

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7101184号

(P7101184)

(45)発行日 令和4年7月14日(2022.7.14)

(24)登録日 令和4年7月6日(2022.7.6)

(51)国際特許分類

F I

|         |                 |         |            |
|---------|-----------------|---------|------------|
| H 0 1 M | 8/02 (2016.01)  | H 0 1 M | 8/02       |
| H 0 1 M | 8/0247(2016.01) | H 0 1 M | 8/0247     |
| H 0 1 M | 8/10 (2016.01)  | H 0 1 M | 8/10 1 0 1 |
| H 0 1 M | 8/1004(2016.01) | H 0 1 M | 8/1004     |
| H 0 1 M | 8/0271(2016.01) | H 0 1 M | 8/0271     |

請求項の数 26 (全21頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2019-547428(P2019-547428)

(86)(22)出願日 平成30年2月1日(2018.2.1)

(65)公表番号 特表2020-509551(P2020-509551 A)

(43)公表日 令和2年3月26日(2020.3.26)

(86)国際出願番号 PCT/US2018/016407

(87)国際公開番号 WO2018/160317

(87)国際公開日 平成30年9月7日(2018.9.7)

審査請求日 令和3年2月1日(2021.2.1)

(31)優先権主張番号 15/447,536

(32)優先日 平成29年3月2日(2017.3.2)

(33)優先権主張国・地域又は機関  
米国(US)

(73)特許権者 316017181

サウジ アラビアン オイル カンパニー  
Saudi Arabian Oil Companyサウジアラビア国 3 1 3 1 1 ダーラン  
ピーオー ボックス 5 0 0 0

(74)代理人 100073184

弁理士 柳田 征史

(74)代理人 100123652

弁理士 坂野 博行

(74)代理人 100175042

弁理士 高橋 秀明

(72)発明者 ハマド, アーマド ディー

サウジアラビア国 3 1 3 1 1 ダーラン  
ポスト オフィス ボックス 5 0 0 0 ケ  
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 新規モジュール式電気化学電池およびスタック設計

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

電気化学電池であって、

内側の集電材と、

内側の反応物流路と、

外側の集電材と、

外側の反応物流路と、

イオン交換膜と、

を備え、

前記内側の反応物流路が、内側の反応物入口、内側の反応物出口、および前記内側の反応物入口および前記内側の反応物出口と流体連通している内側の反応物チャンバを含み、

前記内側の集電材が、前記内側の反応物チャンバの少なくとも一部分を形成する内部三次元容積を作り出すように寸法的に構成された1つ以上の内側の電極を含み、

前記外側の集電材が、内部に開口部を形成する内部三次元容積を作り出すように寸法的に構成された1つ以上の外側の電極を含み、

前記内側の集電材および前記内側の集電材の前記内部三次元容積が、前記内側の集電材の前記内部三次元容積が前記内側の集電材および前記外側の集電材の両方の内に存在するように、前記外側の集電材の前記開口部を通して、かつ前記三次元容積内で入れ子にされており、

前記内側の集電材の前記内側の電極が、前記イオン交換膜を挟んで前記外側の集電材の前

記外側の電極と対向しており、

前記外側の反応物流路が、前記外側の電極によって前記イオン交換膜から分離されており、前記内側の集電材および前記外側の集電材が、前記開口部の全周の周りに剥離可能なシール部を形成する、対向する取り付け面を含む、電気化学電池。

【請求項 2】

前記内側および外側の集電材の各々の前記電極が、単一の連続表面を含む、請求項 1 に記載の電気化学電池。

【請求項 3】

前記内側および外側の集電材の各々の前記電極が、複数の別個の電極表面を含む、請求項 1 に記載の電気化学電池。

10

【請求項 4】

前記内側および外側の集電材の各々の前記電極が、少なくとも 3 つの別個の電極表面を含む、請求項 3 に記載の電気化学電池。

【請求項 5】

前記内側および外側の集電材の各々の前記電極が、少なくとも 4 つの別個の電極表面を含む、請求項 3 に記載の電気化学電池。

【請求項 6】

前記内側および外側の集電材の各々の前記電極が、実質的に立方体構造を画定する、少なくとも 5 つの別個の電極表面を含む、請求項 3 に記載の電気化学電池。

【請求項 7】

前記内側の収集材の前記複数の別個の電極表面の各々が、前記内側の収集材の前記複数の別個の電極表面の前記他の表面のすべてと実質的に同等にかつ実質的に同時に反応物を受け取り、一方、前記外側の収集材の前記複数の別個の電極表面の各々が、前記外側の収集材の前記複数の別個の電極表面の前記他の表面のすべてと実質的に同等にかつ実質的に同時に反応物を受け取る、請求項 3 に記載の電気化学電池。

20

【請求項 8】

前記内側および外側の集電材の各々の前記電極が、流体的に多孔質の導電性媒体上に配置された電気触媒を含む、請求項 1 に記載の電気化学電池。

【請求項 9】

前記イオン交換膜が、前記内側および外側の集電材の前記電極と共に、膜電極組立体を形成するようにポリマーイオン交換膜を含む、請求項 1 に記載の電気化学電池。

30

【請求項 10】

前記イオン交換膜が、前記内側の反応物チャンバを実質的に包囲する、請求項 9 に記載の電気化学電池。

【請求項 11】

前記イオン交換膜が、前記外側の集電材の前記内部三次元容積の内側の実質的に全体を覆っている、請求項 9 に記載の電気化学電池。

【請求項 12】

前記イオン交換膜が、前記取り付け面の少なくとも 1 つの少なくとも一部分にわたって横方向に延びている、請求項 9 に記載の電気化学電池。

40

【請求項 13】

前記電気化学電池が、バッテリーを含む、請求項 1 に記載の電気化学電池。

【請求項 14】

前記電気化学電池が、燃料電池を含む、請求項 1 に記載の電気化学電池。

【請求項 15】

前記イオン交換膜、ならびに前記内側および外側の集電材の前記電極によって形成されている膜電極組立体と流体連通している水管理導管をさらに備える、請求項 14 に記載の電気化学電池。

【請求項 16】

前記取り付け面の少なくとも 1 つに配置されたガasketをさらに備える、請求項 1 に記

50

載の電気化学電池。

【請求項 17】

前記内側の反応物入口および前記内側の反応物出口の両方が、前記内側の集電材の一方の表面に位置付けられている、請求項 1 に記載の電気化学電池。

【請求項 18】

電気化学電池組立体であって、

各々が、他方とは異なる反応物を搬送するように構成された第 1 の部分および第 2 の部分を画定する反応物送出導管と、

各々が、

内側の集電材と、

内側の反応物流路と、

外側の集電材と、

外側の反応物流路と、

イオン交換膜と、を備える複数の電気化学電池と、

を備え、

前記内側の反応物流路が、内側の反応物入口、内側の反応物出口、および前記内側の反応物入口および前記内側の反応物出口と流体連通している内側の反応物チャンバを含み、

前記内側の集電材が、前記内側の反応物チャンバの少なくとも一部分を形成する内部三次元容積を作り出すように寸法的に構成された 1 つ以上の内側の電極を含み、

前記外側の集電材が、内部に開口部を形成する内部三次元容積を作り出すように寸法的に構成された 1 つ以上の外側の電極を含み、

前記内側の集電材および前記内側の集電材の前記内部三次元容積が、前記内側の集電材の前記内部三次元容積が前記内側の集電材および前記外側の集電材の両方の内に存在するように、前記外側の集電材の前記開口部を通して、かつ前記三次元容積内で入れ子にされており、

前記内側の集電材の前記内側の電極が、前記イオン交換膜を挟んで前記外側の集電材の前記外側の電極と対向しており、

前記外側の反応物流路が、前記外側の電極によって前記イオン交換膜から分離されており、前記内側の集電材および前記外側の集電材が、前記開口部の全周の周りに剥離可能なシール部を形成する、対向する取り付け面を含む、電気化学電池組立体。

【請求項 19】

前記反応物送出導管の部分の各々が、互いに実質的に平行に、かつマニホールド内に收容されている反応物の流れに実質的に直交して延びている複数の分岐を有するマニホールドを含む、請求項 18 に記載の電気化学電池組立体。

【請求項 20】

前記複数の電気化学電池が、それらが実質的に二次元の電池配列を画定するような方法で、前記反応物送出導管の平行に延びている分岐に結合されている、請求項 19 に記載の電気化学電池組立体。

