

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-173891

(P2020-173891A)

(43) 公開日 令和2年10月22日(2020.10.22)

| (51) Int.Cl.            | F I           | テーマコード (参考) |
|-------------------------|---------------|-------------|
| HO 1 M 8/18 (2006.01)   | HO 1 M 8/18   | 5 H O 1 8   |
| HO 1 M 8/0258 (2016.01) | HO 1 M 8/0258 | 5 H 1 2 6   |
| HO 1 M 4/86 (2006.01)   | HO 1 M 4/86 M |             |

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2019-73204 (P2019-73204)  
 (22) 出願日 平成31年4月5日 (2019.4.5)

(71) 出願人 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  
 (74) 代理人 100111567  
 弁理士 坂本 寛  
 (72) 発明者 リン イアン  
 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号  
 住友電気工業株式会社内  
 Fターム(参考) 5H018 AA08 DD06 EE05 HH05  
 5H126 AA10 BB10 RR01

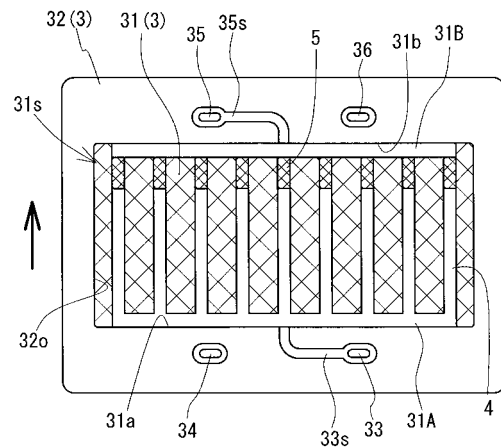
(54) 【発明の名称】 双極板、電池セル、セルスタック、およびレドックスフロー電池

(57) 【要約】

【課題】 流通溝に流れる電解液を電極に導くことができる双極板を提供する。

【解決手段】 レドックスフロー電池の電池セルに用いられ、電解液の供給縁と排出縁とを備える双極板であって、前記供給縁と前記排出縁とに繋がる流通溝と、前記流通溝の全長の一部に嵌め込まれた多孔質の電極片と、を備える双極板。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

レドックスフロー電池の電池セルに用いられ、電解液の供給縁と排出縁とを備える双極板であって、

前記供給縁と前記排出縁とに繋がる流通溝と、

前記流通溝の全長の一部に嵌め込まれた多孔質の電極片と、を備える、

双極板。

## 【請求項 2】

前記電極片が、前記流通溝の全長における前記排出縁寄りに配置される請求項 1 に記載の双極板。

10

## 【請求項 3】

前記流通溝に前記電極片が複数配置され、

前記各電極片が、互いに離隔している請求項 1 又は請求項 2 に記載の双極板。

## 【請求項 4】

前記電極片が、前記流通溝の深さ方向における底部寄りに配置される請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項の双極板。

## 【請求項 5】

前記電極片が、前記流通溝の深さ方向における全体に配置される請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の双極板。

20

## 【請求項 6】

前記電極片の嵩密度が  $0.02 \text{ g/cm}^3$  以上  $3.0 \text{ g/cm}^3$  以下である請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の双極板。

## 【請求項 7】

前記供給縁に沿って設けられる第一整流溝と、

前記排出縁に沿って設けられる第二整流溝と、を備え、

前記流通溝が、前記第一整流溝と前記第二整流溝とに連通する請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の双極板。

## 【請求項 8】

前記供給縁に沿って設けられる第一整流溝と、

前記排出縁に沿って設けられる第二整流溝と、を備え、

前記流通溝が、前記第一整流溝と前記第二整流溝とに連通し、

前記電極片が、前記流通溝の全長における前記排出縁寄りに配置される請求項 1 に記載の双極板。

30

## 【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の双極板と、

前記双極板に対向される電極と、を備える、

電池セル。

## 【請求項 10】

前記電極が前記流通溝の内部に突出する凸部を備え、

前記凸部が前記電極片を構成する請求項 9 に記載の電池セル。

40

## 【請求項 11】

請求項 9 又は請求項 10 に記載の電池セルを備える、

セルスタック。

## 【請求項 12】

請求項 9 又は請求項 10 に記載の電池セル、又は請求項 11 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】

50

本開示は、双極板、電池セル、セルスタック、およびレドックスフロー電池に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば特許文献1, 2には、セルフフレーム、正極電極、隔膜、負極電極、およびセルフフレームを複数積層し、その積層体を給排板で挟み込んだセルスタック、およ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、電極に対向される双極板と、この双極板の外周に配置される枠体を備える。この構成では、隣接する各セルフフレームの双極板の間に一つの電池セルが形成される。電池セルに供給された電解液は、電極において電池反応に寄与する。電池反応後の電解液は、電池セルから排出される。

10

【0003】

特許文献1, 2には、双極板における正極電極に対向する表面と、負極電極に対向する表面とに複数の主溝部（流通溝）を備える構成が開示されている。これらの流通溝は、電解液の供給縁から排出縁に向かって延びている。流通溝は、電池セル内の正極電極と負極電極に十分に電解液を行き渡らせる機能を有する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開第2018/092215号

【特許文献2】国際公開第2018/092216号

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

レドックスフロー電池の更なる性能の向上が望まれている。電池セルに備わる双極板に流通溝が設けられた構成では、電池セル内における電解液の流れが円滑になる。即ち電解液の流通性が向上する。従って、電池セル内における電解液の圧力損失が低減され易く、電解液を循環させるための電力消費量が低減される。しかし、流通溝における電解液の流れが円滑であると、電解液が十分に電池反応に寄与することなく電池セルから排出される可能性がある。

【0006】

30

そこで、本開示は、流通溝に流れる電解液を電極に導くことができる双極板を提供することを目的の一つとする。また、本開示は、レドックスフロー電池の電池性能を向上できる電池セル、及びセルスタックを提供することを目的の一つとする。更に、本開示は、電池性能に優れた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。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示の双極板は、

