

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6765642号
(P6765642)

(45) 発行日 令和2年10月7日(2020.10.7)

(24) 登録日 令和2年9月18日(2020.9.18)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 M 8/18 (2006.01)

H O 1 M 8/18

H O 1 M 8/0247 (2016.01)

H O 1 M 8/0247

請求項の数 4 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2017-544043 (P2017-544043)
 (86) (22) 出願日 平成29年1月18日 (2017.1.18)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2017/001615
 (87) 国際公開番号 W02018/134928
 (87) 国際公開日 平成30年7月26日 (2018.7.26)
 審査請求日 令和1年7月22日 (2019.7.22)

(73) 特許権者 000002130
 住友電気工業株式会社
 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
 (74) 代理人 100100147
 弁理士 山野 宏
 (72) 発明者 山口 英之
 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号
 住友電気工業株式会社大阪製作所内
 (72) 発明者 本井 見二
 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号
 住友電気工業株式会社大阪製作所内

審査官 藤原 敬士

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 双極板、セルフフレーム、セルスタック、及びレドックスフロー電池

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レドックスフロー電池の電極が配置される双極板であって、
 前記双極板の平面に対して垂直な断面を見たときに、外周縁部における角部の曲率半径
 が 0 . 1 mm 以上 4 . 0 mm 以下である双極板。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の双極板と、前記双極板の外周に設けられる枠体とを備えるセルフレー
 ム。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のセルフフレームを備えるセルスタック。

10

【請求項 4】

請求項 3 に記載のセルスタックを備えるレドックスフロー電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、双極板、セルフフレーム、セルスタック、及びレドックスフロー電池に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 ~ 2 には、セルフフレーム、正極電極、隔膜、負極電極をそれぞれ複数積層し

20

てなるセルスタック、及びそのセルスタックを用いたレドックスフロー電池が記載されている。セルフフレームは、正極電極と負極電極との間に配置される双極板と、双極板の外周に設けられる枠体とを備える。セルスタックでは、隣接するセルフフレームの双極板の間に、隔膜を挟んで正負の電極が配置され、1つのセルが形成される。レドックスフロー電池は、電極が配置されたセル内に電解液を循環流通させて充放電を行う。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2002-246061号公報

【特許文献2】特開2005-228622号公報

10

【発明の概要】

【0004】

本開示の双極板は、

レドックスフロー電池の電極が配置される双極板であって、

前記双極板の平面に対して垂直な断面を見たときに、外周縁部における角部の曲率半径が0.1mm以上4.0mm以下である。

【0005】

本開示のセルフフレームは、本開示の双極板と、前記双極板の外周に設けられる枠体とを備える。

【0006】

20

本開示のセルスタックは、本開示のセルフフレームを備える。

【0007】

本開示のレドックスフロー電池は、本開示のセルスタックを備える。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】実施形態に係るレドックスフロー電池の動作原理図である。

【図2】実施形態に係るレドックスフロー電池の概略構成図である。

【図3】実施形態に係るセルスタックの概略構成図である。

【図4】実施形態に係るセルフフレームを一面側から見た概略平面図である。

【図5】実施形態に係るセルフフレームを構成する双極板及び枠体の概略平面図である。

30

【図6】図5のV I - V I 線で切断した双極板の概略部分断面図である。

【図7】図4のV I I - V I I 線で切断したセルフフレームの概略部分断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

〔本開示が解決しようとする課題〕

近年、太陽光や風力などの再生可能エネルギーの出力を安定化させる蓄電池の1つとして、レドックスフロー電池が注目されており、更なるレドックスフロー電池の信頼性及び性能の向上が求められている。

【0010】

一般に、レドックスフロー電池では、双極板の周囲に枠体が設けられたセルフフレームが使用されている。セルフフレームは、例えば、枠体の内側に形成された開口部に双極板を配置することで構成されており、双極板が設けられる枠体の内側に凹部が形成される。開口部（凹部）の形状は通常、双極板に対応した形状になっている。この凹部に電極が収納され、凹部と隔膜とで囲まれる空間によってセルが構成される。そして、セル内に電解液を流通させるときは、双極板（電極）の一方の縁部からそれに対向する他方の縁部に向かってセル内を電解液が流れるようになっている。