【請求項 21】

前記反応物送出導管の前記マニホールドが、前記二次元の電池配列の実質的に対向する縁部上で互いに平行に離間している、請求項 20 に記載の電気化学電池組立体。

【請求項 22】

隣接する電気化学電池間に直列電気接続および並列電気接続の一方または他方を提供するための交差相互接続をさらに備える、請求項 18 に記載の電気化学電池組立体。

【請求項 23】

電気化学電池組立体を形成する方法であって、

各々が、

内側の反応物チャンバの少なくとも一部分を形成する内部三次元容積を作り出すように寸法的に構成された 1 つ以上の内側の電極を有する内側の集電材と、

内部に開口部を有する内部三次元容積を作り出すように寸法的に構成された 1 つ以上の外

10

20

30

40

50

側の電極を有する外側の集電材と、  
前記内側および外側の集電材の前記電極間に配置されたイオン交換膜と、を含む、複数の電気化学電池を提供することと、  
前記組立体内の電気化学電池ごとに、前記内側の集電材の前記内部三次元容積の少なくとも一部分が、前記外側の集電材の前記三次元容積内に入れ子にされるように、前記外側の集電材の前記開口部を通して前記内側の集電材を挿入することと、  
各集電材からの対向する取り付け面が、前記開口部の全周の周りに剥離可能なシール部を形成するように、前記組立体内の各電気化学電池の前記内側および外側の集電材を互いに確実に固定することと、  
前記組立体内の各電気化学電池の前記内側の集電材を、内側の反応物入口、および前記内側の反応物入口と流体連通している内側の反応物出口を含む内側の反応物流路を通る反応物送出導管の第 1 の部分に流体結合することと、  
前記組立体内の各電気化学電池の前記外側の集電材を、外側の反応物入口、および前記外側の電極の周りに形成されている間隙空間と流体連通している外側の反応物出口を含む外側の反応物流路を通る反応物送出導管の第 2 の部分に流体結合することと、  
を含む、方法。

10

【請求項 2 4】

前記電気化学電池の間に空間を確保することにより、前記組立体内のいずれの他の前記電気化学電池も乱すことなく、前記組立体から前記電気化学電池のうちの 1 つを除去することによって、前記組立体の保守を行うことをさらに含む、請求項 2 3 に記載の方法。

20

【請求項 2 5】

前記電気化学電池の間に空間を確保することにより、前記組立体内のいずれの他の前記電気化学電池も乱すことなく、前記電気化学電池のうちの 1 つを前記組立体に追加することによって、前記組立体の電力出力能力を向上させることをさらに含む、請求項 2 3 に記載の方法。

【請求項 2 6】

隣接電気化学電池間に直列または並列電気接続の一方または他方を提供するための交差相互接続を配設することをさらに含む、請求項 2 5 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の相互参照】

30

【0 0 0 1】

本出願は、2017 年 3 月 2 日に提出された米国特許出願第 15 / 447, 536 号の優先権を主張する。その内容全体は、参照により本開示に組み込まれる。

【技術分野】

【0 0 0 2】

本開示は、一般に電気化学電池に関し、より詳細には、改善された保守性およびスケラビリティの特性のために構成された電気化学電池に関する。

【背景技術】

【0 0 0 3】

燃料電池などの電気化学電池は、燃焼によるのではなく、電気化学反応を介して燃料を使用可能なエネルギーに変換する。そのため、そして故障しがちな機械部品をより少なくすることに加えて、電気化学電池は、内燃機関エンジン (ICE) および関連する発電源に対していくつかの環境上の有益性を有する。1 つの一般的な形式では、プロトン交換膜またはポリマーイオン交換膜 (いずれにしても PEM) などの燃料電池として構成されるとき、燃料電池は、一般的に膜電極組立体 (MEA) と称されるものにおいて、一般に平板状のイオン伝達媒体 (その市販版はナフィオン商標であるパーフルオロスルホン酸で作られたものなど) によって分離されている一対のほぼ平板状の触媒電極を含む、全体的に薄い二次元構造を画定する。一方または両方の対向する主表面上に形成された蛇行反応物流路を有するほぼ平板状のプレートが電極に対して配置されている。こうすることで、気体還元材 (水素、 $H_2$  など) の形態の第 1 の反応物が、チャンネルを通して導入されてアノー

40

50

ドでイオン化され、次いで多孔質電極およびイオン伝達媒体を通過させられ、その結果、他方の電極（カソード）に向かい合って隣接して配設されている別のプレートのチャネルを通して導入された気体酸化材（酸素、 $O_2$  など）の形態の第2の反応物と組み合わせるときに、電気化学反応が発生する。反応物のこの組み合わせが、副生成物として水を形成する。水素のイオン化において放出された電子は、有効仕事が行われ得る負荷を典型的に含む外部回路（電気モータなど）を介してカソードへ直流（DC）の形態で進行する。この直流電気の流れによって生み出される発電は、典型的には、そのような多数の電池をより大きな電流生成組立体に組み合わせることによって増大される。そのような構成の1つでは、燃料電池は、燃料電池スタックを形成するために、ランプー組のように組立体内の共通のスタック寸法に沿って直列に接続されている。必要とされる電力出力に応じて、そのようなスタックは、多数の（約200～300の間が多い）個々のスタック型電池を含み得る。

10

#### 【0004】

同様に、フローバッテリーでは、貯蔵された化学エネルギーは、バッテリーの放電中に電力に変換され、化学種は、充電中に電気化学的に生成され、そして貯蔵される。タンクは、タンクと電気化学電池との間を循環するためにポンプ輸送される電解質溶液、すなわちアノード液およびカソード液を貯蔵するために使用される。バッテリーの放電中に、アノード液は、そのタンクと、電気化学酸化を受ける電気化学電池のアノードとの間でポンプ輸送され、一方、カソード液は、そのタンクと、電気化学還元を受けるカソードとの間でポンプ輸送される。電池の2つの電極は、プロトンまたはヒドロキシルイオンのような特定のイオン種の選択的な拡散を可能にするイオン交換膜によって分離されている。燃料電池の場合のように、フローバッテリー内のスタックは、電氣的に直列に（例えば、バイポーラプレートを介して）接続され、油圧的に並列に接続されて電池のスタックを形成する複数の基本単位（すなわち、電気化学電池）を含む。

20

#### 【0005】

そのような燃料電池またはフローバッテリーのスタックは、通常、電池またはバッテリーを密封し、反応物プレートと、気体拡散媒体と、触媒電極との間の低い界面電気接触抵抗を確保および維持するために、圧縮下で組み立てられる。燃料電池スタックに対する所望の圧縮荷重は、通常、約50～約200 psi（時にはそれ以上）の範囲であり、燃料電池スタックを収容する圧縮保持エンクロージャによって維持されている。1つの一般的な形式では、エンクロージャは、電池を圧縮状態に維持するために、エンドプレートを貫通してまたはエンドプレートの周りに延びるタイロッドを含む。

30

#### 【0006】

この手法の問題点は、組み立てられたスタックの電力出力が、スタック内の電池の数、およびこれらの電池が圧縮され、保持されている、比較的正確で規則正しい方法によって固定されていることである。したがって、単一のスタックが提供できる電力よりも大きい、追加のスタックを含めることによって提供されるものよりもはるかに少ない電力の漸増的な増加の必要性がある場合、使用対送出の不一致が生じ、そのような状況は、利用可能な電力の非効率的な使用につながる。さらに、スタック内の電池の1つに修理または交換が必要な場合は、比較的薄い輪郭の電池が、そのような分解および個々の電池の除去の間に損傷を受けないことを保証するために、スタックの実質的に全体にわたるさまざまな構造的接続を慎重に除去しなければならないので、分解は煩雑なプロセスになる。そのような保守性の問題は、電池内のそれぞれの電極組立体に反応物を搬送するために使用される薄いバイポーラプレート構造で特に普及している。

40

#### 【0007】

多くのガスケットまたは関連するシール部の使用を通じて追加の密封を達成することができ、これは、反応物プレートの各露出面に対して、ならびにMEA内およびその周りの他の場所で、少なくとも1つのシール部を含むことが多い。これもまた、多数のシール部が電池組立体をより困難かつ高価にするとという点で問題を提示する。さらに、組み立てられたスタックにかかる圧縮荷重を使用すると、これらのシール部またはガスケットが、整列

50

不良または過度に圧縮されるようになる傾向があり、そのどちらもシール部の完全性を損なう可能性がある。

【発明の概要】

【0008】

本開示の一実施形態によれば、電気化学電池が開示される。電池は、一緒に接合されたときに電極組立体を形成する一对の集電材と、組立体の電極間に配置されたイオン交換膜とを含む。加えて、それぞれの反応物を電極組立体およびイオン交換膜に搬送するための反応物流路が含まれる。集電材の内側（すなわち第1）の構成は、電極構造が、第2の集電材に形成された開口部を通して、第1の集電材によって画定された容積を挿入することによって、外側（すなわち第2）の集電材内に形成されている適合する寸法および形状にされた容積内に入れ子にすることができる三次元容積形を有するようになっている。このようにして、2つの集電材が入れ子式に接合されると、それぞれの三次元容積は、それらの間に配置されているイオン交換膜と共に電極組立体を形成する。接合された収集材の向かい合って隣接する取り付け面は、開口部の全周の周りの密封接触を促進する。イオン交換膜は、一方の反応物が、一方の集電材に関連付けられた電極でイオン化されるとき、他方の集電材の電極でイオン化される他方の反応物と電気化学的に接合する前に、膜を通して流れるように構成されている。

10

【0009】

本文脈内で、本開示の多くは、酸化される反応物（例えば、水素、 $H_2$ ）を受容するためのアノードとして機能するものとして内側の集電材、および還元される反応物（例えば、酸素、 $O_2$ ）を受容するためのカソードとして機能するものとして外側の集電材を説明すると解釈され得るが、酸化されている反応物が外側の集電材に搬送され、一方で還元されている反応物が内側の集電材に搬送されている、対向して構成された電気化学電池も考慮されることが理解されるであろう。同様に、電気化学電池に送出されている反応物が、燃料および酸素の送出に対応するか、または逆に酸素および燃料の送出（燃料電池について）に対応するか、あるいは第1の電解質および第2の電解質（フローバッテリーの場合）に対応するか否かは、電極構成の問題であり、およびどの反応物または電解質がどの電極および対応する集電材に相関するかは、文脈から理解されるであろう。そのため、両方の変形は本開示の範囲内にあると見なされる。

