる。管接続部500を（例えば、衝撃による損傷から）保護するために、封じ込めスリーブ506を設けることができる。図示のように、封じ込めスリーブ506は、（例えば、水平方向に）ギャップGを横切り、（例えば、垂直方向に）管接続部を側方から囲むように寸法付けられる。封じ込めスリーブ506の一端部を、電解質コンテナ300に結合させる（例えば、溶接する）ことができる。封じ込めスリーブ506の反対側の端部は、電池スタックコンテナ202の側壁を貫いて形成された浮動パネル510内に受け入れられ、シール（例えば、ガスケット）によって囲まれることができる。管接続部500、管接続フランジ504、および封じ込めスリーブ506の態様を、液体電解質からの化学的攻撃に耐えることができる材料（例えば、HDPE）から形成することができる。

40

【0062】

図5Aにさらに示されるように、流体導管ネットワーク502は、「ドッグレッグ」接続部などの複数の応力緩和機構512をさらに含むことができる。例えば、ドッグレッグ接続部

50

を、熱膨張/収縮および製造公差から生じる寸法変化に適応するための十分なコンプライアンスを流体導管ネットワーク502にもたらしように構成することができる。

【0063】

図5A～5Bにおいては戻り管352および戻りフランジ260の場合について示されているが、管接続部500および封じ込めスリーブ506の態様は、電解質コンテナの供給管および供給管フランジを電池スタックコンテナに結合させるためにも使用可能である。さらなる態様において、電解質コンテナは、カソード液を収容する電解質コンテナまたはアノード液を収容する電解質コンテナであってよい。

【0064】

図6A～6Bに、電解質コンテナ300の窒素システムの一態様が示されている。窒素システムは、タンク304自体の液密性との組み合わせで、液体電解質と電解質コンテナ300の外部環境（例えば、大気）との接触を実質的に阻止することができる。例えば、窒素システムは、「窒素ブランケット」とも呼ばれるタンク304の上部の空の空間600を満たすために窒素を低圧で供給することができる。この機構は、荷電アノード液が環境の酸素に接触した状態に置かれたときに酸化し、より高い酸化状態を有する種へと変化する可能性があるため、望ましいものであり得る。

【0065】

窒素を、外部の供給源から電解質コンテナ300へと供給することができる。特定の態様においては、外部の窒素供給源を、電池スタックコンテナ202内に格納することができる。窒素の供給源の例は、これらに限られるわけではないが、複数の窒素コンテナ、配管された共通の液体窒素（LN₂）システム、または窒素発生装置のいずれかを、単独または組み合わせて含むことができる。窒素システムによって使用される窒素の量は、比較的少なくてもよいが、一部の窒素を、熱膨張-収縮のサイクルの間に圧力逃し弁を通して抜くことができる。

【0066】

窒素を、電解質コンテナ1つにつき1つのPad供給弁および1つのDepad弁など、1つまたは複数の弁（図示せず）を含む配管602を介して電解質コンテナ300へ送達することができる。Pad弁は、電解質コンテナ300の通常の使用時に空間600内に最小圧力が維持されることを保証することによって、窒素ブランケットの形成を容易にすることができる。さらに、Depad弁は、電解質コンテナ300の通常の使用時にタンクの圧力を最大値までに制限することによって、蒸気の回収を容易にすることができる。図示されていないが、電池スタックコンテナ内の窒素配管を、タンク（図示されていない）からの電解質の逆流が起きた場合に低位置の排出および漏れセンサへと傾斜させることができる。窒素導管602は、液体電解質からの化学的攻撃に耐えることができる材料（例えば、HDPE）から形成されてよく、（例えば、溶接によって）ノズルに結合される。

【0067】

一態様においては、電池スタックコンテナ202から受け取った窒素を、タンク304と電解質コンテナハウジング302との間に位置付けられた電解質コンテナ300の切り欠き領域604を通して導くことができる。窒素配管602は、戻りフランジ354bと窒素ノズル606との間に延びることができる。窒素ノズル606は、窒素フランジ610を介してタンクの壁を通して延びることができる。窒素フランジ610は、窒素ノズル606にさらに流体連通することができる。窒素は、窒素配管602を通して窒素ノズル606へと流れて、タンク304内に窒素ブランケットをもたらすことができる。

【0068】

図6Bは、窒素ノズル606をさらに詳細に示している。窒素導管602を、薄型（例えば、90°）の窒素フランジ610を使用して窒素ノズル606に接続することができる。有益なことに、この薄型の設計は、実質的に窒素システムの全体を電解質コンテナ300内に収容することを可能にし、電解質コンテナの積み重ねを容易にすることができる。

【0069】

窒素ノズル606は、タンク304内に窒素を吐出するための排出口612を含むことができ

10

20

30

40

50

る。窒素フランジ610において受け取った窒素を、電解質の漏れを軽減するための低位置の排出部を有するラビリンズ状の経路614を介して、排出口612へと導くことができる。排出口612を、固定に使用することができる窒素ボルトリング616（例えば、HDPEで包まれたステンレス鋼製のボルトリング）によって窒素フランジ610に固定することができる。それぞれのシール620（例えば、ガスケット）をボルトリング616と窒素フランジ610との間に介在させて、タンク304からの電解質の漏れを阻止することができる。

【0070】

電解質コンテナ300の態様は、タンク304から流出した液体電解質を検出するための漏れセンサシステム700をさらに含むことができる。図7に示されるように、一態様において、漏れセンサシステム700は、電解質コンテナハウジング302とタンク304との間に位置する空き空間702内で、電解質コンテナハウジング302の底部302aに隣接して位置付けることができる。漏れセンサシステム700は、サンプル704、センサ706、およびサンプル704とセンサ706との間の流体連通を可能にする継ぎ手710を含むことができる。各電解質コンテナ300は、異なる位置における電解質の漏れの検出を可能にし、かつ/または1つの漏れセンサシステム700の故障の場合の冗長性を可能にするために、電解質コンテナ300の異なる位置（例えば、対向する両側）に複数の漏れセンサシステム700を含むことができる。

【0071】

サンプル704を、電解質コンテナ300の低い位置に位置付けることができる。この位置付けは、電解質が漏れた場合に、電解質は重力の影響下で電解質コンテナ300内の最も低い位置まで流れる可能性があるため、電解質の漏れの早期の検出を保証することができる。サンプル704を、電解質による化学的攻撃に耐える表面のコーティングまたはライニングを備えることによって、漏れた電解質を長期間受け入れるように設計することができる。漏れた電解質がサンプル704を満たすにつれて、電解質の最も高い液面が、継ぎ手710に進入でき、電解質をセンサ706へと導くことができる。

【0072】

一般に、センサ706は、水および/または電解質の存在を検出することができる任意の装置であってよい。例えば、センサ706は、炭素製要素を含む導電式センサであってよい。特定の態様においては、センサ706を電解質コンテナハウジング302に形成された隔壁712内に格納することができ、継ぎ手710を隔壁712を通して延ばすことができる。

【0073】

さらなる態様においては、わずかな漏れが、サンプル704を満たさずセンサ706により検出されないかもしれないほど小さい体積であり得る可能性がある。そのような状況下では、比較的低い導電率を有する別の液体（例えば、エチレングリコール）を、サンプル704の容積を超える体積にて、電解質コンテナハウジング302とタンク304との間の空間702に埋め戻しすることによって、漏れの検出を実行することができる。この液体が、わずかに漏れた電解質と混ざり合うと、得られる混合物の導電率は、追加された液体単独の導電率よりも高くなり得る。したがって、液体混合物がサンプル704を満たすと、液体混合物はセンサと接触することができる。センサ706は、液体混合物をその導電率に基づいて検出し、それによりわずかな漏れを感知するように、構成されることができる。特定の態様において、この埋め戻しを、点検期間中に手作業で実行することができる。

【0074】

さらなる態様において、電解質コンテナ300は、電解質コンテナから漏れた電解質を制御放出するための排出部800を含むことができる。図8に示されるように、排出部800は、電解質コンテナハウジング302を通して延びる隔壁712内に位置付けられてよく、プラグ802と、弁804（例えば、ロッキングボール弁）と、継ぎ手806とを含むことができる。継ぎ手806は、弁804とサンプル704との間の流体連通を可能にするチャネルを提供することができる。電解質が漏れた場合、電解質は、重力の影響下でサンプル704へと流れることができる。流体が弁804を介して電解質コンテナ300を出ることを可能にする、あるいはそれを阻止するために、弁を開閉することができる。プラグ802を、弁804の終端部に

取り外し可能に位置付けることができる。したがって、弁804およびプラグ802を、必要に応じて排出部800と大気との間の流体連通を可能にする、あるいは阻止するように構成することができる。

【0075】

タンク304内の電解質のレベルをチェックするために、電解質コンテナ300の態様は、タンクレベルセンサを含むことができる。一般に、レベルセンサを、互いに積み重ねられた状態の電解質コンテナ300への挿入およびそこからの取り外しのために構成することができる。特定の態様において、タンクレベルセンサは、静電容量式センサ、超音波センサ、または圧力式センサのうちのいずれか1つであってよい。さらなる態様においては、タンクレベルセンサを、タンク304を通してタンク304内の選択された垂直位置（例えば、タンク304の最下点）まで延びるように構成することができる。このようにして、タンクレベルセンサは、予め選択された最低レベルと最高レベルとの間（例えば、おおむねタンク304の底部から、タンク304の高さの約75%まで）のタンクレベルを測定するために有効であり得る。

【0076】

静電容量式タンクレベルセンサ900の一態様が、図9A～9Cに示されている。分かり易くするために、タンクレベルセンサに関連する電子機器は省略されている。タンクレベルセンサ900は、非導電性の外側スリーブ902（例えば、HDPEなどのポリマー）と、外側スリーブ902内に完全に封入された導電性チューブ904（例えば、アルミニウムまたは銅）とを含むことができる。図9Aは、タンクレベルセンサ900を、外側スリーブ902の特徴をよりよく示すために導電性チューブ904を省略して示している。図示のように、外側スリーブ902は、終端部（例えば、上端部）にレベルセンサフランジ906を含むことができる。レベルセンサフランジ906を受け入れるために、開口部910をタンク304を貫いて設けることができ、レベルセンサフランジ906を、開口部910においてタンク304に密封係合（例えば、融接）させることができる。このようにして、タンクレベルセンサ900は、タンク304の上部にアクセスし、閉じ込められた空気ポケットを存在させることなく、タンク304に貯蔵されている電解質912に接触することができる。

【0077】

電解質コンテナ300の態様を、上側電解質コンテナ300aおよび下側電解質コンテナ300bなどの少なくとも2つの電解質コンテナ300を積み重ねるときに、タンクレベルセンサ900の使用が容易であるように構成することができる。例えば、各々の電解質コンテナ300a、300bのカバー302fが、カバー302fを貫いて形成された第1のレベルセンサ開口部912aと、側壁302b～302eのうちの1つを貫いて延びる第2のレベルセンサ開口部912bとを含むことができる。さらなる態様においては、下側電解質コンテナ300bへの挿入のために、下側電解質コンテナ300bの第1のレベルセンサ開口部912aおよび上側電解質コンテナ300aの第2のレベルセンサ開口部912bを通過できるように、タンクレベルセンサ900に角度を付けることができる。さらなる態様においては、異なる位置におけるタンクレベルの測定を可能にし、かつ/または1つのタンクレベルセンサの故障の場合の冗長性を可能にするために、2つ以上のタンクレベルセンサ900を電解質コンテナ300の異なる場所（例えば、対向する両側）に設けることができる。

