

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第6789938号  
(P6789938)

(45) 発行日 令和2年11月25日 (2020. 11. 25)

(24) 登録日 令和2年11月6日 (2020. 11. 6)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 M 10/04 (2006. 01)	HO 1 M 10/04 Z
HO 1 M 2/02 (2006. 01)	HO 1 M 2/02 K
HO 1 M 2/16 (2006. 01)	HO 1 M 2/16 P
HO 1 M 2/18 (2006. 01)	HO 1 M 2/18 Z
HO 1 M 4/64 (2006. 01)	HO 1 M 4/64 A
請求項の数 30 (全 59 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2017-526929 (P2017-526929)	(73) 特許権者 511242269
(86) (22) 出願日 平成28年6月17日 (2016. 6. 17)	24 エム・テクノロジーズ・インコーポレ
(65) 公表番号 特表2018-524759 (P2018-524759A)	イテッド
(43) 公表日 平成30年8月30日 (2018. 8. 30)	24 M Technologies, I
(86) 国際出願番号 PCT/US2016/038098	nc.
(87) 国際公開番号 W02016/205663	アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02
(87) 国際公開日 平成28年12月22日 (2016. 12. 22)	139, ケンブリッジ, ブルックライ
審査請求日 令和1年6月17日 (2019. 6. 17)	ン ストリート 130, スイート 2
(31) 優先権主張番号 62/181, 385	00
(32) 優先日 平成27年6月18日 (2015. 6. 18)	(73) 特許権者 517156746
(33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)	福島 孝明
	岡山県岡山市南区福富西2-24-16
	(74) 代理人 100079108
	弁理士 稲葉 良幸
	最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シングルパウチバッテリーセル及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

個々の電気化学的セルであって、  
パウチの第 1 の部分に結合され、第 1 の電極材料がその上に配置された第 1 の集電体と、  
前記パウチの第 2 の部分に結合され、第 2 の電極材料がその上に配置された第 2 の集電体と、  
前記第 1 の電極材料と前記第 2 の電極材料の間に配置されたセパレータとを備え、  
前記個々の電気化学的セルを形成するために、前記パウチの前記第 1 の部分が前記パウチの前記第 2 の部分に結合され、  
前記第 1 の電極材料及び前記第 2 の電極材料の少なくとも一つが、非水液体電解質中に活性材料及び導電性材料を有する半固体スラリーを含み、  
前記第 1 の集電体及び前記第 2 の集電体の少なくとも一つが、前記パウチに積層されている、個々の電気化学的セル。

【請求項 2】

前記パウチが、前記パウチの前記第 1 の部分と前記第 2 の部分の間の折り畳み線に沿って折り畳まれて、前記セパレータが前記第 1 の電極材料と前記第 2 の電極材料の間に配置されている、請求項 1 に記載の電気化学的セル。

【請求項 3】

前記セパレータが、前記第 1 の電極材料及び前記第 2 の電極材料のうちの少なくとも 1

つより大きい、請求項 1 に記載の電気化学的セル。

【請求項 4】

前記セパレータが、前記パウチの前記第 1 の部分と前記第 2 の部分の間に密封される、請求項 3 に記載の電気化学的セル。

【請求項 5】

前記第 1 の集電体及び前記第 2 の集電体のうちの少なくとも 1 つが、前記パウチ上に配置される、請求項 1 に記載の電気化学的セル。

【請求項 6】

前記第 1 の集電体及び前記第 2 の集電体のうちの少なくとも 1 つが、物理蒸着、化学蒸着、メッキ、電気メッキ、及び電着のうちの少なくとも 1 つを使用して堆積される、請求項 5 に記載の電気化学的セル。

10

【請求項 7】

前記第 1 の電極材料及び前記第 2 の電極材料のうちの少なくとも 1 つが、約 250  $\mu\text{m}$  から約 2000  $\mu\text{m}$  の範囲の厚さである、請求項 1 に記載の電気化学的セル。

【請求項 8】

前記第 1 の電極材料及び前記第 2 の電極材料のうちの少なくとも 1 つが、約 250  $\mu\text{m}$  から約 500  $\mu\text{m}$  の範囲の厚さである、請求項 7 に記載の電気化学的セル。

【請求項 9】

前記第 1 の集電体及び前記第 2 の集電体のうちの少なくとも 1 つが、約 20  $\mu\text{m}$  未満の厚さである、請求項 1 に記載の電気化学的セル。

20

【請求項 10】

前記第 1 の集電体及び前記第 2 の集電体のうちの少なくとも 1 つが、約 12  $\mu\text{m}$  未満の厚さである、請求項 9 に記載の電気化学的セル。

【請求項 11】

前記第 1 の集電体及び前記第 2 の集電体のうちの少なくとも 1 つが、約 5  $\mu\text{m}$  未満の厚さである、請求項 10 に記載の電気化学的セル。

【請求項 12】

前記第 1 の集電体の厚さに対する前記第 1 の電極材料の厚さの比が、少なくとも 12 : 1 より大きい、請求項 1 に記載の電気化学的セル。

【請求項 13】

前記第 1 の集電体の厚さに対する前記第 1 の電極材料の前記厚さの比が、少なくとも 20 : 1 より大きい、請求項 12 に記載の電気化学的セル。

30

【請求項 14】

前記第 2 の集電体の厚さに対する前記第 2 の電極材料の厚さの比が、少なくとも 12 : 1 より大きい、請求項 1 に記載の電気化学的セル。

【請求項 15】

前記第 2 の集電体の厚さに対する前記第 2 の電極材料の前記厚さの比が、少なくとも 20 : 1 より大きい、請求項 14 に記載の電気化学的セル。

【請求項 16】

エネルギー容量が、約 0.1 Ah から約 40 Ah である、請求項 1 に記載の電気化学的セル。

40

【請求項 17】

個々の電気化学的セルであって、  
パウチの第 1 の部分に結合された第 1 の電極と、  
前記パウチの第 2 の部分に結合された第 2 の電極と、  
前記第 1 の電極と前記第 2 の電極の間に配置され、前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極のうちの少なくとも 1 つよりも実質的に大きいセパレータとを備え、  
前記セパレータが、前記パウチの前記第 1 の部分と前記第 2 の部分の間に密封され、前記電気化学的セルを封入する密封領域を形成し、

前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極の少なくとも一つが、非水液体電解質中に活性材料

50

及び導電性材料を有する半固体スラリーを含み、

前記第 1 の電極が前記パウチの前記第 1 の部分に積層されること、及び / 又は、前記第 2 の電極が前記パウチの前記第 2 の部分に積層されていることがなされている、個々の電気化学的セル。

【請求項 1 8】

前記パウチが、約 20  $\mu\text{m}$  未満の厚さである、請求項 1 7 に記載の電気化学的セル。

【請求項 1 9】

前記密封領域が、約 10  $\mu\text{m}$  から約 10 mm の範囲の幅である、請求項 1 7 に記載の電気化学的セル。

【請求項 2 0】

前記密封領域が、前記パウチの外側縁部から約 10  $\mu\text{m}$  から約 20 mm のところに存在する、請求項 1 7 に記載の電気化学的セル。

【請求項 2 1】

個々の電気化学的セルを製造する方法であって、

パウチ材料の第 1 の部分上に第 1 の集電体を配置する工程と、

前記第 1 の集電体上に第 1 の電極材料を配置する工程と、

前記パウチ材料の第 2 の部分上に第 2 の集電体を配置する工程と、

前記第 2 の集電体上に第 2 の電極材料を配置する工程と、

前記第 1 の電極材料及び前記第 2 の電極材料のうちの少なくとも 1 つの上にセパレータを配置する工程と、

前記パウチ材料を、前記パウチ材料の前記第 1 の部分と前記第 2 の部分の間の折り畳み線に沿って折り畳む工程と、

前記パウチ材料を密封して、前記電気化学的セルが収納されるパウチを形成する工程とを含み、

前記パウチ材料の前記第 1 の部分上に前記第 1 の集電体を配置する工程は、前記パウチ材料の前記第 1 の部分に前記第 1 の集電体を積層することを含み、及び / 又は、前記パウチ材料の前記第 2 の部分上に前記第 2 の集電体を配置する工程は、前記パウチ材料の前記第 2 の部分に前記第 2 の集電体を積層することを含み、

前記第 1 の電極材料及び前記第 2 の電極材料の少なくとも一つが、非水液体電解質中に活性材料及び導電性材料を有する半固体スラリーを含む、方法。

【請求項 2 2】

前記パウチ材料の前記第 1 の部分上に前記第 1 の集電体を配置する工程が、前記パウチ材料の前記第 1 の部分に前記第 1 の集電体を積層する工程を含む、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 3】

前記パウチ材料の前記第 2 の部分上に前記第 2 の集電体を配置する工程が、前記パウチ材料の前記第 2 の部分に前記第 2 の集電体を積層する工程を含む、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 4】

前記パウチ材料の前記第 1 の部分上に前記第 1 の集電体を配置する工程が、物理蒸着を使用して前記パウチ材料の前記第 1 の部分に前記第 1 の集電体を堆積させる工程を含む、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 5】

前記パウチ材料の前記第 1 の部分上に前記第 1 の集電体を配置する工程が、化学蒸着を使用して前記パウチ材料の前記第 1 の部分に前記第 1 の集電体を堆積させる工程を含む、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 6】

前記パウチ材料の前記第 1 の部分上に前記第 1 の集電体を配置する工程が、メッキを使用して前記パウチ材料の前記第 1 の部分に前記第 1 の集電体を堆積させる工程を含む、請求項 2 1 に記載の方法。

10

20

30

40

50

## 【請求項 27】

前記パウチ材料の前記第1の部分上に前記第1の集電体を配置する工程が、電気メッキを使用して前記パウチ材料の前記第1の部分に前記第1の集電体を堆積させる工程を含む、請求項21に記載の方法。

## 【請求項 28】

前記パウチ材料の前記第1の部分上に前記第1の集電体を配置する工程が、電着を使用して前記パウチ材料の前記第1の部分に前記第1の集電体を堆積させる工程を含む、請求項21に記載の方法。

## 【請求項 29】

前記パウチ材料に開口を作成して、前記第1の集電体及び前記第2の集電体のうちの少なくとも1つとの電氣的接続を可能にする工程をさらに含む、請求項21に記載の方法。

## 【請求項 30】

バッテリラックであって、

第1のバッテリーモジュールと、

前記第1のバッテリーモジュール上に配置された第2のバッテリーモジュールであって、前記第1のバッテリーモジュールの上部寸法に実質的に適合する底部寸法を有する第2のバッテリーモジュールとを備え、

前記第1のバッテリーモジュールが、

第1の容器と、

前記第1の容器を実質的に密封する蓋とを備え、前記第1の容器が請求項1～20のいずれか一つに係る複数の電気化学的セルを有し、

前記第2のバッテリーモジュールが、前記蓋によって実質的に密封された前記第1のバッテリーモジュール上に配置されたときに、十分なスタッキング圧力を提供する、バッテリラック。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

関連出願の相互参照

[1001] 本願は、2015年6月18日出願の「Single Pouch Battery Cells and Methods of Manufacture」と題する米国仮特許出願第62/181385号の優先権及び利益を主張するものであり、その開示された内容の全体が参照されることにより本明細書に組み込まれる。

## 【0002】

[1002] 本明細書に記載する実施形態は、一般に、バッテリーセルの製造に関するものであり、さらに詳細には、バッテリーモジュールのシングルパウチバッテリーセルを製造して使用するシステム及び方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0003】

[1003] リチウムイオン電気化学（バッテリー）セルは、通常は、セパレータによって分離されるアノード層とカソード層とを交互に含む。1つのアノード及び1つのカソードとそれらを分離する1つのセパレータとの組合せは、1スタックと呼ばれることがある。複数のスタックが、通常は並列に接続され、パウチ内に挿入されて、バッテリーセルを形成する。バッテリーセル内の（したがってパウチ内の）スタック数は、通常は、容量を大きくするために比較的多い（例えば20より多い）。パウチは、電解質（例えば有機溶剤及び溶解リチウム塩）も含み、電解質は、通常は綿密に制御された環境内で導入され、リチウムイオン輸送のための媒体となる。パウチ内の電解質の量は、パウチ内のスタック数に比例させる、すなわちスタックが多い場合には電解質を増やすことができる。

## 【0004】

[1004] 製造においては、バッテリーセルは、電極層を交互に積み重ねることによって（典型的な高性能角型セル）、又は長い電極ストリップを「ジェリーロール」形状に巻き付け

10

20

30

40

50

ることによって（典型的な円筒型セル）、構築することができる。電極のスタック又はローラーは、ガasketで密封された硬質ケース内に挿入すること（ほとんどの市販の円筒型セル）、レーザ溶接された硬質ケースに挿入すること、又は継ぎ目が熱で密閉された箔パウチに封入する（一般にリチウムイオンポリマーセルと呼ばれる）ことができる。

【0005】

[1005] リチウムイオンバッテリーセルの1つの有望な応用先は、所望の出力及び容量の必要を満たすために通常多数のバッテリーセルを含み、ときには数百、さらには数千ものバッテリーセルを含むこともある自動車用バッテリーパックである。各バッテリーセルが、複数のスタック（すなわちアノード、カソード及びセパレータ）と、電極リード（すなわちタブ）とをさらに含むこともできる。通常、いくつかのセルは、バッテリータブ及びバスバー（すなわち相互接続ユニット）を介し連結して、1つのモジュールを形成する。通常のパッケージは、このようなモジュールを数十個含むことができる。その結果として、1つのバッテリーパックで所望の量の出力及び容量を出力するためには、通常は相当量の溶接などの接合が必要になる。

10

【発明の概要】

【0006】

[1006] 本明細書に記載する装置、システム、及び方法は、シングルパウチバッテリーセルの製造及び使用に関する。いくつかの実施形態では、電気化学的セルは、パウチの第1の部分に結合された第1の集電体であり、第1の電極材料がその上に配置された第1の集電体と、パウチの第2の部分に結合された第2の集電体であり、第2の電極材料がその上に配置された第2の集電体と、第1の電極材料と第2の電極材料の間に配置されたセパレータとを備える。パウチの第1の部分がパウチの第2の部分に結合されて、電気化学的セルを封入する。

20

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1A】[1007]一つの実施形態による、バッテリーセルを示す概略図である。

【図1B】[1008]いくつかの実施形態による別のタイプのバッテリーセルを示す概略図である。

【図1C】[1009]図1Bに示すバッテリーセルの上面図である。

【図1D】[1010]いくつかの実施形態による、別のバッテリーセルを示す上面図である。

30

【図1E】[1011]いくつかの実施形態による、自己融着の概念を使用して作成されるタイプのバッテリーセルを示す概略図である。

【図1F】[1012]図1Eに示すバッテリーセルの縁部の写真である。

【図2】[1013]いくつかの実施形態による、複数のシングルパウチバッテリーセルを含むバッテリーモジュールを示す概略図である。

【図3】[1014]1実施形態による、図2に示す複数のバッテリーモジュールを含むバッテリーパックを示す概略図である。

【図4A】[1015]いくつかの実施形態による、シングルパウチバッテリーセルの各構成要素の相対寸法を示す概略図である。

【図4B】[1016]図4Aに示すシングルパウチバッテリーセルの角部を示す拡大図である。

40

【図5】[1017]いくつかの実施形態による、金属ケース内に封入されたシングルパウチバッテリーセルを含むバッテリーモジュールを示す概略図である。

【図6A】[1018]いくつかの実施形態による、金属ケース内に封入されたシングルパウチバッテリーセルを含むバッテリーモジュール（蓋が開いている状態）を示す側面図である。

【図6B】[1019]蓋を閉じた後の、図6Aに示すバッテリーモジュールを示す側面図である。

【図7A】[1020]いくつかの実施形態による、プラスチックフレーム内に封入された複数のシングルパウチバッテリーセルを含むバッテリーモジュールを示す上面図である。

【図7B】[1021]上部及び底部の蓋を示す、図7Aに示すバッテリーモジュールの側面図である。

50

【図 8 A】[1022]いくつかの実施形態による、複数のシングルパウチバッテリーセルを含むバッテリーモジュールで利用されるタブ設計を示す図である。

【図 8 B】[1023]図 8 A に示すバッテリーモジュールのタブ接続領域を含むタブ設計のスペーサを示す図である。

【図 8 C】[1024]図 8 A に示すバッテリーモジュールのコネクタ部分を示す図である。

【図 9】[1025]いくつかの実施形態による、シングルパウチバッテリーセル及びモジュールの製造方法を示すフローチャートである。

【図 10 A】[1026]いくつかの実施形態による、パウチフィルム上に配置された複数のアノードを含むアノードアセンブリのレイアウトを示す図である。

【図 10 B】[1027]図 10 A に示すアノードアセンブリの断面図である。

【図 11 A】[1028]いくつかの実施形態による、パウチフィルム上に配置された複数のカソードを含むカソードアセンブリのレイアウトを示す図である。

【図 11 B】[1029]図 11 A に示すカソードアセンブリの断面図である。

【図 12】[1030]いくつかの実施形態による、カソードアセンブリ及びアノードアセンブリを含む電極アセンブリを示す上面図である。

【図 13 A】[1031]いくつかの実施形態による、複数のユニットセルを含むユニットセルアセンブリのレイアウトを示す図である。

【図 13 B】[1032]図 13 A に示すユニットセルアセンブリの断面図である。

【図 14】[1033]いくつかの実施形態による、個別のパウチ内にユニットセルを製造する方法を示す図である。

【図 15 A】[1034]いくつかの実施形態による、ユニットセルスタックを製造する方法を示す図である。

【図 15 B】いくつかの実施形態による、ユニットセルスタックを製造する方法を示す図である。

【図 16 A】[1035]図 15 A ~ 図 15 B に示す方法で準備したユニットセルスタックの上面図である。

【図 16 B】図 15 A ~ 図 15 B に示す方法で準備したユニットセルスタックの断面図である。

【図 17 A】[1036]いくつかの実施形態による、シングルパウチバッテリーセルの製造中にガス抜き、再密封及び除去を行うための追加部分を有するパウチセルを示す図である。

【図 17 B】いくつかの実施形態による、シングルパウチバッテリーセルの製造中にガス抜き、再密封及び除去を行うための追加部分を有するパウチセルを示す図である。

【図 18】[1037]いくつかの実施形態による、シングルパウチバッテリーセルの例示的なタブ構成を示す図である。

【図 19 A】[1038]いくつかの実施形態による、シングルパウチバッテリーセルを準備する例示的な製造方法を示す図である。

【図 19 B】いくつかの実施形態による、シングルパウチバッテリーセルを製造するための例示的な製造方法を示す図である。

【図 19 C】[1039]いくつかの実施形態による、円筒型構成のバッテリーセルを製造する例示的な製造方法を示す図である。

【図 19 D】いくつかの実施形態による、円筒型構成のバッテリーセルを製造する例示的な製造方法を示す図である。

【図 19 E】[1040]いくつかの実施形態による、角型構成のバッテリーセルを準備する例示的な製造方法を示す図である。

【図 19 F】いくつかの実施形態による、角型構成のバッテリーセルを準備する例示的な製造方法を示す図である。

【図 19 G】いくつかの実施形態による、角型構成のバッテリーセルを準備する例示的な製造方法を示す図である。

【図 20】[1041]いくつかの実施形態によるシングルパウチバッテリーセルを示す図である。

【図 2 1】[1042]上述の方法を使用して製造したバッテリーセルの容量保持率曲線を示す図である。

【図 2 2】[1043]いくつかの実施形態による、シングルパウチバッテリーセルの配列を含むバッテリーモジュールを示す概略図である。

【図 2 3 A】[1044]いくつかの実施形態による、金属ケース内に封入された複数のシングルパウチバッテリーモジュールを含むバッテリーモジュールの展開図である。

【図 2 3 B】いくつかの実施形態による、金属ケース内に封入された複数のシングルパウチバッテリーモジュールを含むバッテリーモジュールの完成図である。

【図 2 4 A】[1045]いくつかの実施形態による、プラスチックケース内に封入された複数のシングルパウチバッテリーモジュールを含むバッテリーモジュールの展開図である。

10

【図 2 4 B】いくつかの実施形態による、プラスチックケース内に封入された複数のシングルパウチバッテリーモジュールを含むバッテリーモジュールの完成図である。

【図 2 5】[1046]いくつかの実施形態による、バッテリーモジュールの 2 次元配列を含むバッテリーパックを示す図である。

【図 2 6】[1047]いくつかの実施形態による、バッテリーモジュールの 1 次元配列を含むバッテリーパックを示す図である。

【図 2 7 A】[1048]いくつかの実施形態による、バッテリーモジュールの積み重ね及び連結の特徴を示す、バッテリーパックの概略図である。

【図 2 7 B】いくつかの実施形態による、バッテリーモジュールの積み重ね及び連結の特徴を示す、バッテリーパックの概略図である。

20

【図 2 7 C】いくつかの実施形態による、バッテリーモジュールの積み重ね及び連結の特徴を示す、バッテリーパックの概略図である。

【図 2 8 A】[1049]いくつかの実施形態による、ラック構成に配置された複数のシングルパウチバッテリーモジュールを含むバッテリーラックの完成図である。

【図 2 8 B】いくつかの実施形態による、ラック構成に配置された複数のシングルパウチバッテリーモジュールを含むバッテリーラックを示す展開図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