40

【0011】

枠体の開口部に双極板を配置してセルフフレームを構成した場合、双極板の外周縁部の外周面が枠体の内周面に接触（近接）された状態で配置される。レドックスフロー電池の運転時に電解液を流通させた際、双極板が振動することがあり、その振動による摩擦によっ

50

て双極板と枠体との接触面で摩擦熱が発生する場合がある。そして、双極板と枠体との接触面での摩擦熱の影響を受けて、隔膜が破れるなどの不具合が起こり得る。よって、信頼性の観点から、双極板の振動による双極板の外周面と枠体の内周面との接触面での摩擦熱の発生を低減して、隔膜の損傷を抑制することが望まれる。

【0012】

そこで、双極板の振動による摩擦熱の発生を低減するため、双極板の外周面が枠体の内周面に接触しないように、双極板の外周面と枠体の内周面との間に隙間を設けることが考えられる。しかし、双極板の外周面と枠体の内周面との間に隙間を設けた場合、この隙間に一部の電解液が流れ込み、電解液のリーク流路が形成される。このリーク流路に流れ込んだ電解液は電極に殆ど接触しないため、電池反応に寄与しない。そのため、双極板の外周面と枠体の内周面との間に形成される隙間を大きくすると、リーク流路を流れる電解液の流量が多くなり、レドックスフロー電池の放電容量が低下するなど、電池性能の低下を招く虞がある。また、レドックスフロー電池の待機時に電解液の流通を停止したとき、充電された電解液がリーク流路に滞留し、自己放電することによって電解液が発熱する。リーク流路を流れる電解液の流量が多いほど、自己放電による電解液の発熱量が大きくなり、その熱の影響を受けて隔膜が破れるなどの不具合が起こる可能性がある。

10

【0013】

そこで、本開示は、レドックスフロー電池の信頼性及び性能の向上を図ることができる双極板、セルフフレーム、及びセルスタックを提供することを目的の一つとする。また、本開示は、信頼性が高く、電池性能に優れるレドックスフロー電池を提供することを目的の一つとする。

20

【0014】

[本開示の効果]

本開示によれば、レドックスフロー電池の信頼性及び性能の向上を図ることができる双極板、セルフフレーム、及びセルスタックを提供できる。また、本開示によれば、信頼性が高く、電池性能に優れるレドックスフロー電池を提供できる。

【0015】

[本願発明の実施形態の説明]

最初に本願発明の実施形態の内容を列記して説明する。

【0016】

30

(1) 実施形態に係る双極板は、

レドックスフロー電池の電極が配置される双極板であって、

前記双極板の平面に対して垂直な断面を見たときに、外周縁部における角部の曲率半径が0.1mm以上4.0mm以下である双極板。

【0017】

上記双極板によれば、双極板を平面に垂直な断面（垂直断面）で断面視したときの外周縁部における角部の曲率半径（角R）が0.1mm以上であることで、セルフフレームを構成したときに、枠体の内周面に接触する双極板の外周面の面積が小さくなり、双極板の外周面と枠体の内周面との接触面積が小さくなる。そのため、双極板の振動による双極板の外周面と枠体の内周面との接触面での摩擦熱の発生を低減でき、その熱に起因する隔膜の損傷を抑制できる。

40

【0018】

上記双極板では、双極板の外周縁部の垂直断面における角部が丸く形成されていることで、角部の箇所では枠体の内周面との間に隙間ができる。双極板を断面視したときの外周縁部の角Rが4.0mm以下であることで、双極板の外周面と枠体の内周面との間に形成される隙間を小さくでき、リーク流路の拡大を抑制できる。そのため、リーク流路を流れる電解液の流量が少なく、レドックスフロー電池の放電容量の低下を抑制できる。加えて、リーク流路を流れる電解液の流量が少ないため、電解液の流通を停止した際にリーク流路に滞留する電解液の自己放電による発熱量が小さく、その熱に起因する隔膜の損傷を抑制できる。したがって、上記双極板は、レドックスフロー電池の信頼性及び性能の向上を図