【0078】

図10A～10Cは、電池スタックコンテナ1000の形態の電池スタックコンテナ202の態様を示している。電池スタックコンテナ1000は、電池スタックコンテナ1000の構成要素（例えば、電池スタック、電池スタックコンテナ202を通してアノード液およびカソード液を運ぶための管、ポンプ、弁などを含む流体導管ネットワーク、電気接続部、ならびに他のシステム）を囲む、底部1002a、側壁1002b、1002c、1002d、1002e、および天井1002fを含む電池スタックコンテナハウジング1002を含むことができる。安全性定格フェイルセーフセンサ（漏れ感知センサシステム700など）を、電池スタックコンテナ1000内の1つまたは複数の場所に配置することができ、漏れが検出された場合にポンプおよび弁をシャットダウンするように構成することができる。遠隔監視を提供するために、カ

メラ（図示せず）を電池スタックコンテナの外側および/または内側に設けてもよい。

【0079】

電池スタックコンテナ1000は、電池スタックまたは流体導管ネットワークから電解質が流出した場合の二次封じ込め部1004をさらに含むことができる。例えば、図10Bに示されるように、二次封じ込め部1004は、密閉された下部パンを含むことができる。下部パンは、電解質に耐えるコーティングを有することができ、おおむね電池スタックコンテナ1000の底部1002aからアクセスドア1006まで延びることができる（例えば、約30インチの高さ）。電池スタックコンテナ1000が、ISO規格の40フィートコンテナのフォームファクタと、30%の機器変位とを有すると仮定すると、二次封じ込め部1004は、約4000ガロンの電解質を保持することができる。

10

【0080】

電池スタックコンテナ1000を、現場での労働の最小化および迅速な試運転を促進するように構成することができる。例えば、電池スタックコンテナ1000は、点検のために両端にアクセスドア1006（例えば、幅48インチ、高さ54インチ）を含むことができる。特定の態様において、すべての現場の電源（AC、DC、補助）および冷却用の接続を、電池スタックコンテナに進入することなく、電池スタックコンテナ1000の一端の接続パネル1008に対して行うことができる。それぞれの電解質コンテナ300への配線を、環境定格ミル型円形コネクタを有する予め製造されたケーブルハーネスを介して設けることができる。

【0081】

電池スタックコンテナ1000は、配備されて使用されるときに電解質コンテナ300の対の間に配置されるように構成することができる。各電池スタックコンテナ1000は、電解質コンテナ300との流体連通のための接続部の対1010を含むことができる。一例として、接続部の対1010は、電解質コンテナ300と電池スタックコンテナ1000との間の電解質の流れのための供給管1010sおよび戻り管1010rを含むことができる。特定の態様において、供給管1010sおよび戻り管1010rの各々は、図5に関して上述したとおりの管接続部500の形態であってよい。特定の態様においては、電池スタックコンテナ1000の1つの側面（例えば、1002bなどの長い側面）上に設けられた各々の接続部の対1010について、対応する接続部の対1010を、電池スタックコンテナ1000の対向する側面（例えば、長い側面1002d）上に設けることができる。モジュール式フロー電池システム200のモジュール式の設計を容易にするために、電池スタックコンテナ1000は、接続部の対1010を少なくとも2つ含むことができ、各々の接続部対1010は、関連する電解質コンテナ300をサポートすることができる（例えば、各電解質コンテナ300のための1つの接続部対）。特定の態様において、供給管1010sおよび戻り管1010rは、直径約4インチの管であってよい。

20

30

【0082】

接続部対1010の正確な数は、システム200の所望の動作時間に基づいて選択されてよい。例えば、図10Aの態様に示されるように、電池スタックコンテナ1000は、各側面（例えば、1002b、1002d）に供給管1010sおよび戻り管1010rの接続部対を5つ含む。電解質コンテナ300に流体連通した接続部対を、封鎖し、天候に対して密封することができる。

40

【0083】

接続部対1010s、1010rの態様は、電解質コンテナ300の供給管350および戻り管352と結合するために、それぞれの開口部1012を介して電池スタックコンテナハウジング1002を通して延びることができる。例えば、各々の開口部は、図5に関して上述した浮動パネル510の形態であってよい。開口部を、或る程度のコンテナの整列ずれおよび公差の狂いに備え、所望の量の半径方向の浮動（例えば、0.5インチ）を可能にするように寸法付けることができる。

【0084】

電池スタックコンテナ1000の電池スタックバンクおよび関連する流体導管ネットワークの態様が、図11A～11Dに示されている。各々の電池スタックコンテナ1000は、1つま

50

たは複数の電池スタック1100を含むことができ、電池スタック1100を、電池スタックバンク1102を形成するように互いに電氣的に配線することができる。次いで、電池スタックバンク1102を、所望の電圧および電流レベルをもたらすことができる電池スタックアセンブリ1104を形成するために、選択された電氣的構成で互いに配線することができる。特定の態様において、電池スタックバンク1100は、以下のうちの1つに従って実装される電池セルおよび/または電池スタックを含むことができる:米国特許第9,774,044号(「Flow Battery Stack With An Integrated Heat Exchanger」、2011年9月21日出願)、米国特許出願公開第2013/0029196号(「Flow Battery Cells Arranged Between An Inlet Manifold And An Outlet Manifold」、2011年7月29日出願)、米国特許第9,166,243号(「Flow Battery With Interdigitated Flow Field」、2009年12月18日出願)、米国特許出願公開第2015/0263358号(「Flow Battery With Mixed Flow」、2011年12月20日出願)、および米国特許第8,884,578号(「Method And System For Operating A Flow Battery System Based On Energy Costs」、2011年2月7日出願)、それぞれの全内容は、参照により本明細書に組み入れられる。例えば、図11Bに示される態様において、電池スタックコンテナ1000は、電池スタックバンク1100(例えば、1100a、1100b、1100c、1100d)を含み、2つのバンク(1100a、1100b)が一方側に位置し、2つのバンク(1100c、1100d)が反対側に位置する。電池スタックバンク1100a、1100b、1100c、1100dの各々は、電氣的に並列な要素であってよい(例えば、1S4P構成)。各側の電池スタックバンク1102は、互いに直列に配線される(例えば、全体的な2S4P構成)。これらの構成の各々が、並列にさらに配線され(例えば、16個のスタックの全体的な2S8P構成)、電池スタックアセンブリ1104が形成される。

【0085】

例えば、電池スタック1100ごとにセルが125個であると仮定すると、この構成は、電池スタックアセンブリ1104の定格電力をもたらすために、直列な250個のセルの8つの並列なストリングを提供する。さらに、公称電位が1.4Vのバナジウムフローセルを使用すると仮定すると、各々の電池スタック1100は、175Vの公称電位を有することができ、各電池コンテナは、350Vの公称電位を有する。

【0086】

さらなる態様においては、電池スタック1100を、複数の区域に分割することができる。各々の電池スタック1100が電氣的に直列に配線された125個の電池セルを含む上記の例で続けると、電池スタック1100を、2つの電解質区域に(例えば、一方の電解質区域が62個のセルを含み、残りの電池電解質区域が63個のセルを含むように、約半分に)分割することができる。有益なことに、そのような配置は、外部配管を通る分流の改善された軽減をもたらすことができる。

【0087】

各々の電池スタック1100は、全システム電圧および最大スタック電流を保守的に処理することが可能であってよい密接に取り付けられたコンタクタを含むことができる。これにより、互い違いの接続ならびに任意の電池スタック1100の電氣的絶縁が可能になる。電池スタックアセンブリ1104の各側における電池スタック1100の最も正の側に個別にヒューズを付け、8つのヒューズを得ることができる。最大定格電流がそれらの定格の範囲内に十分に収まるため、ヒューズを、単なる過負荷状態ではなく壊滅的な短絡の場合に電池スタックアセンブリ1104の配線を保護するように設計することができる。例えば、ヒューズの定格がそれぞれ400アンペアであると仮定すると、電池スタックアセンブリ1104を合計3200アンペアにおいて保護することができる。

【0088】

電池スタックバンク1102の各々を、銅バスバーで互いに接続し、銅ケーブルを使用して他のセットに相互接続することができる。NECの配線要件を満たし、配線損失を最小限に抑えるために、すべてのバスバーおよびケーブルを、保護ヒューズの完全な値に合わせた定格とすることができる。精密電流シャントをさらに設け、電池スタックアセンブリ1104に出入りする電流を測定するとともに、各々のバンクの電圧を測定することができる。

これらの値を、以下で説明されるように、電池スタックコントローラに報告することができる。

【0089】

さらなる態様において、電池スタックコンテナ1000は、ロック可能なDC切断スイッチ（図示せず）を含むことができる。DC切断スイッチを、アクセスドア1006の付近に設けることができ、電池スタックコンテナ1000の内側のDC電力構成要素を電池スタックコンテナ1000の外部のあらゆる構成要素から分離するように構成することができる。そのような外部の構成要素としては、これらに限られるわけではないが、他の電池スタックコンテナ、インバータ、および形成用電源（接続されている場合）を挙げることができる。DC切断スイッチを、接点が開状態にあることの直接的な目視での確認を提供するようにさらに構成することができる。このように構成されることによりDC切断スイッチは、特にモジュール式のスケーラブルなフロー電池システム200の他の部分が依然として動作しているときに電池スタックコンテナ1000の点検が行われる状況下で、電池スタックコンテナ1000の構成要素の安全な点検を助けることができる。

【0090】

電池スタック1100の各々を、電池スタックコンテナ1000の内側のラック1106内に取り付けることができる。図11Cに示されるように、ラック1106は、垂直支持体1106aおよび水平支持体1106bを含む。一態様においては、垂直支持体1106aを、3インチのcチャンネルの構成で形成することができる。ラック1106の一方側（例えば、背面側）を、電池スタックコンテナ10061100に対して位置付けることができ、ラック1106のもう一方の反対側（例えば、前面側）は、電池スタックコンテナ1000の中央に面することができる。別の態様（図示せず）においては、電池スタックが取り付けられたラックを、電池スタックコンテナの内側ではなく外側に配置し、環境へと開放することができる。

【0091】

電池スタックコンテナ1000の態様はまた、メンテナンスまたは交換のために電池スタックコンテナ1000から選択された電池スタック1100を取り外すことを可能にするように構成することができる。例えば、図11Aおよび11Dに示されるように、電池スタックバンク1102は、アクセス空間1110が提供されるように電池スタックコンテナ1000内に位置付けられる。このアクセス空間1160は、さらに詳しく後述されるように、所与の電池スタック1100をラック1106から横方向に取り外し、隣接するラックまたは流体導管ネットワークの管に実質的に接触させることなく電池スタックコンテナ1000の外へと長手方向に案内するために十分なすき間を提供するように、寸法付けることができる。さらに、電池スタックコンテナ1000は、所与の電池スタック1100を長手方向に移動させて電池スタックコンテナ1000からの取り外しを容易にするために、取り外し可能な梁延長部1114に取り付けられたホイスト1112を含むことができる。