レドックスフロー電池の電池セルに用いられ、電解液の供給縁と排出縁とを備える双極板であって、

前記供給縁と前記排出縁とに繋がる流通溝と、

40

前記流通溝の全長の一部に嵌め込まれた多孔質の電極片と、を備える。

【0008】

本開示の電池セルは、

本開示の双極板と、

前記双極板に対向される電極と、を備える。

【0009】

本開示のセルスタックは、

本開示の電池セルを備える。

【0010】

本開示のレドックスフロー電池は、

50

本開示の電池セル、又は本開示のセルスタックを備える。

【発明の効果】

【0011】

本開示の双極板は、流通溝に流れる電解液を電極に導くことができる。

【0012】

本開示の電池セル、及びセルスタックは、優れた電池性能を有するレドックスフロー電池を構築できる。

【0013】

本開示のレドックスフロー電池は、優れた電池性能を備える。

【図面の簡単な説明】

10

【0014】

【図1】図1は、実施形態1に係るレドックスフロー電池の動作原理の説明図である。

【図2】図2は、実施形態1に係るレドックスフロー電池の概略構成図である。

【図3】図3は、実施形態1に係るセルスタックの概略構成図である。

【図4】図4は、実施形態1に示すセルフフレームの平面図である。

【図5】図5は、実施形態1に示すセルフフレームの流通溝における電極片の配置状態を示す説明図である。

【図6】図6は、図5とは異なる電極片の流通溝への配置状態を示す説明図である。

【図7】図7は、図5、6とは異なる電極片の流通溝への配置状態を示す説明図である。

【図8】図8は、実施形態2に示すセルフフレームの平面図である。

20

【図9】図9は、変形例1に示すセルフフレームの平面図である。

【図10】図10は、変形例2に示すセルフフレームの平面図である。

【図11】図11は、変形例3に示すセルフフレームの平面図である。

【図12】図12は、変形例4に示すセルフフレームの平面図である。

【図13】図13は、変形例5に示すセルフフレームの平面図である。

【図14】図14は、変形例6に示すセルフフレームの平面図である。

【図15】図15は、変形例7に示すセルフフレームの平面図である。

【図16】図16は、変形例8に示すセルフフレームの平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

30

[本開示の実施形態の説明]

最初に本開示の実施形態の内容を列記して説明する。

【0016】

<1>実施形態に係る双極板は、

レドックスフロー電池の電池セルに用いられ、電解液の供給縁と排出縁とを備える双極板であって、

前記供給縁と前記排出縁とに繋がる流通溝と、

前記流通溝の全長の一部に嵌め込まれた多孔質の電極片と、を備える。

【0017】

上記双極板は、流通溝を流れる電解液を電極に導くことができる。流通溝に嵌め込まれた電極片が、流通溝における電解液の流れを妨げ、電極側に拡散させるからである。その結果、電池セルにおける電池反応に寄与する電解液の量が増加する。従って、本開示の双極板を用いて構築された電池セルは、充放電効率に優れる。

40

【0018】

また、流通溝に配置される電極片においても電池反応が生じる。そのため、上記双極板を備える電池セルにおける電池反応量が増加するので、電池セルの充放電効率が向上する。

【0019】

<2>実施形態に係る双極板の一形態として、

前記電極片が、前記流通溝の全長における前記排出縁寄りに配置される形態が挙げられ

50

る。

【0020】

流通溝の排出縁寄りの位置に電極片が嵌め込まれることで、流通溝の排出縁寄りの位置で電解液の流れを止めることができる。その結果、流通溝の排出縁寄りの位置で電解液を電極側に拡散させることができる。従って、上記<2>の構成を備える双極板を用いた電池セルでは、電解液の充放電効率が高まる。

【0021】

<3>実施形態に係る双極板の一形態として、  
前記流通溝に前記電極片が複数配置され、  
前記各電極片が、互いに離隔している形態が挙げられる。

10

【0022】

上記双極板が用いられた電池セルでは、流通溝における電極片が配置される複数の箇所  
で、電解液が電極に向かって拡散する。その結果、電池セルにおける電極の全面に電解液が  
拡散し易くなる。

【0023】

<4>実施形態に係る双極板の一形態として、  
前記電極片が、前記流通溝の深さ方向における底部寄りに配置される形態が挙げられる

【0024】

流通溝の底部寄りに電極片が配置されていれば、流通溝の底部側を流れる電解液が、流  
通溝の開口部側（即ち電極側）に拡散され易い。

20

【0025】

<5>実施形態に係る双極板の一形態として、  
前記電極片が、前記流通溝の深さ方向における全体に配置される形態が挙げられる。

【0026】

上記構成によれば、電極片の位置において電解液の流れがせき止められ、流通溝から電  
極に向かって電解液が拡散し易い。

【0027】

<6>実施形態に係る双極板の一形態として、  
前記電極片の嵩密度が  $0.02 \text{ g/cm}^3$  以上  $3.0 \text{ g/cm}^3$  以下である形態が挙げ  
られる。

30

【0028】

上記構成によれば、電極片の位置において電解液の流れがせき止められ、流通溝から電  
極に向かって電解液が拡散し易い。また、所定の嵩密度を有する電極片によれば、電極片に  
おける電池反応が促進され易い。

【0029】

<7>実施形態に係る双極板の一形態として、  
前記供給縁に沿って設けられる第一整流溝と、  
前記排出縁に沿って設けられる第二整流溝と、を備え、  
前記流通溝が、前記第一整流溝と前記第二整流溝とに連通する形態が挙げられる。

40

【0030】

双極板に第一整流溝が設けられることで、供給縁から双極板に導入された電解液が、双  
極板の幅方向（流通溝に交差する方向）に拡散し易くなる。従って、双極板に設けられる  
全ての流通溝に速やかに電解液が導入される。また、双極板に第二整流溝が設けられるこ  
とで、電池反応後の電解液が双極板から回収され易くなる。

【0031】

<8>上記<1>の双極板の一形態として、  
前記供給縁に沿って設けられる第一整流溝と、  
前記排出縁に沿って設けられる第二整流溝と、を備え、  
前記流通溝が、前記第一整流溝と前記第二整流溝とに連通し、

50

前記電極片が、前記流通溝の全長における前記排出縁寄りに配置される形態が挙げられる。

【0032】

上記<8>の構成は、上記<1>、<2>、及び<7>の構成と同様の効果を有する。

【0033】

<9>実施形態に係る電池セルは、  
上記<1>から<8>のいずれかの双極板と、  
前記双極板に対向される電極と、を備える。

【0034】

実施形態に係る電池セルは、電池反応に寄与する電解液の量を増加できる実施形態の双極板を備える。そのため、実施形態に係る電池セルは、優れた電池性能を備える。

10

【0035】

<10>実施形態に係る電池セルの一形態として、  
前記電極が前記流通溝の内部に突出する凸部を備え、  
前記凸部が前記電極片を構成する形態が挙げられる。

【0036】

上記構成を備える電池セルは生産性に優れる。双極板に電極が配置されたときに、電極の凸部が流通溝に嵌り込む。流通溝に嵌り込んだ凸部は電極片として機能する。つまり、上記構成では、双極板への電極の配置と、流通溝への電極片の配置とが同時に行われるため、電池セルの生産性が向上する。

20

【0037】

<11>実施形態に係るセルスタックは、  
実施形態に係る電池セルを備える。

【0038】

上記セルスタックは、実施形態の電池セルを備えため、従来よりも優れた電池性能を有する。

【0039】

<12>実施形態に係るレドックスフロー電池は、  
実施形態に係る電池セル、又は実施形態に係るセルスタックを備える。

【0040】

実施形態に係るレドックスフロー電池は、実施形態の電池セル、又は実施形態のセルスタックを備えるため、優れた電池性能を有する。

30

【0041】

[本開示の実施形態の詳細]