50

ることができる。

【0019】

(2)実施形態に係るセルフフレームは、上記(1)に記載の双極板と、前記双極板の外周に設けられる枠体とを備える。

【0020】

上記セルフフレームによれば、上記した実施形態に係る双極板を備えることから、レドックスフロー電池の信頼性及び性能の向上を図ることができる。

【0021】

(3)実施形態に係るセルスタックは、上記(2)に記載のセルフフレームを備える。

【0022】

上記セルスタックによれば、上記した実施形態に係るセルフフレームを備えることから、レドックスフロー電池の信頼性及び性能の向上を図ることができる。

【0023】

(4)実施形態に係るレドックスフロー電池は、上記(3)に記載のセルスタックを備える。

【0024】

上記レドックスフロー電池によれば、上記したセルスタックを備えることから、信頼性が高く、電池性能に優れる。

【0025】

[本願発明の実施形態の詳細]

本願発明の実施形態に係る双極板、セルフフレーム、セルスタック、及びレドックスフロー電池の具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。図中の同一符号は同一又は相当部分を示す。なお、本願発明はこれらの例示に限定されるものではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【0026】

《RF電池》

図1～図3を主に参照して、実施形態に係るレドックスフロー電池(以下、RF電池)、セルスタック、及びセルフフレームの一例を説明する。図1、図2に示すRF電池1は、正極電解液及び負極電解液に酸化還元により価数が変化する金属イオンを活物質として含有する電解液を使用し、正極電解液に含まれるイオンの酸化還元電位と、負極電解液に含まれるイオンの酸化還元電位との差を利用して充放電を行う電池である。ここでは、RF電池1の一例として、図1に示すように、正極電解液及び負極電解液に活物質となるVイオンを含有するバナジウム電解液を使用したバナジウム系RF電池の場合を示す。図1中のセル100内の実線矢印は充電反応を、破線矢印は放電反応をそれぞれ示している。RF電池1は、電解液循環型の蓄電池の1つであって、例えば、負荷平準化用途、瞬低補償や非常用電源などの用途、大量導入が進められている太陽光や風力などの再生可能エネルギーの出力平滑化用途などに利用される。

【0027】

RF電池1は、水素イオンを透過させる隔膜101で正極セル102と負極セル103とに分離されたセル100を備える。正極セル102には正極電極104が内蔵され、かつ正極電解液を貯留する正極電解液用タンク106が導管108、110を介して接続されている。導管108には、正極電解液を正極セル102に圧送するポンプ112が設けられており、これらの部材106、108、110、112によって正極電解液を循環させる正極用循環機構100Pが構成されている。同様に、負極セル103には負極電極105が内蔵され、かつ負極電解液を貯留する負極電解液用タンク107が導管109、111を介して接続されている。導管109には、負極電解液を負極セル103に圧送するポンプ113が設けられており、これらの部材107、109、111、113によって負極電解液を循環させる負極用循環機構100Nが構成されている。各タンク106、107に貯留される各電解液は、充放電を行う運転時には、ポンプ112、113によりセ

10

20

30

40

50

ル 1 0 0 (正極セル 1 0 2 及び負極セル 1 0 3) 内に循環され、充放電を行わない待機時には、ポンプ 1 1 2、1 1 3 が停止され、循環されない。

【 0 0 2 8 】

《セルスタック》

セル 1 0 0 は通常、図 2、図 3 に示すセルスタック 2 と呼ばれる構造体の内部に形成される。セルスタック 2 は、サブスタック 2 0 0 (図 3 参照) と呼ばれる積層体をその両側から 2 枚のエンドプレート 2 2 0 で挟み込み、両側のエンドプレート 2 2 0 を締付機構 2 3 0 で締め付けることで構成されている (図 3 に例示する構成では、複数のサブスタック 2 0 0 を備える)。サブスタック 2 0 0 は、セルフフレーム 3、正極電極 1 0 4、隔膜 1 0 1、及び負極電極 1 0 5 を複数積層してなり、その積層体の両端に給排板 2 1 0 (図 3 の下図参照、図 2 では省略) が配置された構成である。