【0092】

各々の電池スタック1100を、アノード液およびカソード液の流れをそこに通すことができるように、流体導管ネットワーク502に接続することができる。流体導管ネットワーク502は、アノード液およびカソード液のそれぞれの供給および戻りのためのそれぞれの主電解質マニホールド1200、電解質ポンプ1202、シャントマニホールド1204、および電池スタックマニホールド1206を含むことができる。例えば、供給に関して、各々の電解質は、上述のように、それぞれの供給主電解質マニホールド1200sにそれぞれ結合させることができる1つまたは複数のそれぞれの供給管1010sを通して、電池スタックコンテナ1000に進入することができる。供給主電解質マニホールド1200sは、供給主電解質マニホールド1200sに出入りする電解質の流れがほぼ釣り合うことができるように十分に大きくてよい（例えば、10インチの管）。供給主電解質マニホールド1200s内の電解質供給の流れは、供給電解質ポンプ1202sへと導かれ（例えば、200～400gpmの流量）、供給シャントマニホールド1204s（例えば、2インチの管）およびそれぞれの電池スタック1100への供給電池スタックマニホールド1206sのうちのそれぞれのマニホールドを通して電池スタック1100へと送られることができる。戻りの電解質の流れは、各電解質のための

流体導管ネットワーク502の別々の戻り部分を通して、逆方向に進むことができ、電池スタック1100から、戻り電池スタックマニホールド1206r、戻りシャントマニホールド1204r、戻りポンプ1202r、および戻り主電解質マニホールド1200rを通る。電解質は、戻り主電解質マニホールド1200rから、それぞれの戻り管1010rを介して、電池スタックコンテナ1000から出ることができる。

【0093】

シャントマニホールド1204は、電池スタック1100内のセル間の過剰なシャント電流損失を軽減するように設計された長さの配管を含むことができる。電池スタックコンテナ1000は、シャント電流に関連する損失を許容レベルまで低減させるために必要なすべてのシャントマニホールド1204を含むことができる。シャントマニホールド1204の各々は、関連する電池スタック1000へのアノード液の供給、関連する電池スタック1100へのカソード液供給、関連する電池スタック1000からのアノード液の戻り、および関連する電池スタック1100からのカソード液の戻りのうちの1つを含むように機能することができる。特定の態様において、シャントマニホールド1204は、直径約2インチの管であってよく、約19フィートのシャント距離をもたらすことができる。さらなる態様において、ラック1106の垂直支持体1106a（例えば、電池スタックコンテナ1000の中央に面する前面側の支持体）は、シャントマニホールド1204の設置を可能にするために取り外し可能であってよい。

【0094】

一態様においては、ポンプ1202を、可変周波数駆動装置（VFD）によって駆動することができる。この構成は、独立した正確な速度、したがってアノード液およびカソード液の流量および圧力の制御を可能にすることができる。滑らかな始動およびモータの出力パラメータに関する詳細なフィードバックも提供することができる。これらのVFDは、以下で詳細に説明されるスタックコンテナコントローラによって制御される補助電源パネルによって給電することができる。

【0095】

流体導管ネットワーク502の態様は、1つまたは複数の弁（例えば、バランス弁、遮断弁など）をさらに含むことができる。一般に、弁を、レベルを再びバランスさせるべく流れを制御するため、システム200がオフであるときに主供給を遮断するため、および特定の電池スタック1100を分離するために使用することができる。弁は、点検機能用の手動弁と、シャットダウン、始動、およびシステムの種々の機能がさらに詳しくは後述されるスタックコンテナコントローラの制御下で動作されるとき構成のための自動弁とを含むことができる。例えば、図12Bに示されるように、遮断またはバランスのためにそれぞれのポンプ1202とシャントマニホールド1204との間で電解質を分配するクロスタイマニホールド1208内に弁1210aが任意で設けられてもよい。供給管1010sおよび戻り管1010rと主電解質マニホールド1200r、1200sとの間に、弁1210bをさらに設けることができる（図12B、図13A）。シャントマニホールド1204と電池スタック1100との間に、弁1210cを設けることができる（図13B）。弁1210a、1210b、1210cの自動的な作動を、電池スタックコントローラと通信するモータ1209によってもたらすことができる。

【0096】

自動化された弁が使用されるとき、適切な操作を保証するためにフィードバックを提供することができる。一態様において、流体導管ネットワーク502は、弁1210a、1210b、1210cの監視および/またはフィードバック制御を行い、動作時にこれらの弁を通るアノード液およびカソード液の流れを調節するように構成された1つまたは複数のセンサ（例えば、温度センサ、流量センサ、圧力センサ、光学センサなど）をさらに含むことができる。アノード液およびカソード液の流量センサ1212a、1212bならびにアノード液およびカソード液の圧力センサ1214a、1214bの例が、図13Aおよび13Bに示されている。

【0097】

主電解質マニホールド1200用の支持構造体1400が、図14に示されている。支持梁1402（例えば、5×16の梁）が、電池スタックコンテナ1000の幅にまたがること

10

20

30

40

50

。支持ロッド1404（例えば、直径7/8インチ）を、支持梁1402から対で吊り下げることができる。ローラ管支持体1406を、支持ロッド1404の各対に固定することができる。特定の態様においては、ローラ管支持体1406を、各々の主電解質マニホールド1200について設けることができる。地震クロスブレース1410を、地震発生時の安定化のために支持ロッド1404にさらに固定することができる。

【0098】

電池スタックコンテナ1000の態様は、熱管理システムをさらに含むことができる。一般に、電解質は、典型的には約15℃～約40℃の特定の動作温度範囲を有することができる。電解質の温度が約15℃を下回ると、電解質は凍結する可能性があり、結果として、システム200はフルパワーの動作を提供できない可能性がある。したがって、システム200が低温環境にある場合、電解質に外部からの熱を供給できると有益であり得る。

【0099】

あるいは、暑い日には、この問題が逆になる可能性がある。システムの損失により、電解質の温度が50℃を超え、電解質の動作温度範囲の上限を上回る可能性がある。この状況は問題となり得る。というのも、電解質が高い充電状態および高い温度にあるとき、電解質の1つまたは複数の成分の沈殿が生じる可能性があり、これが目詰まりによるシステム200のシャットダウンにつながりかねないためである。この現象は可逆的であるが、システムの可用性に悪影響を及ぼす可能性がある。したがって、電解質を冷却できることが望ましい可能性がある。

【0100】

電解質を加熱および冷却するために、電池スタックコンテナ1000の態様は、液体-液体の熱交換器1500をさらに含むことができる。図15A～15Bに示されるように、熱交換器1500を、クランプ1502などの機械的な装置を使用して電池スタックコンテナ1000に取り付けることができる。特定の態様において、クランプ1502は、熱交換器1500の熱膨張に適應するように滑り嵌めされた単一支柱クランプであってよい。熱交換器1500は、冷却器-加熱器システム（図示せず）への接続のための1つまたは複数のポート1504を含むことができる。冷却器-加熱器システムを、熱交換流体（例えば、水-グリコール混合物）を所定の温度に加熱または冷却し、熱交換流体を熱交換器1500へ送達するように構成することができる。電池システムコントローラは、それぞれの電池スタック1100からの要求をさらに集約し、必要に応じて冷却器-加熱器システムに電池スタック1100を加熱または冷却するように命令することができる。特定の態様においては、8つの熱交換器1500を、より高い能力を達成するために並列構成に構成することができる。

【0101】

電池スタックコンテナ1000の態様を動作させるために使用することができる追加のシステムを、以下で説明する。

【0102】

補助電力

AC補助電力を、電池スタックコンテナ1000にAC補助電源パネル（図示せず）を介して接続することができる。このパネルは、主たるロック可能な切断スイッチを特徴とすることができ、業界標準（例えば、UL 508規格）に従って作られる。2つのポンプVFD、ファン、制御パネル電源、照明、およびその他のローカルAC負荷のそれぞれへの給電を保護するために、個別の回路遮断器を設けることができる。このパネルは、ラインリアクトル（必要であれば）をさらに含むことができる。VFDおよび導管配線を除くすべての配線および構成要素を、このパネルに収容することができ、ACの電氣的危険のほとんどがパネルの体積に閉じ込められるため、点検における安全の問題が改善される。このパネルを、電池スタックコンテナ1000のアクセスドア1006が開いているときの動作の防止に役立つように、インターロック式にすることができる。このパネルは、任意の作業員環境加熱器への供給も可能である。

【0103】

スタックコンテナコントローラ

一態様において、各々の電池スタックコンテナ1000は、スタックコンテナコントローラ（SCC）をさらに含むことができる。SCCは、電池スタックコンテナ1000内のすべてのセンサおよび器械を監視するとともに、弁1210a、1210b、1210c、およびモータ1209を制御するように構成されたデータ取得・制御プログラムを実行することができる演算装置を含むことができる。このコントローラは、外部に位置する主電池システムコントローラと通信する。システムの停電直後にSCCを動作させることができるように、電池のバックアップを用意することができる。これにより、SCCは、弁を安全状態に設定したり、停電状態を他の現在の状態と共に外界へ通信したりすることができる。センサ入力、自己診断機能および内部較正機能を備えることができる。必要に応じて絶縁をもたらすことができ、入力を過電流および無線周波数干渉（RFI）から保護することができる。SCCは、外部のセンサのためのコネクタおよび万が一の故障時の平均修理時間（MTTR）を最小にするための他の接続部を備えることができる。

10

【0104】

照明、インターロック、および安全性

点検作業員のために、電池スタックコンテナ内にLED照明を設けることができる。セキュリティの要件によってカメラの監視が必要とされる場合にも使用することができる。照明を、各々のアクセスドアに位置するスイッチによって制御することができ、遠隔指令によっても制御することができる。各々のドアを、安全インターロックシステムに接続されたインターロックスイッチによって監視することができる。システムの稼働中にドアが開けられると、その電池スタックコンテナを切り離し、電池システムコントローラを介してモニタリングネットワークへと警報を送信し、構成によってはモジュール式フロー電池システムの全体を停止させることができる。

20

【0105】

電池スタックコンテナは、独立した安全システムをさらに含むことができる。このシステムは、危険な状態（重大な漏れなど）、アクセスインターロック状態、または特定の障害が発生した場合にシステムをシャットダウンするために、漏れセンサ、インターロックスイッチ、制御リレーなどの安全定格の構成要素を使用することができる。このシステムを、いかなるソフトウェアまたは遠隔無効指令から完全に独立して動作するように構成することができる。

【0106】

上述した態様に基づいて、本開示のシステムおよび方法のさらなる特徴および利点を、当業者であれば理解できるであろう。したがって、本開示は、添付の特許請求の範囲によって示される場合を除き、具体的に図示および説明した内容に限定されるべきではない。本明細書に引用されたすべての刊行物および参考文献は、その全体が参照により本明細書に明確に組み入れられる。