20

【0010】

さらに本文脈内で、内側および外側の集電材の三次元容積特性は、電池寸法の一方が、従来のデカルト座標系における他の二つの寸法よりも実質的に小さい電池構成と区別するように意図されている。例えば、他の点では平板状の特性を有する電池の厚さ方向の寸法が、長さまたは幅の寸法よりも一桁以上薄いとき（従来のPEM燃料電池に関連するものなど）、それは実質的に二次元構造を画定すると見なされるが、開示された電池の内側および外側の集電材のそれは実質的に三次元構造を画定する。

30

【0011】

本開示の別の実施形態によれば、反応物送出導管と複数の電気化学電池とからなる電気化学電池組立体。反応物送出導管は、各々が他のものとは異なる反応物を搬送するように構成された第1の部分および第2の部分を含み、一方、電気化学電池の流路は、先の実施形態で明らかにされた様式で、電極間でそれぞれの反応物を搬送するために送出導管に流体的に結合されている。

40

【0012】

本開示のなお別の実施形態によれば、電気化学電池組立体を組み立てる方法が開示される。この方法は、各々が、内側の集電材、外側の集電材、およびイオン交換膜を含む多数の電気化学電池を提供することを含む。集電材の各々は、それぞれの三次元容積を作り出すように寸法的に構成されたもう一つの電極を含む。このようにして、内側の集電材に対応する電極は、内側の集電材の電極と外側の集電材の電極との間にイオン交換膜を配設すると、内側の集電材の内部三次元容積の少なくとも一部分が、外側の集電材の三次元容積内に入れ子にされるように、外側の集電材に形成された開口部を通過させることができる。

50

加えて、組立体内の各電気化学電池の内側および外側の集電材を互いに確実に固定することによって、各集電材からの対向する取り付け面は、開口部の全周の周りに剥離可能なシール部を形成する。さらに、流体継手は、組立体内の各電気化学電池の、内側の反応物入口を含む内側の反応物流路を通る反応物送出導管の第１の部分への内側の集電材と、次いで、内側の反応物チャンバと流体連通している内側の反応物出口との間で確立されている。同様に、流体継手は、組立体内の各電気化学電池の、外側の反応物入口を含む外側の反応物流路を通る反応物送出導管の第２の部分への外側の集電材と、外側の電極の周りに形成されている間隙空間と流体連通している外側の反応物出口との間で確立されている。

#### 【００１３】

比較可能な様式では、そのような組み立てられた電気化学電池は、第１および第２の反応物の一方の少なくとも一部分を反応物送出導管の第１の部分および第１の流路から内側の集電材に導入することによって、さらに第１および第２の反応物の他方の少なくとも一部分を反応物送出導管の第２の部分および第２の流路から外側の集電材に導入することによって、動作させられ得る。続いて、導入された第１または第２の反応物の一方のイオン化部分のうちの少なくとも一部分を、導入された第１または第２の反応物の他方のイオン化部分と電気化学的に組み合わせるためにイオン交換膜を通過するように、反応物を電極でイオン化する。次いで、導入された第１または第２の反応物のイオン化によって生成された電流を使用して有用な仕事を実行することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【００１４】

本開示の特定の実施形態の以下の詳細な説明は、同様の構造が同様の参照番号で示されている以下の図面と併せて読むと、最もよく理解することができる。

【図１】先行技術による、周囲のバイポーラプレートをも有する平板型燃料電池の一部分の簡略化された部分分解断面図を示す。

【図２Ａ】本明細書に図示または記載されている１つ以上の実施形態による、燃料電池として構成された電気化学電池の簡略化された分解等角図を示す。

【図２Ｂ】図２Ａの燃料電池の異なる簡略された分解等角図を示す。

【図３】本明細書に図示または記載されている１つ以上の実施形態による、反応物搬送導管へのそれらの流体接続における図２Ａおよび図２Ｂの一对の燃料電池を示す。

【図４Ａ】概念的な二次元の電池配列の平面図を示す。

【図４Ｂ】概念的な線形の電池配列の水平方向の端面図を示す。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【００１５】

本明細書に開示される実施形態は、電力出力のスケラビリティの容易さ、および個々の電池の保守が改善されるような方法で、一般に三次元電気化学電池の反復配列を使用する電源を含む。そのような電池は、電池が三次元構造を画定するように、それぞれのハウジング内に収容された一对の電極を含む。このように、後続のイオン化および電気化学的組み合わせのために反応物を電池内に導入するために使用される流路は、単一の平板状の表面に限定されず、代わりに三次元容積領域を画定してもよい。例えば、電極が立方体の箱型構造の一部である場合、電池当たり５つのそのようなほぼ平板状の表面があり、それらのすべてが反応物送出源と流体連通している。一形態では、多数のそのような電池から作られた組立体は、電力発電、熱電併給（ＣＨＰ）などのための地上ベース（すなわち、静止型）の電力装置に使用され得る。

#### 【００１６】

まず図１を参照すると、従来の燃料電池スタックの単一の燃料電池１０が概略断面図で示されている。燃料電池１０は、実質的に平板状のＰＥＭ１２と、ＰＥＭ１２の一方の面と面接触しているアノード触媒層１４と、他方の面と面接触しているカソード触媒層１６とを含む。集合的に、ＰＥＭ１２と、触媒層１４および１６とは、ＭＥＡ１８と称される。アノード拡散層２０は、アノード触媒層１４と面接触して配列されており、カソード拡散層２２は、カソード触媒層１６と面接触して配列されている。拡散層２０および２２の各

10

20

30

40

50

々は、触媒層 1 4 および 1 6 への気体状反応物の通過を容易にするために、ほぼ多孔質の構成で作られている。集合的に、アノード触媒層 1 4 およびカソード触媒層 1 6 は電極と称されており、そして図示のように、あるいは（上記のように）交互に、少なくとも部分的にそれぞれ拡散層 2 0 または 2 2 に埋め込まれよう、ならびに P E M 1 2 の両面に部分的に埋め込まれるように、別々の別個の層として形成され得、すべてのそのような変形は、本開示の範囲内であることが理解されるであろう。

#### 【 0 0 1 7 】

反応気体が、ポリマーイオン交換膜 1 2 の適切な側面に到達するための実質的に多孔質の流路を提供することに加えて、拡散層 2 0 および 2 2 は、電極触媒層 1 4、1 6 とそれぞれの導電プレート 2 4、2 6 との間の電気接触を確立するために使用され得、次に、電流が外部回路に流れることを可能にするために使用され得る。また、その全体的に多孔質の性質により、拡散層 2 0 および 2 2 もまた、触媒層 1 4、1 6 で発生した製品気体を除去するための導管を形成する。さらに、カソード拡散層 2 2 は、その表面内または表面上のどちらかで起こるイオン化水素とイオン化酸素との電気化学的組み合わせ（または接合）により、かなりの量の水蒸気を生成し、本文脈内では、そのような表面は、向かい合って隣接するカソード触媒層 1 6 も含み得ることが理解されよう。そのような水分生成機能は、P E M 1 2 を適切に水和させておくのに有用であり得る一方で、疎水性コーティング、導管、弁、ポンプなど（いずれも図示せず）の水管理装置は、セル 1 0 内およびその周りの水位が過度ではないことを保証するために使用され得る。

#### 【 0 0 1 8 】

視覚化を容易にするために厚肉構造を有するものとして概念的に示されているが、電池 1 0 のデカルト座標の Y 軸に沿った厚さ方向の寸法が、それぞれの X 軸または Z 軸の長さまたは幅の寸法と同程度の大きさであるときなど、図 1 は、比較的平板状の従来の燃料電池 1 0 が、重要な三次元構造を有することを推論するために使用されるべきではない。実際、面内の寸法は、比較的大きくなる傾向があるが（例えば、約 1 0 0 平方インチの合計の電池表面積に対して幅および高さ寸法の両方に沿って数インチを測定する）、厚さ方向寸法は、比較的小さくなる傾向がある（例えば、1 / 1 0 0 インチ以下）。主表面对主表面の厚さがある限り、それは、そのようなチャンネルに定義を与える反応物チャンネル 2 4 A、2 6 B および対応するプレート構造 2 4、2 6 の意味のある結果であり、そのような厚さは、桁違いの長さ寸法よりかなり小さい。本文脈内では、そのような薄い平板型電池 1 0 は、二次元構造を有すると見なされる。一形態では、プレート 2 4、2 6 は、チャンネル 2 4 A、2 6 A が、各プレートの対向する主表面上に画定されている、金属シートまたは箔から打ち抜き加工または他の方法でバイポーラプレートに形成される。プレート 2 4、2 6 が、バイポーラ特性で構成されているか否かにかかわらず、それらは、向かい合って隣接する M E A 1 8 と、スタック内の隣接する M E A および層（いずれも図示せず）からのそれに付随する拡散層 2 0、2 2 との間を分離する。一方のプレート 2 4 は、アノード拡散層 2 0 と係合し、第 2 のプレート 2 6 は、カソード拡散層 2 2 と係合している。チャンネル 2 4 A、2 6 A は、それぞれの拡散層 2 0、2 2 に向かって突出し、かつそれらと直接接触することによって、反応気体流チャンネル（矢印で示す）の隣接部を分離する。さらに、プレート 2 4、2 6 は、純粋に長方形の反応気体流チャンネル 2 4 A、2 6 A および関連構造を画定する（様式化された目的のために）現在示されているが、より正確な実施形態では、当技術分野で既知であるようにほぼ蛇行形状のチャンネルを画定するものであることが当業者には理解されよう。