以下、本開示の双極板、電池セル、セルスタック、及びレドックスフロー電池（RF電池）の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、本発明は実施形態に示される構成に限定されるわけではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内の全ての変更が含まれることを意図する。

【0042】

<実施形態1>

40

図1, 2に示される本例のレドックスフロー電池1（以下、RF電池1）は、実施形態に係る双極板31（図2）を備える。実施形態に係る双極板31の特徴の一つとして、図4から図7に示されるように、電解液の供給縁31aと排出縁31bとに繋がる流通溝4が形成されている点、その流通溝4に電極片5が嵌め込まれている点などが挙げられる。本例では、初めに図1から図3を参照してRF電池1の概要を説明する。その後、主に図4から図7を参照して実施形態に係る双極板31を詳しく説明する。

【0043】

RF電池

RF電池1は、電解液循環型の蓄電池の一つである。このRF電池1の動作原理を図1に示す。図1に示されるRF電池1は、正極電解液及び負極電解液としてバナジウム電解

50

液を使用したバナジウム系 R F 電池である。バナジウム電解液は、硫酸溶液に、活物質としてバナジウムイオンが含まれた電解液である。電池セル 10 内の実線矢印は充電反応を示しており、破線矢印は放電反応を示している。R F 電池 1 は、交流 / 直流変換器などの電力変換器 100 C を介して電力系統 100 に接続されて利用される。R F 電池 1 は、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、太陽光発電や風力発電といった自然エネルギー発電の出力平滑化用途に利用される。ここで、電解液はバナジウム系電解液に限定されるわけではない。例えば、R F 電池 1 に使用される電解液は、鉄 - クロム系電解液、チタン - マンガン系電解液などであっても良い。

#### 【0044】

R F 電池 1 は、充放電を行う電池セル 10 と、電池セル 10 に正極電解液を循環させる正極循環機構 10 P と、電池セル 10 に負極電解液を循環させる負極循環機構 10 N とを備える。

10

#### 【0045】

電池セル 10 は、正極電極 14 と負極電極 15 と隔膜 11 とを備える。隔膜 11 は、正極電極 14 と負極電極 15 との間に介在される。正極電極 14 及び負極電極 15 は、カーボンフェルト、カーボクロス、又はカーボンペーパーなどの炭素を含む多孔質体によって構成される。多孔質体の電極 14, 15 は、その内部に多数の空隙を有している。そのため、電極 14, 15 内に電解液が流通される。隔膜 11 は、例えば、水素イオンを透過するイオン交換膜などによって構成される。

#### 【0046】

20

正極循環機構 10 P (負極循環機構 10 N) は、正極タンク 16 (負極タンク 17) から電池セル 10 へ正極電解液 (負極電解液) を送る往路配管 16 A (17 A) と、電池セル 10 からタンク 16 (17) へ電解液を戻す復路配管 16 B (17 B) と有する。往路配管 16 A (17 A) には、タンク 16 (17) に貯留される正極電解液 (負極電解液) を圧送するポンプ 18 (19) が設けられている。このポンプ 18 (19) により正極電解液 (負極電解液) が電池セル 10 に循環される。

#### 【0047】

##### セルスタック

電池セル 10 は通常、図 2 に示すような、複数の電池セル 10 を積層してなるセルスタック 2 と呼ばれる形態で利用される。セルスタック 2 は、図 3 に示すように、複数のサブスタック 20 を積層し、その積層体を 2 枚のエンドプレート 22 で挟み込むことで構成されている。両エンドプレート 22 で挟まれる積層体は、締付機構 23 によって締め付けられている。サブスタック 20 は、セルフフレーム 3、正極電極 14、隔膜 11、及び負極電極 15 を複数積層した積層体に給排板 21 (図 2 では図示略) を配置した構造を備える。給排板 21 には、各循環機構 10 P, 10 N (図 1、図 2 参照) の往路配管 16 A, 17 A 及び復路配管 16 B, 17 B が接続される。

30

#### 【0048】

##### セルフフレーム

セルフフレーム 3 は、図 3 の上段に示すように、双極板 31 と、双極板 31 の外周に設けられる枠体 32 とを有する。双極板 31 は、例えばプラスチックカーボンなどの導電材料によって構成されている。一方、枠体 32 は、例えばポリ塩化ビニル樹脂 (PVC)、ポリプロピレン樹脂、ポリエチレン樹脂、フッ素樹脂、エポキシ樹脂などのプラスチックによって構成されている。セルフフレーム 3 は、双極板 31 の周囲に枠体 32 を射出成型することで作製できる。別個に作製された双極板 31 と枠体 32 とが組み合わされることでセルフフレーム 3 が作製されていても良い。

40

#### 【0049】

枠体 32 の内側には、双極板 31 と枠体 32 により凹部 320 が形成される。凹部 320 は、双極板 31 の両側にそれぞれ形成される。一方の凹部 320 には正極電極 14 が収納され、他方の凹部 320 には負極電極 15 が収納される。各電極 14、15 は、電池セル 10 が組み立てられたとき、枠体 32 の各凹部 320 内に厚さ方向に圧縮された状態で

50

収納される。隣接する一方のセルフフレーム 3 の枠体 3 2 と、他方のセルフフレーム 3 の枠体 3 2 との間には、電解液の漏洩を抑制する Oリングや平パッキンなどの環状のシール部材 3 7 が配置されている。このようなセルフフレーム 3 が複数積層されることで構成されるセルスタック 2 (サブスタック 2 0) では、隣接する一方のセルフフレーム 3 の双極板 3 1 と、他方のセルフフレーム 3 の双極板 3 1 との間に 1 つの電池セル 1 0 が形成される。

#### 【0050】

次に、セルフフレーム 3 の詳細な構成を図 4 から図 7 に基づいて説明する。図 4 は、セルフフレーム 3 における正極電極 1 4 (図 3) が配置される側の正面図である。図 4 では、流通溝 4 及び電極片 5 の形状を分かり易くするために、流通溝 4 以外の双極板 3 1 の表面 3 1 s 及び電極片 5 が大きさの異なるクロスハッチングで示されている。ここで、セルフフレーム 3 における正極電極 1 4 側の構成と負極電極 1 5 側の構成は同じである。従って、セルフフレーム 3 における負極電極 1 5 側の構成は図示を省略する。