30

【0107】

付録I

外部システム

モジュール式フロー電池システムの態様を、電気グリッドとの統合を容易にするために、以下の外部システムのうちの1つまたは複数と電氣的に連通させることができる。

40

【0108】

インバータ（電力調整システム;PCS）

電力調整システム（PCS）は、主DCバスと中間3相AC電圧の間の双方向DC-ACコンバータである。中間電圧は、絶縁変圧器に通され、典型的には中電圧の三相電力をグリッドへと供給する。インバータDCバスは、接地に対して浮いており、変圧器のグリッド側は、必要に応じて接地され、あるいは非接地とされる。

【0109】

グリッドに接続されている場合、インバータは、有効および無効電力が制御されたAC電流源として機能する（有効-無効電力モード）。インバータは、マイクログリッドにおける一次電源においてスタンドアロンモードで動作し、あるいは無停電電源装置（UPS）とし

50

て動作して、負荷をサポートすることも可能である（電圧-周波数モード）。AC電圧および周波数ドループ挙動を制御することによって、インバータは、複数の分散型発電資産および負荷を含むマイクログリッドに参加することもできる。スタンドアロンモードにおいて、インバータは唯一の発電機であり、接続された負荷をサポートするために必要な固定の電圧および周波数で、その定格電力までの電力を出力する。グリッドに接続されたとき、インバータは、完全な4象限の電力制御を実行することができる。有効電力をエクスポートまたはインポートしながら、進みまたは遅れのいずれかの無効電力をもたらすことができる。これはエネルギー貯蔵システムであるため、インバータは、モジュール式フローセルシステムを充電するためにも有効電力をインポートしなければならない。

【0110】

変圧器、計量、開閉装置、および保護

一態様において、PCSと共に使用される絶縁変圧器は、PCSに密接に結合させられ得る。この接続は、システムにおける最大の電流のいくつかを有する可能性があり、結果として最高のケーブルコストを有し得る。さらに、密接な結合は、PCSスイッチング過渡現象からの伝導および放射EMIを減少させ、損失を減少させ、かつシステムのモデル化のためのより良く特徴付けられたインピーダンスを提供する。

【0111】

変圧器は、以下のシステム設計上の問題に対処することができる。

i.ほとんどのグリッド相互接続は、中電圧（例えば、約13.8kV～約34.5kV）である。大口の産業顧客は、480ボルトで相互接続する可能性がある。電池システムのDC電圧は、約315ボルトのPCS ACインターフェイス電圧を必要とし、変圧器は、必要な相互接続電圧への変換を行う。

ii.電気絶縁。PCSは、その性質上、DC側とAC側との間の電氣的接続を有する。PCSがグリッドに直接接続される場合、DCバスに危険なAC電圧が重畳する可能性があり、絶縁システムの強化が必要となり、さらに作業員の危険が増す。

iii.高調波フィルタリング。PCSは、PWMスイッチモードコンバータであるため、AC側にかなりのスイッチング周波数成分を含む。ULおよびIEEEの要件（EUにおけるCE）を満たすために、フィルタリングがPCSにおいて有益となり得、変圧器のインピーダンスは、このフィルタリングネットワーク設計の一部である。

iv.インピーダンスによる安定性。ほとんどのPCS機器は、内部制御ループの安定性を維持するために、自身とグリッドとの間に一定量のインピーダンスを必要とするように設計されている。

【0112】

「料金用（revenue grade）」であることが多い計量が、通常は、モジュール式フロー電池システムがグリッドへと接続される共通接続地点（PCC）に設置される。中電圧システムの場合、これは、通常は、PT（電圧変成器）、CT（電流変成器）、およびメータ自体を含む。メータは、一般に、SharkまたはSELによって製造されたものなど、ネットワークに接続された装置（有線または無線）である。料金用の計量は、典型的には0.5%の精度を持つものとして指定され、PTおよびCTが使用される場合、これらが誤差の計算において考慮されなければならない。

【0113】

変圧器の中電圧側をグリッドへと接続するために、典型的には保護を含む何らかの形式の開閉装置が存在する。これは、ヒューズを有する一括動作の柱上の断路器のように単純であってよいが、SEL-651Rなどの複雑なコントローラを使用してきわめて具体的に設定されたトリップパラメータを有するリクローザであってもよい。より大規模なシステムについては、計量および保護を統合した中電圧配電盤パネルが存在し得る。

【0114】

ユーティリティ相互接続規則は、典型的には、冗長グリッド保護を必要としており、UL 1741定格のインバータが使用される場合、別の保護「リレー」が必要とされる。SEL 351Sが、この機能に使用される装置の典型であり、インバータの主遮断器をシャントトリッ

10

20

30

40

50

プするように配線される。インバータがUL 1741に挙げられていない場合、2つの別々の保護リレーを使用する必要がある、それぞれをインバータのシャントトリップ遮断器に配線する必要がある。

【0115】

補助電源システム

ポンプ、冷却器、照明などのモジュール式フロー電池システムの構成要素を動作させるための電力は、補助電源システムによって供給される。一態様においては、モジュール式フロー電池システムを、480ボルト3相4線ワイ電源で動作するように設計することができる。このステーション維持用電力は小売料金で課金されるため、グリッドから480ボルトへの変圧器は、通常は、それらの費用でローカルユーティリティによって供給され得る。モジュール式フロー電池システムは、各々の電池スタックコンテナ、電力調整システム、冷却器、および電力を必要とする他のすべてのローカル負荷用のブレーカー付きの480ボルトの主配電盤を含む。

10

【0116】

各々の個別の電池スタックコンテナを、120アンペア、480ボルトの供給を用いて動作するように構成することができる。これらの状況下で、最大電流は、すべてのポンプが最大で稼働し、すべての負荷が最大電流であるときに、約81アンペアになる。典型的な運転電流は、約50アンペアである。電解質コンテナは、いかなる電力装置も格納しておらず、したがっていかなるAC電力も必要としない。各々の電池スタックコンテナを、テストおよび点検機器用のローカルユーティリティコンセントへの給電のために、480から120ボルトへの変圧器を含むように構成することができる。制御およびネットワーク機器は、弁を安全な位置に移動させることを可能にし、状態をシステムの他の部分へと通信するためのローカル電池電力バックアップを含むことができる。

20

【0117】

PCSの電力の要件は、製造元によってさまざまであり得る。480ボルト三相を、PCSにとって利用可能にすることができ、PCSがより低い電圧を必要とする場合、この目的のためにPCSの内部または外部に配置される降圧変圧器を設けることができる。

【0118】

冷却器および加熱器サブシステムも、補助電源システムから給電される。加熱および冷却負荷ゆえに、このサブシステムは、かなりの電力を消費する可能性があり、使用時にシステム全体の効率に大きな影響を与える可能性がある。

30

【0119】

ブラックスタートまたは極端な低電圧ライドスルー（LVRT）が必要とされる場合は、無停電電源装置（UPS）を使用して、電池システムのポンプおよび制御システム、PCS補助電源、ならびにすべてのネットワーク機器および保護機器を動作させることができる。

【0120】

電池システムコントローラ（BSC）

スタックコンテナの外部において、インバータまたは補助制御キャビネット内に、電池システムコントローラ（BSC）が位置する。BSCは、積み重ねコンテナ（例えば、2個、4個、6個、8個など）および関連の電解質コンテナの数にかかわらず、モジュール式フロー電池システムが単一のインバータに接続される統合された単一のDCエネルギー貯蔵システムとして機能するように、モジュール式フロー電池システムの動作を制御する。1つのBSCが、複数のインバータを含むより大きなシステムの各々のインバータに関連付けられる。BSCソフトウェアは、関連するスタックコンテナの数に合わせて設定される。

40

- ・すべての関連のスタックコンテナの起動およびシャットダウンを管理する。
- ・警報および障害状態の通知を管理および伝達する。
- ・故障およびインターロック条件によるシステムシャットダウンを処理する。
- ・接続されたすべてのスタックコンテナを集約し、1つのシステムとして存在および動作させる。

- ・システム全体の充電状態（SOC）を計算する。

50

- ・直列および並列ストリングのSOCのバランスを管理する。
- ・充電および放電電流の制限を計算する。
- ・冷却器-加熱器システムに命令する。
- ・システムの運用および障害データの詳細なログファイルを保持する。
- ・スタックコンテナから詳細なログ情報を収集し、ネットワーク経由で受け渡す。
- ・ローカルまたはリモートでの監視および制御のためのウェブアクセス可能なグラフィカルユーザインターフェイスを提供する。
- ・関連のスタックコンテナに対するソフトウェアアップデートを管理する。

【0121】

BSCは、他のシステムネットワーク機器（例えば、ネットワークルータ、グリッドコントローラなど）を搭載したラック搭載型の工業温度範囲の演算装置として提供することができる。

【0122】

グリッドコントローラ

グリッドコントローラ（GC）を、モジュール式フロー電池システムの設置場所の全体の全体的な動作に対して構成することができる。例えば、GCは、以下のうちの1つまたは複数を実行することができる。

- ・現場の1つまたは複数のBMC、インバータ、および冷却器の動作を協調させる。
- ・ローカルおよび/またはリモートの電力品質メータを監視する。
- ・モジュール式フロー電池システム全体について可能なさまざまな「使用事例」（モード）を管理および実行する。
- ・システム全体の性能指標を記録する。
- ・DNP3、IEC 61850、および他のグリッド互換プロトコルを使用して通信する。
- ・ローカルまたはリモートでの監視および制御のためのウェブアクセス可能なグラフィカルユーザインターフェイスを提供する。
- ・ファームウェアアップデートなどの管理メッセージをインバータおよびBMCに受け渡す。
- ・セキュアルータと連携して情報セキュリティサービスを提供する。

【0123】

冷却器/加熱器システム

液体電解質の動作温度制限は、冷却器-加熱器システムの使用から利益を得ることができる。応用エンジニアリングが、現場の状況および動作の可用性の要件に基づいて必要な構成を決定することができる。

【0124】

冷却剤は、任意の適切な冷却剤を含むことができる。例えば、冷却剤は、脱イオン水とエチレングリコールとの50-50の混合物を含むことができる。冷却器および加熱器の両方に金属製の濡れる構成要素が存在するため、抑制剤を冷却剤に追加することができる。冷却剤は、液体-液体の熱交換器の漏れが発生した場合に活性化された電解質と接触する可能性があるため、非導電性のままでなければならない。

【0125】

冷却剤システムは、導電率が選択されたしきい値（例えば、1平方センチメートル当たり10マイクロジーメンズ）を超えて上昇した場合に監視システムへの警報を作動させるように構成された導電率モニタを含むことができる。冷却剤システム内の脱イオン水フィルタは毎年交換されるため、冷却剤の導電率によって示される最も可能性の高い故障は、熱交換器の漏れである。

【0126】

冷却器-加熱器システムを、現場の480V補助電源パネルを使用して動作するように構成することができる。冷却剤のポンピング、パイピング、リリース、ブリード、および遮断弁、管の断熱、膨張タンク、およびシステム制御を、冷却器-加熱器システムの一部としてさらに設けることができる。