#### 【 0 0 1 9 】

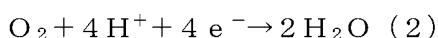
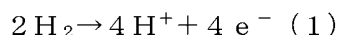
動作中、水素（ $H_2$ ）などの第 1 の気体状反応物は、プレート 2 4 からチャンネル 2 4 A を通って M E A 1 8 のアノード触媒層 1 4 側に送出され、一方、酸素（典型的には空気の形態の  $O_2$ ）などの第 2 の気体状反応物は、プレート 2 6 からチャンネル 2 6 A を通って M E A 1 8 のカソード触媒層 1 6 側に送出される。触媒反応は、プロトン伝導性 P E M 1 2 通って移動するプロトン、およびチャンネル 2 4 A、2 6 A とそれぞれの層 2 0、2 2 との間のランド間の接触によって、拡散層 2 0 および 2 2、ならびにバイポーラプレート 2 4、



２６を通過して伝達され得る電流をもたらすおよび電子を生成するアノード触媒層１４およびカソード触媒層１６でそれぞれ発生する。カソード触媒層１６において、電子および陽電気を帯びた水素イオンが酸素と組み合わせさせて水を形成し、それが電池１０から流出する。これらの反応は、以下のように公式で表される。

【００２０】

【化１】



10

【００２１】

電池当たり約１．２ボルトの理論電圧は、実際の（すなわち「実世界」の）状況では約０．７ボルトのＰＥＭ燃料電池に低下し、ここでは（活性化損失、オーム損失、燃料クロスオーバー損失およびいわゆるネルソン損失などのような）損失がこの低下の原因である。

【００２２】

次に図２Ａおよび図２Ｂを参照すると、ほぼ平板型燃料電池１０のスタックを使用する代わりに、本開示による電気化学電池１００は、二部入れ子構成の単純な単位電池を採用する。立方体構造を有するものとして示されているが、電池１００はまた、１つ以上の表面が三次元容積反応物チャンバを提供する限り、電極によっていくつの表面が形成されるかに応じて他の形状（半球形、三角形など）を画定することもできる。したがって、本開示による電気化学電池１００の一実施形態では、各半電池は、フレーム２４０およびハウジング３４０の形態の一次構造を有する内側の集電材２００および外側の集電材３００からそれぞれなる。アノードを各々有する多数の薄い個々の平板型電池である従来の燃料電池構成とは異なり、カソードおよび中間電解質は、より高い電力出力を達成するためにスタックまたは関連構成で配置されており、本開示の文脈内の完全な電気化学電池１００は、内側の集電材２００と、三次元構造を画定する３つのデカルト座標軸すべてに沿って有意な方向に延びている電極２１０との組み合わせから形成されている。このような電極２１０は、主表面２１０Ａ、２１０Ｂ、２１０Ｃ、２１０Ｄ、および２１０Ｅからなる。フレーム２４０に関連付けられた第６の表面は、これらの主表面２１０Ａ、２１０Ｂ、２１０Ｃ、２１０Ｄ、および２１０Ｅと協働して、反応物のうちの１つを導入するための作用する内側の反応物チャンバ５３０に対応する内部三次元容積２２０を画定する。第６の表面は、電力接続性および他の補助的なインフラストラクチャと同様に、反応物を含む入口および出口流路５１０、５２０が通過する壁を提供するように機能する。同様に、比較可能な電極３１０は、３つのデカルト座標軸すべてに沿って有意な方向にも延びている外側の集電材３００の主表面３１０Ａ、３１０Ｂ、３１０Ｃ、３１０Ｄ、および３１０Ｅによって形成されている。電極３１０によって画定された容積３１０は、少なくとも部分的に中空の間隙容積（図示せず）がほぼ立方体の電極３１０とハウジング３４０の内面との間に形成されるような方法で、周囲のハウジング３４０内に置かれている。図示のように、両方の電極２１０、３１０は、各それぞれの集電材２００、３００に関連付けられたさまざまな電極表面のすべては、互いに対して直角構成の実質的に等しい長さおよび幅寸法のほぼ近接した部材から構成されているほぼ立方体構造を画定する。上述したように、他の三次元形状もまた、それらが電池１００の三次元構成、ならびに第１の集電材２００と外側の集電材３００との間の比較的妨害されない挿入および除去を促進する限り、採用され得ることが当業者によって理解されるであろう。重要なことには、内側の集電材２００内の電極２１０によって画定された内部三次元容積２２０は、開口部３３０を通して、そして外側の集電材３００内の電極３１０によって画定された容積内に挿入可能であるような寸法および形状にされている。

【００２３】

電極２１０を構成する表面は、反応物のうちの１つを受容するための実質的に連続的な三次元流体境界を形成しており、このようにして、フレーム２０５上に画定された取り付け

50

面 2 5 0 上に密封的に固定されたときに、電極 2 1 0 とそのそれぞれの表面 2 1 0 A、2 1 0 B、2 1 0 C、2 1 0 D、および 2 1 0 E は、その中に含まれているイオン化されていない反応物に対する唯一の実質的な出入口が、流路 5 0 0 ならびにそのそれぞれの入口 5 1 0 および出口 5 2 0 を通るように、液密容器を形成する。同様の様式で、電極 3 1 0 のさまざまな表面 3 1 0 A、3 1 0 B、3 1 0 C、3 1 0 D、および 3 1 0 E の近接するエッジワイズ接続は、それらが、他の反応物を受容するための実質的に連続的な三次元流体境界を形成することを保証し、このようにして、ハウジング 3 4 0 内に密封的に固定されたときに、これらの表面 3 1 0 A、3 1 0 B、3 1 0 C、3 1 0 D、および 3 1 0 E は、その中に含まれているイオン化されていない反応物に対する唯一の実質的な出入口が、流路 6 0 0 ならびにそのそれぞれの入口 6 1 0 および出口 6 2 0 を通るように、液密容器を形成する。

10

#### 【 0 0 2 4 】

一形態では、それぞれの内側および外側の集電材 2 0 0、3 0 0 の近接する電極表面 2 1 0 A、2 1 0 B、2 1 0 C、2 1 0 D、および 2 1 0 E または 3 1 0 A、3 1 0 B、3 1 0 C、3 1 0 D、および 3 1 0 E は、流体的に多孔質の媒体、および導入されたままの反応物にさらされている導電性媒体上に配置されている電極触媒（白金など）を有することを通じてそれらの電極状態を達成する。例えば、触媒がイオン交換膜 4 0 0 上に直接分散され、イオン交換膜 4 0 0 が P E M の形態である場合には、その組み合わせは触媒被覆膜（C C M）と称されてもよい。当該技術分野において既知である織物または微粉化粉末形態のいずれかの炭素などの任意の好適な多孔質媒体を、電極触媒用の支持体として使用することができる。

20

#### 【 0 0 2 5 】

イオン交換膜 4 0 0 は、電極 2 1 0 と 3 1 0 との間に配置されている。イオン交換膜 4 0 0 は、第 1 の反応物が、（どの集電材 2 0 0、3 0 0 が酸化されている反応物を受容するように構成されているかに応じて）多数の近接する電極表面 2 1 0 A、2 1 0 B、2 1 0 C、2 1 0 D、および 2 1 0 E または 3 1 0 A、3 1 0 B、3 1 0 C、3 1 0 D、および 3 1 0 E でイオン化されたときに、他の集電材 3 0 0、2 0 0 の複数の近接する電極表面 3 1 0 A、3 1 0 B、3 1 0 C、3 1 0 D、および 3 1 0 E または 2 1 0 A、2 1 0 B、2 1 0 C、2 1 0 D、および 2 1 0 E でイオン化された第 2 の反応物に電気化学的に接合される前に、イオン交換膜 4 0 0 を通って流れるように構成されている。

30

#### 【 0 0 2 6 】

一形態では、内側の集電材 2 0 0 のフレーム 2 4 0 は、電極表面 2 1 0 A、2 1 0 B、2 1 0 C、および 2 1 0 D の縁部をしっかりと装着するための平板状の取り付け面 2 5 0 を提供するためのほぼ長方形の形状を画定する。同様に、外側の集電材 3 0 0 のハウジング 3 4 0 は、内側の集電材 2 0 0 のフレーム 2 4 0 の平板状の取り付け面 2 5 0 に着座することができる一端に露出した平板状の取り付け面 3 5 0 を有する堅固な装着部を形成する。ガスケット 7 0 0 は、平板状の取り付け面 2 5 0、3 5 0 の一方または他方の上に固定されるか、そうでなければ取り付けられてもよい。一形態では、ガスケット 7 0 0 のうちの 1 つのみが、平板状の合わせ面 2 5 0、3 5 0 のうちの対応する 1 つの上に形成されるが、別の形態では、それらは各々それぞれの平板状の取り付け面 2 5 0、3 5 0 上に形成され得る。単一のガスケット 7 0 0 の使用は、電極 2 1 0 の内容積 2 2 0 に導入された反応物が、電極 3 1 0 に導入されている反応物と時期尚早にまたは不注意に組み合わせられないことを保証する。