10

#### 【0051】

##### [ 枠体 ]

枠体 3 2 は、円環形状であっても良いし、多角枠形状であっても良い。本例の枠体 3 2 は、紙面左右方向に長くなった矩形形状である。枠体 3 2 は、その厚み方向に貫通する給液マニホールド 3 3 , 3 4、及び排液マニホールド 3 5 , 3 6 を有する。給液マニホールド 3 3 (3 4) は、正極電解液(負極電解液)をセルフフレーム 3 に供給する孔であり、枠体 3 2 の下片に設けられる。一方、排液マニホールド 3 5 (3 6) は、正極電解液(負極電解液)をセルフフレーム 3 から排出する孔であり、枠体 3 2 の上片に設けられる。従って、セルフフレーム 3 における全体的な電解液の流れる方向(以下、流通方向)は、図 4 中に太線矢印で示されるように紙面上方向となる。

20

#### 【0052】

正極電解液は、給液マニホールド 3 3 から給液スリット 3 3 s を介して、双極板 3 1 の一面側(図 4 に図示される表面 3 1 s)に供給される。給液スリット 3 3 s は、枠体 3 2 の表面 3 1 s に形成される溝である。一方、双極板 3 1 から排液マニホールド 3 5 への排液は、排液スリット 3 5 s を介して行われる。排液スリット 3 5 s は、枠体 3 2 の表面 3 1 s に形成される溝である。

#### 【0053】

負極電解液は、給液マニホールド 3 4 から給液スリット 3 4 s (図 3) を介して、双極板 3 1 の他面側(表面 3 1 s の裏面)に供給される。一方、双極板 3 1 から排液マニホールド 3 6 への排液は、排液スリット 3 6 s を介して行われる。

30

#### 【0054】

##### [ 双極板 ]

図 4 に示される双極板 3 1 は、電極 1 4 , 1 5 (図 3) に対向する表面 3 1 s に設けられる第一整流溝 3 1 A、第二整流溝 3 1 B、及び複数の流通溝 4 を備える。既に述べたように、セルフフレーム 3 における正極電極 1 4 側の構成と負極電極 1 5 側の構成は同じである。以降の説明において、『正極』を『負極』に読み替えることで、セルフフレーム 3 における負極電極 1 5 側の構成の説明になる。

#### 【0055】

##### [ [ 整流溝 ] ]

第一整流溝 3 1 A は、双極板 3 1 への電解液の供給縁 3 1 a (双極板 3 1 の下側の縁部)に沿って設けられる横溝である。供給縁 3 1 a は、双極板 3 1 の外周縁部のうち、給液スリット 3 3 s に繋がる部分である。一方、第二整流溝 3 1 B は、双極板 3 1 における枠体 3 2 への電解液の排出縁 3 1 b (双極板 3 1 の上側の縁部)に沿って設けられる横溝である。排出縁 3 1 b は、双極板 3 1 の外周縁部のうち、排液スリット 3 5 s に繋がる部分である。第一整流溝 3 1 A と第二整流溝 3 1 B は、枠体 3 2 に設けられていても良い。整流溝 3 1 A , 3 1 B は無くても構わない。

40

#### 【0056】

##### [ [ 流通溝 ] ]

50

流通溝 4 は、双極板 3 1 の一面側の全面に正極電解液を拡散させ、双極板 3 1 の一面側に配置される正極電極 1 4 に電解液を導入する役割を果たす。本例の流通溝 4 は、セルフレーム 3 の全体的な流通方向に沿って、供給縁 3 1 a 側から排出縁 3 1 b 側に向って延びる縦溝である。本例とは異なり、流通溝 4 は、当該流通方向に対して傾斜していても良い。その他、流通溝 4 は、屈曲していても構わない。

【 0 0 5 7 】

流通溝 4 は、第一整流溝 3 1 A と第二整流溝 3 1 B とに連通している。即ち、流通溝 4 は、電解液の供給縁 3 1 a と排出縁 3 1 b とに繋がっている。整流溝 3 1 A , 3 1 B が枠体 3 2 に設けられる場合、流通溝 4 は、供給縁 3 1 a と排出縁 3 1 b とに直接繋がる。流通溝 4 が供給縁 3 1 a と排出縁 3 1 b とに繋がっていることで、流通溝 4 における電解液の流通性が良い。反面、電池反応に寄与する前に電池セル 1 0 から排出される電解液の量が多くなるおそれがある。そこで、本例の流通溝 4 には、電極片 5 が設けられている。

10

【 0 0 5 8 】

本例の流通溝 4 の幅（流通溝 4 の延伸方向に直交する方向の長さ）は、流通溝 4 の延伸方向にわたって一様である。流通溝 4 の好ましい幅は、0 . 2 5 mm 以上 2 0 mm 以下である。流通溝 4 の幅が 0 . 2 5 mm 以上であれば、電解液の流通性が良い。流通溝 4 の幅が 2 0 mm 以下であれば、電解液の流通性が高くなり過ぎない。流通溝 4 のより好ましい幅は、0 . 5 mm 以上 1 2 mm 以下である。

【 0 0 5 9 】

本例とは異なり、流通溝 4 の幅が、流通溝 4 の途中で変化しても良い。例えば、流通溝 4 の幅が広くなる箇所と狭くなる箇所とが交互に形成された流通溝 4 が挙げられる。その他、排出縁 3 1 b 側に向うに従って幅が狭くなった流通溝 4 が挙げられる。幅が変化する流通溝 4 においても、流通溝 4 の幅は 0 . 2 5 mm 以上 2 0 mm 以下の範囲内であることが好ましい。

20

【 0 0 6 0 】

ここで、流通溝 4 の幅は、図 5 に示されるように流通溝 4 の開口部から底部にわたって一定である。本例とは異なり、流通溝 4 の幅は、開口部から底部にかけて変化しても良い。例えば、流通溝 4 の底部側の幅が開口部側の幅よりも広いアリ溝 (dove tail groove) 状の流通溝 4 が挙げられる。アリ溝状の流通溝 4 によれば、電極片 5 が流通溝 4 から脱落し難くなる。その他、流通溝 4 の開口部側の幅が底部側の幅よりも広い流通溝 4 が挙げられる。この流通溝 4 によれば、流通溝 4 への電極片 5 の嵌め込みが容易になる。

30

【 0 0 6 1 】

本例の流通溝 4 の深さは、流通溝 4 の延伸方向にわたって一様である。流通溝 4 の深さは、流通溝 4 の開口から底部までの距離のことである。流通溝 4 の好ましい深さは、0 . 2 5 mm 以上 2 0 mm 以下である。流通溝 4 の深さが 0 . 2 5 mm 以上であれば、電解液の流通性が良い。流通溝 4 の深さが 2 0 mm 以下であれば、電解液の流通性が高くなり過ぎない。流通溝 4 のより好ましい深さは、0 . 5 mm 以上 1 2 mm 以下である。

【 0 0 6 2 】

本例とは異なり、流通溝 4 の深さが、流通溝 4 の途中で変化しても良い。例えば、排出縁 3 1 b 側に向うに従って浅くなった流通溝 4 が挙げられる。深さが変化する流通溝 4 においても、流通溝 4 の深さは、0 . 2 5 mm 以上 2 0 mm 以下であることが好ましい。