10

20

30

40

50

【0127】

特定の態様においては、温暖な気候において1年の大部分について最もエネルギー効率的な冷却方法であるという理由で、液体-空気の熱交換器を設けることができる。

【0128】

付録II

動作モード

代表的な動作モードを以下に示す。具体的な動作モードは、顧客の要求によって決定することができ、PV、風力、または負荷制御システムとの統合が可能である。

【0129】

1.グリッド接続動作モード

モジュール式フロー電池システムの主要な動作モードの1つは、グリッド接続である。この動作モードにおいて、クライアントは、VARサポート、需要管理、および負荷平準化を実行することができる。これらの用途はすべて、ユーティリティグリッドに継続的に接続されて同期された状態で達成される。モジュール式フロー電池システムは、グリッド上の小規模なプレーヤ（電力に関して）であると考えられる。

【0130】

1a.再生可能エネルギーの安定化

エネルギー貯蔵部の出力を、変化する太陽光PV発電または風力発電に基づき、合計の電力出力レベルを指定期間にわたって一定に保つとともに、再生可能エネルギーのランプレートを管理するために、能動的に制御して増加/減少させることができる。

【0131】

1b.デマンドチャージ管理

エネルギー貯蔵部は、需要を事前に設定されたレベルに制限するために、変化する顧客に呼応して動作する。顧客の負荷が監視され、実際の負荷と事前に設定された限界との間の差を補うために貯蔵ユニットが送達される。システムを、予め定められた値に設定することができ、あるいは時間に対する需要曲線を学習するように設定することができる。

【0132】

1c.負荷フォロー

エネルギー貯蔵部を、再生可能エネルギー源および配電回路の負荷の合計出力電力の変動に追従するように送達することができる。これを、上述のデマンドチャージ管理などにおいて再生可能エネルギーの経済を管理するために使用することができ、あるいは分配の限界に対処するために使用することができる。

【0133】

1d.使用時間エネルギーコスト管理（裁定取引）

最適なエネルギー貯蔵部の派遣スケジュールを、使用時間料金に基づいて作成することができる。スケジュールは、充電および放電の両方を含むことができる。特定の態様においては、これは、ピークとオフピークとの間でエネルギーコストに大きな差がある場合や、「ダック曲線」に起因して負の価格設定が生じる場合にのみ実用的であり得る。

【0134】

1e.電圧サポート

インバータを、時間ベースの制御、手動による送達、およびリアルタイムの能動的監視を含むシナリオに基づいて無効電力を配電回路に注入するように送達することができる。

【0135】

2.マイクログリッド動作モード

マイクログリッドは、分散型の発電機および負荷のネットワークであり、モジュール式フロー電池システムは、充電のために電力をインポートし、あるいは負荷をサポートするために電力をエクスポートするように命令され得るいくつかの電源のうちの1つであってよい。マイクログリッドに完全に参加するために、インバータは、AC周波数および電圧ドループの制御を実装するように構成される。動的な設定点、マイクログリッドにおけるモジュール式フロー電池システムの役割を調整するために、システムオペレータ（マイク

10

20

30

40

50

ログリッドコントローラ)によって調整される。

【0136】

3. スタンドアロン動作モード

スタンドアロン動作モードにおいては、モジュール式フロー電池システムを、公知の負荷に電力を供給するための独立型発電機として動作させることができる。このモードにおいて、モジュール式フロー電池システムは、負荷にのみ接続され、充電のための他の電源が存在しないため、放電だけが可能である。典型的には、このモードは、バックアップ電源（後述）用に設定されている場合に生じ、それ以外の場合、モジュール式フローセル電池システムを充電する方法がないと考えられる。

【0137】

4. バックアップ電源（スタンドアロン）

インバータは、任意で、単独運転リクローザを備えてもよい。この構成により、モジュール式フロー電池システムは、動的なバックアップ電力を負荷へと供給することができる。グリッド障害状態において、グリッドからの切り離しのためにリクローザが開き、電力は、モジュール式フロー電池システムから顧客の負荷へと流れ続ける。これは、無停電電源装置と混同されるべきでなく、何故ならば、モジュール式フロー電池システムが負荷の急激な変化に対応しなければならない遷移が存在するからである。

【0138】

グリッド電力が回復すると、PCSは、グリッドリクローザの再閉路に先立ってその電圧および位相を同期させる。これは、通常は、特殊なインバータ機能との関係においてリクローザ制御リレーによって処理される。この機能は、上述の負荷平準化および需要管理の用途と組み合わせることが可能である。

【0139】

5. ブラックスタート

十分なUPS能力が現場に設置されている場合、1つまたは複数のモジュール式フロー電池システムを、ブラックスタート動作に設定することができる。1つのモジュール式フロー電池システムがオンラインになると、他の関連システムを、最初のシステムからの電力出力を使用して起動することができる。したがって、大規模システム全体をオンラインにすることができる。グリッドの負荷は、システムの能力の範囲内である必要があり、これは現場および用途固有のエンジニアリングを必要とする。

【0140】

付録III

緊急電源オフ（EPO）/緊急停止（ESTOP）

ベストプラクティスおよび安全規制が、緊急事態または他の異常な事象において、モジュール式フロー電池システムの分離またはシャットダウンを必要とする。顧客の要件または管轄権を有する機関（AHJ）の規制に基づいて設定することができるさまざまなシャットダウンのレベルが、以下に列举される。「ハードシャットダウン」の回数を最小限に抑えることでシステムの寿命を延ばすことができるため、シャットダウン/分離レベルを異常な事象/緊急事態の重大度に一致させるように努力すべきである。

【0141】

以下の表は、シャットダウンの各レベルにおいて、どのシステムの電源が断たれるか/どのシステムが無効にされるかを示している。各々の状態、発生する動作、および各々の状態の物理的なトリガを以下で説明する。

10

20

30

40

50

制御信号	グリッド EPO	システム EPO	ESTOP	緊急/オフ	ローカル ESTOP	ローカル オフ
ACグリッドコンタクタ	X	X	X	X		
電池コンテナ DCコンタクタ		すべて	すべて	すべて	対	個別
ポンプシャットダウン			すべて	すべて	個別	個別
UPS EPO (使用される場合)			すべて	すべて	個別	

10

1.グリッドEPO

・説明:グリッド電力エクスポートイネーブル信号が取り除かれる。PCSはグリッドから分離される。

・動作:PCSのAC出力コンタクタを開く。DCバスはアクティブであり、ポンプは稼働している。システムは正常なシャットダウンを実行する。

・物理:リモートクライアント用のドライ接点リレー。使用されない場合はジャンパされる。

2.システムEPO-システム全体の電力EPO

・説明:PCSにEPOが発せられ、ACグリッドコンタクタが開き、すべての電池コンテナDCバスコンタクタが開く。電池コンテナは、ゼロのDC負荷にて補助電源で動作している。

・動作:DCバスイネーブル信号が電池コンテナから取り除かれる。ACコンタクタイネーブル信号が取り除かれる。208V AC補助電源がそのままである。

正常なシャットダウンが開始される。すべてのポンプは有効なままである。

・物理:制御ソフトウェアからの入力による個別の有線信号（E-STOPと並列）を分離する。

20

3.ESTOP-システム全体のESTOP

・説明:すべてのACおよびDC高電圧電力が分離され、制御のみが有効である。

・動作:すべての電池コンテナおよびPCSへのイネーブル信号を取り除く。

PCSのAC出力コンタクタを開き、すべてのDCバスコンタクタを開く。すべてのポンプが停止する。すべてのUPSユニットがEPOを発行する。

・物理:PCSエンクロージャ上の1つの保護されたマッシュルーム押しボタン、1つのソフトウェアリレー、1つのリモートクライアント用ドライコンタクトリレー、各々の電池コンテナに1つの保護されたマッシュルーム押しボタン。すべての押しボタンはN/Cであり、すべてのリレーはN/Oである。

30

4.緊急/オフスイッチ

・説明:システムシャットダウンを完了させる。

・動作:すべての電池コンテナおよびPCSへの480V補助電源をオフにする。すべてのUPSユニットをEPO。すべてのコンタクタが開き、電力変換器がオフになる。ネットワークデバイスの電池電源を除き電力なし。

・物理:主補助電源パネルに1つの保護された主切断スイッチ。

40

5.ローカルESTOP-電池モジュールESTOP

・説明:特定の電池コンテナの動作をシャットダウン。PCSおよび他のすべての電池コンテナは、依然として通常どおりに動作している。関連付けられた電池コンテナ対がスタンバイアイドル状態に移行する。

・動作:DCバスコンタクタを開く。すべてのポンプが停止する。

・物理:電池コンテナエンクロージャの押しボタン、または（AUX接点経由での）電池コンテナDC切断スイッチの開放によって作動する。

6.ローカルオフスイッチ

・説明:ローカルの個別の電池コンテナの動作を停止する。

・動作:電池コンテナコントローラが電力を喪失する。DCバスコンタクタを開く。すべ

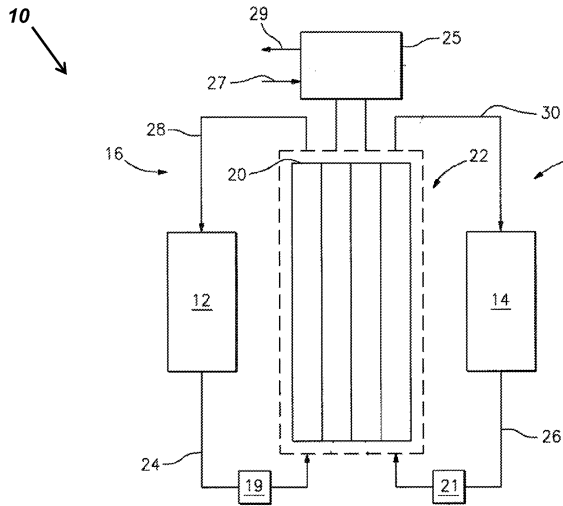
50

でのポンプが停止する。

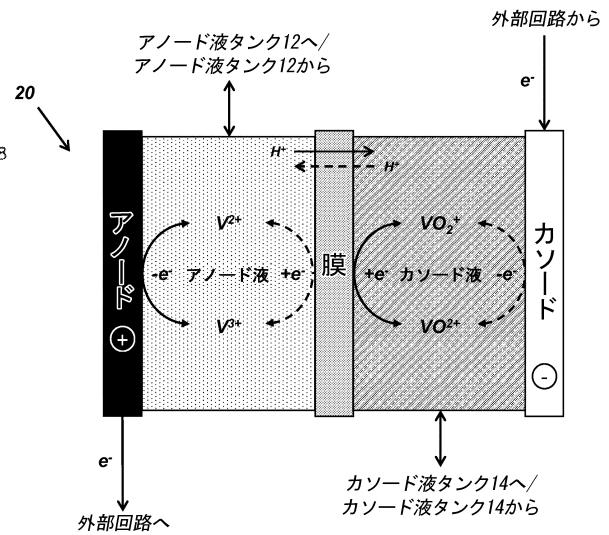
・物理:電池コンテナエンクロージャのスイッチによって作動する。注:UPSが設置されている場合、UPSをシャットダウンする必要がある。