10

【 0 0 2 9 】

《セルフフレーム》

セルフフレーム 3 は、図 2、図 3 に示すように、正極電極 1 0 4 と負極電極 1 0 5 との間に配置される双極板 3 1 と、双極板 3 1 の外周に設けられる枠体 3 2 とを備える。双極板 3 1 の一面側には、正極電極 1 0 4 が接触するように配置され、双極板 3 1 の他面側には、負極電極 1 0 5 が接触するように配置される。サブスタック 2 0 0 (セルスタック 2) では、隣接する各セルフフレーム 3 の双極板 3 1 の間にそれぞれ 1 つのセル 1 0 0 が形成されることになる。

【 0 0 3 0 】

20

双極板 3 1 は、例えば、プラスチックカーボンなどで形成され、枠体 3 2 は、例えば、塩化ビニル樹脂 (P V C)、ポリプロピレン、ポリエチレン、フッ素樹脂、エポキシ樹脂などのプラスチックで形成されている。双極板 3 1 は、例えば、射出成型、プレス成型、真空成型などの公知の方法によって成形することができる。

【 0 0 3 1 】

セル 1 0 0 への電解液の流通は、給排板 2 1 0 (図 3 の下図参照) を介して、図 3 に示すセルフフレーム 3 の枠体 3 2 に貫通して設けられた給液マニホールド 3 3、3 4 及び排液マニホールド 3 5、3 6 と、枠体 3 2 に形成された給液スリット 3 3 s、3 4 s 及び排液スリット 3 5 s、3 6 s により行われる (図 4 も併せて参照)。この例に示すセルフフレーム 3 (枠体 3 2) の場合、正極電解液は、枠体 3 2 の下部に設けられた給液マニホールド 3 3 から枠体 3 2 の一面側 (紙面表側) に形成された給液スリット 3 3 s を介して正極電極 1 0 4 に供給され、枠体 3 2 の上部に形成された排液スリット 3 5 s を介して排液マニホールド 3 5 に排出される。同様に、負極電解液は、枠体 3 2 の下部に設けられた給液マニホールド 3 4 から枠体 3 2 の他面側 (紙面裏側) に形成された給液スリット 3 4 s を介して負極電極 1 0 5 に供給され、枠体 3 2 の上部に形成された排液スリット 3 6 s を介して排液マニホールド 3 6 に排出される。双極板 3 1 が設けられる枠体 3 2 の内側の下縁部及び上縁部には、縁部に沿って整流部 (図示せず) が形成されていてもよい。整流部は、給液スリット 3 3 s、3 4 s から供給される各電解液を各電極の下縁部に沿って拡散させたり、各電極の上縁部から排出される各電解液を排液スリット 3 5 s、3 6 s へ集約する機能を有する。

30

40

【 0 0 3 2 】

この例では、双極板 3 1 の下側から電解液が供給され、双極板 3 1 の上側から電解液が排出されるようになっており、双極板 3 1 の下縁部から上縁部に向かって電解液が流れる。図 4 中、紙面左側の矢印は、双極板 3 1 における電解液の全体的な電解液の流通方向を示す。双極板 3 1 の各電極と接する表面には、電解液の流通方向に沿って複数の溝部 (図示せず) が形成されていてもよい。これにより、電解液の流通抵抗を小さくでき、電解液の圧力損失を低減できる。溝部の断面形状 (電解液の流通方向に直交する断面の形状) は、特に限定されず、例えば、矩形状、三角形 (V 字状)、台形状、半円形状や半楕円形状などが挙げられる。

【 0 0 3 3 】

50

その他、各セルフフレーム 3 の枠体 3 2 の間には、セル 1 0 0 からの電解液の漏洩を抑制するため、リングや平パッキンなどの環状のシール部材 3 7 (図 2、図 3 参照) が配置されている。枠体 3 2 には、シール部材 3 7 を配置するためのシール溝 3 8 (図 4 参照) が形成されている。

【 0 0 3 4 】

実施形態に係る双極板 3 1 の特徴の 1 つは、双極板 3 1 の平面に対して垂直な断面 (垂直断面) を見たときに、外周縁部における角部の曲率半径 (角 R) が 0 . 1 mm 以上 4 . 0 mm 以下である点にある。以下、図 4 ~ 図 7 を主に参照して、実施形態に係る双極板 3 1、及びセルフフレーム 3 の構成の一例を詳しく説明する。