40

【 0 0 6 3 】

流通溝 4 の数は特に限定されない。また、隣接する一方の流通溝 4 の開口縁と他方の開口縁との間隔は、1 mm 以上 5 0 mm 以下とすることが好ましい。上記間隔を 1 mm 以上とすることで、双極板 3 1 の機械的強度を確保できる。また、上記間隔を 5 0 mm 以下とすることで、双極板 3 1 の全面に電解液が行き渡り易くなる。

【 0 0 6 4 】

[ [ 電極片 ] ]

電極片 5 は、流通溝 4 の全長の一部に嵌め込まれている。電極片 5 が流通溝 4 の全長に

50

わたって嵌め込まれることは無い。電極片 5 は、カーボンフェルト、カーボンクロス、又はカーボンペーパーなどの炭素を含む導電性の多孔質体である。つまり、電極片 5 は、正極電極 1 4 と同様の材質で構成されている。電極片 5 は電池反応に寄与する。

【0065】

流通溝 4 に電極片 5 が配置されることで、電極片 5 の位置で電解液が流れ難くなる。そのため、電解液が正極電極 1 4 側に拡散する。電解液の一部は、電極片 5 に拡散する。その結果、電池セル 1 0 において電池反応に寄与する電解液の量が増加する。従って、電極片 5 が流通溝 4 に嵌め込まれた双極板 3 1 を用いた電池セル 1 0 は、充放電効率に優れる。

【0066】

本例の電極片 5 は、流通溝 4 の全長における排出縁 3 1 b 寄りに配置されている。より具体的には、流通溝 4 における第二整流溝 3 1 B 側の端部に設けられている。そのため、流通溝 4 の排出縁 3 1 b 寄りの位置で電解液が電極側に拡散し易くなる。従って、電解液の充電効率が高まる。

【0067】

流通溝 4 に沿った電極片 5 の長さは、一本の流通溝 4 の全長の 1 % 以上 5 0 % 以下であることが好ましい。電極片 5 の長さが流通溝 4 の全長の 1 % 以上であれば、電解液が流通溝 4 から正極電極 1 4 側に移動し易い。電極片 5 の長さが流通溝 4 の全長の 5 0 % 以下であれば、流通溝 4 における電解液の流通性の低下が抑制される。より好ましい電極片 5 の長さは、流通溝 4 の全長の 2 % 以上 3 3 % 以下である。

【0068】

本例では、一つの流通溝 4 に嵌め込まれる電極片 5 の数は一つである。一つの流通溝 4 に複数の電極片 5 が嵌め込まれていても良い。また、双極板 3 1 に複数の流通溝 4 が形成されている場合、双極板 3 1 は、一部の流通溝 4 に電極片 5 が嵌め込まれ、一部の流通溝 4 に電極片 5 が嵌め込まれていない構成であっても良い。

【0069】

電極片 5 の嵩密度は、 $0.02 \text{ g/cm}^3$  以上  $3.0 \text{ g/cm}^3$  以下であることが好ましい。電極片 5 の嵩密度が  $0.02 \text{ g/cm}^3$  以上であれば、電極片 5 の位置において電解液がせき止められ、流通溝 4 から正極電極 1 4 に向かって電解液が拡散し易くなる。従って、電極片 5 を設けたことによる効果が得られ易い。電極片 5 の嵩密度が  $3.0 \text{ g/cm}^3$  以下であれば、電解液の一部が電極片 5 を透過できるので、電極片 5 における電池反応が促進され易くなる。より好ましい電極片 5 の嵩密度は、 $0.1 \text{ g/cm}^3$  以上  $2.0 \text{ g/cm}^3$  以下、あるいは  $0.2 \text{ g/cm}^3$  以上  $1.0 \text{ g/cm}^3$  以下である。さらに好ましい電極片 5 の嵩密度は、 $0.22 \text{ g/cm}^3$  以上  $0.58 \text{ g/cm}^3$  以下、あるいは  $0.24 \text{ g/cm}^3$  以上  $0.56 \text{ g/cm}^3$  以下である。

【0070】

電極片 5 の嵩密度  $B (\text{g/cm}^3)$  は、 $B = d \times (1 - P / 100)$  から求めることができる。P (%) は空隙率である。空隙率の測定は、市販の三次元画像解析装置によって X 線 - CT 三次元画像を取得し、取得した三次元画像を解析することで得られる。d ( $\text{g/cm}^3$ ) は、電極片 5 の真密度である。真密度 d は、例えばピクノメーター法によって

【0071】

次に、流通溝 4 の深さ方向における電極片 5 の配置状態を図 5 から図 7 に基づいて説明する。図 5 から図 7 では、双極板 3 1 の表面 3 1 s に正極電極 1 4 が配置された状態が示されている。また、図 5 から図 7 では、双極板 3 1 の表面 3 1 s と正極電極 1 4 との間に隙間が形成されているが、実際には表面 3 1 s の少なくとも一部が正極電極 1 4 に接触している。また、図面上、流通溝 4 の内周面と電極片 5 との間に隙間が形成されているが、実際には流通溝 4 の内周面の少なくとも一部が電極片 5 に接触している。

【0072】

図 5 に示される例では、正極電極 1 4 とは別個の電極片 5 が、流通溝 4 の深さ方向にお

10

20

30

40

50

ける全体に配置されている。流通溝 4 に電極片 5 が配置されることで、電極片 5 の位置で電解液の流れがせき止められ、流通溝 4 から正極電極 1 4 に向って電解液が拡散し易くなる。もちろん、電解液の一部は電極片 5 にも拡散する。

【 0 0 7 3 】

図 5 では、電極片 5 が流通溝 4 の内周面及び正極電極 1 4 から離隔しているが、実際には電極片 5 は流通溝 4 の内周面と正極電極 1 4 とに接触している。図 5 に示される構成では、電極片 5 が正極電極 1 4 に接触しているため、電極片 5 が正極電極 1 4 の一部として電池反応に寄与する。

【 0 0 7 4 】

本例の電極片 5 の形状は、流通溝 4 の内周面に沿った形状となっている。具体的には、電極片 5 は、直方体又は立方体である。本例とは異なり、電極片 5 は、球状であっても良いし、円柱状であっても良い。電極片 5 は、流通溝 4 に圧入されて固定される。そのため、電極片 5 がどのような形状であっても、流通溝 4 の内部における電極片 5 は、流通溝 4 の内周面にほぼ沿った形状に変形する。正極電極 1 4 と独立した電極片 5 は、圧入によって流通溝 4 に固定されている。必要に応じて、電極片 5 は、流通溝 4 の内周面に接着されていても良い。

【 0 0 7 5 】

図 6 に示される例では、電極片 5 が、流通溝 4 の深さ方向における底部寄りに配置されている。つまり、電極片 5 の高さは、流通溝 4 の深さよりも小さい。流通溝 4 の底部寄りに電極片 5 が配置されていれば、流通溝 4 の底部側を流れる電解液が、流通溝 4 の開口部側（即ち正極電極 1 4 側）に拡散され易い。