[1050] 本明細書に記載する実施形態は、一般にシングルパウチバッテリーセルに関し、さらに詳細には、バッテリーモジュール又はバッテリーパックのシングルパウチバッテリーセルを製造及び使用するシステム及び方法に関する。いくつかの実施形態では、シングルパウチバッテリーセルは、アノードと、カソードと、それらの間に配置されたセパレータと、アノード、カソード及びセパレータを収容してシングルパウチバッテリーセルを形成するパウチとを含む。いくつかの実施形態では、アノード及び／又はカソードは、半固体電極材料を含む。

30

【0009】

[1051] バッテリーセル内の非電気化学的活性材料の量を減少させることにより、所与のバッテリーセルのエネルギー密度を高めることができる。集電体の厚さは、通常は、電流密度を考慮するより、取扱いが容易になるように、かつ／又は電極の機械的支持を提供するように、選択される。換言すれば、集電体は、一般に、バッテリー内の電気化学的反応によって生成される高い電流密度に対応するために必要な厚さよりも厚いが、集電体が薄くなると（すなわち電流密度のために最適化されると）非常に脆くなる可能性があり、製造プロセス中に容易に破れるおそれがある。例えば、いくつかの従来 of バッテリーで現在使用されている厚さ 20  $\mu\text{m}$  の集電体は、従来 of バッテリーで生成される量の電流を容易に取り扱うことができるが、その電子を往復させるために必要なのは、わずか数  $\mu\text{m}$  の集電体である。

40

【0010】

[1052] 本明細書に記載するように、シングルパウチセルは、バッテリーセル構造の他の点を改善しながら、より薄い集電体を使用できるようにすることができる。例えば、集電体をパウチに結合して、パウチが集電体の物理的支持を提供し、取扱いを改善することがで

50

きるようにして、パウチを使用しながら電気伝導のためにより薄い集電体を使用することができるようにすることができる。この手法のいくつかの追加の利点は、これらに限定されるわけではないが、( i ) 1つのバッテリーセルから隣接する1つ又は複数のバッテリーセルへの欠陥伝搬の軽減又は解消、( i i ) 従来のバッテリーの大量の可燃性電解質によって引き起こされる火災危険またその他の熱的危険の低減、( i i i ) 従来のバッテリーの製造における溶接プロセス中に電極材料に混入する可能性があり、バッテリー内の内部短絡を引き起こすことによってバッテリーの性能を損なうおそれがある、金属による汚染の低減又は解消、( i v ) 複数のシングルパウチバッテリーセルを積み重ねてバッテリーモジュール又はバッテリーパックにする際の個々のパウチの取扱いの容易化、( v ) マルチパウチ又はマルチスタックバッテリーを製造する際の個々のパウチの選別及び排除の利便性による製造歩留まりの向上(容量、厚さ、インピーダンス、重量などによる)、( v i ) バッテリー又は電極の製造中に半固体電極材料を支持する手段の提供と、それによる電極材料の均一な分布(例えば均一な厚さ)の実現及びバッテリーセルからの電極材料の漏出の回避、ならびに( v i i ) 溶接火花が、通常可燃性である電解質に点火する可能性がある溶接プロセスにおける、濡れた電極の火災危険の低減又は解消を含む。シングルパウチバッテリーセルの手法は、全ての溶接プロセスを、個々のバッテリーセルがパウチ内に収容された後で実行することができるので、溶接火花が電解質に到達して点火することを防止することができ、このような火災危険を低減又は解消することができる。本明細書で使用する「半固体」という用語は、例えば粒子懸濁液、コロイド懸濁液、乳濁液、ゲル、又はミセルなど、液相と固相が混合した材料を指している。

#### 【 0 0 1 1 】

[1053] 本明細書で使用する「シングルパウチバッテリーセル」という用語は、1つのアノード、1つのカソード、及び1つのセパレータを含む1つのユニットセルアセンブリを通常は収容するパウチを含むバッテリーセル(本明細書では電気化学的セルとも呼ぶ)を指している。いくつかの場合には、本明細書に明示的に述べるように、シングルパウチバッテリーセルは、ユニットセルアセンブリを2つ含むこともできる。

#### 【 0 0 1 2 】

[1054] 本明細書で使用する「約」及び「およそ」という用語は、一般に、述べられている値のプラスマイナス10%を含む。例えば、「約5」であれば、4.5~5.5を含み、「およそ10」であれば9~11を含み、「約100」であれば90~110を含むことになる。

#### 【 0 0 1 3 】

[1055] 通常のバッテリー製造では、複雑で費用のかかるプロセスを多数連続して実行する必要があり、そのそれぞれで歩留まりの損失が生じ、機器の資本経費を生じ、エネルギー消費及び消耗材料の営業経費を伴う。バッテリー製造工程は、最初に、通常は電気化学的に活性なイオン貯蔵化合物と、導電性添加物と、ポリマー結合材との混合物である別個のアノード混合物/カソード混合物(「スラリー」とも呼ぶ)を準備することを含む。次いで、この混合物で可撓性金属箔の表面を被覆して電極(アノード及びカソード)を形成する。形成された電極を、通常は高圧下で圧縮して、密度を高め、厚さを調整する。これらの圧縮した電極/箔複合体を、次いで、製造するバッテリーの特定の形状係数に適したサイズ及び/又は形状に切断する。

#### 【 0 0 1 4 】

[1056] 1つのアノード、1つのカソード、及び1つのセパレータを積み重ねて、ユニットセルアセンブリを形成することができる。各ユニットセルアセンブリは、通常は、電極を外部回路に結合する導電性タブ(リードとも呼ぶ)も含む。次いで、複数のユニットセルアセンブリを積み重ね、又は配列して、バッテリーセルを形成する。1つのバッテリーセル内のユニットセルアセンブリの数は、例えば得られるバッテリーセルの所望の容量及び/又は厚さに応じて様々であってよい。これらの積み重ねたユニットセルアセンブリは電氣的に並列であり、各ユニットセルアセンブリのタブ同士は、通常は特に抵抗溶接、レーザ溶接、超音波溶接、シーム溶接、及び電気ビーム溶接などの溶接プロセスによって溶接され

10

20

30

40

50



る。次いで、真空パウチ密封工程を実行して、バッテリーセルを形成することができる。真空パウチ密封中に、通常は積み重ねたユニットセルアセンブリ中に電解質を注入し、このユニットセルアセンブリと電解質とをパウチ内に密封する。

【 0 0 1 5 】

[1057] 次いで、密封したバッテリーセルに形成プロセスを施す。このプロセスで、初期充電動作を実行して、電極 / 電解質界面を不動態化して副反応を防止することができる、安定した固体電解質界面 (SEI) を作成することができる。さらに、通常はバッテリーの数サイクルの充電及び放電も実行して、バッテリーの容量が所要の仕様を満たすことを保証する。通常は、ガス抜き工程を実行して、事前充電工程と呼ばれる初期充電ステージ中、又はバッテリー形成工程における電気化学的反應中に導入されるガスを放出する。電極中に閉じ込められたガスが存在すると、一般に、電極の導電性及び密度が低下し、バッテリーセル中に配置することができる活性の電気化学的材料の量が制限され、さらに、サイクル寿命や全体の安全性能といったバッテリーの性能を低下させるリチウム樹枝状結晶が生じるおそれがある。閉じ込められたガスを解放した後で、再密封工程を行ってバッテリーセルを再度密封することができる。

10

【 0 0 1 6 】

[1058] 上述の製造プロセス及びそれにより得られるバッテリーには、いくつかの問題がある。第 1 の問題は、バッテリーの製造中又は動作中の欠陥伝搬である。さらに詳細には、製造中に、1つのユニットセルアセンブリに問題がある場合に、通常複数のユニットセルアセンブリを含むセル全体が欠陥状態になる可能性がある。したがって、1つのユニットセルアセンブリの欠陥が伝搬して、同じバッテリーセル内の複数のユニットセルアセンブリが破棄されることになり、それにより製造歩留まりに影響が出るおそれがある。さらに、バッテリーの動作中にも、欠陥が1つのユニットセルアセンブリから隣接する1つ又は複数のユニットセルアセンブリに伝搬するおそれがある。例えば、バッテリーの代表的な欠陥は熱暴走であり、熱暴走時には、温度の上昇がより活発な電気化学的反應を引き起こし、これがさらに温度を上昇させることにより、ポジティブフィードバックのループと、場合によってはサイクルの破壊とをもたらす可能性がある。バッテリーセル内の1つのユニットセルアセンブリで熱暴走反應が生じた場合には、それが、ケース間の直接接触、高温の通気ガスの衝突、又は燃えている通気ガスの衝突など様々な熱伝達機構を介して隣接するユニットセルアセンブリでも熱暴走を引き起こす可能性が高い。連鎖反應が発生して、数秒で、又は各セルを使用している数時間のうちにパックが破壊されるおそれがある。

20

30

【 0 0 1 7 】

[1059] 従来のバッテリー製造における第 2 の問題としては、各バッテリーセル内の大量の電解質によってもたらされる火災危険が挙げられる。リチウムイオンバッテリーでは、一般的に電解質は炭化水素系であり、通常は可燃性である。リチウムイオンセルにおいて炭化水素系電解質であるということは、火災状態では、これらのセルが、水性電解質を含む鉛蓄電池、NiMH又はNiCdセルとは異なる挙動をする可能性があるということである。さらに詳細には、リチウムイオンセルの漏れ又は通気により、可燃性蒸気が解放されるおそれがある。水性電解質を含むセルに火が触れた場合には、セル内の水が熱を吸収することにより、火が放出する熱全体を減少させ、危険を軽減することができる。これに対して、リチウムイオンセルに火が触れると、可燃性電解質の解放を引き起こし、これにより火が放出する熱全体を増大させ、火災危険を悪化させることになる。バッテリーセル内の電解質の量は、同バッテリーセル内の電極材料の量にほぼ比例する。複数のユニットセルアセンブリ (すなわち複数のアノード / カソードのスタック) を含む従来のバッテリーセルは、通常、それに相応する大量の電解質を含む。したがって、各バッテリーセル内の大量の電解質が、火災危険の増大をもたらす可能性がある。

40

【 0 0 1 8 】

[1060] 従来のバッテリー製造における第 3 の問題としては、溶接プロセス中に生じる金属汚染が挙げられる。溶接は、通常、複数の電極スタックを含むバッテリーセル全体をパウチ内に密封する前に実行されるので、電極は、溶接部分から飛び散る金属粒子に曝される。

50

これらの金属粒子が溶接部分の近傍に付着すると、電氣的短絡が発生する可能性がある。さらに、これらの金属粒子は、溶接中に電極材料内に分散し、内部短絡を引き起こす可能性もある。このセル内の汚染金属は、金属の樹枝状結晶を生じるおそれがあり、これが短絡を生じる。例えば、カソード領域への溶接中の銅汚染物質が、バッテリーサイクル中にアノード側に電気化学的に堆積する可能性があり、これにより、銅がカソード材料のほとんどの電圧で不安定であるために内部短絡を生じる可能性がある。銅の樹枝状結晶は、リチウムの樹枝状結晶と比較して、融点が高いためにより頑健である。

#### 【0019】

シングルパウチバッテリーセル及びバッテリーモジュール

[1061] 図1Aは、従来のバッテリー製造の前述の問題に少なくとも部分的には対処することができるバッテリーセルを示す概略図である。バッテリーセル100は、アノード集電体150（本明細書では「ACC150」とも呼ぶ）上に配置されたアノード材料111を含むアノード110、カソード集電体160（本明細書では「CCC160」とも呼ぶ）上に配置されたカソード材料121を含むカソード120、及びアノード110とカソード120との間に配置されたセパレータ130とを含む。アノード110、カソード120及びセパレータ130のアセンブリは、実質的にパウチ140内に収容され、パウチ140は、バッテリーセル100をバッテリーモジュール若しくはパック内の隣接する1つ又は複数のセルから分離することにより、故意でない電気化学的反應を個々のセル内に限定することによって、欠陥伝搬（例えば火災危険）を軽減することができる。任意選択で、ACC150及びCCC160は、アノード110、カソード120、又はバッテリーセル100を組み立てる前にパウチ140の内側に配置することもできる。パウチを使用することにより、電極（すなわちアノード110及びカソード120）がバッテリーセルを短絡させる可能性がある金属粒子又は任意のその他の物質からパウチ140によって保護されるので、バッテリーモジュール/パックの構築時の溶接プロセス中の電極における金属汚染を軽減又は解消することもできる。任意選択で、いくつかの実施形態では、ACC150及びCCC160のうちの少なくとも一方が、1つ又は複数の外部電気回路に接続するための電氣的リード（又は接続点）として作用するタブ又はタブ接続部（図示せず）を含むこともできる。

#### 【0020】

[1062] いくつかの実施形態では、ACC150及びCCC160（本明細書ではまとめて「集電体」と呼ぶ）は、基板、シート、又は箔の形態で、あるいはその他の任意の形状係数で、導電性材料を含むことができる。いくつかの実施形態では、集電体は、アルミニウム、銅、リチウム、ニッケル、ステンレス鋼、タンタル、チタン、タングステン、バナジウム、あるいはそれらの混合物、組合せ、又は合金を含むことができる。他の実施形態では、集電体は、炭素、カーボンナノチューブ、又は金属酸化物（例えばTiN、TiB<sub>2</sub>、MoSi<sub>2</sub>、n-BaTiO<sub>3</sub>、Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ReO<sub>3</sub>、RuO<sub>2</sub>、IrO<sub>2</sub>など）などの非金属材料を含むこともできる。いくつかの実施形態では、集電体は、前述の金属材料及び非金属材料のうちのいずれかの上に配置された導電性コーティングを含むことができる。いくつかの実施形態では、導電性コーティングは、複合体又は層状物質などの、炭素系材料、導電性金属、及び/又は非金属材料を含み得る。

#### 【0021】

[1063] いくつかの実施形態では、集電体は、集電体の機械的性質、熱的性質、化学的性質、又は電氣的性質を改善するような1つ又は複数の表面コーティングを有するベース基板を含む。1つの例では、集電体の1つ又は複数のコーティングは、腐食を軽減し、接着特性を改変するように構成することができる（例えばそれぞれ親水性コーティング又は疎水性コーティング）。別の例では、集電体の1つ又は複数のコーティングは、ベース基板の全体的な電荷輸送を改善するために高い導電性を有する材料を含むことができる。さらに別の例では、コーティングは、ベース基板の熱放散を促進し、バッテリーを過熱から保護するために高い熱伝導率を有する材料を含むことができる。さらに別の例では、コーティングは、バッテリーの火災危険を防止するために耐熱性又は難燃性の材料を含むことができる。さらに別の例では、コーティングは、表面積を増大し、かつ/又は電極材料（例えば

10

20

30

40

50

アノード材料 1 1 1 及びカソード材料 1 2 1 ) との接着性を高めるように、粗く構成することができる。さらに別の例では、コーティングは、電極材料との良好な接着性又は糊付け性を有する材料を含むことができる。

【 0 0 2 2 】

[1064] いくつかの実施形態では、集電体は、電極材料と集電体の間の機械的接触、電気的接触及び熱的接触を改善するように粗面化された表面を有する導電性の基板、シート又は箔を含む。集電体の粗面化された表面は、電極材料と集電体の間の物理的接触面積を増大させることにより、集電体に対する電極材料の接着性を高めることができる。このように物理的接触面積を増大させることによって、集電体と電極材料の間の電氣的及び熱的接触を改善する（例えば電気抵抗及び熱抵抗を低下させる）ことができる。

10

【 0 0 2 3 】

[1065] いくつかの実施形態では、集電体は、金網など、多孔性集電体を含む。金網（本明細書ではメッシュとも呼ぶ）は、ウィービング、ブレイディング、ニッティングなどによって作製される一定のパターン又は構造、あるいはワイヤを無作為に分布させ、それらを溶接、接着又はその他の適当な技術によって連結することによって作製されるより無作為なパターン又は構造など、適当なプロセスを使用して様々な構成に組み上げることができる任意数のフィラメントワイヤを含むことができる。さらに、網を含むワイヤは、任意の適当な材料とすることができる。例えば、いくつかの実施形態では、ワイヤは、鋼、アルミニウム、銅、チタン又はその他の任意の適当な金属など、金属である。他の実施形態では、ワイヤは、例えばカーボンナノファイバ又はその他の任意の適当な材料など、導電性の非金属材料とすることができる。いくつかの実施形態では、ワイヤは、コーティングを含むことができる。例えば、コーティングは、腐食を軽減し、接着特性を向上又は低下させる（例えばそれぞれ親水性コーティング又は疎水性コーティング）ように構成することができる。多孔性集電体の例は、参照によりその開示の全体を本明細書に組み込む、「Semi-Solid Electrode Cell Having A Porous Current Collector and Methods of Manufacture」と題する米国特許公開第US2013/0065122号、及び「Semi-Solid Electrodes with Porous Current Collectors and Methods of Manufacture」と題する米国特許出願第US15/097838号に記載されている。

20

30

【 0 0 2 4 】

[1066] いくつかの実施形態では、集電体は、これらに限定されるわけではないが、化学蒸着（CVD）（イニシエートCVD、ホットワイヤCVD、プラズマ強化CVD、及びその他の携帯のCVDなど）、物理蒸着、スパッタ堆積、マグネトロンスパッタリング、高周波スパッタリング、原子層堆積、パルスレーザ堆積、メッキ、電気メッキ、浸漬被覆、ブラッシング、スプレー被覆、ゾルゲル法（浸漬被覆、ブラッシング又はスプレー被覆による）、静電スプレー被覆、3D印刷、スピンドコーティング、電着、粉体被覆、焼結、自己集合法及びそれらの技術の任意の組合せなどの被覆又は堆積技術のうちのいずれかによって作製することができる。

【 0 0 2 5 】

40

[1067] いくつかの実施形態では、堆積又は被覆によって形成される集電体の性質を、堆積中に堆積パラメータを変化させることによって最適化することができる。例えばコーティングのテクスチャ、コーティングの厚さ、厚さの均一性、ならびに表面粗さ、多孔性、また破壊靱性、延性、及び引張り強さなどの一般的機械的性質などの表面形態といった物理的特性は、堆積パラメータの微調整によって最適化することができる。同様に、例えば電解質及び塩に対する耐薬品性及び耐腐食性、並びに特別な反応性、接着性及び親和性などの化学的性質は、堆積パラメータを変化させることによって最適化して、機能性集電体を作製することができる。いくつかの実施形態では、堆積又は被覆によって形成される集電体の様々な物理的及び化学的性質は、堆積後に、アニーリング又は急熱（フラッシュ）アニーリング、あるいは電気化学研磨などの後続の表面処理又は温度処理によって、また

50

これらの技術の任意の組合せを使用して、さらに改善又は修正することができる。

【 0 0 2 6 】

[1068] いくつかの実施形態では、アノード集電体 150 は、約  $1\ \mu\text{m}$  ~ 約  $20\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、ACC 150 は、約  $1\ \mu\text{m}$  ~ 約  $18\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、ACC 150 は、約  $1\ \mu\text{m}$  ~ 約  $17\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、ACC 150 は、約  $1\ \mu\text{m}$  ~ 約  $16\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、ACC 150 は、約  $1\ \mu\text{m}$  ~ 約  $15\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、ACC 150 は、約  $1\ \mu\text{m}$  ~ 約  $14\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、ACC 150 は、約  $1\ \mu\text{m}$  ~ 約  $13\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、ACC 150 は、約  $1\ \mu\text{m}$  ~ 約  $12\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、ACC 150 は、約  $2\ \mu\text{m}$  ~ 約  $11\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、ACC 150 は、約  $3\ \mu\text{m}$  ~ 約  $10\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、ACC 150 は、約  $4\ \mu\text{m}$  ~ 約  $9\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、ACC 150 は、約  $5\ \mu\text{m}$  ~ 約  $8\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、ACC 150 は、約  $6\ \mu\text{m}$  ~ 約  $7\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、ACC 150 は、以下の値の間の厚さも全て含めて、約  $1\ \mu\text{m}$  未満、約  $2\ \mu\text{m}$  未満、約  $3\ \mu\text{m}$  未満、約  $4\ \mu\text{m}$  未満、約  $5\ \mu\text{m}$  未満、約  $6\ \mu\text{m}$  未満、約  $7\ \mu\text{m}$  未満、約  $8\ \mu\text{m}$  未満、約  $9\ \mu\text{m}$  未満、約  $10\ \mu\text{m}$  未満、約  $11\ \mu\text{m}$  未満、約  $12\ \mu\text{m}$  未満、約  $13\ \mu\text{m}$  未満、約  $14\ \mu\text{m}$  未満、約  $15\ \mu\text{m}$  未満、約  $16\ \mu\text{m}$  未満、約  $17\ \mu\text{m}$  未満、約  $18\ \mu\text{m}$  未満、約  $19\ \mu\text{m}$  未満、及び約  $20\ \mu\text{m}$  未満の厚さを有することができる。

【 0 0 2 7 】

[1069] アノード材料 111 は、様々な材料から選択することができる。いくつかの実施形態では、アノード材料 111 は、これらに限定されるわけではないが、硬質炭素、カーボンナノチューブ、カーボンナノファイバ、多孔性カーボン、及びグラフェンなどの炭素系材料を含む。いくつかの実施形態では、アノード材料 111 は、これらに限定されるわけではないが、スピネル  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  (LTO)、二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ 、チタニア) などのチタン系酸化物を含む。いくつかの実施形態では、アノード材料 111 は、これらに限定されるわけではないが、ケイ素、一酸化ケイ素 ( $\text{SiO}$ )、ゲルマニウム、酸化スズ ( $\text{SnO}_2$ ) などの合金又は脱合金材料を含む。いくつかの実施形態では、アノード材料 111 は、遷移金属化合物 (例えば酸化物、リン化物、硫化物、窒化物など) を含む。遷移化合物の一般式は、 $\text{M}_x\text{N}_y$  と書くことができ、ここで、M は鉄 (Fe)、コバルト (Co)、銅 (Cu)、マンガン (Mn)、及びニッケル (Ni) から選択することができ、N は、酸素 (O)、リン (P)、硫黄 (S)、及び窒素 (N) から選択することができる。