【 0 0 3 5 】

《 双極板 》

双極板 3 1 は、図 5 に示すように、平面形状 (平面視したときの形状) が矩形状である。双極板 3 1 は、図 6 に示すように、双極板 3 1 の外周縁部 3 1 p の垂直断面 (双極板 3 1 の厚さ方向に沿って切断した断面) における角部 4 0 が丸く形成されており、垂直断面で断面視したときの外周縁部 3 1 p における角部 4 0 の曲率半径 (角 R) が 0 . 1 mm 以上 4 . 0 mm 以下である。この例では、外周縁部 3 1 p の一面側と他面側の両方の角部 4 1、4 2 が丸く形成され、それぞれの角 R が 0 . 1 mm 以上 4 . 0 mm 以下になっている。双極板 3 1 のサイズは、例えば、縦方向 (図 5 の紙面上下方向) の長さが 2 0 0 mm 以上 2 0 0 0 mm 以下、幅方向 (図 5 の紙面左右方向) の長さが 2 0 0 mm 以上 2 0 0 0 mm 以下、厚さが 3 . 0 mm 以上 1 0 . 0 mm 以下である。

【 0 0 3 6 】

図 4 に示すように、双極板 3 1 の外周に枠体 3 2 が設けられることで、セルフフレーム 3 が構成される。枠体 3 2 は、図 5 に示すように、その内側に開口部 5 0 が形成されており、開口部 5 0 に双極板 3 1 が配置される。この例では、枠体 3 2 が矩形枠状であり、開口部 5 0 は双極板 3 1 の外形に対応した形状に形成されている。つまり、開口部 5 0 の形状が双極板 3 1 の平面形状と実質的に同じ形状 (相似形状) である。枠体 3 2 の内周縁部には、双極板 3 1 の外周縁部 3 1 p と接する段差部 5 1 が形成されており、図 7 に示すように、双極板 3 1 の外周縁部 3 1 p が段差部 5 1 に配置されることによって、双極板 3 1 が枠体 3 2 に支持される。双極板 3 1 の外周縁部 3 1 p には、段差部 5 1 と接する面に周方向に沿って溝が形成され、その溝にシール部材 5 2 が配置されている。このシール部材 5 2 によって、双極板 3 1 の一面側と他面側との間で電解液が移動することを抑制できる。

【 0 0 3 7 】

枠体 3 2 の開口部 5 0 に双極板 3 1 を配置してセルフフレーム 3 を構成した場合、図 4 に示すように、双極板 3 1 の表面及び枠体 3 2 の内周面により枠体 3 2 の内側に凹部 5 5 が形成される。凹部 5 5 は、図 7 に示すように、双極板 3 1 の両側にそれぞれ形成され、各凹部 5 5 に正極電極 1 0 4 及び負極電極 1 0 5 がそれぞれ収納される。各電極 1 0 4、1 0 5 は、各凹部 5 5 と略同じサイズに形成されている。図 4 に示すセルフフレーム 3 の場合、一面側に設けられた凹部 5 5 の形状が双極板 3 1 の平面形状と実質的に同じ形状であり、この凹部 5 5 に収納される正極電極 1 0 4 (図 7 参照) の形状が双極板 3 1 の平面形状と実質的に同じ形状である。セルフフレーム 3 に各電極 1 0 4、1 0 5 を配置し、セルフフレーム 3 を隔膜 1 0 1 を介して積層することで、セルスタック 2 (図 3 参照) が構成される。

【 0 0 3 8 】

セルフフレーム 3 (図 4 参照) を構成したとき、図 7 に示すように、双極板 3 1 (外周縁部 3 1 p) の外周面 3 1 o と枠体 3 2 の内周面 3 2 i とが対向して接触 (近接) した状態となる。外周縁部 3 1 p の外周面 3 1 o のうち、角部 4 1、4 2 の箇所は、枠体の 3 2 の内周面 3 2 i に接触せず、枠体 3 2 の内周面 3 2 i との間に隙間 4 5 が形成される。外周縁部 3 1 p の角 R が大きくなるほど、隙間 4 5 が大きくなる。双極板 3 1 の側縁部に沿って形成された隙間 4 5 は、電解液のリーク流路となり得る。外周面 3 1 o のうち、角部 4 1、4 2 を除く直線部 (角 R の曲面を除く平面部) の長さが短いほど、枠体の 3 2 の内周