40

#### 【 0 0 2 7 】

重要なことには、提案されたガスケット 7 0 0 の構成は単一の周辺ガスケットを可能にし、それによって図 1 に関連して説明された平板型燃料電池設計のそれに対して密封建造を著しく単純化する。これは反応物または副生成物の漏洩の可能性を低減するだけでなく、そうでなければ各平板型燃料電池内に多数のガスケットが必要とされる電池 1 0 0 の構成において、それをより容易にする（そしてより安価にする）。さらに、ガスケット 7 0 0 を圧縮し、嵌合する平板状の取り付け面 2 5 0 と 3 5 0 との間にしっかりと装着するため

50

の方法として、内側の集電材 200 に形成された開口 260 内に嵌合するために、ねじ付きボルトまたは他の締結部材 360 を、外側の集電材 300 の平板状の合わせ面 350 から外側に突き出すように作製することができる。同様に、酸性電解質が使用される状況（水の電気分解または水への  $H_2$  および  $O_2$  の逆組み換えなど）では、ガasket を耐酸性、したがってはるかに高価な材料から作らなければならないそのような状況において、はるかに少ない必要とされるガasket の数がより重要性を帯びるので全体的なコストを大幅に削減することができる。酸性電解質を使用することができる本明細書で論じられているような組立体の一例は、個々の電池 100 が、リン酸型燃料電池（PAFC）として構成されているものである。電解質は異なるが、 $H_2$  および  $O_2$  の両方への依存は、式（1）および（2）に示されるようにそれらの電極反応が同一であることを意味する。同様に、電極および触媒の構成は、PEM 構成と PAFC 構成との間で非常に類似している傾向がある。本明細書で論じられている組立体が（PEM ではなく）PAFC 電池 100 から作製されている状況では、電解質は多孔質層（例えば、炭化ケイ素などから作製されるもの）中に分散されてもよい。PEM ベースの構成と同様に、水管理導管の使用が有利に採用され得る。

#### 【0028】

流路 500 は、内側の集電材 200 への流体アクセスを提供するように形成されている。第 1 および第 2 の反応物の一方は、入口流路 510 を通って内側の集電材 200 の内側の反応物チャンバ 530 に導入され、一方、過剰分は出口流路 520 を通って取り出される。入口流路 610 および出口流路 620 に相当する流路 600 を使用して、ハウジング 340 と外側の集電材 300 の電極 310 との間に存在する間隙容積  $V$  を通して第 1 および第 2 の反応物の他方を搬送する。迅速接続流体継手（図示せず）は、以下でより詳細に説明される反応物送出導管 800 から各電池 100 を接続し、かつ切断するのを容易にするために、流路 500、600 の外側に向いた端部に形成され得る。そのような継手または関連する流体嵌込は、レンチまたは関連の器具を必要とせず、工具を使わずに接続および切断するために手で操作することができる。加えて、そのような継手は、残留反応物の漏れを最小限にするための方法として、自己密封弁を備えていてもよい。図 2A、図 2B および図 3 に示すそれぞれの内側および外側の集電材 200、300 上の流路 500、600 の配設は、視覚化の便宜のために単に示されており、そして、それらの好ましい配設は、本開示と一致する様式で製造、組み立て、または分解の容易さを促進する電池 100 上のその場所であることが理解されるであろう。

#### 【0029】

特に三次元幾何学的特徴に関して、内側の集電材 200 を構成する突出した中空立方体は、対応する X 軸および Z 軸に沿った横方向の突起に沿ったデカルト Y 軸に沿った挿入（または入れ子）方向に沿って突出している。この中空立方体は、5 つのほぼ平板状の露出面 210A、210B、210C、210D、および 210E を有する電極 210 のうちの 1 つを形成し、一方、外側の集電材 300 を構成する受容中空立方体もまた、5 つのほぼ平板状の露出面 310A、310B、310C、310D、および 310E を有する他の電極 310 を形成する。このようにして、各電池 100 は、図 1 の 5 つの同様のサイズの従来の平板型燃料電池 10 の電気変換能力を形成している。迅速接続流体継手および第 1 の集電材 200 と外側の集電材 300 との間の圧縮された確実な接続と結合された単純な幾何学的形状を有することによって、各電池 100 の自律性が促進される。これは、各電池 100 にその電流生成機能を実行させるために、各電池 100 の組立体および流体接続が、任意の隣接する電池 100 の組立体および流体継手に依存しないようにすることによってさらに促進される。同様に、各電池 100 を分解し、除去し、修理し、再組み立てし、そして反応物送出導管 800 に再接続することが容易であることにより（図 3 に示され、以下に説明される）、図 1 の圧縮スタック電池 10 では利用することができない向上した保守性を提供し、一方、各電池 100 の多面電極構成は、完全に別個のスタックを装着する必要なしに、電流および関連する電力出力の漸増的な増加を可能にする。さらに、流路 500、600 と、対応する集電材 200、300 内のそれぞれの容積 220、320

10

20

30

40

50

との間の流体連通は、複数の近接する電極表面 210A、210B、210C、210D、および210Eまたは310A、310B、310C、310D、および310Eの各々が、他のすべての表面と実質的に同等に、かつ実質的に同時にそれぞれの第1または第2の反応物を受容するように構成されており、それによって、後述する反応物送出導管800からイオン交換膜400に向かって流れるときの反応物の最小圧力降下を促進する。

#### 【0030】

上述のように、図2Aおよび図2Bは、内側の集電材200が、H<sub>2</sub>または酸化されている関連反応物を受容するようにアノードとして作用し、外側の集電材300が、O<sub>2</sub>または還元されている関連反応物を受容するようにカソードとして作用する電気化学電池100を開示するが、集電材200、300のアノードとカソードの選択は任意であり、そのような各集電材200、300内に形成された電極への反応物の構成および導入に対する好適な修正により、外側の集電材300が、酸化されている反応物を受容するようにアノードとして作用し、内側の集電材200が、還元されている反応物を受容するようにカソードとして作用する、その逆に構成された電池100もまた、本開示の範囲内であることが理解されるであろう。

#### 【0031】

特に、図2Aのイオン交換膜400およびガスカート700が明確にするために省略されている図2Bを参照すると、第1の反応物流路500は、外側の集電材300のための構造および封じ込めを提供するハウジング340の対応する合わせ面350に対して固定されたときに、閉鎖面として作用する合わせ面250と共にフレーム240の壁を通して延びている入口510および出口520の形態で示されている。すべての流路500、600（およびそれらに関連する迅速接続継手）を電池100の一方の表面に位置付けることによって、以下の図3に関連して図示され、かつ説明されているように、共通の一对の反応物搬送流体導管に沿って、電池100を直接差し込みおよび引き抜くことを可能にすることによってスケラビリティおよび保守の容易さが促進される。

#### 【0032】

電極組立体および介在するイオン交換膜400が、現在の立方体または関連する三次元特性を有するように構造化されている状況では、結果として生じるMEAおよび周囲の集電材200、300は、適正な動作を保証するためにバランスのとれた水位から恩恵を受けることができる。具体的には、水管理導管（図示せず）は、触媒電極間に配置されているイオン透過性イオン交換膜400の導電性を促進するために、適切なレベルの水和が存在することを保証するように各電池100に流体接続され得る。これは、イオン交換膜400がPEMであるとき、そのような電池内の選択的な場所が反応物流路500、600の氾濫または関連する閉塞を回避するために過剰な水分除去を必要とするので、特に有用である。イオン交換膜400がそれを通るプロトン移行経路を有するように構成されている構成において過剰な水を除去するために使用されるとき、そのような水管理導管は、O<sub>2</sub>が導入されているMEAの流体側に好ましくは接続される。電池100内の他の場所では、追加の水和を提供することが有利であろう。一形態では、水管理導管は、好ましくは2つのイオン化反応物の組み合わせが起こる場所に流体的に隣接して配設されており、そのような変形はすべて本開示の範囲内であると見なされる。そのような水管理導管は、1つ以上の水蒸気移動（WVT）ユニットまたは装置（カソード加湿器ユニット、膜加湿器、燃料電池加湿器などとも称される）と一緒に使用することができる。そのようなWVTユニット構成では、湿式側および乾式側の反応物流路（例えば、カソード排気口およびカソード入口）は、カソード排気口を出る過剰な水分が媒体を通してカソード入口のより乾燥した流路に拡散することができるように、WVTユニット内の膜媒体を通して互いに水分交換連絡して配設されてもよい。

#### 【0033】

次に図4Aおよび図4Bと共に図3を参照すると、第1および第2の部分810、820に分割された反応物送出導管800に沿って整列した多数の電池100（そのうちの2つが現在示されている）から構成された組立体である。一例では、第1の反応物R1（H<sub>2</sub>