【 0 0 2 8 】

[1070] いくつかの実施形態では、アノード材料 111 は、非晶質炭素、無秩序炭素、黒鉛状炭素、あるいは金属被覆又は金属装飾された炭素、グラファイト、非黒鉛状炭素、メソカーボンマイクロビーズ、ホウ素炭素合金、硬質又は無秩序炭素、リチウムチタンスピネル、あるいは例えば Si、Ge、Sn、Bi、Zn、Ag、Al、任意のその他の適当な金属合金、メタロイド合金又はそれらの組合せなど、リチウムと反応して電子化合物を形成する固体金属又は金属合金又はメタロイド又はメタロイド合金、あるいは  $\text{LiAl}$ 、 $\text{Li}_9\text{Al}_4$ 、 $\text{Li}_3\text{Al}$ 、 $\text{LiZn}$ 、 $\text{LiAg}$ 、 $\text{Li}_{10}\text{Ag}_3$ 、 $\text{Li}_5\text{B}_4$ 、 $\text{Li}_7\text{B}_6$ 、 $\text{Li}_{12}\text{Si}_7$ 、 $\text{Li}_{21}\text{Si}_8$ 、 $\text{Li}_{13}\text{Si}_4$ 、 $\text{Li}_{21}\text{Si}_5$ 、 $\text{Li}_5\text{Sn}_2$ 、 $\text{Li}_{13}\text{Sn}_5$ 、 $\text{Li}_7\text{Sn}_2$ 、 $\text{Li}_{22}\text{Sn}_5$ 、 $\text{Li}_2\text{Sb}$ 、 $\text{Li}_3\text{Sb}$ 、 $\text{LiBi}$ 、又は  $\text{Li}_3\text{Bi}$  などの化合物のようなリチウム化金属又は金属合金、あるいはリチウム化又は非リチウム化組成物、任意のその他の材料又はそれらの合金の非晶質金属合金、あるいはそれらの任意のその他の組合せからなる一群から選択される固体を含むことがで

きる。

【0029】

[1071] いくつかの実施形態では、アノード材料111は、電子化合物を含む。電子化合物は、化学式 $MM'$ を基本とすることができるが、ここでMは1つの金属元素、M'は異なる金属元素である。電子化合物は、2種類を超える金属元素を含むこともできる。電子化合物のM原子は、例えばCu、Li、及びMnとすることができ、電子化合物のM'元素は、例えばSbとすることができる。例示的な電子化合物は、特に、 $Cu_2Sb$ 、 $Li_2CuSb$ 、及び $Li_3Sb$ である。1つの例では、アノード材料111の電子化合物は、M又はM'原子が無作為に配列される完全無秩序構造を有することができる。別の例では、アノード材料111の電子化合物は、結晶格子中のM又はM'原子が非無秩序に配列される部分無秩序構造を有する。

10

【0030】

[1072] いくつかの実施形態では、アノード材料111は、表面積を増大させ、得られる電極のリチウムインターカレーション速度を高めるように、多孔性にするることができる。1つの例では、アノード材料111は、例えば $MnCO_3$ 小球体の熱分解によって準備することができる多孔性 $Mn_2O_3$ を含む。別の例では、アノード材料111は、例えばポリアクリロニトリルとポリ(1-ラクチド)の混合溶液を電界紡糸した後に炭化を行うことによって準備される多孔性カーボンファイバを含む。いくつかの実施形態では、アノード材料111の多孔性は、多孔性集電体を使用することによって実現する、又は高めることができる。例えば、アノード材料111は、特定の多孔度を有するように、多孔性発泡構造上にコンフォーマルに堆積させた $Cu_2Sb$ を含むことができる。

20

【0031】

[1073] いくつかの実施形態では、アノード材料111の厚さは、以下の値の間の厚さも全て含めて、約 $250\mu m$ ～約 $2000\mu m$ の範囲内、約 $300\mu m$ ～約 $2000\mu m$ の範囲内、約 $350\mu m$ ～約 $2000\mu m$ の範囲内、約 $400\mu m$ ～約 $2000\mu m$ の範囲内、約 $450\mu m$ ～約 $2000\mu m$ の範囲内、約 $500\mu m$ ～約 $2000\mu m$ の範囲内、約 $250\mu m$ ～約 $1500\mu m$ の範囲内、約 $300\mu m$ ～約 $1500\mu m$ の範囲内、約 $350\mu m$ ～約 $1500\mu m$ の範囲内、約 $400\mu m$ ～約 $1500\mu m$ の範囲内、約 $450\mu m$ ～約 $1500\mu m$ の範囲内、約 $500\mu m$ ～約 $1500\mu m$ の範囲内、約 $250\mu m$ ～約 $1000\mu m$ の範囲内、約 $300\mu m$ ～約 $1000\mu m$ の範囲内、約 $350\mu m$ ～約 $1000\mu m$ の範囲内、約 $400\mu m$ ～約 $1000\mu m$ の範囲内、約 $450\mu m$ ～約 $1000\mu m$ の範囲内、約 $500\mu m$ ～約 $1000\mu m$ の範囲内、約 $250\mu m$ ～約 $750\mu m$ の範囲内、約 $300\mu m$ ～約 $750\mu m$ の範囲内、約 $350\mu m$ ～約 $750\mu m$ の範囲内、約 $400\mu m$ ～約 $750\mu m$ の範囲内、約 $450\mu m$ ～約 $750\mu m$ の範囲内、約 $500\mu m$ ～約 $750\mu m$ の範囲内、約 $250\mu m$ ～約 $700\mu m$ の範囲内、約 $300\mu m$ ～約 $700\mu m$ の範囲内、約 $350\mu m$ ～約 $700\mu m$ の範囲内、約 $400\mu m$ ～約 $700\mu m$ の範囲内、約 $450\mu m$ ～約 $700\mu m$ の範囲内、約 $500\mu m$ ～約 $700\mu m$ の範囲内、約 $250\mu m$ ～約 $650\mu m$ の範囲内、約 $300\mu m$ ～約 $650\mu m$ の範囲内、約 $350\mu m$ ～約 $650\mu m$ の範囲内、約 $400\mu m$ ～約 $650\mu m$ の範囲内、約 $450\mu m$ ～約 $650\mu m$ の範囲内、約 $500\mu m$ ～約 $650\mu m$ の範囲内、約 $250\mu m$ ～約 $600\mu m$ の範囲内、約 $300\mu m$ ～約 $600\mu m$ の範囲内、約 $350\mu m$ ～約 $600\mu m$ の範囲内、約 $400\mu m$ ～約 $600\mu m$ の範囲内、約 $450\mu m$ ～約 $600\mu m$ の範囲内、約 $500\mu m$ ～約 $600\mu m$ の範囲内、約 $250\mu m$ ～約 $550\mu m$ の範囲内、約 $300\mu m$ ～約 $550\mu m$ の範囲内、約 $350\mu m$ ～約 $550\mu m$ の範囲内、約 $400\mu m$ ～約 $550\mu m$ の範囲内、約 $450\mu m$ ～約 $550\mu m$ の範囲内、又は約 $500\mu m$ ～約 $550\mu m$ の範囲内とすることができる。

30

40

【0032】

[1074] いくつかの実施形態では、カソード120は、カソード集電体160及びカソード材料121を含む。カソード120のカソード集電体160は、上述したアノード110のアノード集電体150と実質的に同じであり、したがって、アノード集電体150の

50

堆積及び／又は被覆技術に関連して述べたのと同じ技術が、カソード集電体 160 の作製にも適用可能であることがある。いくつかの実施形態では、カソード集電体 160 は、約  $1\ \mu\text{m}$  ～ 約  $40\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、 $\text{CC160}$  は、約  $2\ \mu\text{m}$  ～ 約  $38\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、 $\text{CCC160}$  は、約  $2\ \mu\text{m}$  ～ 約  $36\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、 $\text{CCC160}$  は、約  $2\ \mu\text{m}$  ～ 約  $34\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、 $\text{CCC160}$  は、約  $2\ \mu\text{m}$  ～ 約  $32\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、 $\text{CCC160}$  は、約  $2\ \mu\text{m}$  ～ 約  $30\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、 $\text{CCC160}$  は、約  $2\ \mu\text{m}$  ～ 約  $28\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、 $\text{CCC160}$  は、約  $2\ \mu\text{m}$  ～ 約  $26\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、 $\text{CCC160}$  は、約  $2\ \mu\text{m}$  ～ 約  $24\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、 $\text{CCC160}$  は、約  $2\ \mu\text{m}$  ～ 約  $22\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、 $\text{CCC160}$  は、約  $2\ \mu\text{m}$  ～ 約  $20\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、 $\text{CCC160}$  は、約  $2\ \mu\text{m}$  ～ 約  $18\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、 $\text{CCC160}$  は、約  $3\ \mu\text{m}$  ～ 約  $16\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、 $\text{CCC160}$  は、約  $4\ \mu\text{m}$  ～ 約  $14\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、 $\text{CCC160}$  は、約  $5\ \mu\text{m}$  ～ 約  $12\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、 $\text{CCC160}$  は、約  $6\ \mu\text{m}$  ～ 約  $10\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、 $\text{CCC160}$  は、約  $7\ \mu\text{m}$  ～ 約  $8\ \mu\text{m}$  の範囲の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、 $\text{CCC160}$  は、以下の値の間の厚さも全て含めて、約  $1\ \mu\text{m}$  未満、約  $2\ \mu\text{m}$  未満、約  $3\ \mu\text{m}$  未満、約  $4\ \mu\text{m}$  未満、約  $5\ \mu\text{m}$  未満、約  $6\ \mu\text{m}$  未満、約  $7\ \mu\text{m}$  未満、約  $8\ \mu\text{m}$  未満、約  $9\ \mu\text{m}$  未満、約  $10\ \mu\text{m}$  未満、約  $11\ \mu\text{m}$  未満、約  $12\ \mu\text{m}$  未満、約  $13\ \mu\text{m}$  未満、約  $14\ \mu\text{m}$  未満、約  $15\ \mu\text{m}$  未満、約  $16\ \mu\text{m}$  未満、約  $17\ \mu\text{m}$  未満、約  $18\ \mu\text{m}$  未満、約  $19\ \mu\text{m}$  未満、約  $20\ \mu\text{m}$  未満、約  $21\ \mu\text{m}$  未満、約  $22\ \mu\text{m}$  未満、約  $23\ \mu\text{m}$  未満、約  $24\ \mu\text{m}$  未満、約  $25\ \mu\text{m}$  未満、約  $26\ \mu\text{m}$  未満、約  $27\ \mu\text{m}$  未満、約  $28\ \mu\text{m}$  未満、約  $29\ \mu\text{m}$  未満、約  $30\ \mu\text{m}$  未満、約  $31\ \mu\text{m}$  未満、約  $32\ \mu\text{m}$  未満、約  $33\ \mu\text{m}$  未満、約  $34\ \mu\text{m}$  未満、約  $35\ \mu\text{m}$  未満、約  $36\ \mu\text{m}$  未満、約  $37\ \mu\text{m}$  未満、約  $38\ \mu\text{m}$  未満、約  $39\ \mu\text{m}$  未満、及び約  $40\ \mu\text{m}$  未満の厚さを有することができる。

### 【0033】

[1075] カソード 120 のカソード材料 121 は、例えば、ニッケルコバルトアルミニウム (NCA)、コアシエルグラジエント (CSG)、スピネル系リチウムイオン (LMO)、リン酸鉄リチウム (LFP)、コバルト系リチウムイオン (LCO) 及びニッケルコバルトマンガン (NCM) とすることができる。いくつかの実施形態では、カソード材料 121 は、ニッケル水素 (NiMH) バッテリ及びニッケルカドミウム (NiCd) バッテリで使用されるような、当業者には既知の固体化合物を含むことができる。いくつかの実施形態では、カソード材料 121 は、 $\text{D-NaFeO}_2$  (いわゆる「層状化合物」) 又は斜方  $\text{LiMnO}_2$  構造型を有するもの、あるいは異なる結晶対称性、原子秩序又は金属もしくは酸素の部分置換を有するそれらの誘導体など、秩序岩塩化合物  $\text{LiMO}_2$  の一般族を含むことができる。M は、少なくとも 1 つの第 1 列遷移金属を含むが、これらに限定されるわけではないが Al、Ca、Mg 又は Zr などの非遷移金属を含むこともある。このような化合物の例は、 $\text{LiCoO}_2$ 、Mg がドーブされた  $\text{LiCoO}_2$ 、 $\text{LiNiO}_2$ 、 $\text{Li}(\text{Ni}, \text{Co}, \text{Al})\text{O}_2$  (「NCA」と呼ばれる) 及び  $\text{Li}(\text{Ni}, \text{Mn}, \text{Co})\text{O}_2$  (「NMC」又は「NCM」と呼ばれる) を含む。他の族の例示的なカソード材料 121 は、 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  及びその誘導体などスピネル構造を有するもの、その構造が秩序岩塩及びスピネル秩序を有するナノスコピック領域を含むいわゆる「層状スピネルナノ複合体」、カンラン石  $\text{LiMPO}_4$  (M は Mn、Fe、Co 又は Ni のうちの 1 つ又は複数をを含む) 及びその誘導体、 $\text{LiVPO}_4\text{F}$  などの部分フッ化合物、以下に述べるその他の「ポリアニオン

化合物、ならびに  $V_2O_5$  及び  $V_6O_{11}$  などの酸化バナジウム  $V_xO_y$  を含むことができる。

#### 【0034】

[1076] いくつかの実施形態では、カソード材料 121 は、例えば米国特許第 7338734 号に記載されるような遷移金属ポリアニオン化合物を含む。いくつかの実施形態では、カソード材料 121 は、アルカリ金属遷移金属酸化物又はリン酸塩を含み、例えば、この化合物は、 $A_x(M'_{1-a}M''_a)_y(XD_4)_z$ 、 $A_x(M'_{1-a}M''_a)_y(DXD_4)_z$  又は  $A_x(M'_{1-a}M''_a)_y(X_2D_7)_z$  という組成を有し、 $x+y(1-a)x(M'$  の 1 つ又は複数の形式原子価)  $+ ya x(M''$  の 1 つ又は複数の形式原子価) が、 $z x(XD_4, X_2D_7$  又は  $DXD_4$  族の形式原子価) に等しくなるような値を有する、あるいはこの化合物は、 $(A_{1-a}M''_a)_xM'_y(XD_4)_z$ 、 $(A_{1-a}M''_a)_xM'_y(DXD_4)_z$  又は  $(A_{1-a}M''_a)_xM'_y(X_2D_7)_z$  という組成を有し、 $(1-a)x+(量ax)x(M''$  の 1 つ又は複数の形式原子価)  $+ y x(M'$  の 1 つ又は複数の形式原子価) が、 $z x(XD_4, X_2D_7$  又は  $DXD_4$  族の形式原子価) に等しくなるような値を有する。この化合物において、A は、アルカリ金属及び水素のうちの少なくとも 1 つであり、M' は、第 1 列遷移金属であり、X は、リン、硫黄、ヒ素、モリブデン及びタングステンのうちの少なくとも 1 つであり、M'' は、IIA 族、IIIA 族、IVA 族、VA 族、VIA 族、VIIA 族、VIIIA 族、IB 族、IIB 族、IIIB 族、IVB 族、VB 族、及びVIB 族金属のうちのいずれかであり、D は、酸素、窒素、炭素又はハロゲンのうちの少なくとも 1 つである。カソード材料 121 は、カンラン石構造化合物  $LiMPO_4$  とすることができ、ここで、M は、V、Cr、Mn、Fe、Co 及び Ni のうちの 1 つ又は複数であり、この化合物は、任意選択で、Li、M 又は O の位置でドーピングされる。Li 位置における欠陥は、金属又はメタロイドの添加によって補償され、O 位置における欠陥は、ハロゲンの添加によって補償される。いくつかの実施形態では、カソード材料 121 は、カンラン石構造と化学式  $(Li_{1-x}Z_x)MPO_4$  を有する、熱的に安定な遷移金属ドーブリチウム遷移金属リン酸塩を含む。ここで、M は、V、Cr、Mn、Fe、Co 及び Ni のうちの 1 つ又は複数であり、Z は、Ti、Zr、Nb、Al 又は Mg のうちの 1 つ又は複数などの非アルカリ金属ドーパントであり、x は、0.005 ~ 0.05 の範囲である。

#### 【0035】

[1077] 他の実施形態では、リチウム遷移金属リン酸塩材料は、 $Li_{1-x-z}M_{1+z}PO_4$  という全体の組成を有し、ここで、M は、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co 及び Ni からなる一群から選択される少なくとも 1 つの第 1 列遷移金属であり、x は、0 ~ 1 であり、z は、正でも負でもよい。M は Fe を含み、z は、約 0.15 ~ 0.15 の間である。この材料は、 $0 < x < 0.15$  の組成範囲の固溶体を呈することができる、又は 0 から少なくとも約 0.05 の間の x の組成範囲で、安定した固溶体を呈することができる、又は室温 (22 ~ 25 °C) で 0 から少なくとも 0.07 の間の x の組成範囲で安定した固溶体を呈することができる。この材料は、例えば x = 0.8、又は x = 0.9、又は x = 0.95 など、リチウムの乏しいレジームで固溶体を呈することもある。

#### 【0036】

[1078] いくつかの実施形態では、カソード材料 121 は、置換又は変換反応を受けることによってアルカリイオンを貯蔵する金属塩を含む。このような化合物の例は、Li と反応すると置換又は変換反応を起こして、 $Li_2O$  と、より還元された酸化物の形態又はその金属の形態の金属成分との混合物を形成し、リチウムバッテリーでは通常は不電極として使用される、 $CoO$ 、 $Co_3O_4$ 、 $NiO$ 、 $CuO$  及び  $MnO$  などの金属酸化物を含む。他の例は、置換又は変換反応を起こして  $LiF$  及び還元された金属成分を形成する、 $CuF_2$ 、 $FeF_2$ 、 $FeF_3$ 、 $BiF_3$ 、 $CoF_2$  及び  $NiF_2$  などの金属フッ化物を含む。このようなフッ化物は、リチウムバッテリーでは、正電極として使用することができる。他の実施形態では、カソード材料 121 は、一フッ化炭素又はその誘導体を含む。いくつかの実施形態では、置換又は変換反応を起こすカソード材料 121 は、100 ナノメートル

ル以下の平均寸法を有する粒子の形態をしている。いくつかの実施形態では、置換又は変換反応を起こすカソード材料 1 2 1 は、これらに限定されるわけではないが、炭素、又は金属、又は金属硫化物のような導電性で比較的延性のある化合物などの不活性ホストと混合したカソード材料 1 2 1 のナノ複合物を含む。FeS<sub>2</sub> 及び FeF<sub>3</sub> も、非水又は水性のリチウム系で安価な導電性のカソード材料 1 2 1 として使用することができる。いくつかの実施形態では、CF<sub>x</sub> 電極、FeS<sub>2</sub> 電極、又は MnO<sub>2</sub> 電極が、リチウムバッテリーを作製するためにリチウム金属の負電極と共に使用される正カソード材料である。いくつかの実施形態では、このようなバッテリーは、一次電池である。いくつかの実施形態では、このようなバッテリーは、蓄電池である。

【0037】

10

[1079] いくつかの実施形態では、カソード材料 1 2 1 で働く動作イオンは、Li<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、H<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Al<sup>3+</sup>、又は Ca<sup>2+</sup> からなる一群から選択される。いくつかの実施形態では、動作イオンは、Li<sup>+</sup> 又は Na<sup>+</sup> からなる一群から選択される。いくつかの実施形態では、カソード材料 1 2 1 は、イオン貯蔵化合物などの固体を含む。いくつかの実施形態では、このイオンは、陽子又はヒドロキシリオンであり、カソード材料 1 2 1 は、ニッケルカドミウムバッテリー又はニッケル水素バッテリーで使用されるそれらのイオンを含む。いくつかの実施形態では、このイオンは、リチウムであり、カソード材料 1 2 1 は、CuF<sub>2</sub>、FeF<sub>2</sub>、FeF<sub>3</sub>、BiF<sub>3</sub>、CoF<sub>2</sub>、及び NiF<sub>2</sub> などの金属フッ化物からなる一群から選択される。

【0038】

20

[1080] いくつかの実施形態では、このイオンは、リチウムであり、カソード材料 1 2 1 は、CoO、Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>、NiO、CuO、及び MnO などの金属酸化物からなる一群から選択される。

【0039】

[1081] いくつかの実施形態では、このイオンは、リチウムであり、カソード材料 1 2 1 は、化学式 (Li<sub>1-x</sub>Z<sub>x</sub>)MPO<sub>4</sub> を有する化合物から選択される層間化合物を含む。ここで、M は、V、Cr、Mn、Fe、Co 及び Ni のうちの 1 つ又は複数であり、Z は、Ti、Zr、Nb、Al、又は Mg のうちの 1 つ又は複数などの非アルカリ金属ドーパントであり、x は、0.005 ~ 0.05 の範囲である。