【 0 0 7 6 】

流通溝 4 に配置された電極片 5 のうち、流通溝 4 の開口部側に配置される上面（紙面上側の面）が傾斜面となっても良い。例えば、排出縁 3 1 b 側に向うに従って高くなる傾斜面は、流通溝 4 の底部側を流れる電解液を正極電極 1 4 側に拡散し易くなる。その他、電極片 5 の上面は、供給縁 3 1 a 側に配置される傾斜面と、排出縁 3 1 b 側に配置される傾斜面とで構成されていても良い。この場合、供給縁 3 1 a 側の傾斜面は、排出縁 3 1 b 側に向うに従って高くなり、排出縁 3 1 b 側の傾斜面は、排出縁 3 1 b 側に向うに従って低くなっていることが好ましい。

【 0 0 7 7 】

図 7 に示される例では、正極電極 1 4 が流通溝 4 の内部に突出する凸部 1 4 p を備え、その凸部 1 4 p が電極片 5 を構成している。つまり、電極片 5 は正極電極 1 4 の一部である。この構成では、双極板 3 1 に正極電極 1 4 が配置されたときに、正極電極 1 4 の凸部 1 4 p が流通溝 4 に嵌り込む。流通溝 4 に嵌り込んだ凸部 1 4 p は電極片 5 として機能する。この図 7 の構成では、双極板 3 1 への正極電極 1 4 の配置と、流通溝 4 への電極片 5 の配置とが同時に行われるため、電池セル 1 0（図 1 から図 3）の生産性が向上する。

【 0 0 7 8 】

効果

本例の双極板 3 1 の構成によれば、流通溝 4 における電極片 5 が配置される位置で電解液が電極 1 4 , 1 5 に拡散され易い。従って、本例の双極板 3 1 は、電池セル 1 0（図 3）において電池反応に寄与する電解液の量を増加させる。

【 0 0 7 9 】

また、本例の双極板 3 1 の構成によれば、電池セル 1 0 における電解液の流れが円滑になる。双極板 3 1 に設けられる流通溝 4 が、供給縁 3 1 a と排出縁 3 1 b とに直接繋がっているからである。従って、本例の双極板 3 1 は、電池セル 1 0（図 3）における電解液の圧力損失を低減できるので、電解液を循環させるための電力消費量を低減できる。

【 0 0 8 0 】

本例の双極板 3 1 は、この双極板 3 1 を備える電池セル 1 0、セルスタック 2、及び R F 電池 1 の電池性能を向上させることができる。本例の双極板 3 1 によって、電解液の反応量が向上するため、電池セル 1 0 の充放電効率が向上するからである。また、本例の双

10

20

30

40

50

極板 3 1 によって電解液を循環させるための電力消費量が低減されるので、R F 電池 1 の運転効率が向上する。

【 0 0 8 1 】

< 実施形態 2 >

実施形態 2 では、第一整流溝 3 1 A と第二整流溝 3 1 B とが枠体 3 2 に形成される例を図 8 に基づいて説明する。

【 0 0 8 2 】

図 8 に示されるように、本例のセルフフレーム 3 では、第一整流溝 3 1 A 及び第二整流溝 3 1 B が枠体 3 2 に設けられている。第一整流溝 3 1 A は、双極板 3 1 における供給縁 3 1 a に沿うように設けられている。第二整流溝 3 1 B は、双極板 3 1 における排出縁 3 1 b に沿うように設けられている。一方、本例の流通溝 4 は、供給縁 3 1 a と排出縁 3 1 b とに直接繋がっている。電極片 5 は、流通溝 4 における供給縁 3 1 a 側の端部に設けられている。

10

【 0 0 8 3 】

本例の構成によっても、実施形態 1 と同様の効果が得られる。

【 0 0 8 4 】

< 変形例 >

双極板 3 1 に備わる電極片 5 は、流通溝 4 の全長の一部に設けられていれば良く、実施形態 1 , 2 に示される構成に限定されるわけではない。以下、図 9 から図 1 6 を参照して変形例を幾つか説明する。図 9 から図 1 6 の見方は、図 4 と同様である。

20

【 0 0 8 5 】

変形例 1

図 9 に示される双極板 3 1 では、一体構造又は分割構造の電極片 5 が設けられている。電極片 5 は、長片部と、長片部から延びる複数の短片部とを備える。長片部は、第二整流溝 3 1 B に嵌め込まれている。短片部は、流通溝 4 における排出縁 3 1 b 側の部分に嵌め込まれている。本例の構成によれば、電池セル 1 0 における電池反応に寄与する電解液の量を増加させられる。

【 0 0 8 6 】

変形例 2

図 1 0 に示される双極板 3 1 では、一つの流通溝 4 に三つの電極片 5 が配置されている。より具体的には、流通溝 4 における供給縁 3 1 a 側と排出縁 3 1 b 側と中間部とに電極片 5 が配置されている。本例の構成は、双極板 3 1 の全面に電解液を拡散させることができる。

30

【 0 0 8 7 】

変形例 3

図 1 1 に示される双極板 3 1 では、各流通溝 4 に配置される電極片 5 の長さが異なる。より具体的には、双極板 3 1 の幅方向（紙面左右方向）の中間部にある流通溝 4 に嵌め込まれる電極片 5 が最も長くなっている。双極板 3 1 の幅方向の中間部から離れるに従って、流通溝 4 に嵌め込まれる電極片 5 の長さが短くなっている。本例の構成は、給液スリット 3 3 s から導入された電解液を、双極板 3 1 の幅方向に速やかに拡散させられる。また、電池反応後の電解液が、双極板 3 1 の幅方向の全体から速やかに回収される。

40

【 0 0 8 8 】

変形例 4

図 1 2 に示される双極板 3 1 では、双極板 3 1 全体を平面視したとき、短い電極片 5 が菱形に配置されている。本例の構成によっても、変形例 3 と同様の効果が得られる。

【 0 0 8 9 】

変形例 5

図 1 3 に示される双極板 3 1 では、双極板 3 1 の幅方向の中央から離れるに従って、流通溝 4 における電極片 5 が配置される範囲が広がった後、双極板 3 1 の幅方向の両端部に向うに従って、流通溝 4 における電極片 5 が配置される範囲が狭くなっている。より具