【図面】

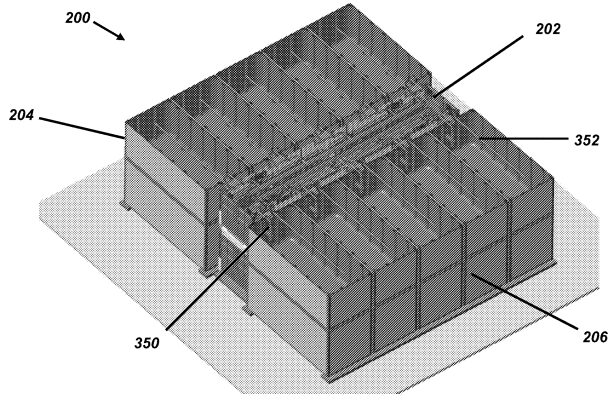
【図 1 A】



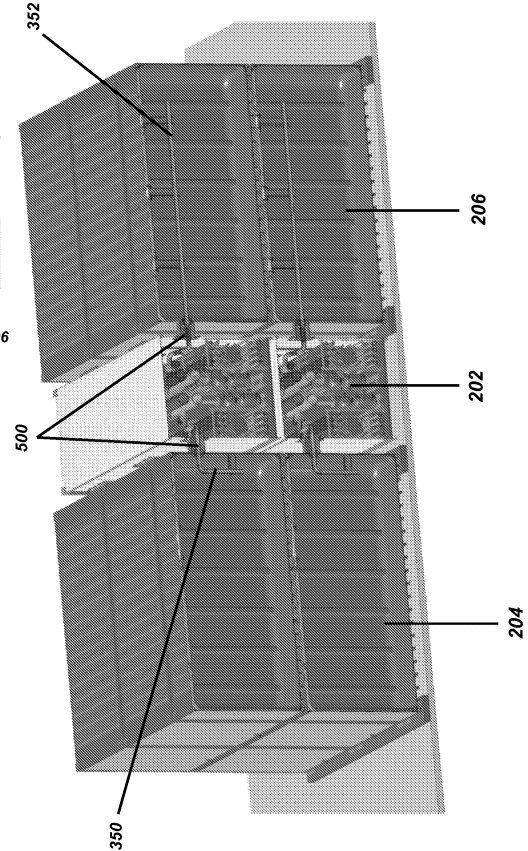
【図 1 B】



【図 2 A】



【図 2 B】



10

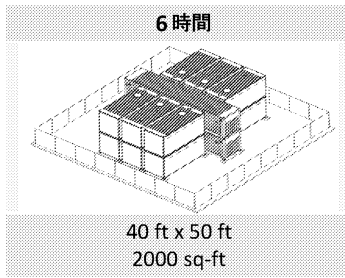
20

30

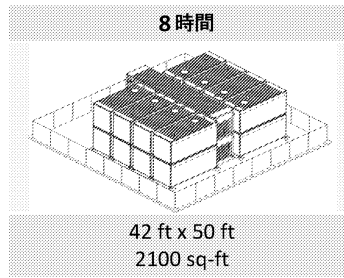
40

50

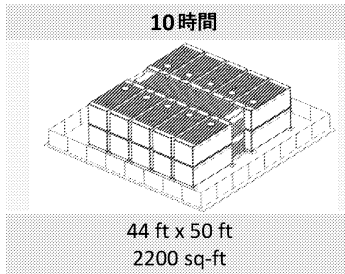
【図 2 C】



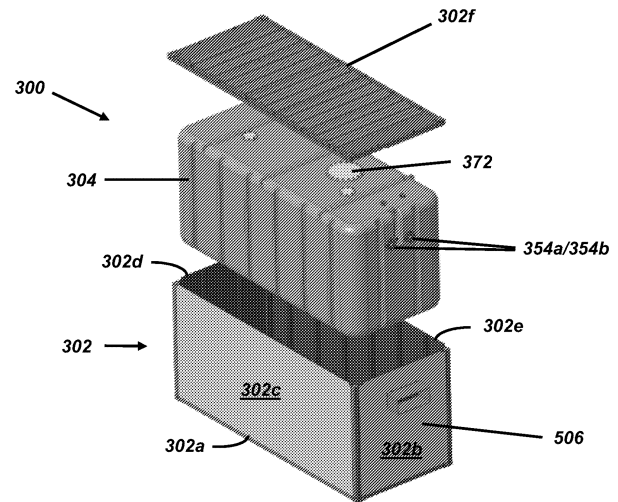
【図 2 D】



【図 2 E】



【図 3 A】



10

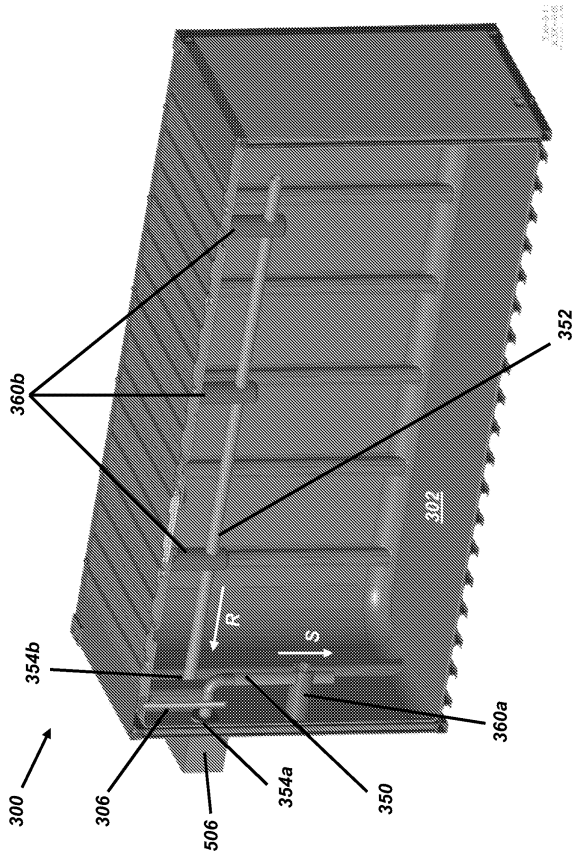
20

30

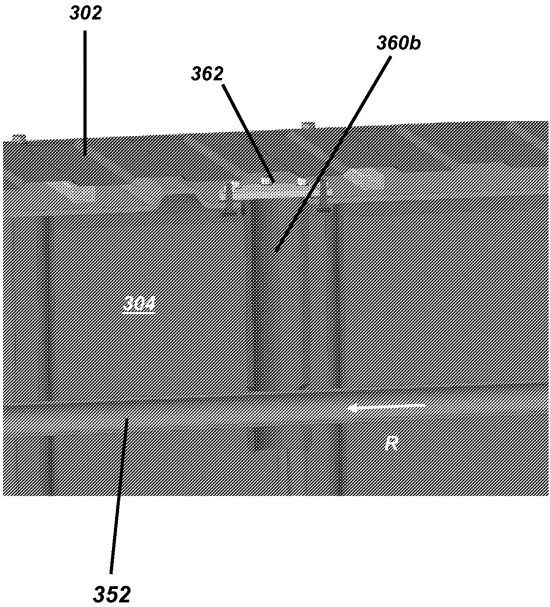
40

50

【図 3 B】



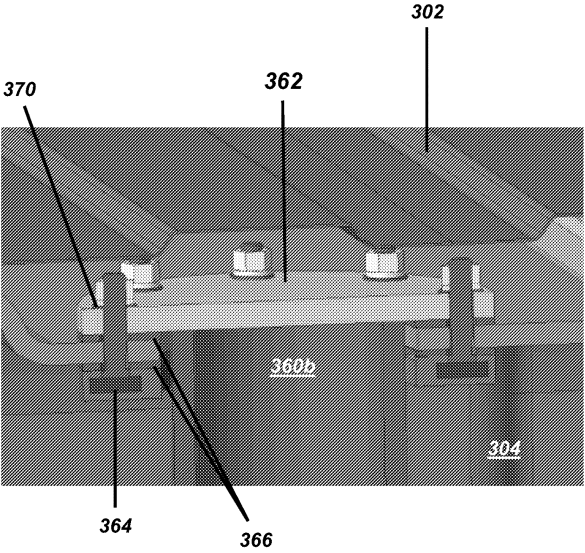
【図 4 A】



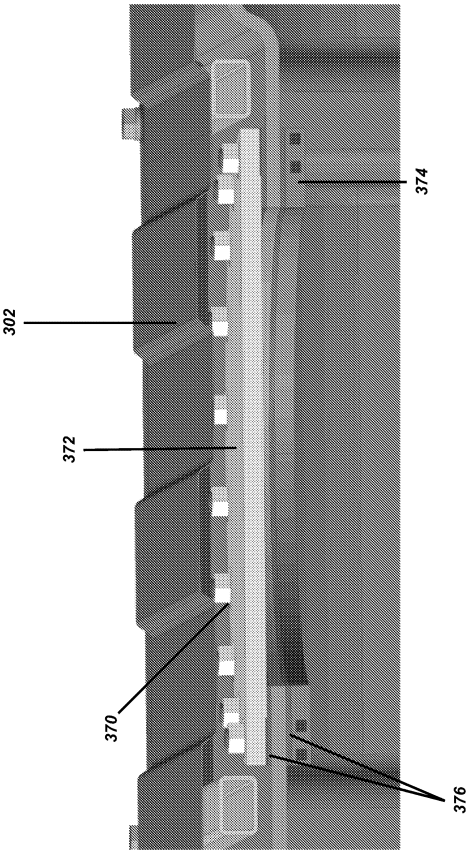
10

20

【図 4 B】



【図 4 C】

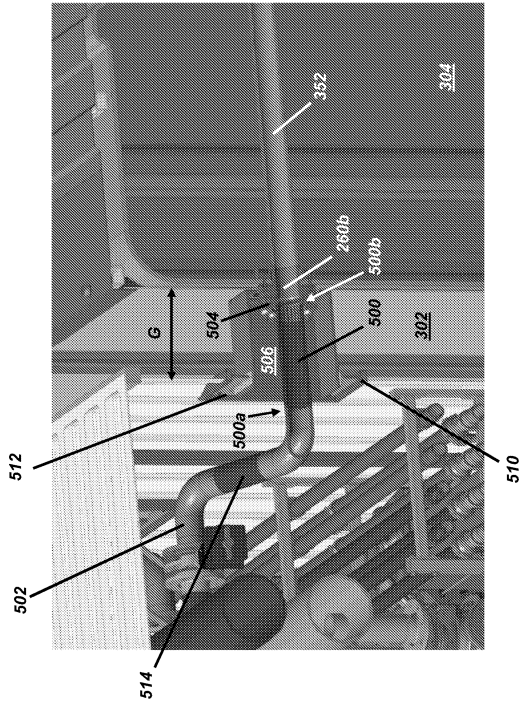


30

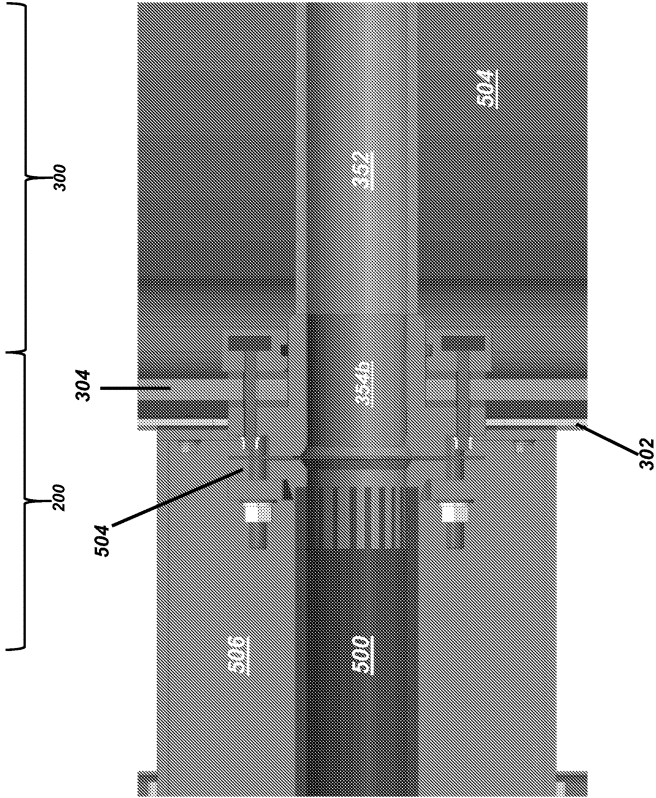
40

50

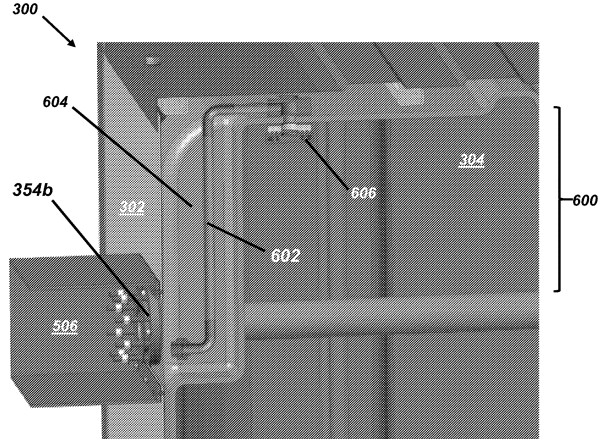
【図 5 A】



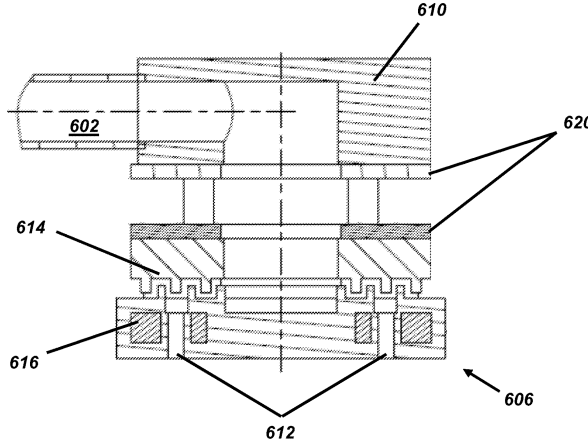
【図 5 B】



【図 6 A】



【図 6 B】



10

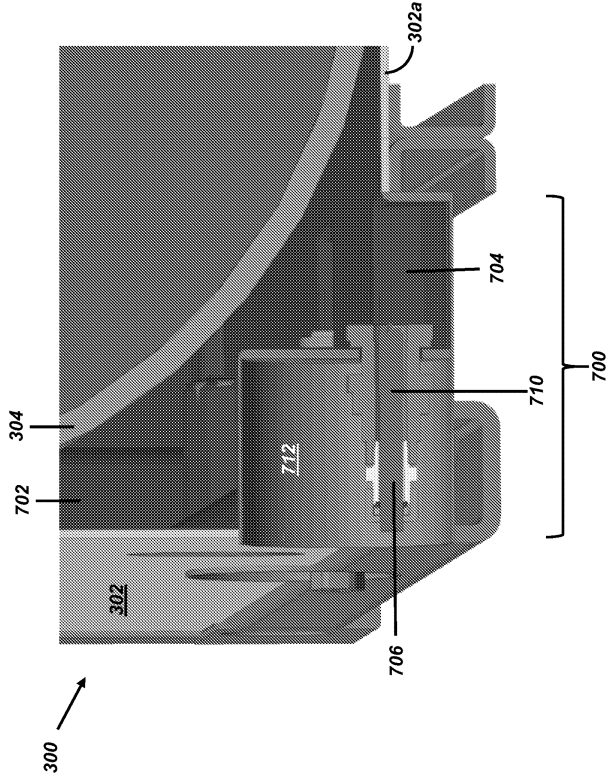
20

30

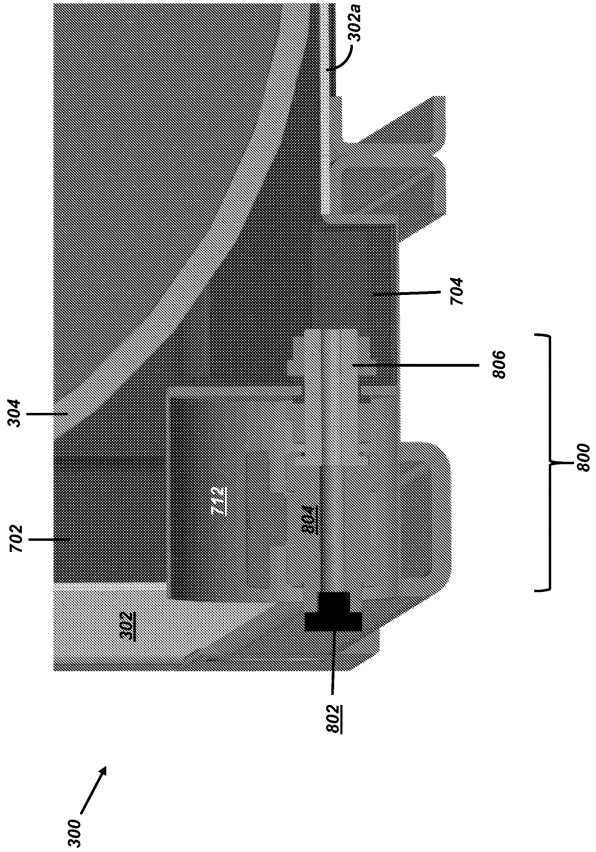
40

50

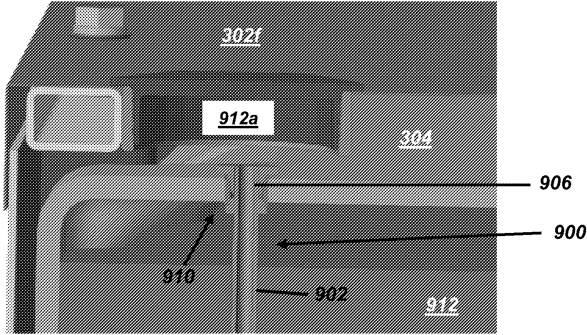