【0040】

30

[1082] いくつかの実施形態では、イオンは、リチウムであり、カソード材料 1 2 1 は、化学式 LiMPO<sub>4</sub> を有する化合物から選択される層間化合物を含む。ここで、M は、V、Cr、Mn、Fe、Co 及び Ni のうちの 1 つ又は複数であり、この化合物は、任意選択で Li、M 又は O の位置でドーピングされる。

【0041】

[1083] いくつかの実施形態では、イオンは、リチウムであり、カソード材料 1 2 1 は、 $A_x(M'_{1-a}M''_a)_y(XD_4)_z$ 、 $A_x(M'_{1-a}M''_a)_y(DXD_4)_z$ 、及び  $A_x(M'_{1-a}M''_a)_y(X_2D_7)_z$  からなる一群から選択される層間化合物を含む。ここで、 $x + y(1-a)x(M' \text{ の 1 つ又は複数の形式原子価 }) + ya \times (M'' \text{ の 1 つ又は複数の形式原子価 })$  は、 $z \times (XD_4、X_2D_7 \text{ 又は } DXD_4 \text{ 族の形式原子価 })$  に等しく、A は、アルカリ金属及び水素のうちの少なくとも 1 つであり、M' は、第 1 列遷移金属であり、X は、リン、硫黄、ヒ素、モリブデン及びタングステンのうちの少なくとも 1 つであり、M'' は、IIA 族、IIIA 族、IVA 族、VA 族、VIA 族、VIIA 族、VIII 族、IIB 族、IIIB 族、IVB 族、VB 族、及び VIB 族金属のうちのいずれかであり、D は、酸素、窒素、炭素又はハロゲンのうちの少なくとも 1 つである。

40

【0042】

[1084] いくつかの実施形態では、このイオンは、リチウムであり、カソード材料 1 2 1 は、 $(A_{1-a}M''_a)_xM'_y(XD_4)_z$ 、 $(A_{1-a}M''_a)_xM'_y(DXD_4)_z$  及び  $(A_{1-a}M''_a)_xM'_y(X_2D_7)_z$  からなる一群から選択される層間化

50



合物を含む。ここで、 $(1 - a) \times + (\text{量 } a \times) \times (M'' \text{ の } 1 \text{ つ又は複数の形式原子価}) + y \times (M' \text{ の } 1 \text{ つ又は複数の形式原子価})$  は、 $z \times (XD_4、X_2D_7 \text{ 又は } DXD_4 \text{ 族の形式原子価})$  に等しく、A は、アルカリ金属及び水素のうちの少なくとも 1 つであり、M' は、第 1 列遷移金属であり、X は、リン、硫黄、ヒ素、モリブデン及びタングステンのうちの少なくとも 1 つであり、M'' は、IIA 族、IIIA 族、IVA 族、VA 族、VIA 族、VIIA 族、VIII A 族、IIIB 族、IIB 族、IIIB 族、IVB 族、VB 族、及びVIB 族金属のうちのいずれかであり、D は、酸素、窒素、炭素又はハロゲンのうちの少なくとも 1 つである。

#### 【0043】

[1085] いくつかの実施形態では、このイオンは、リチウムであり、カソード材料 121 は、 $-NaFeO_2$  及び斜方  $LiMnO_2$  構造型を有するもの、あるいは異なる結晶対称性、原子秩序又は金属もしくは酸素の部分置換を有するそれらの誘導体などの秩序岩塩化合物  $LiMO_2$  からなる一群から選択される層間化合物を含む。ここで、M は、少なくとも 1 つの第 1 列遷移金属を含むが、これらに限定されるわけではないが Al、Ca、Mg 又は Zr などの非遷移金属を含むこともある。

10

#### 【0044】

[1086] いくつかの実施形態では、カソード材料 121 は、非晶質炭素、無秩序炭素、黒鉛状炭素、あるいは金属被覆又は金属装飾された炭素などの固体を含む。

#### 【0045】

[1087] いくつかの実施形態では、カソード材料 121 は、例えばナノワイヤ、ナノロッド及びナノテトラポッドなどのナノ構造を含む固体を含むことができる。

20

#### 【0046】

[1088] いくつかの実施形態では、カソード材料 121 は、有機レドックス化合物などの固体を含む。

#### 【0047】

[1089] いくつかの実施形態では、カソード材料 121 は、 $-NaFeO_2$  及び斜方  $LiMnO_2$  構造型を有するもの、あるいは異なる結晶対称性、原子秩序又は金属もしくは酸素の部分置換を有するそれらの誘導体などの秩序岩塩化合物  $LiMO_2$  からなる一群から選択される固体を含む。ここで、M は、少なくとも 1 つの第 1 列遷移金属を含むが、これらに限定されるわけではないが Al、Ca、Mg 又は Zr などの非遷移金属を含むこともある。

30

#### 【0048】

[1090] いくつかの実施形態では、カソード材料 121 は、 $A_x (M'_{1-a} M''_a)_y (XD_4)_z$ 、 $A_x (M'_{1-a} M''_a)_y (DXD_4)_z$ 、及び  $A_x (M'_{1-a} M''_a)_y (X_2D_7)_z$  からなる一群から選択される固体を含むことができる。ここで、 $x + y (1 - a) \times + (\text{量 } a \times) \times (M'' \text{ の } 1 \text{ つ又は複数の形式原子価}) + y a \times (M' \text{ の } 1 \text{ つ又は複数の形式原子価})$  は、 $z \times (XD_4、X_2D_7 \text{ 又は } DXD_4 \text{ 族の形式原子価})$  に等しく、A は、アルカリ金属及び水素のうちの少なくとも 1 つであり、M' は、第 1 列遷移金属であり、X は、リン、硫黄、ヒ素、モリブデン及びタングステンのうちの少なくとも 1 つであり、M'' は、IIA 族、IIIA 族、IVA 族、VA 族、VIA 族、VIIA 族、VIII A 族、IIIB 族、IIB 族、IIIB 族、IVB 族、VB 族、及びVIB 族金属のうちのいずれかであり、D は、酸素、窒素、炭素又はハロゲンのうちの少なくとも 1 つである。

40

#### 【0049】

[1091] いくつかの実施形態では、カソード材料 121 は、 $LiMn_2O_4$  及びその誘導体、その構造が秩序岩塩及びスピネル秩序を有するナノスコピック領域を含む層状スピネルナノ複合体、これに限定されるわけではないが  $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$  など、4.3 V を超える電位 (vs.  $Li/Li^+$ ) を有するいわゆる「高電圧スピネル」、カンラン石  $LiMPO_4$  (M は Mn、Fe、Co 又は Ni のうちの 1 つ又は複数を含む) 及びその誘導体、 $LiVPO_4F$  などの部分フッ化化合物、その他の「ポリアニオン」化合物、ならびに  $V_2O_5$  及び  $V_6O_{11}$  などの酸化バナジウム  $V_xO_y$  からなる一群から選択

50

される化合物を含むことができる。

【0050】

[1092] いくつかの実施形態では、カソード材料121の厚さは、以下の値の間の全ての範囲又はその他の任意の距離も全て含めて、約250 $\mu$ m～約2000 $\mu$ mの範囲内、約300 $\mu$ m～約2000 $\mu$ mの範囲内、約350 $\mu$ m～約2000 $\mu$ mの範囲内、約400 $\mu$ m～約2000 $\mu$ mの範囲内、約450 $\mu$ m～約2000 $\mu$ mの範囲内、約500 $\mu$ m～約2000 $\mu$ mの範囲内、約250 $\mu$ m～約1500 $\mu$ mの範囲内、約300 $\mu$ m～約1500 $\mu$ mの範囲内、約350 $\mu$ m～約1500 $\mu$ mの範囲内、約400 $\mu$ m～約1500 $\mu$ mの範囲内、約450 $\mu$ m～約1500 $\mu$ mの範囲内、約500 $\mu$ m～約1500 $\mu$ mの範囲内、約250 $\mu$ m～約1000 $\mu$ mの範囲内、約300 $\mu$ m～約1000 $\mu$ mの範囲内、約350 $\mu$ m～約1000 $\mu$ mの範囲内、約400 $\mu$ m～約1000 $\mu$ mの範囲内、約450 $\mu$ m～約1000 $\mu$ mの範囲内、約500 $\mu$ m～約1000 $\mu$ mの範囲内、約250 $\mu$ m～約750 $\mu$ mの範囲内、約300 $\mu$ m～約750 $\mu$ mの範囲内、約350 $\mu$ m～約750 $\mu$ mの範囲内、約400 $\mu$ m～約750 $\mu$ mの範囲内、約450 $\mu$ m～約750 $\mu$ mの範囲内、約500 $\mu$ m～約750 $\mu$ mの範囲内、約250 $\mu$ m～約700 $\mu$ mの範囲内、約300 $\mu$ m～約700 $\mu$ mの範囲内、約350 $\mu$ m～約700 $\mu$ mの範囲内、約400 $\mu$ m～約700 $\mu$ mの範囲内、約450 $\mu$ m～約700 $\mu$ mの範囲内、約500 $\mu$ m～約700 $\mu$ mの範囲内、約250 $\mu$ m～約650 $\mu$ mの範囲内、約300 $\mu$ m～約650 $\mu$ mの範囲内、約350 $\mu$ m～約650 $\mu$ mの範囲内、約400 $\mu$ m～約650 $\mu$ mの範囲内、約450 $\mu$ m～約650 $\mu$ mの範囲内、約500 $\mu$ m～約650 $\mu$ mの範囲内、約250 $\mu$ m～約600 $\mu$ mの範囲内、約300 $\mu$ m～約600 $\mu$ mの範囲内、約350 $\mu$ m～約600 $\mu$ mの範囲内、約400 $\mu$ m～約600 $\mu$ mの範囲内、約450 $\mu$ m～約600 $\mu$ mの範囲内、約500 $\mu$ m～約600 $\mu$ mの範囲内、約250 $\mu$ m～約550 $\mu$ mの範囲内、約300 $\mu$ m～約550 $\mu$ mの範囲内、約350 $\mu$ m～約550 $\mu$ mの範囲内、約400 $\mu$ m～約550 $\mu$ mの範囲内、約450 $\mu$ m～約550 $\mu$ mの範囲内、又は約500 $\mu$ m～約550 $\mu$ mの範囲内とすることができる。

【0051】

[1093] いくつかの実施形態では、アノード材料又はカソード材料のうちの少なくとも一方は、半固体、又は濃縮イオン貯蔵液体反応物質を含む。「半固体」は、その材料が、例えば半固体の粒子懸濁液、コロイド懸濁液、乳濁液、ゲル又はミセルなど、液相と固相の混合物であることを意味する。「濃縮イオン貯蔵液体」又は「濃縮液体」は、その液体が、水性フローセルのカソード液又はアノード液の場合のような単なる溶剤ではなく、その液体自体がレドックス活性を有することを意味する。このような液体形態は、希釈液又は溶剤である別の非レドックス活性液体によって希釈すること、又はそれと混合することができる、例えばこのような希釈液と混合して、イオン貯蔵液体など、より低融点の液相、乳濁液又はミセルを形成することもできる。カソード又はアノード材料は、流動性のある半固体又は濃縮液体組成物とすることができる。流動性のアノードの半固体（本明細書では「アノード液」と呼ぶ）及び/又は流動性のカソードの半固体（「カソード液」）は、電気化学的に活性な作用物質（アノード粒子及び/又はカソード粒子）及び任意選択で導電性粒子の懸濁液で構成される。カソード粒子及び導電性粒子は、電解質内で共に懸濁して、カソード液の半固体を生成する。アノード粒子及び導電性粒子は、電解質内で共に懸濁して、アノード液の半固体を生成する。これらの半固体は、印加圧力、重力、又はその他の半固体に力を及ぼす場によって、また任意選択で機械的振動の助けにより、流れることができる。半固体懸濁液を利用するバッテリーアーキテクチャの例は、参照によりその開示の全体を本明細書に組み込む、「Stationary, Fluid Redox Electrode」と題する国際特許公開WO2012/024499、及び「Semi-Solid Filled Battery and Method of Manufacture」と題する国際特許公開WO2012/088442に記載されている。

【0052】

[1094] いくつかの実施形態では、セパレータ130は、カソード120をアノード11

10

20

30

40

50

0 から電氣的に分離するが、放電及び充電中に 2 つの電極の間で孔を通してイオンを通過させることはできる、薄い微孔性膜とすることができる。いくつかの実施形態では、セパレータ 130 は、特にポリオレフィン、ポリ塩化ビニル、ナイロン、フルオロカーボン、及びポリスチレンなどの熱可塑性ポリマーを含む。いくつかの実施形態では、セパレータ 130 は、例えばポリエチレン、超高分子量ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリブテン、ポリメチルペンテン、ポリイソブレン、それらの共重合体、及びそれらの組合せを含むポリオレフィン材料を含む。例示的な組合せは、これらに限定されるわけではないが、ポリエチレン、超高分子量ポリエチレン、及びポリプロピレンのうちの 2 つ以上を含む混合物、ならびに上記のものとエチレンブテン共重合体及びエチレンヘキセン共重合体などの共重合体との混合物を含み得る。

10

#### 【0053】

[1095] いくつかの実施形態では、バッテリー 100 は、実質的にパウチ 140 内に収容される電解質（図 1A には図示せず）をさらに含む。電解質は、溶剤中のリチウム塩（リチウムイオンバッテリーの場合）又はナトリウム塩（ナトリウムイオンバッテリーの場合）などの非水電解質を含むことができる。例示的なリチウム塩は、特に  $\text{LiPF}_6$ 、 $\text{LiBF}_4$ 、及び  $\text{LiClO}_4$  を含み得る。例示的なナトリウム塩は、 $\text{NaClO}_4$ 、 $\text{NaPF}_6$  及びビス（トリフルオロメタンスルホンイミド）ナトリウム（Na-TFSI）を含む。例示的な溶剤は、炭酸プロピレン（PC）、炭酸エチレン（EC）、炭酸ジメチル（DMC）、ジメトキシエタン（DME）、炭酸ジエチル（DEC）、テトラヒドロフラン（THF）、及びトリエチレングリコールジメチルエーテル（Tri glyme）を含む。

20

#### 【0054】

[1096] 図 1A に示すバッテリーセル 100 のパウチ 140 は、実質的に、アノード 110、カソード 120、セパレータ 130、及び電解質（図示せず）を収容する。パウチ 140 は、バッテリーセル 100 を隣接するセルから物理的に分離して、欠陥伝搬を軽減又は解消し、バッテリー製造中のバッテリーセル 100 の取扱いを容易にすることができる。パウチ 140 は、火花を生じることがあるバッテリー製造において行われ得る溶接プロセス中の可燃性電解質の点火の可能性を低下させることもできる。

#### 【0055】

[1097] いくつかの実施形態では、アノード 110、カソード 120、セパレータ 130 及び電解質（図示せず）は、（例えば真空密封によって）パウチ 140 内に完全に密封される。いくつかの実施形態では、パウチ 140 は、部分的にしか密封されない、又は全く密封されないこともある。いくつかの実施形態では、パウチ 140 の周囲を密封して、アノード 110、カソード 120、セパレータ 130 及び電解質を封入することもできる。いくつかの実施形態では、パウチ 140 のシールは、アノード 110、カソード 120、セパレータ 130 及び電解質を実質的に封入することができる。いくつかの実施形態では、パウチ 140 のシールは、密封領域を有し、この密封領域は、以下の値の間の全ての幅及び幅範囲を含めて、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $10\text{ mm}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $9\text{ mm}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $8\text{ mm}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $7\text{ mm}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $6\text{ mm}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $5\text{ mm}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $4\text{ mm}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $3\text{ mm}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $2\text{ mm}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $1\text{ mm}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $900\text{ }\mu\text{m}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $800\text{ }\mu\text{m}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $700\text{ }\mu\text{m}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $600\text{ }\mu\text{m}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $500\text{ }\mu\text{m}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $400\text{ }\mu\text{m}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $300\text{ }\mu\text{m}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $200\text{ }\mu\text{m}$  の範囲、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $100\text{ }\mu\text{m}$  の範囲、及び約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $50\text{ }\mu\text{m}$  の範囲の幅を有する。

30

40

#### 【0056】

[1098] いくつかの実施形態では、パウチ 140 の密封領域は、パウチ 140 の外側縁部から特定の距離のところにある。いくつかの実施形態では、密封領域と外側縁部との距離は、以下の値の間の全ての距離及び距離範囲を含めて、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $20\text{ mm}$ 、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $15\text{ mm}$ 、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $10\text{ mm}$ 、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $5\text{ mm}$ 、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $4\text{ mm}$ 、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $3\text{ mm}$ 、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $2\text{ mm}$ 、約  $10\text{ }\mu\text{m}$  ~ 約  $1\text{ mm}$ 、約  $10$

50

$\mu\text{m}$  ~ 約 900  $\mu\text{m}$ 、約 10  $\mu\text{m}$  ~ 約 800  $\mu\text{m}$ 、約 10  $\mu\text{m}$  ~ 約 700  $\mu\text{m}$ 、約 10  $\mu\text{m}$  ~ 約 600  $\mu\text{m}$ 、約 10  $\mu\text{m}$  ~ 約 500  $\mu\text{m}$ 、約 10  $\mu\text{m}$  ~ 約 400  $\mu\text{m}$ 、約 10  $\mu\text{m}$  ~ 約 300  $\mu\text{m}$ 、約 10  $\mu\text{m}$  ~ 約 200  $\mu\text{m}$ 、約 10  $\mu\text{m}$  ~ 約 100  $\mu\text{m}$ 、及び約 10  $\mu\text{m}$  ~ 約 50  $\mu\text{m}$  とすることができる。

【0057】

[1099] いくつかの実施形態では、パウチ 140 の密封領域は、アノード 110 及びカソード 120 のうちの少なくとも一方の最外縁部から特定の距離のところにある。いくつかの実施形態では、密封領域とアノード 110 及びカソード 120 のうちの少なくとも一方の最外縁部との間の距離は、以下の値の間の全ての距離及び距離範囲を含めて、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 10 mm、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 9 mm、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 8 mm、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 7 mm、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 6 mm、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 5 mm、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 4 mm、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 3 mm、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 2 mm、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 1 mm、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 900  $\mu\text{m}$ 、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 800  $\mu\text{m}$ 、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 700  $\mu\text{m}$ 、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 600  $\mu\text{m}$ 、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 500  $\mu\text{m}$ 、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 400  $\mu\text{m}$ 、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 300  $\mu\text{m}$ 、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 200  $\mu\text{m}$ 、約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 100  $\mu\text{m}$ 、及び約 1  $\mu\text{m}$  ~ 約 50  $\mu\text{m}$  とすることができる。

【0058】

[1100] いくつかの実施形態では、セパレータ 130 は、アノード 110 及びカソード 120 のうちの少なくとも一方より大きい。いくつかの実施形態では、セパレータ 130 は、アノード集電体 150 及びカソード集電体 160 のうちの少なくとも一方より大きい。いくつかの実施形態では、セパレータ 130 は、アノード材料 111 及びカソード材料 121 のうちの少なくとも一方より大きい。いくつかの実施形態では、セパレータ 130 は、アノード 110、カソード 120、アノード材料 111、カソード材料 121、ACC 150 及び CCC 160 のうちの少なくとも 1 つを超えて延び、したがって、パウチ 140 で密封領域の内側で密封することができる。換言すれば、セパレータ 130 は、パウチ 140 の密封領域の中まで延び、アノード 110 とカソード 120 とを効果的に分離する。いくつかの実施形態では、セパレータ 130 は、パウチ 140 の密封領域の中まで延び、アノード 110 とカソード 120 とを完全に分離する。いくつかの実施形態では、セパレータ 130 は、パウチ 140 の密封領域の中に部分的に延び、アノード 110 とカソード 120 とを部分的に分離する。いくつかの実施形態では、セパレータ 130 は、パウチ 140 の密封領域の複数の位置まで延び、それらの位置でアノード 110 とカソード 120 とを効果的に分離する。例えば、アノード 110 及びカソード 120 のうちの少なくとも一方が外部電気接続を行うためのタブ接続を有する場合には、セパレータ 130 は、パウチ 140 のタブ接続部の周りの位置及び領域までは延びないことがある。いくつかの実施形態では、パウチ 140 の密封領域内に延びるセパレータ 130 が到達する複数の位置及び領域のうちの 1 つ又は複数を使用して、シングルパウチバッテリーセル 100 に機能的な目的のための 1 つ又は複数の構造を形成することができる。例えば、機能的な目的は、過充電、ガス生成、又はある形態の電気化学的誤動作による圧力発生時の圧力解放又は圧力軽減の形態であることもある。同様に、いくつかの実施形態では、パウチ 140 の密封領域内でセパレータ 130 が到達しない複数の位置又は領域のうちの 1 つ又は複数を使用して、シングルパウチバッテリーセル 100 内に機能的な目的のための 1 つ又は複数の構造を形成することもできる。

【0059】

[1101] これらの実施形態では、パウチ 140 は、電解質に点火するおそれがある（例えば溶接プロセスによる）火花の発生に曝される可能性を依然として低下させる、又は解消することができる。溶接プロセスの後で、最終密封工程を実行して、1 つ又は複数のシングルパウチバッテリーセルを外部パウチ又はパッケージ内に密封することができ、この場合には、外部パウチ又はパッケージは、湿気制御の機能を果たすことができる。いくつかの実施形態では、パウチ 140 は、カソード 120 及び / 又はアノード 110 に機械的に取り付けられる。いくつかの実施形態では、パウチ 140 は、例えばヒートシール、糊付け、又は当業者で既知のその他の任意の方法によって、カソード 120 の集電体及び / 又は