50

体的には、双極板 3 1 の幅方向の中央にある流通溝 4 には二つの電極片 5 が配置されている。中央から一つ離れた流通溝 4 には三つの電極片 5 が配置されている。三つの電極片 5 が配置される範囲は、中央の流通溝 4 における二つの電極片 5 が配置される範囲よりも広がっている。中央から二つ離れた流通溝 4 には四つの電極片 5 が配置されている。中央から三つ離れた流通溝 4 には三つの電極片 5 が配置されている。三つの電極片 5 の配置は、中央から一つ離れた流通溝 4 における三つの電極片 5 の配置とほぼ同じである。中央から四つ離れた流通溝 4、双極板 3 1 の幅方向の最も外側にある流通溝 4 には三つの電極片 5 が配置されている。三つの電極片 5 が配置される範囲は、中央の流通溝 4 における電極片 5 が配置される範囲とほぼ同じである。各電極片 5 は同じ大きさでも良いし、異なっても良い。

10

## 【 0 0 9 0 】

## 変形例 6

図 1 4 に示される双極板 3 1 では、電極片 5 の配置状態が異なる二つの流通溝 4 が双極板 3 1 の幅方向に交互に並んでいる。一方の流通溝 4 では、供給縁 3 1 a 側に電極片 5 が嵌め込まれている。その電極片 5 は、流通溝 4 における第一整流溝 3 1 A との繋ぎ目から流通溝 4 の中央に及んでいる。他方の流通溝 4 では、排出縁 3 1 b 側に電極片 5 が嵌め込まれている。その電極片 5 は、流通溝 4 における第二整流溝 3 1 B との繋ぎ目から流通溝 4 の中央に及んでいる。

## 【 0 0 9 1 】

## 変形例 7

図 1 5 に示される双極板 3 1 では、電極片 5 の配置状態が異なる二つの流通溝 4 が双極板 3 1 の幅方向に交互に並んでいる。一方の流通溝 4 では、供給縁 3 1 a 側と排出縁 3 1 b 側にそれぞれ電極片 5 が嵌め込まれている。他方の流通溝 4 では、流通溝 4 の中央に電極片 5 が嵌め込まれている。

20

## 【 0 0 9 2 】

## 変形例 8

図 1 6 に示される双極板 3 1 では、電極片 5 の配置状態が異なる二つの流通溝 4 が双極板 3 1 の幅方向に交互に並んでいる。一方の流通溝 4 では、供給縁 3 1 a 側と排出縁 3 1 b 側と中央にそれぞれ電極片 5 が嵌め込まれている。他方の流通溝 4 では、流通溝 4 の中間部に二つの電極片 5 が嵌め込まれている。二つの電極片 5 は、流通溝 4 の延伸方向に隔離している。

30

## 【符号の説明】

## 【 0 0 9 3 】

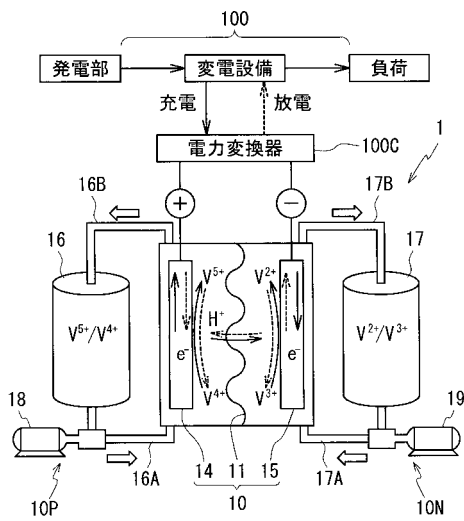
- 1 RF 電池 (レドックスフロー電池)
  - 1 0 電池セル、1 1 隔膜、1 4 正極電極、1 4 p 凸部、1 5 負極電極
  - 1 0 P 正極循環機構
  - 1 6 正極タンク、1 6 A , 1 7 A、往路配管、1 8 ポンプ
  - 1 0 N 負極循環機構
  - 1 7 負極タンク、1 6 B , 1 7 B 復路配管、1 9 ポンプ
- 2 セルスタック
  - 2 0 サブスタック、2 1 給排板、2 2 エンドプレート、2 3 締付機構
- 3 セルフレーム
  - 3 1 双極板、3 1 a 供給縁、3 1 b 排出縁、3 1 s 表面
  - 3 1 A 第一整流溝、3 1 B 第二整流溝
  - 3 2 枠体、3 2 o 凹部
  - 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
- 4 流通溝
- 5 電極片