【図 7】



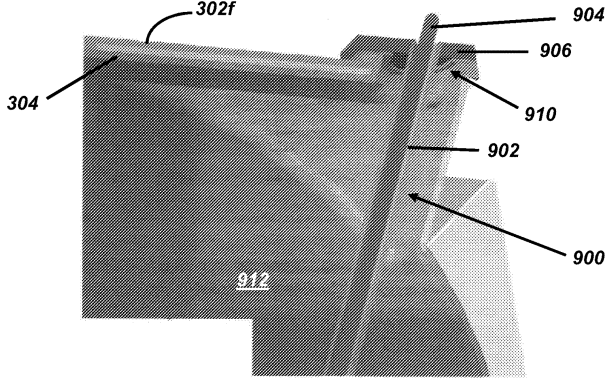
【図 8】



【図 9 A】



【図 9 B】



10

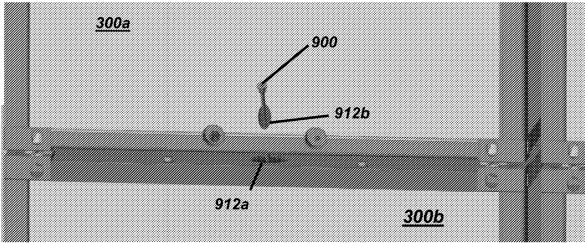
20

30

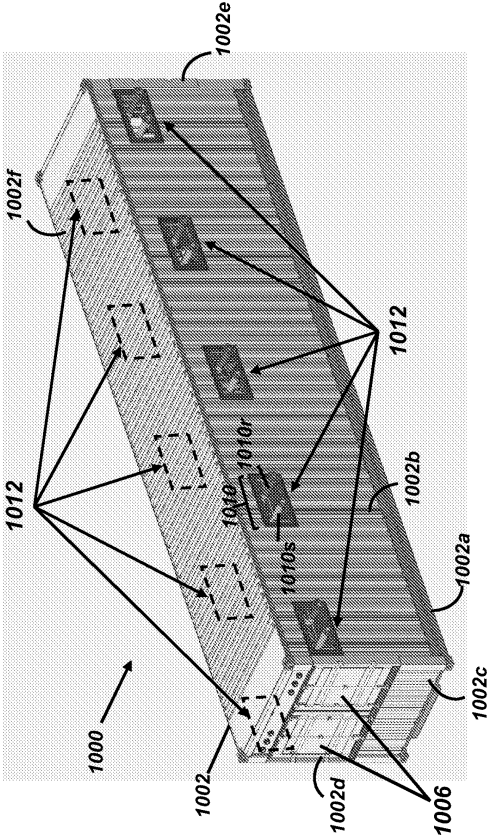
40

50

【図 9 C】



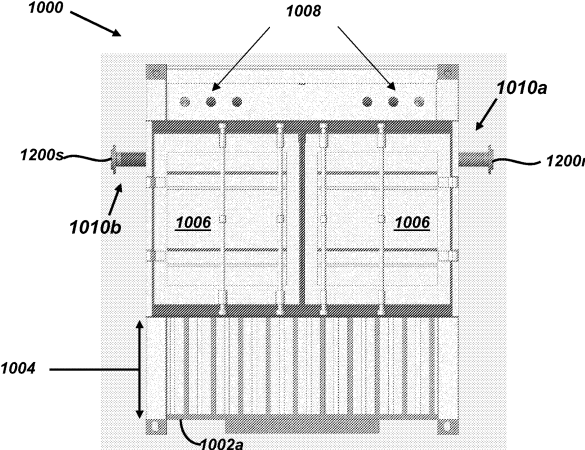
【図 10 A】



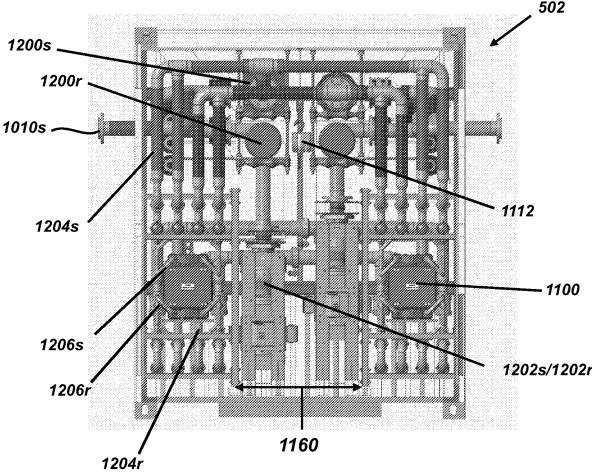
10

20

【図 10 B】



【図 11 A】

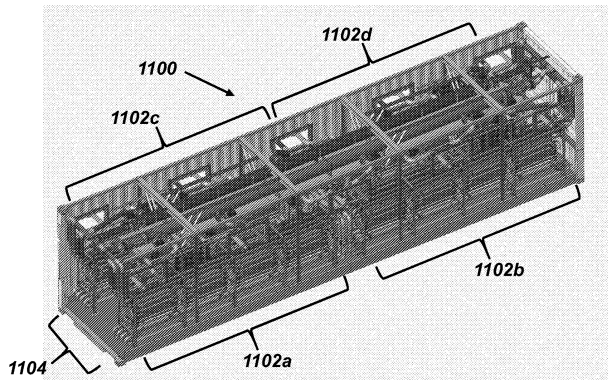


30

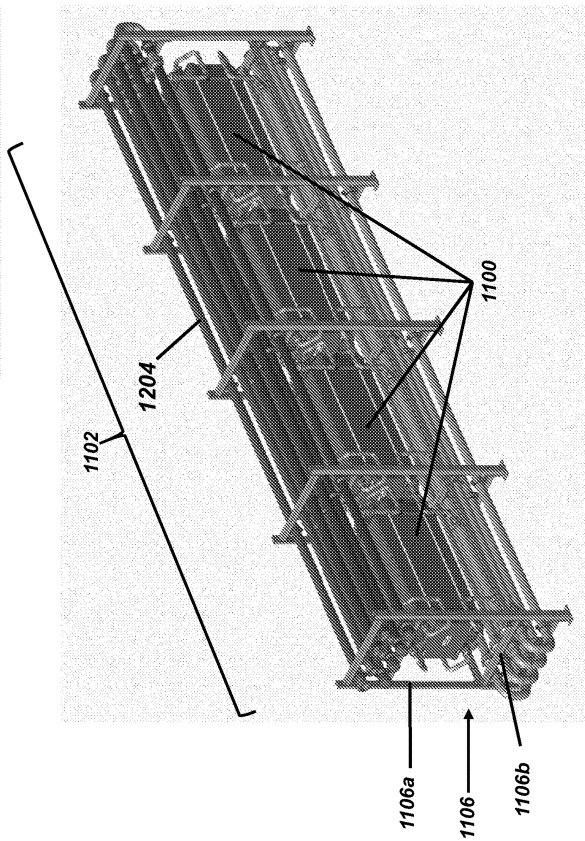
40

50

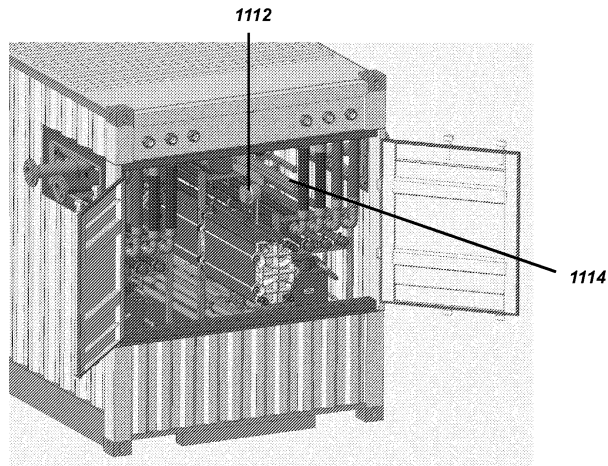
【図 1 1 B】



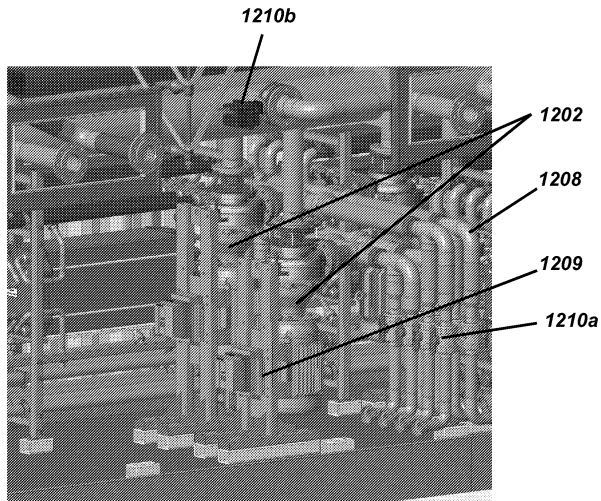
【図 1 1 C】



【図 1 1 D】



【図 1 2】



10

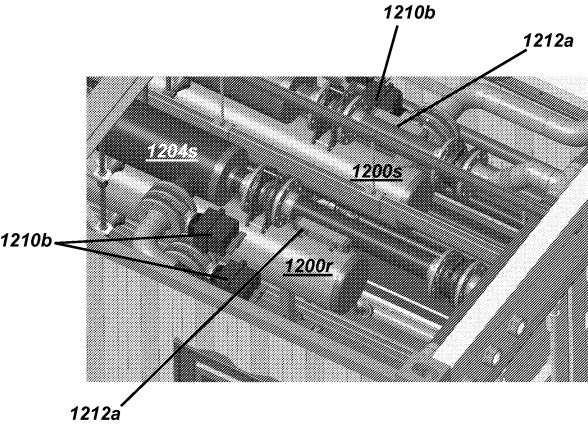
20

30

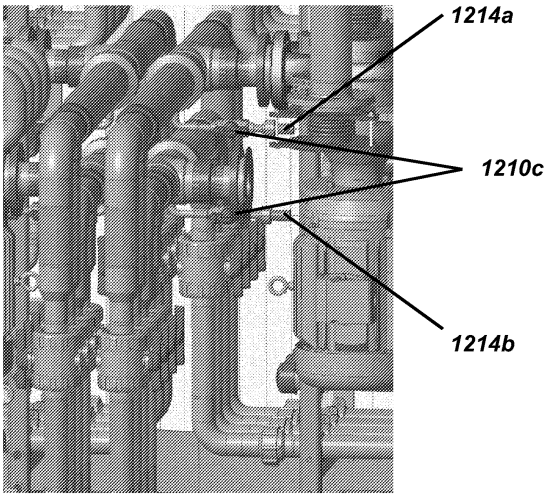
40

50

【図 1 3 A】

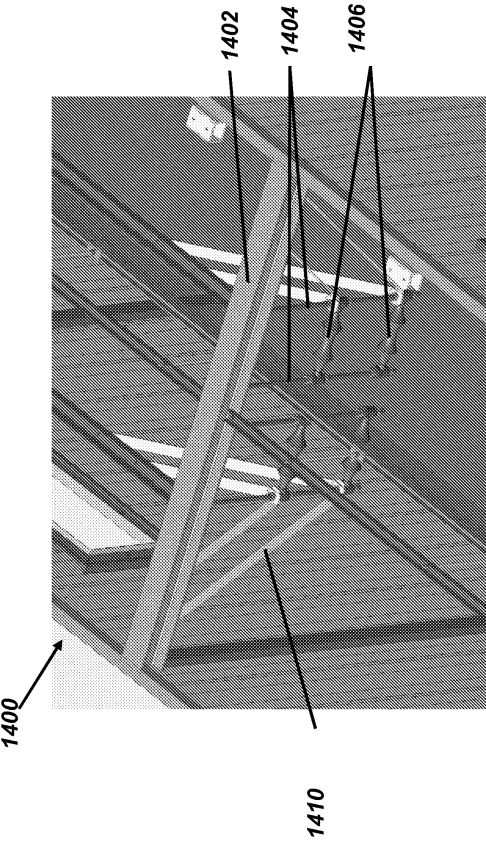


【図 1 3 B】

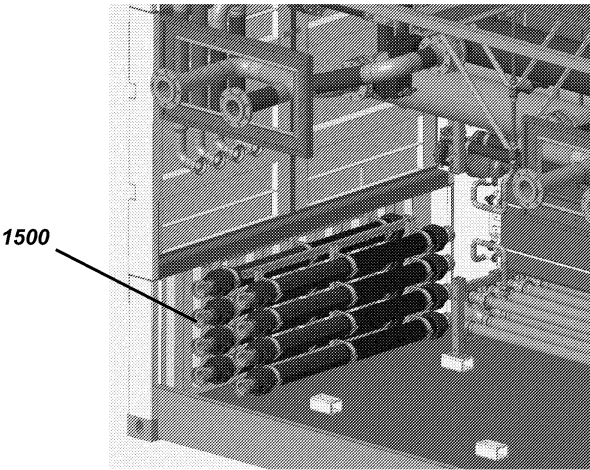


10

【図 1 4】



【図 1 5 A】



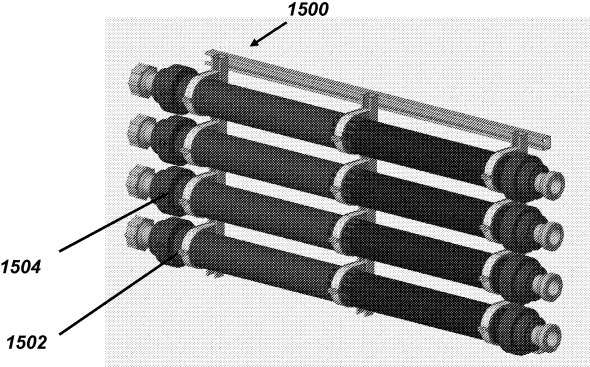
20

30

40

50

【図 15 B】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I		
H 0 1 M 8/04746(2016.01)	H 0 1 M	8/04746	