アノード 1 1 0 の集電体に取り付けられる。

【 0 0 6 0 】

[1102] いくつかの実施形態では、パウチ 1 4 0 は、3 層構造を含む、すなわち外側層と内側層によって挟まれた中間層を含み、内側層は、電極及び電解質と接触している。例えば、外側層は、ナイロン系ポリマーフィルムを含むことができる。内側層は、酸又はその他の電解質に対して耐腐食性に、かつ電解質溶剤に不溶性にすることができるポリプロピレン (PP) ポリマーフィルムを含むことができる。中間層は、アルミニウム (A l) 箔を含むことができる。この構造により、パウチは、高い機械的可撓性及び強度を両方とも有することができる。

【 0 0 6 1 】

[1103] いくつかの実施形態では、パウチ 1 4 0 の外側層は、ポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリブチレンテレフタレート (PBT)、ナイロン、高密度ポリエチレン (HDP E)、配向ポリプロピレン (o-PP)、ポリ塩化ビニル (PVC)、ポリイミド (PI)、ポリスルホン (PSU) 及びそれらの任意の組合せなどのポリマー材料を含む。

【 0 0 6 2 】

[1104] いくつかの実施形態では、パウチ 1 4 0 の中間層は、アルミニウム (A l)、銅 (C u)、ステンレス鋼 (SUS)、及びそれらの合金、又はそれらの任意の組合せから構成される金属層 (箔、基板、フィルムなど) を含む。

【 0 0 6 3 】

[1105] いくつかの実施形態では、パウチ 1 4 0 の内側層は、キャストポリプロピレン (c-PP)、ポリエチレン (PE)、エチレン酢酸ビニル (EVA)、P E T、ポリ酢酸ビニル (PVA)、ポリアミド (PA)、アクリル接着剤、紫外線 (UV) / 電子ビーム (EB) / 赤外線 (IR) 硬化性樹脂、及びそれらの任意の組合せなどの材料を含む。

【 0 0 6 4 】

[1106] いくつかの実施形態では、パウチ 1 4 0 は、例えばポリエーテルエーテルケトン (PEEK)、ポリエチレンナフタレート (PEN)、ポリエーテルスルフォン (PES)、P I、ポリフェニレンスルファイド (PPS)、ポリフェニレンオキシド (PPO)、及びそれらの任意の組合せなどの不燃性材料を含むことができる。いくつかの実施形態では、パウチ 1 4 0 は、難燃性 P E T など、難燃性添加材料のコーティング又はフィルムを含むことができる。

【 0 0 6 5 】

[1107] いくつかの実施形態では、パウチ 1 4 0 は、2 層構造を含む、すなわち外側層及び内側層を含む。いくつかの実施形態では、外側層は、上述の P E T、P B T 又はその他の材料を含むことができる。いくつかの実施形態では、内側層は、上述の P P、P E 又はその他の材料を含むことができる。

【 0 0 6 6 】

[1108] いくつかの実施形態では、パウチ 1 4 0 は、水遮断層及び / 又は気体遮断層を含むことができる。いくつかの実施形態では、遮断層は、金属層及び / 又は酸化物層を含むことができる。いくつかの実施形態では、酸化物層は絶縁性である傾向があり、バッテリー内の短絡を防止することができるので、酸化物層を含むと有利であることがある。

【 0 0 6 7 】

[1109] いくつかの実施形態では、パウチ 1 4 0 内には 1 つ (又は 2 つ) しかユニットセルアセンブリがないことがあり、パウチ 1 4 0 は、実質的に、マルチスタックバッテリーセルで一般に使用されるパウチより大幅に薄くすることができる。例えば、パウチ 1 4 0 は、2 0 0  $\mu$ m 未満、1 5 0  $\mu$ m 未満、1 0 0  $\mu$ m 未満、5 0  $\mu$ m 未満、4 5  $\mu$ m 未満、4 0  $\mu$ m 未満、3 5  $\mu$ m 未満、3 0  $\mu$ m 未満、2 5  $\mu$ m 未満、2 0  $\mu$ m 未満、1 8  $\mu$ m 未満、1 6  $\mu$ m 未満、1 4  $\mu$ m 未満、1 2  $\mu$ m 未満、1 0  $\mu$ m 未満、9  $\mu$ m 未満、8  $\mu$ m 未満、7  $\mu$ m 未満、6  $\mu$ m 未満、5  $\mu$ m 未満、4  $\mu$ m 未満、3  $\mu$ m 未満、2  $\mu$ m 未満、又は 1  $\mu$ m 未満の厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、パウチ 1 4 0 の厚さは、少なくとも 2 つの側面によって決まることがある。1 つの側面では、得られるセルにお

10

20

30

40

50

いて高エネルギー密度を実現することが望ましいことがあり、この場合には、より薄いパウチの方が、バッテリーセル内の空間のより大きな部分を電極材料用に確保することができるので、有用である可能性がある。別の側面では、パウチ１４０の安全性の利点を維持する、又は向上させることが望ましいことがある。この場合には、より厚いパウチ及び／又は不燃性パウチの方が、例えば火災危険を低減するために有用である可能性がある。いくつかの実施形態では、パウチの厚さは、バッテリーセルの全体積に対するパウチの材料が占める体積の比として定量化することができる。

#### 【００６８】

[1110] いくつかの実施形態では、集電体及び／又はパウチ１４０などの非電極材料に対する電極材料（例えばアノード材料１１１及び／又はカソード材料１２１）の比は、それらの厚さの比で定義することができる。いくつかの実施形態では、集電体に対する電極材料の比は、以下の値の間の全ての厚さの比も含めて、約１２：１、約１４：１、約１６：１、約１８：１、約２０：１、約２２：１、約２４：１、約２６：１、約２８：１、約３０：１、約３２：１、約３４：１、約３６：１、約３８：１、約４０：１、約４２：１、約４４：１、約４６：１、約４８：１、約５０：１、約５２：１、約５４：１、約５６：１、約５８：１、約６０：１、約６２：１、約６４：１、約６６：１、約６８：１、約７０：１、約７２：１、約７４：１、約７６：１、約７８：１、約８０：１、約８２：１、約８４：１、約８６：１、約８８：１、約９０：１、約９２：１、約９４：１、約９６：１、約９８：１、約１００：１、約１１０：１、約１１２：１、約１１４：１、約１１６：１、約１１８：１、約１２０：１、約１２２：１、約１２４：１、約１２６：１、約１２８：１、約１３０：１、約１３２：１、約１３４：１、約１３６：１、約１３８：１、約１４０：１、約１４２：１、約１４４：１、約１４６：１、約１４８：１、約１５０：１、約１５２：１、約１５４：１、約１５６：１、約１５８：１、約１６０：１、約１６２：１、約１６４：１、約１６６：１、約１６８：１、約１７０：１、約１７２：１、約１７４：１、約１７６：１、約１７８：１、約１８０：１、約１８２：１、約１８４：１、約１８６：１、約１８８：１、約１９０：１、約１９２：１、約１９４：１、約１９６：１、約１９８：１、約２００：１、約３００：１、約４００：１、約５００：１、約６００：１、約７００：１、約８００：１、約９００：１、約１０００：１、及び約２０００：１より大きくすることができる。

#### 【００６９】

[1111] いくつかの実施形態では、集電体でパウチ１４０を被覆して、結合厚さを形成することができる。これらの実施形態では、電極材料と集電体及びパウチ１４０の結合厚さとの間の比は、以下の値の間の全ての厚さの比も含めて、約１２：１、約１４：１、約１６：１、約１８：１、約２０：１、約２２：１、約２４：１、約２６：１、約２８：１、約３０：１、約３２：１、約３４：１、約３６：１、約３８：１、約４０：１、約４２：１、約４４：１、約４６：１、約４８：１、約５０：１、約５２：１、約５４：１、約５６：１、約５８：１、約６０：１、約６２：１、約６４：１、約６６：１、約６８：１、約７０：１、約７２：１、約７４：１、約７６：１、約７８：１、約８０：１、約８２：１、約８４：１、約８６：１、約８８：１、約９０：１、約９２：１、約９４：１、約９６：１、約９８：１、約１００：１、約１１０：１、約１１２：１、約１１４：１、約１１６：１、約１１８：１、約１２０：１、約１２２：１、約１２４：１、約１２６：１、約１２８：１、約１３０：１、約１３２：１、約１３４：１、約１３６：１、約１３８：１、約１４０：１、約１４２：１、約１４４：１、約１４６：１、約１４８：１、約１５０：１、約１５２：１、約１５４：１、約１５６：１、約１５８：１、約１６０：１、約１６２：１、約１６４：１、約１６６：１、約１６８：１、約１７０：１、約１７２：１、約１７４：１、約１７６：１、約１７８：１、約１８０：１、約１８２：１、約１８４：１、約１８６：１、約１８８：１、約１９０：１、約１９２：１、約１９４：１、約１９６：１、約１９８：１、約２００：１、約３００：１、約４００：１、約５００：１、約６００：１、約７００：１、約８００：１、約９００：１、約１０００：１、及び約２０００：１とすることができる。

## 【 0 0 7 0 】

[1112] いくつかの実施形態では、パウチ 1 4 0 は、より薄いより低コストの材料の層を 1 つ含む。例えば、これらの材料は、ポリプロピレン、あるいは熱又は圧力（例えば熱溶融又は真空密封）を使用して共に密封することができる複数のポリオレフィンの組合せとすることができる。

## 【 0 0 7 1 】

[1113] いくつかの実施形態では、パウチ 1 4 0 は、1 つのシングルパウチバッテリーセルから別のシングルパウチバッテリーセルへの火災危険の伝搬を防止するように難燃性材料の層を 1 つ含む。いくつかの実施形態では、パウチ 1 4 0 は、1 つのシングルパウチバッテリーセルから解放されるガスの別のシングルパウチバッテリーセルへの伝搬を防止し、それにより欠陥伝搬を低減させる、気密材料を含む。

10

## 【 0 0 7 2 】

[1114] 実際には、バッテリー 1 0 0 は、いくつかの利点を有することができる。例えば、このシングルパウチバッテリーセル手法（個別パッケージセル手法とも呼ぶ）は、半固体電極を含むバッテリーの製造に統合することができるので好都合である。個別パッケージセルを使用することにより、個々のスタックの取扱い及び処理が容易になる。また、電極スタックをパッケージングするときに発生する可能性がある変形から個々のスタックを保護する方法も提供される。

## 【 0 0 7 3 】

[1115] 1 つスタックについて 1 つのパウチを使用することの別の利点としては、電極材料又は電解質の金属汚染が回避されることが挙げられる。各シングルパウチバッテリーセルのパウチは、金属汚染物質（又はその他のタイプの汚染物質）が電極材料及び電解質に進入するのを防止することができる。

20

## 【 0 0 7 4 】

[1116] いくつかの実施形態では、1 つのパウチは、本明細書では「パッケージサイズ」とも呼ぶエネルギー容量を有することができる。いくつかの実施形態では、パッケージサイズは、約 0 . 1 A h ~ 約 4 0 A h のエネルギー容量を含む。いくつかの実施形態では、パッケージサイズは、約 0 . 5 A h ~ 約 3 5 A h のエネルギー容量を含む。いくつかの実施形態では、パッケージサイズは、約 1 A h ~ 約 3 0 A h のエネルギー容量を含む。いくつかの実施形態では、パッケージサイズは、約 1 . 5 A h ~ 約 2 5 A h のエネルギー容量を含む。いくつかの実施形態では、パッケージサイズは、約 2 A h ~ 約 2 0 A h のエネルギー容量を含む。いくつかの実施形態では、パッケージサイズは、約 2 . 5 A h ~ 約 1 5 A h のエネルギー容量を含む。いくつかの実施形態では、パッケージサイズは、約 3 A h ~ 約 1 0 A h のエネルギー容量を含む。いくつかの実施形態では、パッケージサイズは、約 3 A h ~ 約 8 A h のエネルギー容量を含む。いくつかの実施形態では、パッケージサイズは、約 3 A h ~ 約 6 A h のエネルギー容量を含む。いくつかの実施形態では、パッケージサイズは、約 3 A h ~ 約 5 A h のエネルギー容量を含む。いくつかの実施形態では、パッケージサイズは、約 0 . 1 A h ~ 約 5 A h のエネルギー容量を含む。いくつかの実施形態では、パッケージサイズは、約 0 . 1 A h ~ 約 4 A h のエネルギー容量を含む。いくつかの実施形態では、パッケージサイズは、約 0 . 1 A h ~ 約 3 A h のエネルギー容量を含む。いくつかの実施形態では、パッケージサイズは、約 0 . 1 A h ~ 約 2 A h のエネルギー容量を含む。いくつかの実施形態では、パッケージサイズは、約 0 . 1 A h ~ 約 1 A h のエネルギー容量を含む。いくつかの実施形態では、パッケージサイズは、以下の値の間の全てのエネルギー容量及び容量範囲を含めて、約 0 . 1 A h、約 0 . 2 A h、約 0 . 3 A h、約 0 . 4 A h、約 0 . 5 A h、約 0 . 6 A h、約 0 . 7 A h、約 0 . 8 A h、約 0 . 9 A h、約 1 A h、約 1 . 2 A h、約 1 . 4 A h、約 1 . 6 A h、約 1 . 8 A h、約 2 A h、約 2 . 2 A h、約 2 . 4 A h、約 2 . 6 A h、約 2 . 8 A h、約 3 A h、約 3 . 2 A h、約 3 . 4 A h、約 3 . 6 A h、約 3 . 8 A h、約 4 A h、約 4 . 2 A h、約 4 . 4 A h、約 4 . 6 A h、約 4 . 8 A h、約 5 A h、約 5 . 5 A h、約 6 A h、約 6 . 5 A h、約 7 A h、約 7 . 5 A h、約 8 A h、約 8 . 5 A h、約 9 A h、約 9 . 5 A h、約 1 0

30

40

50

A h、約 1 1 A h、約 1 2 A h、約 1 3 A h、約 1 4 A h、約 1 5 A h、約 1 6 A h、約 1 7 A h、約 1 8 A h、約 1 9 A h、約 2 0 A h、約 2 2 A h、約 2 4 A h、約 2 6 A h、約 2 8 A h、約 3 0 A h、約 3 2 A h、約 3 4 A h、約 3 6 A h、約 3 8 A h、及び約 4 0 A h のエネルギー容量を含む。

【 0 0 7 5 】

[1117] さらに、単純なシングルパウチ材料を使用して 1 つのスタックを密封することにより、従来のバッテリー製造におけるパウチの材料及び密封方法の厳しい要件を緩和することもできる。各パウチは通常 1 つ又は 2 つのユニットセルアセンブリしか収容せず、したがって従来のマルチスタックバッテリーセルと比較して少ない電極材料及び電解質しか収容しないので、パウチ材料は、多層構造ではなく 1 層のポリマー層にするなど、より多くの選択肢を有することができる。パウチの厚さは、さらに小さく（例えば < 1 0 0  $\mu$ m）にすることもでき、密封方法も柔軟にすることができる（例えば圧力封止、ヒートシール、及び / 又は UV シールなど）。

【 0 0 7 6 】

[1118] いくつかの実施形態では、セパレータ 1 3 0 は、パウチ 1 4 0 と共に配置して密封できるだけの大きさにすることができる。いくつかの実施形態では、パウチ 1 4 0 は、積層シートを含むことができ、この積層シートは、パウチを接合してシールを形成することができるようにセパレータ 1 3 0 の周囲を超えて延びる周囲部分を含むことができる。いくつかの実施形態では、パウチの内側層は、それぞれそれ自体に熱接着可能な材料で形成して、2 枚の積層シートを接合したときに、2 つの内側層がそれらの周囲で接合され、互いに熱接着されて気密シールを形成することができるようになっている。さらなる例は、参照によりその開示の全体を本明細書に組み込む、「Electrochemical Cells and Methods of Manufacturing the Same」と題する国際特許公開 WO 2 0 1 3 / 1 7 3 6 8 9 に記載されている。

【 0 0 7 7 】

[1119] いくつかの実施形態では、タブ（電気リード）は、パウチが密封されたときに、タブがパウチ外に露出して、バッテリーセルを電氣的に接続するために使用することができるだけの長さにするすることができる。例えば、ACC 1 5 0 の第 1 のタブ及び CCC 1 6 0 の第 2 のタブを使用して、外部回路の負端子及び正端子のうちの少なくとも 1 つに接続することができる。いくつかの実施形態では、タブをパウチ内に密封することができ、その場合には、パウチに穴を開けて、ACC 1 5 0 及び CCC 1 6 0 のうちの少なくとも 1 つと外部接点又は電気回路との間の電氣的接続を可能にすることができる。パウチの任意の位置に 1 つ又は複数の穴を配置することができるが、ACC 1 5 0 及び CCC 1 6 0 にそれぞれ隣接する位置が好ましい。

【 0 0 7 8 】

[1120] 図 1 B は、「バイセル」と呼ばれることがある本発明の、様々な他の実施形態によるバッテリーセル 1 0 1 を示す概略図である。バッテリーセル 1 0 1 では、アノード集電体 1 5 1 は、2 つのアノード材料 1 1 1 a と 1 1 1 b（まとめて「アノード材料 111」と呼ぶ）の間に挟まれる。各アノード材料 1 1 1 a 及び 1 1 1 b の上に、それぞれセパレータ 1 3 1 a 及び 1 3 1 b（まとめて「セパレータ 131」と呼ぶ）が配置される。1 対のカソード材料 1 2 1 a 及び 1 2 1 b（まとめて「カソード材料 121」と呼ぶ）が、それぞれセパレータ 1 3 1 a 及び 1 3 1 b の上に配置される。各カソード材料 1 2 1 a 及び 1 2 1 b の上に、対応するカソード集電体 1 6 1 a 及び 1 6 1 b（まとめて「カソード集電体 161」と呼ぶ）が配置される。アノード材料 1 1 1、アノード集電体 1 5 1、カソード材料 1 2 1、カソード集電体 1 6 1、及びセパレータ 1 3 1 は、図 1 A に関連して上述したものと実質的に同じものとするることができる。1 つの例では、アノード集電体 1 5 1 及びカソード集電体 1 6 1 は、実質的に同じ材料を含む。別の例では、アノード集電体 1 5 1 は第 1 の金属材料（例えば銅）を含み、カソード集電体 1 6 1 は第 2 の金属材料（例えばアルミニウム）を含む。バッテリーセル 1 0 1 は、パウチ（図示せず）に実質的に密封されて、シングルパウチバッテリーセルを形成する。



## 【 0 0 7 9 】

[1121] 図 1 B に示すバッテリーセル 1 0 1 は、両面アノード（アノード集電体 1 5 1 ならびにアノード材料 1 1 1 a 及び 1 1 1 b の対を含む）と、両面アノードのそれぞれの側に配置された 2 つの片面カソード（第 1 のカソード集電体 1 6 1 a 上に配置された第 1 のカソード材料 1 2 1 a 及び第 2 のカソード集電体 1 6 1 b 上に配置された第 2 のカソード材料 1 2 1 b を含む）とを含むバイセルの例示的な実施形態の断面図である。いくつかの他の実施形態では、バッテリー 1 0 1 は、両面カソードと、このカソードのそれぞれの側に配置された 2 つの片面アノードとを含むこともできる。本明細書に記載するように、バッテリーセル 1 0 1 は、単独でパウチ内にパッケージングすることもできるし、あるいは複数の「バイセル」と共にパウチ内にパッケージングすることもできる。

10

## 【 0 0 8 0 】

[1122] 図 1 C は、図 1 B に示すバッテリーセル 1 0 1 を示す上面図である。この上面図から、カソード集電体 1 6 1 a と 1 6 1 b が、バイセル内で位置がずれている、又は互い違いになっていることが分かる。いくつかの実施形態では、アノード集電体 1 5 1 及びカソード集電体 1 6 1 は、バッテリーセル 1 0 1 の異なる側に位置する。いくつかの実施形態では、アノード集電体 1 5 1 及びカソード集電体 1 6 1 は、バッテリーセル 1 0 1 の反対側に位置する。いくつかの実施形態では、アノード集電体 1 5 1 及びカソード集電体 1 6 1 は、バッテリーセル 1 0 1 の同じ側に位置する。

## 【 0 0 8 1 】

[1123] 図 1 D は、バッテリーセル 1 0 2 の別の実施形態を示す図である。この実施形態では、バッテリーセル 1 0 2 は、2 つの両面アノードを含む 2 つのバイセルを含む。いくつかの実施形態では、バッテリーセル 1 0 2 は、2 つの両面カソードを含む 2 つのバイセルを含むこともできる。この図に示すように、カソード集電体 1 6 1 c、1 6 1 d、1 6 1 e 及び 1 6 1 f（本明細書ではまとめて「カソード集電体 161x」と呼ぶ）は、バッテリーセル 1 0 2 内で位置がずれている、又は互い違いになっていることが分かる。同様に、アノード集電体 1 5 1 a 及び 1 5 1 b（本明細書ではまとめて「アノード集電体 151x」と呼ぶ）も、バッテリーセル 1 0 2 内で位置がずれている、又は互い違いになっていることが分かる。いくつかの実施形態では、アノード集電体 1 5 1 x 及びカソード集電体 1 6 1 x は、バッテリーセル 1 0 2 の異なる側に位置する。いくつかの実施形態では、アノード集電体 1 5 1 x 及びカソード集電体 1 6 1 x は、バッテリーセル 1 0 2 の反対側に位置する。いくつかの実施形態では、アノード集電体 1 5 1 x 及びカソード集電体 1 6 1 x は、バッテリーセル 1 0 2 の同じ側に位置する。