面 3 2 i に接触する面積が小さくなる。双極板 3 1 の振動による摩擦熱の発生を低減する観点から、双極板の厚さに対する上記直線部の長さの比（直線部の長さ / 双極板の厚さ）は、例えば 0 . 9 9 以下、更に 0 . 9 以下とすることが挙げられる。

【 0 0 3 9 】

{ 作用効果 }

実施形態に係る双極板 3 1 は、次の作用効果を奏する。

双極板 3 1 の外周縁部 3 1 p の垂直断面における角部 4 0 が丸く形成され、垂直断面で断面視したときの外周縁部 3 1 p の角 R が 0 . 1 mm 以上であることで、セルフフレーム 3 を構成したときに、双極板 3 1 の外周面 3 1 o と枠体 3 2 の内周面 3 2 i との接触面積を小さくできる。そのため、双極板 3 1 の振動による双極板 3 1 の外周面 3 1 o と枠体 3 2 の内周面 3 2 i との接触面での摩擦熱の発生を低減でき、その熱に起因する隔膜 1 0 1 の損傷を抑制できる。双極板 3 1 の外周面 3 1 o と枠体 3 2 の内周面 3 2 i との接触面積が小さいほど、双極板 3 1 の振動による摩擦熱の発生を低減できるので、上記角 R は、例えば 0 . 2 mm 以上とすることが好ましい。双極板 3 1 の厚さに対する上記角 R の比（角 R / 双極板の厚さ）は、例えば 0 . 0 1 以上、更に 0 . 1 以上とすることが挙げられる。

【 0 0 4 0 】

また、外周縁部 3 1 p の角 R が 4 . 0 mm 以下であることで、双極板 3 1 の外周面 3 1 o と枠体 3 2 の内周面 3 2 i との間に形成される隙間 4 5 を小さくでき、リーク流路の拡大を抑制できる。そのため、リーク流路を流れる電解液の流量が少なく、R F 電池の放電容量の低下を抑制できる。加えて、リーク流路を流れる電解液の流量が少ないため、電解液の流通を停止した際にリーク流路に滞留する電解液の自己放電による発熱量が小さく、その熱に起因する隔膜の損傷を抑制できる。外周縁部 3 1 p の角 R による隙間 4 5 が小さいほど、リーク流路に流れる電解液の流量を少なくできるので、上記角 R は、例えば 0 . 5 mm 以下とすることが好ましい。

【 0 0 4 1 】

[変形例]

実施形態に係る双極板 3 1（図 6、図 7 参照）において、一面側の角部 4 1 と他面側の角部 4 2 とで角 R の大きさを異ならせてもよい。例えば、他面側の角 R を一面側の角 R より大きくすることが挙げられる。本例の場合、図 7 に示すように、外周縁部 3 1 p の他面側が枠体 3 2 の段差部 5 1 に面接触するため、双極板 3 1 の振動による摩擦によって外周縁部 3 1 p の他面側でも熱が発生し得る。他面側の角 R を一面側の角 R より大きくすることで、外周縁部 3 1 p と段差部 5 1 との接触面積を小さくでき、外周縁部 3 1 p と段差部 5 1 との間での摩擦熱の発生を低減し易い。

【 0 0 4 2 】

[試験例 1]

平面形状が矩形状の双極板を用意した。双極板のサイズ（外形寸法）は、縦 2 0 0 mm × 幅 2 0 0 mm × 厚さ 1 0 . 0 mm である。ここでは、表 1 に示すように、双極板を平面に垂直な断面で断面視したときの外周縁部における角部の曲率半径（角 R）が異なる複数の双極板（図 6 参照）を用意した。各双極板を用いてセルフフレーム（図 4 参照）を作製し、これを用いて複数の R F 電池（試験体 A ~ F）を組み立てた。そして、各試験体について、信頼性及び電池性能を評価した。

【 0 0 4 3 】

信頼性の評価は、各試験体 A ~ F に対して充放電試験を行った後、R F 電池を解体して隔膜を取り出し、隔膜の損傷の程度を確認した。充放電試験の条件は、放電終了電圧：1 V、充電終了電圧：1 . 6 V、電流：1 2 0 mA / cm²、3 0 0 サイクルとした。そして、損傷がない場合を「A」、損傷の程度が小さく、使用上問題がない場合を「B」、破れている場合を「C」として評価した。その結果を表 1 に示す。