H 0 1 M 8/04664(2016.01)	H 0 1 M	8/04664	
H 0 1 M 8/04186(2016.01)	H 0 1 M	8/04	M

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 62/436,347

(32)優先日 平成28年12月19日(2016.12.19)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(74)代理人 100148699

弁理士 佐藤 利光

(74)代理人 100128048

弁理士 新見 浩一

(74)代理人 100129506

弁理士 小林 智彦

(74)代理人 100205707

弁理士 小寺 秀紀

(74)代理人 100114340

弁理士 大関 雅人

(74)代理人 100121072

弁理士 川本 和弥

(72)発明者 モデルノ ジェフリー

アメリカ合衆国 0 1 8 1 0 マサチューセッツ州 アンドーバー ブラックベリー レーン 9

(72)発明者 ゴットリーブ ピーター

アメリカ合衆国 0 1 7 7 8 マサチューセッツ州 ウェイランド メインストーン ロード 3

(72)発明者 ファルシネリ マイケル

アメリカ合衆国 0 1 9 2 1 マサチューセッツ州 ボックスフォード アダムス ロード 3 7

(72)発明者 バット シャザッド

アメリカ合衆国 0 1 7 6 0 マサチューセッツ州 ネイティック モカシン パス 1 6

審査官 多田 達也

(56)参考文献 米国特許出願公開第2008/0241643 (US, A1)

米国特許出願公開第2012/0164498 (US, A1)

米国特許出願公開第2016/0006051 (US, A1)

特開2012-160344 (JP, A)

中国実用新案第203674321 (CN, U)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H 0 1 M 8/18

H 0 1 M 8/04