10

20

30

40

50

または関連燃料など)は、入口流路510を介して内側の集電材200の三次元内面形状に導入され得、同時に過剰分を出口流路520を通してそこから除去することができるように、第1の反応物送出導管部分810を通して搬送され得る。同様に、第2の反応物R2(空気または関連するO<sub>2</sub>送出源など)は、三次元電極と、入口流路610を介する外側の集電材300のハウジング340との間の間隙空間に導入され得、同時に過剰分を出口流路620を通してそこから除去することができるように、第2の反応物送出導管部分820を通して搬送され得る。垂直(すなわち、Y軸)方向に沿って行われるように、第1の集電材200と外側の集電材300との間の分割と共に現在示されているが、集電材200および300の相互間の接続および切断を達成するための電池100の配向およびそれらの対応する移動方向、ならびに各電池100の反応物送出導管500からの流体的な分断は、保守性およびスケーラビリティの容易さを考慮に入れる設計選択の問題である可能性があり、そのようなすべての変形は本開示の範囲内であると見なされることが理解されるであろう。

10

#### 【0034】

交差相互接続900は、それらの間に直列および並列電気接続の一方または他方を提供するために、隣接する電池100間に配設されてもよく、直列接続性は、電圧出力を増加させるために使用されてもよく、並列接続性は、電力出力を増加させるために使用されてもよい。このようにして、多数の電池100の組立体から出力される所望の電圧および電流は、電力が送出されている負荷のニーズを満たすように調整され得る。一形態で見られるように、隣接する電池100間にはわずかな間隔が確保されており、そのような間隔は、

任意的な交差相互接続900のための空間を作り出すことに加えて、保守を行うために電池が分解されているとき、および新しい電池が組立体に追加されているときに、隣接する電池100を乱すのを回避するのに役立つ。個々の電池100の各々が享受する相対的な自律性は、組み立て前の圧縮および電池の整列を含む従来のスタックベースの設計に関連する困難、ならびに1つ以上のそのような電池を除去または交換しようとするときに必要とされる後続の逆のステップが減少されるか、または排除されることを意味している。

20

#### 【0035】

動作中、第1の反応物R1は、第1の反応物送出導管部分810の軸に沿って長手方向に搬送される。電池100ごとに、迅速接続継手(図示せず)を通じて第1の反応物送出導管部分810に流体的に接続され得る第1の流路510は、一般に電池100への入口として、そして具体的に三次元内容積220によって画定されたほぼ中空の容積空間として機能するために、第1の反応物送出導管部分810から側方分岐815のように作用する。三次元内容積220の電極210に導入された反応物R1の多面露出およびそれに続く触媒反応(上記の式(1)に示されるものなど)は、イオン化反応物R1を導電性イオン交換膜400に通過させる。一形態では、イオン交換膜400は、主表面210A、210B、210C、210D、および210Eから構成された電極210を囲む包囲用手袋状(または袋状)を形成し、一方、別の形態では、イオン交換膜400は、主表面310A、310B、310C、310D、および310Eから構成された電極310の壁紙状の覆いを形成する。そこから、イオン化された第1の反応物R1は、同様の迅速接続継手を通じて第2の反応物送出導管部分820に流体接続され得る入口流路610から送出されているイオン化された第2の反応物R2と組み合わせることができる。第1の反応物R1のそれと同様の様式で、電極310に導入された反応物R2の露出およびそれに続く触媒反応(上記の式(2)に示されたものなど)は、電極310の主表面310A、310B、310C、310D、および310Eにおいて、(反応物R1と同じ様式で、導電性イオン交換膜400を通過することはできない)イオン化された第2の反応物R2を反応物R1と組み合わせる。上述のように、第1の反応物R1がH<sub>2</sub>であり、第2の反応物R2がO<sub>2</sub>である状況では、これら2つの反応物の組み合わせによって生成される水は、水管理導管によって(両方とも必要に応じて除去および水和を含んで)管理され得る。消費されなかった過剰の反応物R1、R2は、対応する出口流路520、620を通してそれぞれの第1および外側の集電材200、300から搬送され得、そして第1および第2の

30

40

50

反応物送出導管部分 8 1 0、8 2 0 内を流れるそれぞれの流れに戻ることができる。入口流路 5 1 0、6 1 0 と同様に、出口流路 5 2 0、6 2 0 は、迅速接続継手を備えていてもよい。

#### 【 0 0 3 6 】

図 4 A に具体的に示されているように、個々の電池 1 0 0 は、それらがより大きな組立体を形成するように、モジュール式二次元配列または行列に配置されてもよい。このような構成では、2 つの反応物送出導管部分 8 1 0、8 2 0 は、多数の側方分枝 8 1 5、8 2 5 が、さまざまな電池 1 0 0 を図示の行列状に配置することができるようにそれぞれのマニホールドから延びることができるように、マニホールドとして作用してもよい。同様に、さまざまな交差相互接続 9 0 0 は、個々の電池 1 0 0 のすべてのうちのいくつかの間に所望のレベルの直列および並列電気結合を確立するために使用され得る。隣接する列の第 1 の電池 1 0 0 に接続されている各列の最後の電池 1 0 0 によって続く負から正の直列連結に電氣的に接続されている、各列内の 1 7 個の電池 1 0 0 の各々によって高電圧出力（例えば、約 3 0 0 ボルト）を生成することができる 3 5 0 個の電池の  $17 \times 18$  の配列を有するように例示な方法で示されているが、他の配列および他の形態の交差相互接続 9 0 0 を必要に応じて使用することができることが理解されるであろう。

#### 【 0 0 3 7 】

図 4 B に具体的に示されているように、個々の電池 1 0 0 は、個々の電池 1 0 0 のモジュール式線形配列の一部として配置されてもよい。図示のように、さまざまな電池 1 0 0 は、細長い反応物送出導管部分 8 1 0、8 2 0 をまたいでよい。図 4 A に示されている二次元配列または行列と同様に、2 つの反応物送出導管部分 8 1 0、8 2 0 は、（図 4 A に示されているような）多数の側方分枝 8 1 5、8 2 5 が、流体の接続および切断を容易にするためにさまざまな電池 1 0 0 に向かって延びるように、マニホールドとして作用することができる。また、図 4 A に示されている二次元配列または行列と同様に、自律型個別電池 1 0 0 によって可能となっているモジュール式構成は、単に、反応物送出導管部分 8 1 0、8 2 0 に 1 つ以上の電池 1 0 0 を追加すること、またはそこから除去することによって、線形配列の電力出力を必要に応じてできるだけ大きくまたは小さくすることができることを意味する。図 4 A および図 4 B の実施形態の組み合わせは、組立体に深さ 2 の構成を与えるために、構成できることも理解されるであろう。そのような場合、構造はさらに三次元スタックに拡張することができる。

#### 【 0 0 3 8 】

本開示は、燃料電池に特に適しているが、フローバッテリー（本明細書では二次バッテリーとも称される、図示せず）の電源としても有用である。燃料電池に関して本明細書で説明した M E A ベースの構造に関連する還元酸化反応を通じて電気エネルギーを生成する代わりに、フローバッテリーは、便利に貯蔵することができ、続いて電流を作り出すための負極反応および正極反応放電プロセスの一部として使用することができる電気活性物質の形態で化学エネルギーを貯蔵する。一対のタンクを使用して電気活性物質を貯蔵することができる。これらの活性物質は、内側および外側の集電材 2 0 0、3 0 0 の一方または他方に送出するための対応するポンプによって各タンクから（液体形態ではあるが）等価のイオン交換膜 4 0 0 を形成する。一形態では、電解質溶液は、酸化または還元することができる 1 つ以上の遷移金属を含み、それが次に、対応する起電力を生成することにつながる。そのため、本開示と併せて作製されたバッテリーは、外部タンク内の電解質の貯蔵という点で従来のバッテリーとは異なる。このようにして、貯蔵されているエネルギーは、バルク電極材料、およびバッテリーの動作に関連する、付随する機械応力および熱応力内に含まれる必要はない。これにより、全体的な組立体のモジュール性、ならびにそれに関連する保守性およびスケラビリティの特性を促進することができる。バッテリーとして構成されたときに、タンク内に収容され、ポンプから電池 1 0 0 にポンプ輸送された電解質は、電池 1 0 0 に一旦導入されると、たとえ P E M ベースの構造に関連する膜形態の代わりに液体形態であっても、そのような電解質は依然としてイオン輸送に使用されるという点で、依然として 2 つの電極組立体（電極 2 1 0、3 1 0 に関連するものなど）の間に配置されている

と見なされる。

【 0 0 3 9 】

図示されていないが、本開示はまた、他の非自発的化学反应を促進するために、電気および触媒活性電極を使用する電解装置として構成されてもよい。例示的な一形態では、電解装置を使用して水 ( $H_2O$ ) を  $H_2$  および酸素  $O_2$  に変換することができる。例示的な一形態では、そのような電解装置の電池は、アノードおよびカソードと共に本明細書で論じる M E A を形成するように、P E M を使用することができる。したがって、 $H_2$  を得るために、電解装置として構成されている電池 1 0 0 は、電極が高電流密度および高電圧に耐えることができる材料から作製されるように、従来の水源 (海水など) を使用することができる。一形態では、供給されている水は酸性またはアルカリ性であり、一方、別の形態では、水は比較的純粋であるように、塩分、酸性度、またはアルカリ度が比較的少ない。このような電解装置はまた、電気化学加工、除錆剤、電気めっき、金属化合物からの金属の製造、ならびに塩素、水酸化ナトリウム、電気分解水などの生成にも使用することができる。