【 0 0 4 4 】

電池性能の評価は、各試験体 A ~ F に対して上記充放電試験を行ったときの電流効率で評価した。電流効率は、充放電試験に基づいて充放電曲線を作成し、その充放電曲線から

10

20

30

40

50

3 サイクル目の電流効率（電流効率（％）＝（放電時間／充電時間）× 100）を求めた。その結果を表 1 に示す。電流効率が低いほど、放電容量が低くなる。

【 0 0 4 5 】

【表 1】

試験体	双極板（外周縁部）	隔膜の損傷 の有無	電流効率 （％）
	角部の曲率半径（mm）		
A	0.0	C	98
B	0.1	B	98
C	0.2	A	98
D	0.5	A	98
E	4.0	A	96
F	4.5	A	69

【 0 0 4 6 】

表 1 より、双極板を垂直断面で断面視したときの外周縁部の角 R が 0 . 1 mm 以上 0 . 4 mm 以下であれば、隔膜の損傷を抑制でき、特に 0 . 2 mm 以上である場合、隔膜の損傷を効果的に抑制できることが分かる。また、各試験体の電流効率を比較したところ、試験体 F の電流効率は試験体 B の電流効率よりも低く、電流効率に基づいて放電容量を計算すると、試験体 F の放電容量は試験体 B の放電容量よりも 35 % 程度低くなっていた。また、他の試験体 C、D、E の放電容量はそれぞれ、試験体 B の放電容量よりも 1 . 0 %、1 . 5 %、3 . 0 % 程度低かった。外周縁部の角 R が大きくなるほど、セル抵抗が増加し、これにより放電容量も低下するため、電流効率の低下割合以上に放電容量が低下する傾向がある。

【 0 0 4 7 】

試験例 1 の結果から、双極板における外周縁部の角 R が 0 . 1 mm 以上 0 . 4 mm 以下であることで、隔膜に破れなどの不具合が起こり難く、R F 電池の放電容量の低下を抑制できることが確認できた。また、R F 電池の放電容量の低下を抑制する観点から、外周縁部の角 R は 0 . 5 mm 以下とすることが好ましいと考えられる。

【符号の説明】

【 0 0 4 8 】

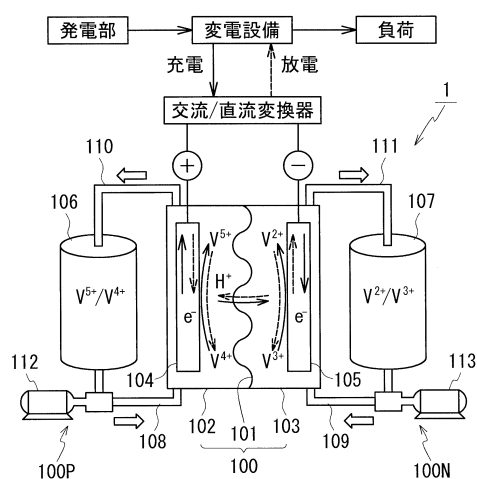
- 1 レドックスフロー電池（R F 電池）
- 2 セルスタック
- 3 セルフレーム
- 3 1 双極板
- 3 1 p 外周縁部
- 3 1 o 外周面
- 3 2 枠体
- 3 2 i 内周面
- 3 3、3 4 給液マニホールド
- 3 5、3 6 排液マニホールド
- 3 3 s、3 4 s 給液スリット
- 3 5 s、3 6 s 排液スリット
- 3 7 シール部材

- 3 8 シール溝
4 0、4 1、4 2 角部
4 5 隙間（リーク流路）
5 0 開口部
5 1 段差部
5 2 シール部材
5 5 凹部
1 0 0 セル
1 0 1 隔膜
1 0 2 正極セル
1 0 3 負極セル
1 0 0 P 正極用循環機構
1 0 0 N 負極用循環機構
1 0 4 正極電極
1 0 5 負極電極
1 0 6 正極電解液用タンク
1 0 7 負極電解液用タンク
1 0 8、1 0 9、1 1 0、1 1 1 導管
1 1 2、1 1 3 ポンプ
2 0 0 サブスタック
2 1 0 給排板
2 2 0 エンドプレート
2 3 0 締付機構