20

30

## 【 0 0 8 2 】

[1124] いくつかの実施形態では、集電体の位置がずれている、又は互い違いになっていることにより、シングルパウチセル内で集電体を様々に相互接続することが可能になる。いくつかの実施形態では、例えば延長タブを使用し所望の集電体同士を接続することによって、外部電気接続用に、シングルパウチセルの密封領域内に延びるように 1 つの延長タブを使用することができる。これにより、シングルパウチセルの外部で電気接点を溶接することによる電極又はバッテリーの汚染を防止することができる。

## 【 0 0 8 3 】

[1125] 図 1 E は、自己融着の概念を使用するシングルパウチバッテリーセルを示す概略図である。図 1 E には、1 つの電極（アノード又はカソード）だけが示してあり、バッテリーセル内のセパレータ及びその他の電極は、図 1 A、図 1 B、図 1 C 又は図 1 D のいずれかに示す実施形態に従って追加することができる。バッテリーセル 1 0 3 は、バッテリーセル 1 0 3 を他のバッテリーセル又は外部電気接点に結合するためのタブ 1 1 2 と、電極材料を収容する複数のスラリポケット 1 4 2 を含む箔 1 2 2 と、複数のスラリポケット 1 4 2 を互いに電氣的に結合する複数の箔ブリッジ 1 5 2 と、スラリポケット 1 4 2 及び箔ブリッジ 1 5 2 で覆われていない箔の部分を満たすエポキシ部分 1 3 2 とを含む。図 1 F は、バッテリーセル 1 0 3 の一部分の写真である。

40

## 【 0 0 8 4 】

50

[1126] 図2は、いくつかの実施形態による、複数のシングルパウチバッテリーセルを含むバッテリーモジュール200を示す図である。図示のように、バッテリーモジュール200は、モジュールケース260に封入された複数のシングルパウチバッテリーセル201、202及び203を含む。このバッテリーモジュールは、各シングルパウチバッテリーセル201~203のタブを外部タブ252に結合するタブ接続部250も含み、この外部タブ252が、その後、バッテリーモジュール200を外部回路に電氣的に接続する。

【0085】

[1127] いくつかの実施形態では、各シングルパウチバッテリーモジュール201~203のタブは、それぞれの集電体の一部とすることができる。例えば、シングルパウチバッテリーセル201~203の各集電体は、タブとして電極部分(すなわち電極材料と共に配置される部分)の外に延びるリード部分を有することができる。いくつかの実施形態では、各シングルパウチバッテリーセル201~203のタブは、それぞれの集電体又は電極材料に電氣的に結合された追加の独立した構成要素とすることができる。例えば、各タブは、半田付け、溶接、糊付け、又は当技術分野で既知のその他の手段によって集電体に取り付けられた金属ストリップとすることもできる。

【0086】

[1128] いくつかの実施形態では、タブ接続部250と外部タブ252の間の結合は、例えば、溶接点、リベット、ねじ、又は当技術分野で既知のその他の手段によって実現することができる。なお、溶接を使用してタブ接続部250と外部タブ252とを結合するときには、金属粒子が電極材料に到達するのを阻止することができるそれぞれのパウチ内に、各シングルパウチバッテリーセル201~203を密封した後で溶接を実行することができるので、依然として電極材料の金属汚染を実質的に回避することができる。

【0087】

[1129] いくつかの実施形態では、モジュールケース260は、シングルパウチバッテリーセル201~203のスタックに力を印加してバッテリーモジュール200にスタック圧力を加えることができる。いくつかの実施形態では、モジュールケース260は、ステンレス鋼などの金属材料を含む。いくつかの実施形態では、モジュールケース260は、プラスチック又はポリマー材料を含む。いくつかの実施形態では、モジュールケース260は、各シングルパウチバッテリーセル201~203内のパウチを構成するのと実質的に同じ材料を含む。これらの実施形態では、モジュールケース260は、欠陥伝搬、火災危険、及び金属汚染をさらに軽減することができる追加パウチと見なすことができる。

【0088】

[1130] いくつかの実施形態では、シングルパウチバッテリーセル201~203は、糊付け、接着剤の塗布、又は熱かしめによって積み重ねて接着することができる。例えば、熱の印加又は接着剤の塗布は、順番に1つずつ糊を塗布して行ってもよいし、全てのシングルパウチバッテリーセルに同時に糊を塗布することによって行ってもよい。いくつかの実施形態では、積み重ねプロセスは、非接触加熱手法を含むことができる。例えば、活性化させると熱、UV又はIRなどの光、あるいは超音波もしくは音波、無線周波もしくはマイクロ波、又はそれらの任意の組合せなどの機械的又は電氣的動揺が加えられたときに接着剤として作用することができる材料の層又は部分で、各シングルパウチバッテリーセルを被覆することができる。

【0089】

[1131] 図2に示すバッテリーモジュール200は、3つのシングルパウチバッテリーセル201~203を含む。ただし、実際には、モジュール内のシングルパウチバッテリーセルの数は、所望の出力容量、厚さの要件、又はその他の仕様に応じて、3つより多くても3つより少なくてもよい。

【0090】

[1132] 図3は、いくつかの実施形態による、複数のバッテリーモジュールを含むバッテリーパックを示す概略図である。バッテリーパック300は、第1のバッテリーモジュール310、第2のバッテリーモジュール320、及び第3のバッテリーモジュール330を含む。複数

のバッテリーモジュール 310 ~ 330 の各バッテリーモジュールは、図 2 に示すバッテリーモジュール 200 と実質的に同じものとして行うことができる。複数のバッテリーモジュール 310 ~ 330 の各バッテリーモジュールは、それぞれ外部タブ 312、322、及び 332 を含み、これらは外部バスバー 352 に結合される。外部タブ 312 ~ 332 と外部バスバー 352 の間の結合は、例えば溶接、半田付け、リベット締め、ねじ締め、又は当技術分野で既知のその他の手段によって実現することができる。

#### 【0091】

[1133] 複数のバッテリーモジュール 310 ~ 330 の各バッテリーモジュールのモジュラ設計により、適用時に実際の需要を満たすことができるバッテリーを好都合に構築することができる。いくつかの実施形態では、複数のバッテリーモジュール 310 ~ 330 は、図 3 に示すように直列に接続して、より高い出力電圧を得るように行うことができる。いくつかの実施形態では、複数のバッテリーモジュール 310 ~ 330 を並列に接続して、より高い出力電流を得るように行うことができる。いくつかの実施形態では、複数のバッテリーモジュール 310 ~ 330 を図 3 に示すように垂直方向に積み重ねて、特定の厚さ又は形状の要件を満たすことができる。いくつかの実施形態では、複数のバッテリーモジュール 310 ~ 330 を水平方向に分散させて、特定の形状係数を得るように行うことができる（例えば特別仕様の厚さを有するバッテリーパックのシートが望ましいときなど）。

#### 【0092】

[1134] 図 3 に示すバッテリーパック 300 は、3 つのバッテリーモジュール 310 ~ 330 を含む。ただし、実際には、バッテリーパック内のバッテリーモジュールの数は、所望の出力容量、厚さの要件、又はその他の仕様に応じて、3 つより多くても 3 つより少なくてもよい。

#### 【0093】

シングルパウチバッテリーセル及びモジュールのタブ接続

[1135] 図 4 A ~ 図 4 B は、バッテリーセルを外部回路、近接するバッテリーセル、又は適用分野におけるその他の電気構成要素に結合する導電性タブを含むシングルパウチバッテリーを示す斜視図である。図 4 A に示すシングルパウチバッテリーセル 400 は、アノード 410、セパレータ 430、及びカソード 420（セパレータ 430 の奥にあり、図 4 B に示してある）を含み、これらは上述のように互いに積み重ねられる。パウチ 440 は、アノード 410、カソード 420、及びセパレータ 430 のスタックを実質的に収容する。アノード 410 は、タブとして集電体（図示せず）の電極部分（すなわちアノード材料で覆われる部分）の外に延びるアノードリード部分 412 を有する。同様に、カソードも、タブとして集電体の電極部分（すなわちカソード材料で覆われる部分）の外に延びるカソードリード部分 422 を有する。いくつかの実施形態では、図 4 A に示すリード部分 412 及び 422 は、金属ストリップである。いくつかの実施形態では、アノード 410 及びカソード 420 で使用される集電体は、メッシュ集電体とすることができ、対応するリード部分 412 及び 422 は、例えば金属ワイヤ、金属ワイヤの束、金属ワイヤの編組、又は金属ワイヤのアレイとすることができ、いくつかの実施形態では、金属ワイヤは、メッシュ集電体を構成するワイヤと実質的に同じものとして行うことができる。いくつかの実施形態では、金属ワイヤは、メッシュ集電体で使用される金属材料とは異なる導電性材料を含むことができる。

#### 【0094】

[1136] 図 4 A は、シングルパウチバッテリーセルの各構成要素の相対寸法の一例も示している。図 4 A に示すように、アノード 410 及びカソード 420 は両方ともセパレータ 430 より小さく、アノード 410 とカソード 420 とが電氣的に接触しないようになっている。パウチ 440 は、アノード 410 及びカソード 420 の電極部分ならびにセパレータ 430 より大きく、バッテリーセルを密封し、かつ / 又は電極材料及び電解質の漏れを回避するようになっている。2 つのタブ 412 及び 422 は、パウチ 440 の外に延び、バッテリーセル 400 を他のバッテリーセルなどの外部要素に電氣的に結合するようになっている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 5 】

[1137] 図 4 B は、上述の各要素の相対寸法をより明白に示す、シングルパウチバッテリーセル 4 0 0 の角部の拡大図である。図 4 B では、カソード 4 2 0 は、アノード 4 1 0 よりわずかに小さく、したがって、カソード 4 2 0 は、アノード 4 1 0 によってこの図では「隠れて」いる。いくつかの実施形態では、セパレータ 4 3 0 の少なくとも一部分は、パウチ 4 4 0 内でヒートシールされて、アノード 4 1 0 とカソード 4 2 0 の間のいかなる接触も防止している。いくつかの実施形態では、カソード 4 2 0 は、アノード 4 1 0 と実質的に同じサイズとすることができる。

## 【 0 0 9 6 】

[1138] パウチ 4 4 0 が相対的に大きいサイズであることにより、バッテリー製造中に電極材料、特に半固体電極材料を支持する手段が得られる。すなわち、パウチ 4 4 0 は、アノード材料及びカソード材料を保持することができる。パウチ 4 4 0 は、電極スタックをパッケージングするときに発生する可能性がある、特に電極の縁部における変形を電極が起こさないようにすることもできる。

## 【 0 0 9 7 】

[1139] シングルパウチバッテリーセル 4 0 0 の各要素の例示的な寸法は、以下のようにすることができる。すなわち、アノード 4 1 0 及びカソード 4 2 0 は、2 0 2 mm × 1 5 0 mm の寸法を有することができる、セパレータ 4 3 0 は、各方向に 3 mm だけ大きくする、すなわち 2 0 5 mm × 1 5 3 mm にすることができる、パウチ 4 4 0 は、各方向にアノード 4 1 0 及びカソード 4 2 0 より 1 2 mm 大きい、2 1 4 mm × 1 6 2 mm の寸法にすることができる。各電極（アノード 4 1 0 及びカソード 4 2 0 ）の厚さは、例えば、1 5 0 μm より大きくする、2 0 0 μm より大きくする、又は 3 0 0 μm より大きくすることができる。シングルパウチバッテリーの全体の厚さは、例えば、6 0 0 μm より大きくする、8 0 0 μm より大きくする、又は 1 mm より大きくすることができる。

## 【 0 0 9 8 】

[1140] 図 5 は、金属ケースに封入された複数のシングルパウチバッテリーセルを含むバッテリーモジュールを示す上面図である。バッテリーモジュール 5 0 0 は、複数のシングルパウチバッテリーセル（図 5 にはシングルパウチバッテリーセルを 1 つだけ示す）を実質的に封入する金属ケース 5 6 0 を含む。各シングルパウチバッテリーセルは、アノード 5 1 0、セパレータ 5 3 0、及びカソード（セパレータ 5 3 0 の奥にあり、図 5 には示していない）を含み、これらは全てパウチ 5 4 0 内に収容され、密封されている。アノード 5 1 0 は、アノードタブとして電極部分の外に延びるリード部分 5 1 2 を有する集電体を有する。同様に、カソードも、カソードタブとして電極部分の外に延びるリード部分 5 2 2 を有する集電体を有する。複数のアノードタブ 5 1 2 及びカソードタブ 5 2 2 は互いに結合され、結合されたタブ 5 2 1 及び 5 2 2 は、さらに外部電気コネクタ 5 1 4 及び 5 2 4 に結合される。さらに詳細には、アノードタブ 5 1 2 は、バッテリーモジュール 5 0 0 のアノードコネクタ 5 1 4 に結合され、カソードタブ 5 2 2 は、バッテリーモジュール 5 0 0 のカソードコネクタ 5 2 4 に結合される。

## 【 0 0 9 9 】

[1141] アノードコネクタ 5 1 4 は、導電性要素 5 1 5 を含み、導電性要素 5 1 5 は、一端でアノードタブ 5 1 2 に結合され、他端で他のバッテリー又はユーティリティなどの外部要素に結合される。導電性要素 5 1 5 は、金属ケース 5 6 0 の壁面を通して配置され、アノードコネクタカブラ 5 1 6 によって金属ケース 5 6 0 の壁面から電氣的に分離され、アノードコネクタカブラ 5 1 6 は、また導電性要素 5 1 5 を実質的に保持し、導電性要素 5 1 5 の滑動を防止している。同様に、カソードコネクタ 5 2 4 は、一端でカソードタブ 5 2 2 に結合され、他端で外部要素に結合される導電性要素 5 2 5 を含む。カソードコネクタカブラ 5 2 6 は、導電性要素 5 2 5 を金属ケース 5 6 0 の壁面から電氣的に絶縁し、導電性要素 5 2 5 を実質的に保持するように構成される。いくつかの実施形態では、導電性要素 5 1 5 又は 5 2 5 のうちの 1 つを、絶縁せずに直接金属ケース 5 6 0 に接続することができる。これらの実施形態では、金属ケース 5 6 0 は、金属ケース 5 6 0 に直接接続さ

10

20

30

40

50

れた導電性要素（すなわち 5 1 5 又は 5 2 5 ）の極性と同一極性を有することができる。

【 0 1 0 0 】

[1142] いくつかの実施形態では、アノードコネクタカブラ 5 1 6 及び / 又はカソードコネクタカブラ 5 2 6 は、1 対のファスナ（例えばねじ又はボルト）及びナットとすることができ、これらのファスナ及びナットは、非導電性材料で構成される、又は非導電性材料で被覆され、互いに、また金属ケース 5 6 0 の壁面と機械的に結合される。いくつかの実施形態では、アノードコネクタカブラ 5 1 6 及び / 又はカソードコネクタカブラ 5 2 6 は、磁力によって互いに結合される 1 対の磁気カブラとすることができ、いくつかの実施形態では、アノードコネクタカブラ 5 1 6 及び / 又はカソードコネクタカブラ 5 2 6 は、金属ケース 5 6 0 の壁面に共に糊付けし、その壁面を通して配置することができる。

10

【 0 1 0 1 】

[1143] いくつかの実施形態では、金属ケース 5 6 0 は、金属ケース 5 6 0 内のバッテリーセルを保護するために実質的に剛性である。いくつかの実施形態では、金属ケース 5 6 0 は、より高い耐衝撃性になるように特定の機械的可撓性を有する。いくつかの実施形態では、金属ケース 5 6 0 は、ステンレス鋼、銅、アルミニウム、あるいはそれらの組合せ又は合金などの材料を含む。いくつかの実施形態では、金属ケース 5 6 0 は、約 0 . 2 mm ~ 2 mm、又は 0 . 5 mm ~ 1 . 5 mm、又は 0 . 8 mm ~ 1 mm の厚さを有する。いくつかの実施形態では、金属ケース 5 6 0 は、パウチ 5 4 0 よりわずかに大きくすることができる。1 つの例では、パウチ 5 4 0 は、2 1 4 mm x 1 6 2 mm の寸法を有し、金属ケース 5 6 0 は、2 3 2 mm x 1 6 5 mm の寸法を有する。したがって、シングルパウチバッテリーセルは、自由に動くことなく、金属ケース内で実質的に固定されるものと予想される。

20

【 0 1 0 2 】

[1144] いくつかの実施形態では、バッテリーモジュール 5 0 0 は、アノードコネクタ 5 1 4 及びカソードコネクタ 5 2 4 を介して電力を提供する独立したバッテリーとして機能する。いくつかの実施形態では、バッテリーモジュール 5 0 0 を同種又は異種の他のバッテリーモジュールに結合して、特定の仕様（例えば容量、電圧、電流、サイズ、形状など）を有するバッテリーパックを形成することができる。

【 0 1 0 3 】

[1145] 図 6 A ~ 図 6 B は、金属ケース内に封入されたシングルパウチバッテリーセルを含むバッテリーモジュールを示す側面図である。図 6 は、協働して金属ケースを形成して複数のシングルパウチバッテリーセル 6 0 1 を収容する金属カン 6 6 0 及び蓋 6 6 2 を含むバッテリーモジュール 6 0 0 を示す図である。このバッテリーモジュールは、アノードコネクタ又はカソードコネクタのいずれかとすることができる電極コネクタ 6 1 4 も含む。図 6 A には電極コネクタを 1 つしか示していないが、他の電極コネクタが、図示のコネクタの奥にあり、したがって見えていない可能性がある。

30

【 0 1 0 4 】

[1146] 実際には、複数のシングルパウチバッテリーセルを金属カン 6 6 0 内に配置することができ、その後、蓋 6 6 2 を金属カン 6 6 0 の上部に配置して密閉して、バッテリーモジュール 6 0 0 を形成することができる。完成したバッテリーモジュール 6 0 0 が、図 6 B に示してある。

40

【 0 1 0 5 】

[1147] いくつかの実施形態では、蓋 6 6 2 及び金属カン 6 6 0 は、特にステンレス鋼、銅、及びアルミニウムなど、実質的に同じ材料を含むことができる。いくつかの実施形態では、蓋 6 6 2 は、金属カン 6 6 0 の材料とは異なる材料を含む。例えば、金属カン 6 6 0 は、ステンレス鋼で構成され、蓋 6 6 2 は、金属カン 6 6 0 により容易に溶接することができるアルミニウム箔又はスズ箔を含む。いくつかの実施形態では、蓋 6 6 2 は、レーザ溶接、シーム溶接、クリンピングなどの機械的方法、又は当技術分野で既知のその他の任意の方法によって金属カン 6 6 0 に取り付けることができる。

【 0 1 0 6 】

50

[1148] 図7Aは、プラスチックフレームに封入された複数のシングルパウチバッテリーセルを含むバッテリーモジュールを示す上面図である。バッテリーモジュール700は、複数のシングルパウチバッテリーセル（図7Aにはシングルパウチバッテリーセルを1つしか示していない）の周囲（側面）を実質的に収容するプラスチックフレーム760を含む。各シングルパウチバッテリーセルは、アノード710、セパレータ730、及びカソード（セパレータ730の奥にあり、図7には示していない）を含み、これらは全てパウチ740内に収容され、密封されている。アノード710は、アノードタブとして電極部分の外に延びるリード部分712を含む集電体を有する。同様に、カソードも、カソードタブとして電極部分の外に延びるリード部分722を含む集電体を有する。複数のアノードタブ712及びカソードタブ722は互いに結合され、これらの結合されたタブは、さらに外部電気コネクタに結合される。さらに詳細には、アノードタブ712は、バッテリーモジュール700のアノードコネクタ714に結合され、カソードタブ722は、バッテリーモジュール700のカソードコネクタ724に結合される。

10

#### 【0107】

[1149] いくつかの実施形態では、アノードコネクタ714及びカソードコネクタ724は、プラスチックフレーム760が絶縁性であるので、プラスチックフレーム760の壁面と直接接触する。いくつかの実施形態では、図5に示すカブラ516及び526などの追加のカブラを利用して、アノードコネクタ714及びカソードコネクタ724を機械的に保持することもできる。

#### 【0108】

20

[1150] いくつかの実施形態では、プラスチックフレーム760は、十分な剛性を実現し、プラスチックフレーム760内のシングルパウチバッテリーを保護するように、約2mm～約10mmの厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、プラスチックフレーム760の厚さは、約3mm～約7mm、又は約4mm～約6mmとすることができる。いくつかの実施形態では、プラスチックフレーム760は、特に、ナイロン、アクリル樹脂、ポリ塩化ビニル（PVC）、uPVC、ポリテン、ポリプロピレン、ポリカーボネート、ペークライト、エポキシ樹脂、及びメラミンなどの材料を含む。いくつかの実施形態では、プラスチックフレーム760は、外側表面上、内側表面上、又はプラスチックフレーム760内に、薄い金属板又は箔を含み、ガス又は水の浸透を防止することができる。いくつかの実施形態では、プラスチックフレーム760は、表面コーティングを含むことができる。いくつかの実施形態では、表面コーティングは、水及びガスの浸透を軽減することができる。