40

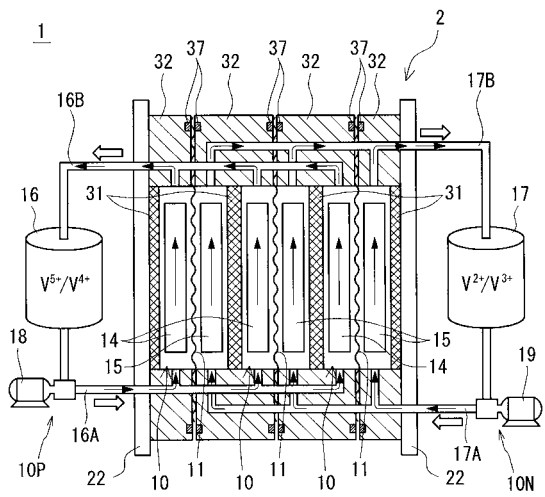
50

100 電力系統  
100C 電力変換器

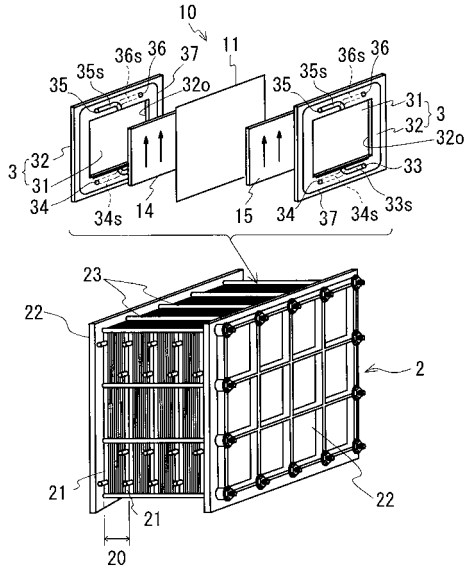
【図1】



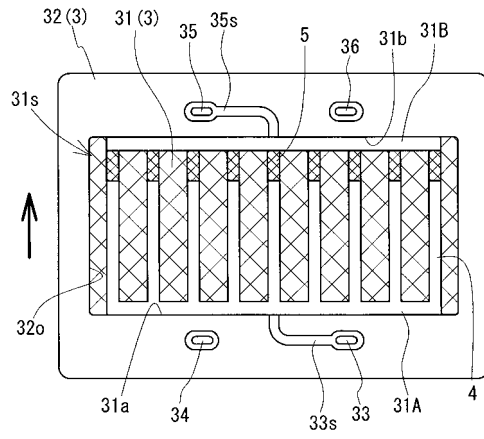
【図2】



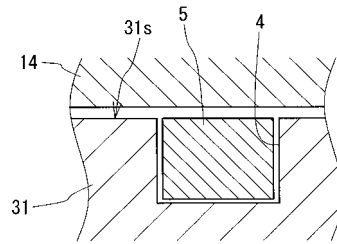
【 図 3 】



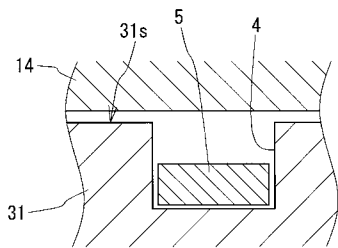
【 図 4 】



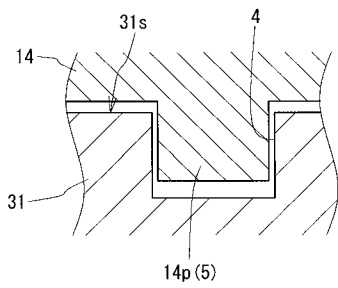
【 図 5 】



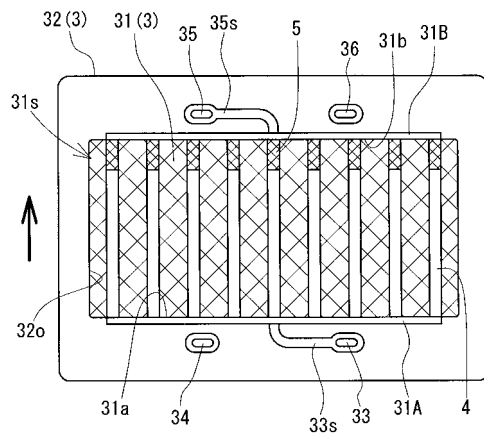
【 図 6 】



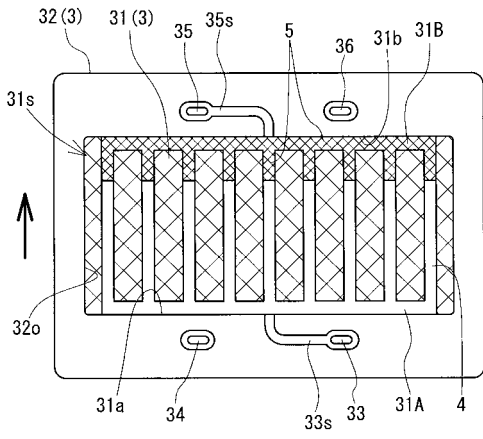
【 図 7 】



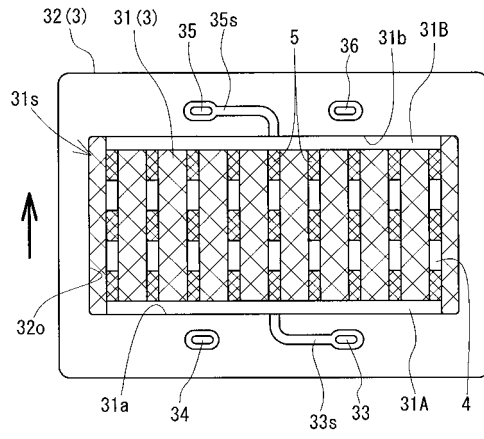
【 図 8 】



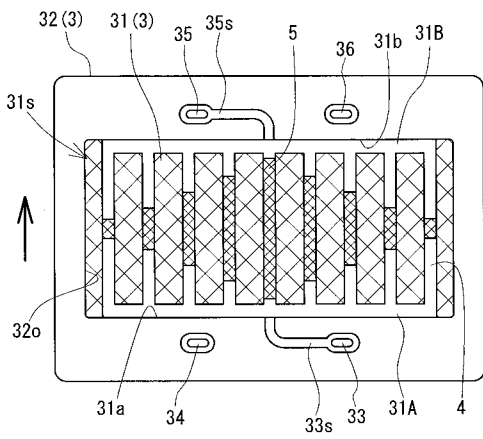
【 図 9 】



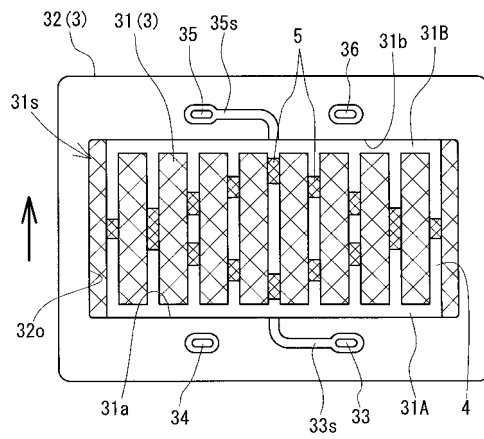
【 図 1 0 】



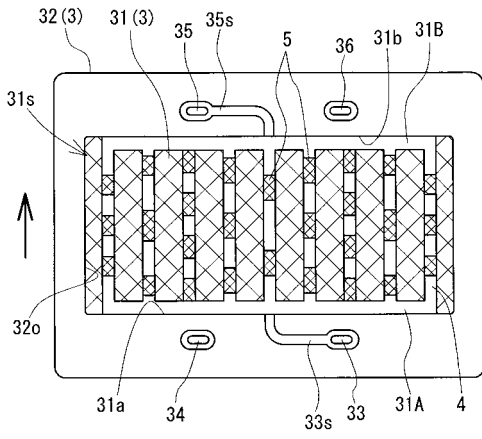
【 図 1 1 】



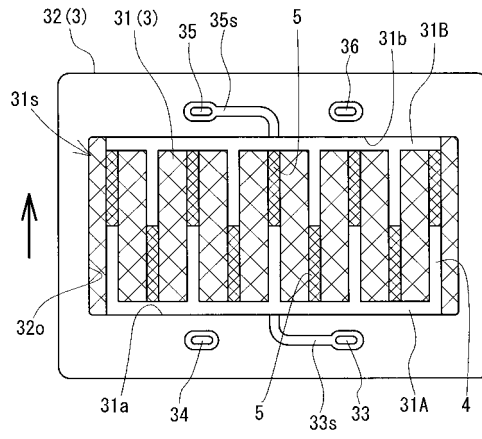
【 図 1 2 】



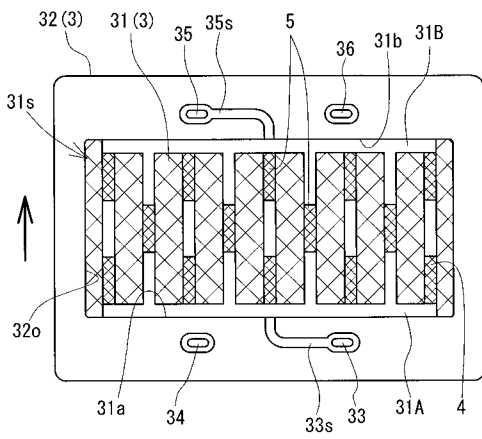
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】