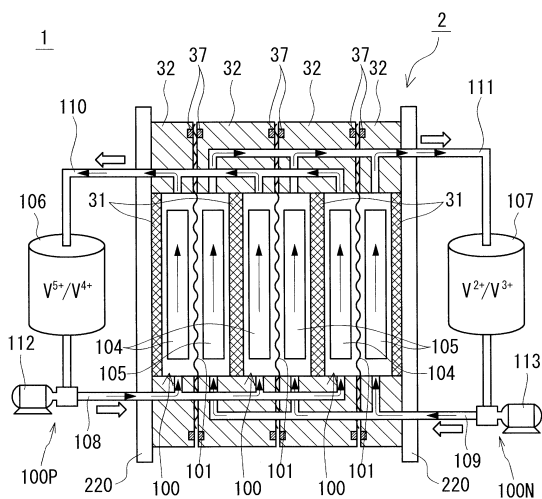
10

20

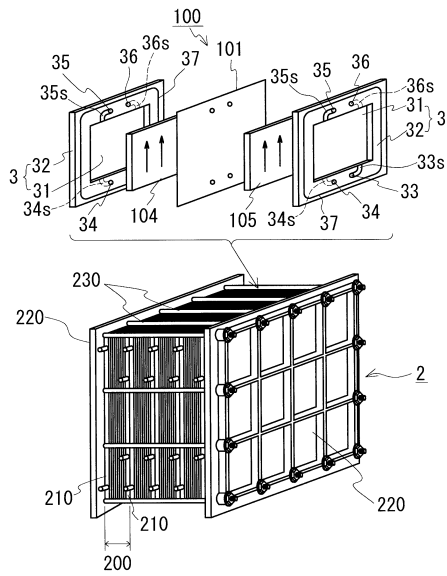
【圖 1】



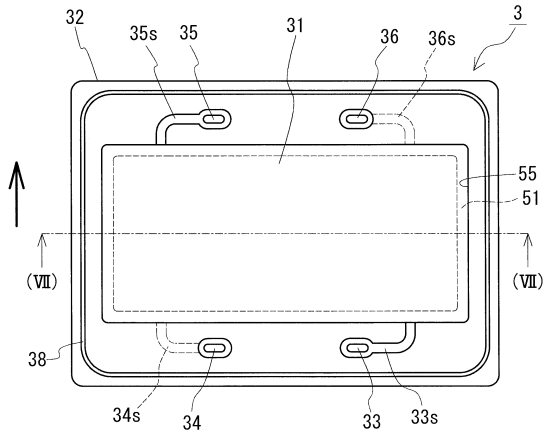
【 図 2 】



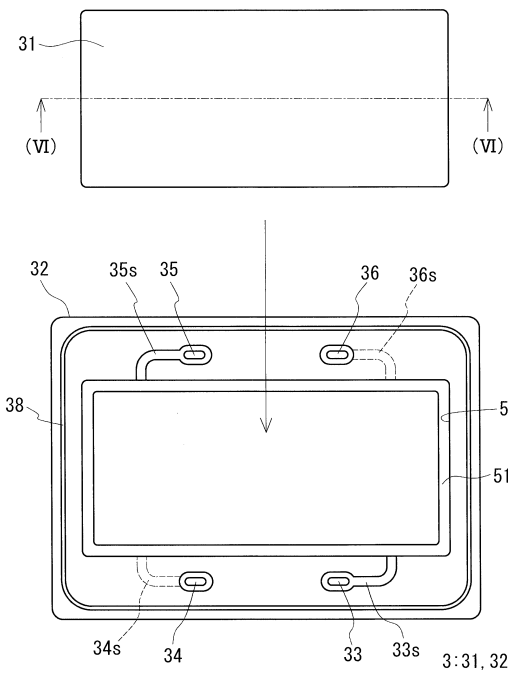
【図 3】



【図 4】



【図 5】



[illegible]

40:41, 42

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2016/072192(WO,A1)

特開2012-216510(JP,A)

特開2005-347106(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H01M 8/18

H01M 8/0247