30

#### 【0109】

[1151] 図7Bは、図7Aに示すバッテリーモジュール700を示す側面図である。図7Bから分かるように、バッテリーモジュール700は、プラスチックフレーム760のそれぞれの側（上部及び底部）に配置された1対の蓋762a及び762bも含み、シングルパウチバッテリーセルを実質的に収容する容器全体を形成している。いくつかの実施形態では、蓋762a及び762bは、プラスチックフレーム760に熱融着することができるポリマー箔を含む。いくつかの実施形態では、蓋762a及び762bは、プラスチックフレーム760に真空密封することができるポリマー又はその他のプラスチックの箔を含む。いくつかの実施形態では、蓋762a及び762bは、プラスチックフレーム760に糊付けすることができる箔を含む。いくつかの実施形態では、蓋762a及び762bのうちの一方又は両方は、プラスチック又は金属とすることができる板を含む。いくつかの実施形態では、このプラスチック板は、外側表面又は内側表面上に配置された金属箔を含むことができる。いくつかの実施形態では、この板は、表面コーティングを有することができる。

40

#### 【0110】

[1152] 図8A～図8Cは、金属ケースに封入された複数のシングルパウチバッテリーセルを含むバッテリーモジュールのタブ設計及び対応するタブ接続領域を示す図である。図8Aは、複数のシングルパウチバッテリーセル801を実質的に収容する金属ケース860（図

50

８Ａにはケース全体の一部のみを示す）を含むバッテリーモジュール８００を示す側面図であり、各シングルパウチバッテリーセル８０１は、そのシングルパウチバッテリーセルを複数のスペーサ８７１を介してバッテリーモジュール８００内の残りのバッテリーセルに結合するタブ８１２を有する。スペーサカブラ８７２は、スペーサ８７１及びタブ８１２を端部片８７６に電氣的に結合し、端部片８７６は、電極コネクタ８１４（アノードコネクタ又はカソードコネクタ）に電氣的に結合される。電極コネクタ８１４は、金属ケース８６０の壁面を貫通する導電性部片８１５と、導電性部片８１５を金属ケース８６０の壁面から電氣的に絶縁するコネクタカブラ８１６とをさらに含む。バッテリーモジュール８００は、電極コネクタ８１４を通してユーティリティに電力を提供することができる。いくつかの実施形態では、導電性部片８１５は、同軸コネクタである。いくつかの実施形態では、導電性部片８１５は、スナップコネクタである。いくつかの実施形態では、導電性部片８１５は、ピンコネクタ、又は当技術分野で既知のその他の任意の電気コネクタである。

10

#### 【０１１１】

[1153] 図８Ｂは、図８Ａに示すスペーサ８７１のうちの１つを示す側面図である。スペーサ８７１は、ブリッジ部分８７４及び端部部分８７５を含む。各スペーサ８７１のブリッジ部分８７４は、シングルパウチバッテリーセル８０１のタブ８１２に押圧される。したがって、これら複数のタブを、複数のスペーサに電氣的に結合することができ、またそれらのスペーサは、それらのタブを適所に機械的に保持している。端部部分８７５は、スペーサカブラ８７２を受けることができる穴を有する。いくつかの実施形態では、スペーサカブラ８７２は、リベット、ねじ、ボルト、又はその他の任意の導電性部片である。

20

#### 【０１１２】

[1154] 図８Ｃは、タブの設計を説明するための、タブ８１２及び電極コネクタ８１４の近傍のバッテリーモジュール８００のコネクタ部分８７０を示す図である。スペーサカブラ８７２（例えばリベット）が固定されると、各タブ８１２は、スペーサ８７１のブリッジ部分８７４と物理的かつ電氣的に接触することができる。ブリッジ部分８７４は、さらに端部部分８７５に電氣的に結合され、端部部分８７５は、スペーサカブラ８７２を介して端部部片８７６に電氣的に結合される。電極コネクタ８１４は、端部部片８７６に接続し、外部ユーティリティに電力を提供する、又は外部電源から電力を受け取る（例えばバッテリーを充電する）。いくつかの実施形態では、スペーサ８７１のブリッジ部分８７４及び端部部分８７５を両方とも導電性にして、シングルパウチバッテリーセル８０１から電極コネクタ８１４までの導電性経路を形成することができる。いくつかの実施形態では、ブリッジ部分８７４の一部のみ（例えばタブ８１２と接触する部分）が導電性である。

30

#### 【０１１３】

[1155] いくつかの実施形態では、スペーサ８７１は、金属材料（例えばステンレス鋼、銅、アルミニウム、銀など）を含む。いくつかの実施形態では、スペーサ８７１は、バッテリーモジュール８００の重量又はコストを低下させるように、導電性材料（例えば金属、炭素、導電性金属酸化物など）で被覆した非導電性基材（例えばプラスチック）を含む。いくつかの実施形態では、いくつかのタブ８１２を共にスペーサ８７１ではなく延長タブに接続することができ、この場合には、いくつかの延長タブが、端部部分８７６に接続される。いくつかの実施形態では、全てのタブをまとめて、一度に端部部片８７６に接続する。

40

#### 【０１１４】

[1156] いくつかの実施形態では、金属ケース８６０及び／又はバッテリーモジュール８００は、バッテリーの安全性を助長するシリコン油又は任意の液体を含むことができる。このような液体やシリコン油などは、金属ケース８６０内の圧力（例えばスタック圧力）を維持する助けとなり得る。いくつかの実施形態では、このような液体を使用することにより、金属ケース８６０及び／又はバッテリーモジュール８００内への水の浸透を防止する助けにもなり得る。

#### 【０１１５】

シングルパウチバッテリーセル及びモジュールを製造する方法

50

[1157] 図9は、いくつかの実施形態による、シングルパウチバッテリーセル及びモジュールを製造する方法を示す流れ図である。この方法900は、工程910の電極スラリー準備から始まり、この工程では、アノードスラリー及びカソードスラリーを別個に準備することができる。

【0116】

[1158] いくつかの実施形態では、電極スラリーは、電気化学的に活性イオン貯蔵化合物、導電性添加物、及びポリマー結合材の混合物を含む。

【0117】

[1159] いくつかの実施形態では、アノードスラリー及びカソードスラリーのうちの少なくとも一方は、非水液体電解質中の活性材料及び導電性材料の懸濁液を含む半固体電極材料を含む。半固体電極材料の例は、参照によりその開示の全体を本名史書に組み込む、「*Semi-solid Electrode Cell Having A Porous Current Collector and Methods of Manufacture*」と題する米国特許公開第US2013/0065122A1に記載されている。

10

【0118】

[1160] 次いで、工程920で、準備した電極スラリーを、集電体（例えば箔、メッシュ、多孔性導電性発泡体）上に配置して（例えば塗布又は被覆して）、電極を形成する。電極スラリーで被覆された集電体を高圧で圧縮する追加の圧縮工程を実行して、密度を高め、厚さを制御することができる。

20

【0119】

[1161] いくつかの実施形態では、スラリー準備工程910及び電極形成工程920を結合して、スラリー電極の混合及び形成と呼ばれる1つのステップにすることもでき、この工程は、一般に、(i)原材料の搬送及び/又は供給、(ii)混合、(iii)混合スラリーの搬送、(iv)調合及び/又は押出し、ならびに(v)形成を含む。いくつかの実施形態では、このプロセス中の複数の工程を、同時に、かつ/又は同じ機器を使用して、実行することもできる。例えば、スラリーの混合及び搬送を、押出機を用いて同時に実行することもできる。このプロセス中の各工程は、1つ又は複数の可能な実施形態を含み得る。例えば、このプロセスの各工程は、手作業で実行してもよいし、あるいは様々なプロセス機器によって実行してもよい。各工程は、1つ又は複数のサブプロセスを含む可能性があり、任意選択で、プロセスの品質を監視する検査工程を含むこともできる。

30

【0120】

[1162] 原材料の搬送及び/又は供給は、自然供給による材料のバッチ式手計量（例えばミキサが外力なしで材料を受けて混合物にすることができるようにする）、ピストン機構又はねじ式「サイドスタッファ」による強制供給による材料のバッチ式手計量、自然供給による（例えばミキサが自然に材料を受け取ることができる速度で供給する）重量分析スクリュースリッドフィード、強制供給による重量分析スクリュースリッドフィード（例えばBrabender社製の装置をピストン機構又はねじ式「サイドスタッファ」と組み合わせたもの）、ならびに/又はその他の任意の適当な搬送及び/もしくは供給方法、ならびに/あるいはそれらの任意の適当な組合せを含み得る。

40

【0121】

[1163] いくつかの実施形態では、スラリーは、Banbury（登録商標）型バッチミキサ、2軸スクリュースリッド機の混合部、遠心遊星型ミキサ、及び/又は遊星型ミキサを使用して混合することができる。いくつかの実施形態では、スラリーは、混合後にサンプリング及び/又は監視して、均質性、レオロジー、導電率、粘度、及び/又は密度を測定及び/又は評価することができる。

【0122】

[1164] いくつかの実施形態では、例えば混合後に、例えばピストンポンプ、蠕動ポンプ、ギア/ローブポンプ、1軸ねじポンプ、単軸スクリュースリッド機、2軸スクリュースリッド機の混合部、及び又はその他の任意の適当な搬送デバイスを使用して、スラリーを搬送及び/

50



又は加圧することができる。いくつかの実施形態では、搬送デバイスのトルク及び／又は出力、搬送デバイスの出口における圧力、流量、ならびに／あるいは温度は、搬送及び／又は加圧中に測定、監視、及び／又は制御することができる。

【0123】

[1165] いくつかの実施形態では、例えば搬送及び／又は加圧後に、スラリを調合及び／又は押し出すことができる。スラリは、例えば「ハンガーダイ」シート押出ダイ、「ウィンターマニフォールド」シート押出ダイ、プロフィールスタイルシート押出ダイ、材料の連続流を基板に塗布するように動作可能な任意のノズル、正しいサイズ及び形状の型への注入（例えばポケットへの材料の充填）、及び／又はその他の任意の適当な調合デバイスを使用して、調合及び／又は押し出すことができる。

10

【0124】

[1166] いくつかの実施形態では、調合後に、スラリを最終的な電極に形成することができる。例えば、スラリは、カレンダーロール形成する、打抜き加工及び／又はプレス加工する、振動セトリングを施す、かつ／又は個別部分に切断することができる。さらに、いくつかの実施形態では、材料の不要部分を除去し（例えばマスキング及び洗浄）、任意選択でスラリ製造プロセスにリサイクルすることができる。

【0125】

[1167] 電極（アノード及びカソード）を形成した後で、工程930で、ユニットセルを組み立てることができる。いくつかの実施形態では、各ユニットセルアセンブリは、例えば図1Aに示して上述したように、アノード、カソード、及びアノードとカソードの間に配置されてそれらを電氣的に絶縁するセパレータを含むことができる。いくつかの実施形態では、各ユニットセルアセンブリは、図1Bに示して上述したように、両面アノードと、2つの片面カソードと、2つのセパレータとを含むことができる。

20

【0126】

[1168] 工程940で、各組み立てたユニットセルを、パウチ内に密封する。いくつかの実施形態では、パウチは、3層構造を含む、例えば、ナイロン系ポリマーフィルムを含む外側層と、ポリプロピレン（PP）ポリマーフィルムを含む内側層と、アルミニウム（Al）箔を含む中間層とを含む。このタイプのパウチは、例えば、MTI社製のMSK-140コンパクトヒートシーラーを使用したヒートシールによって密封することができる。シール温度は、例えば、50°～200°とすることができ、シール圧力は、例えば、0～0.7MPaとすることができ、いくつかの実施形態では、パウチは、より薄いより低コストの材料の層を1つ含むことができる。例えば、これらの材料は、ポリプロピレン、樹脂、あるいは熱又は圧力を使用して互いに密封することができる複数のポリオレフィンの組合せとすることができる。いくつかの実施形態では、個々のパウチをそれぞれ密封する前に、ユニットセルに対して事前充電工程を実行することができる。事前充電工程は、パウチ密封前にガスを生成することができるので、従来バッテリー形成後に実行されていたガス抜きプロセスの必要をなくすことができる。

30

【0127】

[1169] いくつかの実施形態では、電極スラリは、半固体電極材料であり、準備した電極及びその後のユニットセルアセンブリは、電極材料中に既に電解質を含んでおり、この場合には、パウチは、ユニットセルアセンブリを準備した直後に密封することができる。いくつかの実施形態では、密封前に別の電解質（すなわち液体電解質）がパウチに導入される。

40

【0128】

[1170] パウチの密封後に、工程950で、各ユニットセルアセンブリについてタブを準備して、バッテリーモジュール、バッテリーパック、又はその他の応用物の構築を容易にする。いくつかの実施形態では、タブは、集電体の一部とすることができる。例えば、集電体は、電極部分（例えば図4Aに示す412及び422）の外に延びるリード部分を有することができる。いくつかの実施形態では、タブは、電極に電氣的に結合された別個の要素（例えば金属ストリップ又はワイヤ）とすることができる。この結合は、集電体との結合

50

であっても、電極材料（すなわち電極スラリー）との結合であってもよく、溶接、糊付け、ステープル、又は当技術分野で既知のその他の手段によって実現することができる。

【0129】

[1171] 各ユニットセルアセンブリの準備に続いて、工程960で、複数のユニットセルアセンブリを互いに結合して、基本バッテリーモジュールを形成する。この工程では、複数のユニットセルアセンブリは、実際の適用分野に応じて、垂直方向に互いに積み重ねてもよいし、水平方向に配列してもよいし、あるいはその両方であってもよい。また、この工程では、通常は、全てのカソードタブをまとめて結合して、カソードコネクタにさらに結合することができる1つの接続点にする。同様に、通常は、全てのアノードタブをまとめて結合して、アノードコネクタにさらに結合することができる1つの接続点にする。いくつかの実施形態では、これらのタブ（アノードタブ又はカソードタブあるいはその両方）は、溶接、半田付け、又は糊付けによって結合される。いくつかの実施形態では、これらのタブは、（例えば図8A～図8Cに示すように）スペーサ及びリベットを使用することによって結合される。いくつかの実施形態では、これらのタブは、ねじによって結合される。

10

【0130】

[1172] 工程970で、基本バッテリーモジュールを、ケース内に封入する。いくつかの実施形態では、（例えば図5に示すように）このケースは金属である。これらの実施形態では、基本バッテリーモジュールは、最初に金属カン内に配置し、その後に各シングルパウチバッテリーセルのタブをアノードコネクタ及びカソードコネクタに結合することができる。次いで、金属蓋を金属カンの上に配置して、基本バッテリーモジュールの完成した筐体を形成することができる。金属蓋は、例えば溶接、半田付け、又は機械的手段によって金属カンに結合することができる。いくつかの実施形態では、ケースは、（例えば図7A～図7Bに示すように）側面のプラスチックフレームと、上部及び底部の2枚の箔と含む。これらの実施形態では、最初にタブをアノードコネクタ及びカソードコネクタに接続することによって基本モジュールをプラスチックフレームに結合することができ、その後に、2枚の箔を、例えば熱融着又は圧力封止によってプラスチックフレームに結合することができる。

20

【0131】

[1173] 次いで、工程980で、封入されたバッテリーモジュールに形成プロセスを施し、初期充電動作を実行して、電極/電解質界面を不動態化して副反応を防止することができる、安定した固体電解質界面（SEI）を作成することができる。さらに、通常はバッテリーの数サイクルの充電及び放電も実行して、バッテリーの容量が所要の仕様を満たすことを保証する。

30

【0132】

[1174] 図10A及び図10Bは、それぞれ、いくつかの実施形態による複数のアノードを含むアノードアセンブリレイアウトを示す上面図及び側面図である。図10Aは、アノード1001a、1001b、1001c及び1001dがその上に配置される、得られるバッテリーセルを収容するパウチを構成することができるパウチフィルム1040（例えばPE/PPフィルム）を含むアノードアセンブリ1000を示している。例えば、第1のアノード1001aは、パウチフィルム1040上に配置されたアノード集電体1020a上にさらに配置されたアノード材料1010aを含む。第1のアノード1001aは、第1のアノード1001aが外部回路に結合するように、アノード集電体1020aに電気的に結合されるアノードタブ1022aをさらに含む。同様に、第2のアノード1001bは、タブ1022bと、アノード集電体1020b上に配置されたアノード材料1010bとを含む。各アノード（1001a～1001d）は、アノードアセンブリ1000内の別のアノードから（例えば物理的分離によって）電気的に絶縁されている。

40

【0133】

[1175] タブ（1022a、1022bなど）は、それぞれの集電体に対する位置が交互になるように配置される。より詳細には、1つのタブ（例えば1022a）が関連する集

50

電体 ( 1 0 2 0 a ) の右側に配置される場合には、それに隣接するタブ ( 例えば 1 0 2 2 b ) は、関連する集電体 ( 1 0 2 0 b ) の左側に配置される。また、その逆もある。このようにタブを交互に構成することにより、シングルパウチセルの製造における後続の工程で、ユニットセルを好都合に組み立てることが可能になる。

【 0 1 3 4 】

[1176] 図 1 0 A に示すアノードアセンブリ 1 0 0 0 は、4つのアノード 1 0 0 1 a ~ 1 0 0 1 d を含むが、これは例示のみを目的としたものである。実際には、パウチフィルム 1 0 4 0 上に配置されるアノードの数は、4つより多くても少なくともよい。

【 0 1 3 5 】

[1177] 図 1 0 B は、上から下に向かって、アノード材料 1 0 1 0、アノード集電体 1 0 2 0、及びパウチフィルム 1 0 4 0 を含むアノードアセンブリ 1 0 0 0 を示す断面図 ( 図 1 0 A に示す 1 0 B - 1 0 B に沿ってとった断面図 ) である。図 1 0 A ~ 図 1 0 B から分かるように、アノード材料 1 0 1 0 は、アノード集電体 1 0 2 0 と比較してサイズが小さく、アノード集電体 1 0 2 0 は、パウチフィルム 1 0 4 0 と比較してさらにサイズが小さい。このピラミッド構造により、実際に、製造中にアノードを好都合に取り扱うことが可能になる。さらに詳細には、パウチフィルム 1 0 4 0 が相対的に大きなサイズであることにより、バッテリー製造中に電極材料、特に半固体電極材料を支持する手段を得ることができる。すなわち、パウチフィルムが電極材料を保持することができる。パウチフィルム 1 0 4 0 は、電極スタックのパッケージング時に起こる可能性がある、特に電極の縁部における変形を起こさないように電極を保護することもできる。さらに、パウチフィルム 1 0 4 0 は、パウチフィルム 1 0 4 0 が画定する空間内に電極材料を収容することによって、バッテリー製造時に起こり得る電極材料の漏出及び他の構成要素の汚染を防止することもできる。

【 0 1 3 6 】

[1178] 図 1 0 A ~ 図 1 0 B に示すアノードアセンブリ 1 0 0 0 を準備する方法は、パウチフィルムから開始することができる。次いで、上述のようにタブが交互に構成されるようにして、複数のアノード集電体をパウチフィルム上に ( 例えば接着剤を用いて ) 積層することができる。複数のアノード集電体は、後のユニットバッテリーセルの組立てが容易になるように、周期構造で配列することができる。いくつかの実施形態では、 ( 例えば図 1 0 A に示すように ) アノード集電体を、1次元アレイで配置する。いくつかの実施形態では、アノード集電体は、2次元アレイで配置することができる。パウチフィルムとアノード集電体とを互いに接着した後で、アノード材料を各アノード集電体上に配置して、アノードアセンブリ 1 0 0 0 を形成することができる。

【 0 1 3 7 】

[1179] いくつかの実施形態では、複数のアノード集電体は、これらに限定されるわけではないが、化学蒸着 ( CVD ) ( イニシエートCVD、ホットワイヤCVD、プラズマ強化CVD、及びその他の形態のCVDなど )、物理蒸着、スパッタ堆積、マグネトロンスパッタリング、無線周波スパッタリング、原子層堆積、パルスレーザ堆積、メッキ、電気メッキ、浸漬被覆、ブラッシング、スプレー被覆、ゾルゲル法 ( 浸漬被覆、ブラッシング又はスプレー被覆による )、静電スプレー被覆、3 D印刷、スピンコーティング、電着、粉体被覆、焼結、自己集合法、及びそれらの技術の任意の組合せなどの被覆又は堆積技術のうちのいずれかによってパウチ上に堆積させられることができる。

【 0 1 3 8 】

[1180] いくつかの実施形態では、堆積させたアノード集電体の性質は、堆積中に堆積パラメータを変化させることによって最適化することができる。例えばコーティングのテクスチャ、コーティングの厚さ、厚さの均一性、ならびに表面粗さ、多孔性、また破壊靱性、延性、及び引張り強さなどといった一般的機械的性質などを含む表面モフォロジなどの物理的特性は、堆積パラメータの微調整によって最適化することができる。同様に、例えば電解質及び塩に対する耐薬品性及び耐腐食性、ならびに比反応性、接着性及び親和性などのその他の化学的性質などの化学的性質は、堆積パラメータを変化させることによって

最適化して、機能性集電体を作製することができる。いくつかの実施形態では、堆積又は被覆によって形成される集電体の様々な物理的及び化学的性質は、堆積後に、アニーリング又は急熱（フラッシュ）アニーリング、あるいは電気化学研磨などの後続の表面処理又は温度処理によって、またこれらの技術の任意の組合せを使用して、さらに改善又は修正することができる。