10

【 0 0 4 0 】

本開示で論じた特徴を説明し、定義する目的のために、本明細書におけるパラメータの関数である変数または別の変数への参照は、変数が、排他的にリスト化されたパラメータまたは変数の関数であることを意味することを意図するものではないことに留意されたい。むしろ、本明細書におけるリスト化されたパラメータの関数である変数への参照は、その変数が、単一のパラメータまたは複数のパラメータの関数であり得るように無制限であることを意図している。同様に、特定の性質、または特定の様式で関数を具現化するために、特定の方法で構成またはプログラムされている本開示の本明細書における構成要素の列挙は、意図された用途の列挙とは対照的に構造的列挙であることに留意されたい。より具体的には、構成要素がプログラムまたは構成されている様式に対する本明細書における参照は、構成要素の既存の物理的状态を示し、したがって、構成要素の構造的特徴の明確な列挙として解釈されるべきである。

20

【 0 0 4 1 】

以下の特許請求の範囲のうちの 1 つ以上は、用語「wherein」を移行句として利用することに留意すべきである。本開示において論じられる特徴を定義する目的のために、この用語は、構造の一連の特徴の列挙を導入するために使用される無制限の移行句として特許請求の範囲に導入されており、より一般的に使用される無制限のプリアンブル用語の「含む」と同じように解釈されるべきである。

30

【 0 0 4 2 】

「好ましくは」、「一般に」、「および「典型的に」のような用語は、特許請求の範囲を限定するため、または特定の機能が本明細書に開示される構造または機能にとって重大、必須、またはさらに重要であることを暗示するために本明細書では利用されないことに留意されたい。むしろ、これらの用語は、単に開示された主題の特定の実施形態において利用されてもされなくてもよい、代替または追加の特徴を強調することを意図したものに過ぎない。同様に、「実質的に」および「約」という用語並びにそれらの変形は、定量的な比較、値、測定または他の表現に起因する可能性がある本質的な不確実性の程度を表すために本明細書で利用されていることに留意されたい。そのため、これらの用語の使用は、定量的表現が問題の主題の基本機能に変化をもたらさずに、記載された基準と異なり得る程度を表す。

40

【 0 0 4 3 】

当業者には、特許請求される主題の趣旨および範囲から逸脱することなく、本明細書に記載される実施形態に対して様々な修正および変更がなされ得ることが明らかであろう。したがって、本明細書は、本明細書に記載される様々な実施形態の修正および変更を包含することが意図されるが、そのような修正および変更が、添付の特許請求の範囲およびその等価物の範囲内に入ることを条件とする。

以下、本発明の好ましい実施形態を項分け記載する。

50

実施形態 1電気化学電池であって、内側の集電材と、内側の反応物流路と、外側の集電材と、外側の反応物流路と、イオン交換膜と、を備え、前記内側の反応物流路が、内側の反応物入口、内側の反応物出口、および前記内側の反応物入口および前記内側の反応物出口と流体連通している内側の反応物チャンバを含み、前記内側の集電材が、前記内側の反応物チャンバの少なくとも一部分を形成する内部三次元容積を作り出すように寸法的に構成された1つ以上の内側の電極を含み、前記外側の集電材が、内部に開口部を形成する内部三次元容積を作り出すように寸法的に構成された1つ以上の外側の電極を含み、前記内側の集電材および前記内側の集電材の前記内部三次元容積が、前記内側の集電材の前記内部三次元容積が前記内側の集電材および前記外側の集電材の両方の内に存在するように、前記外側の集電材の前記開口部を通して、かつ前記三次元容積内で入れ子にされており、前記内側の集電材の前記内側の電極が、前記イオン交換膜を挟んで前記外側の集電材の前記外側の電極と対向しており、前記外側の反応物流路が、前記外側の電極によって前記イオン交換膜から分離されており、前記内側の集電材および前記外側の集電材が、前記開口部の全周の周りに剥離可能なシール部を形成する、対向する取り付け面を含む、電気化学電池。実施形態 2前記内側および外側の集電材の各々の前記電極が、単一の連続表面を含む、実施形態 1 に記載の電気化学電池。実施形態 3前記内側および外側の集電材の各々の前記電極が、複数の別個の電極表面を含む、実施形態 1 に記載の電気化学電池。実施形態 4前記内側および外側の集電材の各々の前記電極が、少なくとも3つの別個の電極表面を含む、実施形態 3 に記載の電気化学電池。実施形態 5前記内側および外側の集電材の各々の前記電極が、少なくとも4つの別個の電極表面を含む、実施形態 3 に記載の電気化学電池。実施形態 6前記内側および外側の集電材の各々の前記電極が、実質的に立方体構造を画定する、少なくとも5つの別個の電極表面を含む、実施形態 3 に記載の電気化学電池。実施形態 7前記内側の収集材の前記複数の別個の電極表面の各々が、前記内側の収集材の前記複数の別個の電極表面の前記他の表面のすべてと実質的に同等にかつ実質的に同時に反応物を受け取り、一方、前記外側の収集材の前記複数の別個の電極表面の各々が、前記外側の収集材の前記複数の別個の電極表面の前記他の表面のすべてと実質的に同等にかつ実質的に同時に反応物を受け取る、実施形態 3 に記載の電気化学電池。実施形態 8前記第 1 および外側の集電材の各々の前記電極が、流体的に多孔質の導電性媒体上に配置された電気触媒を含む、実施形態 1 に記載の電気化学電池。実施形態 9前記イオン交換膜が、前記内側および外側の集電材の前記電極と共に、膜電極組立体を

10

20

30

40

50



形成するようにポリマーイオン交換膜を含む、実施形態 1 に記載の電気化学電池。

実施形態 1 0

前記イオン交換膜が、前記内側の反応物チャンバを実質的に包囲する、実施形態 9 に記載の電気化学電池。

実施形態 1 1

前記イオン交換膜が、前記外側の集電材の前記内部三次元容積の実質的に全体を覆っている、実施形態 9 に記載の電気化学電池。

実施形態 1 2

前記イオン交換膜が、前記取り付け面の少なくとも 1 つの少なくとも一部分にわたって横方向に延びている、実施形態 9 に記載の電気化学電池。

実施形態 1 3

前記電気化学電池が、バッテリーを含む、実施形態 1 に記載の電気化学電池。

実施形態 1 4

前記電気化学電池が、燃料電池を含む、実施形態 1 に記載の電気化学電池。

実施形態 1 5

前記イオン交換膜、ならびに前記内側および外側の集電材の前記電極によって形成されている膜電極組立体と流体連通している水管理導管をさらに備える、実施形態 1 4 に記載の電気化学電池。

実施形態 1 6

前記取り付け面の少なくとも 1 つに配置されたガスケットをさらに備える、実施形態 1 に記載の電気化学電池。

実施形態 1 7

前記内側の反応物入口および前記内側の反応物出口の両方が、前記内側の集電材の一方の表面に位置付けられている、実施形態 1 に記載の電気化学電池。

実施形態 1 8

電気化学電池組立体であって、  
各々が、他方とは異なる反応物を搬送するように構成された第 1 の部分および第 2 の部分を画定する反応物送出導管と、

各々が、

内側の集電材と、

内側の反応物流路と、

外側の集電材と、

外側の反応物流路と、

イオン交換膜と、を備える複数の電気化学電池と、  
を備え、

前記内側の反応物流路が、内側の反応物入口、内側の反応物出口、および前記内側の反応物入口および前記内側の反応物出口と流体連通している内側の反応物チャンバを含み、

前記内側の集電材が、前記内側の反応物チャンバの少なくとも一部分を形成する内部三次元容積を作り出すように寸法的に構成された 1 つ以上の内側の電極を含み、

前記外側の集電材が、内部に開口部を形成する内部三次元容積を作り出すように寸法的に構成された 1 つ以上の外側の電極を含み、

前記内側の集電材および前記内側の集電材の前記内部三次元容積が、前記内側の集電材の前記内部三次元容積が前記内側の集電材および前記外側の集電材の両方の内に存在するように、前記外側の集電材の前記開口部を通して、かつ前記三次元容積内で入れ子にされており、

前記内側の集電材の前記内側の電極が、前記イオン交換膜を挟んで前記外側の集電材の前記外側の電極と対向しており、

前記外側の反応物流路が、前記外側の電極によって前記イオン交換膜から分離されており、

前記内側の集電材および前記外側の集電材が、前記開口部の全周の周りに剥離可能なシ

10

20

30

40

50

ール部を形成する、対向する取り付け面を含む、電気化学電池組立体。

実施形態 1 9

前記反応物送出導管の部分の各々が、互いに実質的に平行に、かつ前記マニホールド内に収容されている反応物の流れに実質的に直交して延びている複数の分岐を有するマニホールドを含む、実施形態 1 8 に記載の電気化学電池組立体。

実施形態 2 0

前記複数の電気化学電池が、それらが実質的に二次元の電池配列を画定するような方法で、前記反応物送出導管の平行に延びている分岐に結合されている、実施形態 1 9 に記載の電気化学電池組立体。

実施形態 2 1

前記反応物送出導管の前記マニホールドが、前記二次元の電池配列の実質的に対向する縁部上で互いに平行に離間している、実施形態 2 0 に記載の電気化学電池組立体。

実施形態 2 2

隣接する電気化学電池間に直列電気接続および並列電気接続の一方または他方を提供するための交差相互接続をさらに備える、実施形態 1 8 に記載の電気化学電池組立体。

実施形態 2 3

電気化学電池組立体を形成する方法であって、  
各々が、

内側の反応物チャンバの少なくとも一部分を形成する内部三次元容積を作り出すように寸法的に構成された 1 つ以上の内側の電極を有する内側の集電材と、

内部に開口部を有する内部三次元容積を作り出すように寸法的に構成された 1 つ以上の外側の電極を有する外側の集電材と、

前記内側および外側の集電材の前記電極間に配置されたイオン交換膜と、を含む、複数の電気化学電池を提供することと、

前記組立体内の電気化学電池ごとに、前記内側の集電材の前記内部三次元容積の少なくとも一部分が、前記外側の集電材の前記三次元容積内に入れ子にされるように、前記外側の集電材の前記開口部を通して前記内側の集電材を挿入することと、

各集電材からの対向する取り付け面が、前記開口部の全周の周りに剥離可能なシール部を形成するように、前記組立体内の各電気化学電池の前記内側および外側の集電材を互いに確実に固定することと、

前記組立体内の各電気化学電池の前記内側の集電材を、内側の反応物入口、および前記内側の反応物入口と流体連通している内側の反応物出口を含む内側の反応物流路を通る反応物送出導管の第 1 の部分に流体結合することと、

前記組立体内の各電気化学電池の前記外側の集電材を、外側の反応物入口、および前記外側の電極の周りに形成されている間隙空間と流体連通している外側の反応物出口を含む外側の反応物流路を通る反応物送出導管の第 2 の部分に流体結合することと、  
を含む、方法。

実施形態 2 4

前記組立体内のいずれの他の前記電気化学電池も乱すことなく、前記組立体から前記電気化学電池のうちの 1 つを除去することによって、前記組立体の保守を行うことをさらに含む、実施形態 2 3 に記載の方法。

実施形態 2 5

前記組立体内のいずれの他の前記電気化学電池も乱すことなく、前記電気化学電池のうちの 1 つを前記組立体に追加することによって、前記組立体の電力出力能力を向上させることをさらに含む、実施形態 2 3 に記載の方法。

実施形態 2 6

隣接電気化学電池間に直列または並列電気接続の一方または他方を提供するための交差相互接続を配設することをさらに含む、実施形態 2 5 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1】

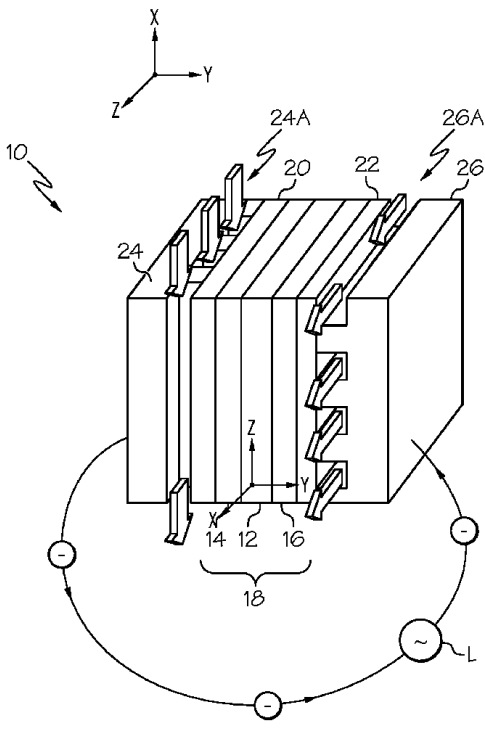


FIG. 1

【図 2 A】

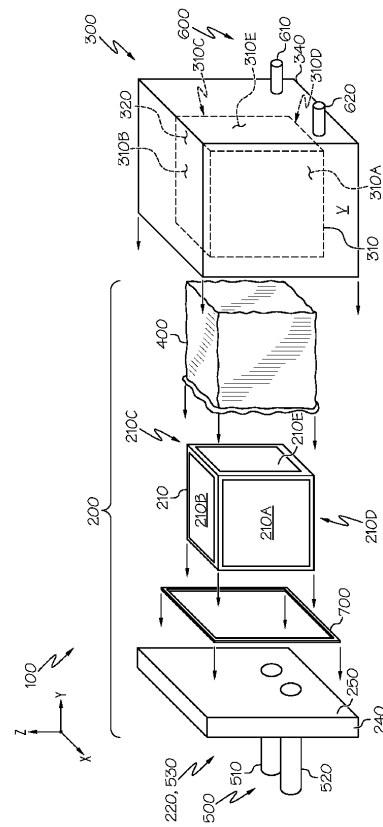


FIG. 2A

【図 2 B】

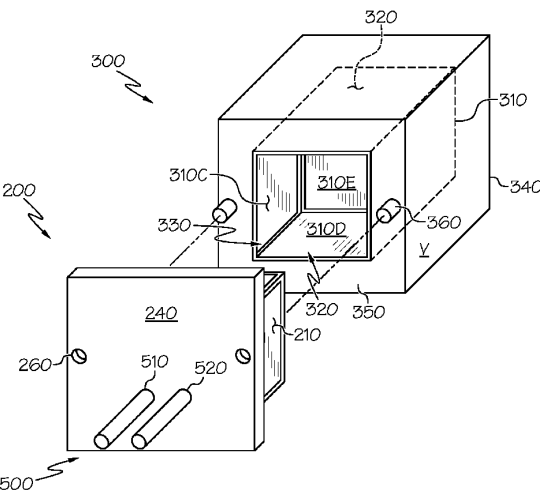


FIG. 2B

【図 3】

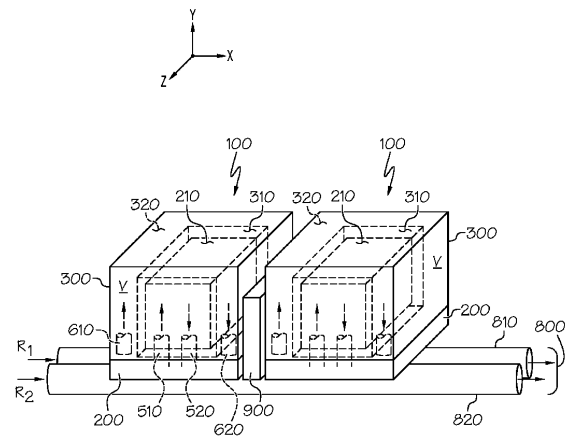


FIG. 3

10

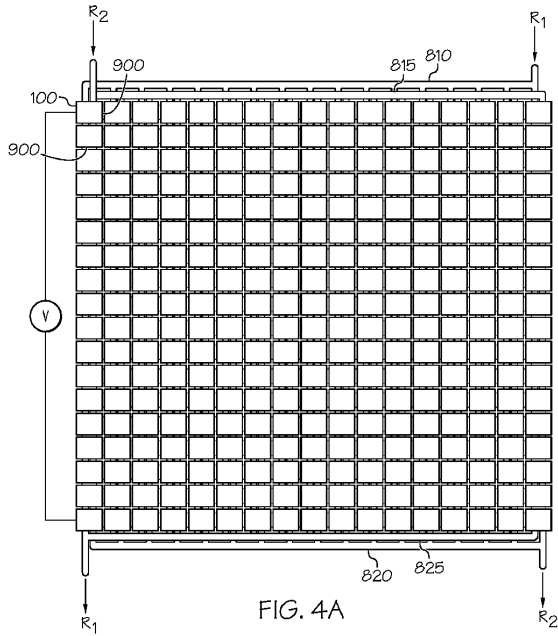
20

30

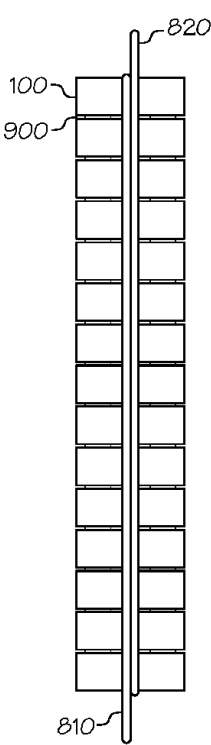
40

50

【 図 4 A 】



【 図 4 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 8/2404(2016.01)

H 0 1 M

8/2404

アオブ サウジ アラビアン オイル カンパニー

(72)発明者

ソウエンティ, スタマティオス

サウジアラビア国 3 1 3 1 1 ダーラン ポスト オフィス ボックス 5 0 0 0 ケアオブ サウジ

アラビアン オイル カンパニー

(72)発明者

アムル, イッサム ティー

サウジアラビア国 3 1 3 1 1 ダーラン ポスト オフィス ボックス 5 0 0 0 ケアオブ サウジ

アラビアン オイル カンパニー

審査官 多田 達也

(56)参考文献

特表 2 0 0 2 - 5 2 3 6 2 7 ( J P , A )

特開 2 0 1 0 - 1 7 0 8 0 7 ( J P , A )

特開 2 0 1 1 - 0 5 4 5 5 0 ( J P , A )

特開 2 0 0 5 - 3 5 3 4 9 6 ( J P , A )

特開 2 0 0 2 - 2 9 8 8 8 1 ( J P , A )

(58)調査した分野

(Int.Cl., D B 名)

H 0 1 M 8 / 0 2

H 0 1 M 8 / 1 0