#### 【0139】

[1181] 図11Aは、いくつかの実施形態による複数のアノードを含むカソードアセンブリレイアウトを示す上面図であり、図11Bは、そのカソードアセンブリレイアウトの（図11Aの11B-11Bに沿ってとった）断面図である。カソードアセンブリ1100は、パウチフィルム1140上に配置された複数のカソード1101a、1101b、1101c及び1101dを含む。各カソード（1101a～1101d）は、パウチフィルム1140上に積層されたカソード集電体1120a上に配置されたカソード材料1110a（第1のカソードを例にとった場合）を含む。各カソードは、電気結合のためのタブ1122aをさらに含む。図11Bは、上から下に向かって、カソード材料1110、カソード集電体1120、及びパウチフィルム1140を含むカソードアセンブリ1100を示す断面図である。

10

#### 【0140】

[1182] カソードアセンブリ1100を準備する方法は、上述のアノードアセンブリ1000を準備する方法と実質的に同じにすることができる。この方法は、複数のカソード集電体をアレイ状にパウチフィルム上に積層することから開始することができる。次いで、各カソード集電体上にカソード材料を配置して、カソードアセンブリを形成することができる。

20

#### 【0141】

[1183] いくつかの実施形態では、図10A～図10Bに示すアノードアセンブリ1000と図11A～図11Bに示すカソードアセンブリとを、同じパウチフィルム（1040又は1140）上に準備することができる。いくつかの実施形態では、アノードアセンブリ1000とカソードアセンブリ1100とを、別個のパウチフィルム上に準備することができる。

#### 【0142】

[1184] 同様に、複数のカソード集電体は、図10A～図10Bに関連して上述したいくつかの堆積又は被覆技術によってパウチフィルム上に堆積させることもできる。また、堆積させたカソード集電体の性質は、上述の最適化技術によって最適化することができる。

30

#### 【0143】

[1185] 図12は、アノードアセンブリ1201及びカソードアセンブリ1202を両方とも含み、それらが共通のパウチフィルム1240上に配置されている電極アセンブリレイアウト1200を示す上面図である。アノードアセンブリ1201及びカソードアセンブリ1202は、図10Aのアノードアセンブリ1000及び図10Bのカソードアセンブリ1100とそれぞれ実質的に同様のものとして行うことができるので、ここではそれらについて詳細には説明しない。アノードアセンブリ1201とカソードアセンブリ1202とは、電極アセンブリ1200が中央の破線10に沿って折り畳まれたときにアノードアセンブリ1201の各アノードがカソードアセンブリ1202の対応するカソードに重なるように位置合わせされる。さらに、アノードアセンブリのタブ1221及びカソードアセンブリのタブ1222は、相補的に配列される。さらに詳細には、破線10に沿って折り畳まれたときに、各アノードタブ1221は、それぞれの集電体の一方の側にあり、各カソードタブ1222は、各集電体の反対側にある。換言すれば、電極アセンブリ1200を破線10に沿って折り畳んだときに、アノードタブ1221はカソードタブ1222と接触しない。

40

#### 【0144】

[1186] いくつかの実施形態では、パウチフィルムは、熱の印加、又はその他の任意の適当な折り畳み状態の喪失を防止する方法によって長期間折り畳んだ状態に保つことができ

50

る。いくつかの実施形態では、熱の印加、又は折り畳み状態を長持ちさせるその他の任意の適当な方法は、集電体をパウチフィルムに積層する前に実行することができる。いくつかの実施形態では、熱の印加、又は折り畳み状態を長持ちさせるその他の任意の適当な方法は、集電体をパウチフィルムに積層した後で実行することができる。同様に、いくつかの実施形態では、熱の印加、又は折り畳み状態を長持ちさせるその他の任意の適当な方法は、集電体をパウチフィルムに堆積させる、又は集電体でパウチフィルムを被覆する前に実行することができる。いくつかの実施形態では、熱の印加、又は折り畳み状態を長持ちさせるその他の任意の適当な方法は、集電体をパウチフィルムに堆積させる、又は集電体でパウチフィルムを被覆した後で実行することができる。電極アセンブリ 1200 は、図 10A ~ 図 10B 及び図 11A ~ 図 11B に関連して説明したのと同様の方法で準備することができる。ただし、上記の方法の工程（例えば集電体の積層、電極材料の堆積など）は、様々な順序で配列して、電極アセンブリ 1200 を準備することができる。いくつかの実施形態では、電極アセンブリ 1200 を準備する方法は、パウチフィルムから開始され、その後にアノード集電体及びカソード集電体を別個に積層する。その後、各アノード集電体上にアノード材料を配置し、各カソード集電体上にカソード材料を配置すればよい。

10

#### 【0145】

[1187] いくつかの実施形態では、電極アセンブリ 1200 を準備する方法は、アノード集電体をパウチフィルム上に積層することから開始され、その後に各アノード集電体上にアノード材料を配置する。その後、この方法は、カソード集電体の積層と、各カソード集電体上へのカソード材料の配置とに進む。

20

#### 【0146】

[1188] いくつかの実施形態では、アノード集電体及び/又はカソード集電体は、本明細書に記載するいくつかの堆積又は被覆技術によって、順番にパウチフィルム上に堆積させることができる。堆積させたアノード集電体及び/又はカソード集電体の性質も、前述の最適化技術又は手法によって上述したように最適化することができる。

#### 【0147】

[1189] いくつかの実施形態では、集電体は、交互にパウチフィルム上に積層することができる。さらに詳細には、一方のタイプ（アノード又はカソード）の集電体をパウチフィルム上に積層するたびに、他方のタイプ（カソード又はアノード）の集電体を、反対のタイプの集電体と位置合わせして積層する。ここで述べたこれらの実施形態は、例示のみを目的としたものである。当業者なら、様々な他の順序を実施して、電極アセンブリ 1200 を準備することができることを理解するであろう。

30

#### 【0148】

[1190] セパレータは、電極アセンブリ 1200 の準備中又は準備後に、電極アセンブリの各電極（アノード又はカソード）上に配置することができる。いくつかの実施形態では、セパレータは、各アノード材料上に配置される。いくつかの実施形態では、セパレータは、各カソード材料上に配置される。いくつかの実施形態では、セパレータは、電極アセンブリ 1200 を準備した後で、電極材料上に配置される。いくつかの実施形態では、セパレータは、電極アセンブリの準備中に、電極材料上に配置される。例えば、セパレータは、アノードアセンブリ 1201 を準備した後、カソードアセンブリ 1202 を準備する前に、アノード材料上に配置することができる。当業者なら、様々な他の工程順序を実施して、セパレータを電極材料上に配置することができることを理解するであろう。

40

#### 【0149】

[1191] セパレータ（又は 1 枚の大きなセパレータのシート）を電極アセンブリ 1200（アノードアセンブリ 1201、又はカソードアセンブリ 1202）上に配置した後で、電極アセンブリ 1200 を中央の線 10 に沿って折り畳んで、図 13A ~ 図 13B に示すようにユニットセルアセンブリ 1300 を形成する。ユニットセルアセンブリ 1300 は、複数のユニットセル 1301a、1301b、1301c 及び 1301d を含む。パウチフィルム 1340 は、外部構成要素との電氣的結合を可能にするためにパウチフィルム

50

1340から突出するタブ1321及び1322を除いて、この複数のユニットセル1301a~1301dを実質的に収容する。図13Aには、4つのユニットセルが示してあるが、これは例示のみを目的としたものである。実際には、ユニットセルアセンブリ内のユニットセルの数は、製造の指定に応じて、4つより多くても少なくてもよい。

#### 【0150】

[1192] ユニットセルアセンブリの各ユニットセル（第1のユニットセル1301aを例にとる）は、ユニットセルの片側にカソードタブ1321を含み、ユニットセルの反対側にアノードタブ1322を含む。ユニットセルアセンブリ1300内の隣接するユニットセルは、タブ1321及び1322の構成が反対になっている。第1のユニットセル1301a及び第2のユニットセル1301bを例にとる。第1のユニットセル1301aでは、カソードタブ1321が、ユニットセルの左側にあり、アノードタブ1322が、右側にある。一方、第2のユニットセル1301bでは、カソードタブ1321がユニットセルの右側にあり、アノードタブ1322が、左側にある。このタブの交互構成により、以下で詳細に述べるように、後続の工程において好都合にセルを組み立て、バッテリーを製造することが可能になる。

#### 【0151】

[1193] 図13Bは、上から下に向かって第1のパウチフィルム1340a、カソード集電体1310、カソード材料1320、セパレータ1330、アノード材料1330、アノード集電体1350、及び第2のパウチフィルム1340bを含むユニットセルアセンブリ1300を示す断面図（図13Aの13B-13Bに沿ってとったもの）である。いくつかの実施形態では、第1のパウチフィルム1340aと第2のパウチフィルム1340bとは、例えば図12に示すように、同じフィルムの異なる部分とすることができる。いくつかの実施形態では、第1のパウチフィルム1340aと第2のパウチフィルム1340bとを異なるパウチフィルムとすることもでき、アノードアセンブリ及びカソードアセンブリはそれらの上にそれぞれ配置される。

#### 【0152】

[1194] 図13A~図13Bに示すユニットセルアセンブリ1300に対して密封工程を実行して、それぞれパウチに収容された個々のユニットセル、すなわちシングルパウチユニットセルを形成することができる。図14は、ユニットセルアセンブリ1300と実質的に同様のものとして行うことができるユニットセルアセンブリ1400の密封方式を示す図である。ユニットセルアセンブリ1400は、パウチフィルム1440に実質的に収容される、複数のユニットセル1401a~1401dを含む。破線20は、例えば真空密封又はヒートシールとすることができる密封の位置を示している。

#### 【0153】

[1195] いくつかの実施形態では、密封工程は、最初に2本の水平方向の線（1本はユニットセルアセンブリ1400の上部に、もう1本は底部にある）に沿って実行し、その後に、各垂直方向の線に沿って行うことができる。いくつかの実施形態は、上記の順序を逆にする、すなわち垂直方向の密封を先に行い、その後に水平方向の密封を行うこともできる。いくつかの実施形態では、垂直方向の密封及び水平方向の密封の両方を、所定の密封線20に沿って同時に実行することもできる。

#### 【0154】

[1196] 図15A~図15Bは、いくつかの実施形態による、各ユニットセルをパウチ内に密封した後でユニットセルを積み重ねる手続きを示す図である。図15Aは、図14に示す密封されたユニットセルアセンブリ1400と実質的に同様のユニットセルアセンブリ1500である。ユニットセルアセンブリ1500は、複数のユニットセル1501a~1501dを含む。密封は、破線20に沿って行われる。垂直方向の一点鎖線30は、ユニットセルスタックを形成するためにユニットセルアセンブリ1500をそれに沿って折り畳む線の位置を示している。折り畳んだ後、アノードタブは、得られたスタックの一方の縁部にあり、カソードタブは、得られたスタックの他方の縁部にあって、アノードタブがカソードタブから電氣的に絶縁されるようになっている。

## 【 0 1 5 5 】

[1197] いくつかの実施形態では、複数のユニットセル 1 5 0 1 a ~ 1 5 0 1 d は、丸めるように折り畳む。例えば、ユニットセル 1 5 0 1 d は、半時計回り方向にユニットセル 1 5 0 1 c の上に折り畳むことができ、次いで、その結果得られる 1 5 0 1 c 及び 1 5 0 1 d のスタックも、半時計回り方向にユニットセル 1 5 0 1 b の上に折り畳むことができる。この丸めプロセスを、アセンブリ中の最後のユニットセル（又は丸め始めたユニットセルによっては最初のユニットセル）まで続けることができる。

## 【 0 1 5 6 】

[1198] いくつかの実施形態では、図 1 5 B に示すように、複数のユニットセル 1 5 0 1 a ~ 1 5 0 1 d は、ジグザグに折り畳まれる。例えば、ユニットセル 1 5 0 1 a と 1 5 0 1 b とを半時計回り方向に折り畳むことができる。しかし、ユニットセル 1 5 0 1 c と 1 5 0 1 d とは、時計回り方向に折り畳むことができる。1 5 0 1 a 及び 1 5 0 1 b のスタックは、半時計回り方向又は時計回り方向のいずれかに、1 5 0 1 c 及び 1 5 0 1 d のスタックとともに折り畳むことができる。換言すれば、折り畳み方向は、ユニットセルアセンブリ 1 5 0 0 内のユニットセルごとに異なっていてよい。

## 【 0 1 5 7 】

[1199] いくつかの実施形態では、複数のユニットセル 1 5 0 1 a ~ 1 5 0 1 d の折り畳みを、同時に実行することができる。例えば、ユニットセルアセンブリの左側及び右側の両方から力を印加して、ユニットセルを押して、窓エアコンのサイドパネルと同様に、互いに積み重ねることもできる。

## 【 0 1 5 8 】

[1200] いくつかの実施形態では、複数のユニットセル 1 5 0 1 a ~ 1 5 0 1 d の折り畳み状態は、熱の印加、又はその他の任意の適当な折り畳み状態の喪失を防止する方法によって長期間保つことができる。いくつかの実施形態では、熱の印加、又は折り畳み状態を長持ちさせるその他の任意の適当な方法は、半時計回りの折り畳み方向に折り畳んだ後、時計回りの折り畳み方向に折り畳んだ後、ジグザグの折り畳み方向に折り畳んだ後、又はこれらの折り畳み方向の任意の組合せで、実行することができる。いくつかの実施形態では、複数のユニットセル 1 5 0 1 a ~ 1 5 0 1 d の折り畳み状態は、複数のセルを折り畳む前に、熱の印加、又はその他の任意の適当な方法によって長期間保つことができる。いくつかの実施形態では、複数のユニットセル 1 5 0 1 a ~ 1 5 0 1 d の折り畳み状態は、複数のセルのそれぞれを折り畳むたびに、熱の印加、又はその他の任意の適当な方法によって長期間保つことができる。いくつかの実施形態では、複数のユニットセル 1 5 0 1 a ~ 1 5 0 1 d の折り畳み状態は、複数のセルを全て折り畳んだ後で、熱の印加、又はその他の任意の適当な方法によって長期間保つことができる。

## 【 0 1 5 9 】

[1201] 図 1 6 A は、図 1 5 A ~ 図 1 5 B に示す方法で準備したユニットセルスタックを示す上面図であり、図 1 6 B は、そのユニットセルスタックの断面図（図 1 6 A に示す線 1 6 B - 1 6 B に沿ってとったもの）である。ユニットセルスタック 1 6 0 0 は、複数のユニットセル 1 6 0 1 a ~ 1 6 0 1 d（まとめてユニットセル 1 6 0 1 と呼ぶ）を含む。各ユニットセルは、パウチ 1 6 4 0 内に密封されている。カソードタブ 1 6 2 1 は、ユニットセルスタック 1 6 0 0 の左側縁部に位置合わせされ、アノードタブ 1 6 2 2 は、ユニットセルスタック 1 6 0 0 の右側縁部に位置合わせされる。カソードタブ 1 6 2 1 及びアノードタブ 1 6 2 2 は、両方ともパウチ 1 6 4 0 から突出して、他のセルスタック、ユーティリティ、又はコネクタなど、システム中の他の構成要素との電氣的結合を可能にしている。

## 【 0 1 6 0 】

[1202] 図 1 7 A ~ 図 1 7 B は、いくつかの実施形態による、シングルパウチバッテリーセルの製造中にガス抜きを実行する例示的な方法を示す、ガス生成及び再密封に対応する追加部分を備えたパウチセルを示す図である。図 1 7 A は、密封線 2 0 に沿ってそれぞれのパウチに密封されるユニットセル 1 7 0 1 a、1 7 0 1 b、1 7 0 1 c、及び 1 7 0 1 d

を含むユニットセルアセンブリ 1700 を示す上面図である。各ユニットセル 1701a ~ 1701d は、本明細書ではガス抜き部分 1761a ~ 1761d と呼ぶ、セルの形成中に生成されるガスを収容する部分をさらに含む。ガス抜き部分 1761a ~ 1761d は、ユニットセルの電極部分から延び、空のパウチ空間を含む。ガス抜き工程中に生成されるガスは、これらのガス抜き部分 1761a ~ 1761d に収容することができる。ガス抜き工程が完了した後で、ガス抜き部分 1761a ~ 1761d を、図 17B に示す白い点線に沿って切開して収容したガスを解放し、ユニットセルアセンブリ 1700 から除去することができる。次いで、ガス抜き済みのユニットセルアセンブリ 1700 を、新たな密封線 25 に沿って再密封して、さらに処理する再密封済みのユニットセルアセンブリ（例えば図 15A ~ 図 15B に示すユニットセルスタック）を形成することができる。いくつかの実施形態では、ガス抜き工程は、いくつかの積み重ねたパウチ材料を一度に密封することによってユニットセルを積み重ねた後で行うことができる。この手法では、作製をより効果的にすることができる。

10

#### 【0161】

[1203] いくつかの実施形態では、各ユニットセルにガス抜き部分を含むユニットセルアセンブリ 1700 は、より大きなサイズのパウチフィルムを使用することを除けば、図 12 に関連して上述したのと実質的に同様の方法で準備することができる。さらに詳細には、図 12 の中央の線 10 の両側の領域を拡大して、電極アセンブリを中央の線 10 に沿って折り畳んだときにガス抜き部分を形成できるようにすることができる。

20

#### 【0162】

[1204] いくつかの実施形態では、カソードアセンブリとアノードアセンブリとを、追加のフィルムがそれぞれのアセンブリの底部に位置するようにして、別個のパウチフィルム上に準備することができる。次いで、この 2 つのアセンブリを互いに積み重ねて、図 17A に示すように破線 20 に沿って密封して、ユニットセルアセンブリ 1700 を形成することができる。

#### 【0163】

[1205] 図 10A ~ 図 17B は、アノードタブ及びカソードタブの両方を得られるユニットセルアセンブリの同じ側に有するユニットセルアセンブリを準備する方法を示している。いくつかの実施形態では、図 18 に示すように、アノードタブ 1821 とカソードタブ 1822 とがユニットセルアセンブリ 1800 の反対側にある。この例では、ユニットセル 1801a ~ 1801d のアノードタブ 1821 及びカソードタブ 1822 は、集電体のより大きな利用可能な幅を利用することができる。すなわち、タブを幅広にすることができる。タブの幅を大きくすることにより、タブの電気抵抗を低下させることができ、それにより得られるバッテリーの性能を改善することができる。より大きな幅を有するタブの方が、腐食しにくい、壊れにくい、あるいはその他の形で物理的及び/又は化学的な理由で損なわれにくいので、幅が大きくなることで、得られるバッテリーの機械的及び電氣的安定性も改善することができる。

30

#### 【0164】

[1206] ユニットセルアセンブリ 1800 は、アノードアセンブリ（例えばタブを幅広にした図 10A に示す 1000）を裏返しにしたカソードアセンブリ（例えばタブを幅広にした図 11A に示す 1100）の上に積み重ねて、カソードタブとアノードタブを得られるユニットセルアセンブリの反対側に構成するようにすることによって準備することができる。次いで、得られたユニットセルアセンブリ 1800 を密封線 20 に沿って密封して、個々にパッケージングされたシングルパウチバッテリーセルを形成することができる。

40

#### 【0165】

[1207] 図 19A ~ 図 19B は、電極アセンブリがアノード及びカソードの両方を同じ列内に含むシングルパウチバッテリーセルを準備する例示的な製造方法を示す図である。例示のみを目的として、図 19A は、同じパウチフィルム 1940 上に配置され、同じ順序で交互に配列された、2 つのアノード（1901a 及び 1901c）及び 2 つのカソード（1901b 及び 1901d）を含む電極アセンブリ 1900 を示している。第 1 のアノード

50



ド１９０１aと第１のカソード１９０１bとが、第１の一点鎖線５０に沿って折り畳まれたときに第１のユニットセル１９０１を形成する。第２のアノード１９０１cと第２のカソード１９０１dとが、第２の一点鎖線５５に沿って折り畳まれたときに第２のユニットセル１９０２を形成する。いくつかの実施形態では、この２つのユニットセル１９０１及び１９０２を実線４０に沿ってさらに折り畳んで、単純なユニットセルスタックを形成する。いくつかの実施形態では、複数のユニットセル１９０１及び１９０２の実線４０に沿った折り畳み状態は、熱の印加、又はその他の任意の適当な折り畳み状態の喪失を防止する方法によって長期間折り畳んだ状態に保つことができる。いくつかの実施形態では、この２つのユニットセル１９０１及び１９０２を実線に沿って切断して、２つの個別の独立したユニットセルを形成して、さらに処理（例えば積み重ね、密封など）を行う。

10

#### 【０１６６】

[1208] 図１９Ｂは、カソード集電体１９１０上に配置されたカソード材料１９２０と、アノード集電体１９６０上に配置されたアノード材料１９５０と、アノード材料１９５０とカソード材料１９２０の間に配置されたセパレータ１９３０とを、３つの方向（底部、上部、及び右側）から実質的に収容するパウチフィルム１９０４を含む、第１のユニットセル１９０１の折り畳み領域を示す断面図である。いくつかの実施形態では、パウチフィルム１９４０の接続部分１９４２でより長いパウチフィルムを使用して、ガス抜き部分を形成することもできる。

#### 【０１６７】

[1209] 図１９Ｃ～図１９Ｄは、いくつかの実施形態による、円筒型構成のバッテリーセルを準備する例示的な製造方法を示す図である。図１９Ｃは、複数の電極スタックを含む円筒型バッテリーセル１９０３を示す上面図である。各電極スタックは、カソード１９１３と、アノード１９２３と、カソード１９１３とアノード１９２３の間に配置されたセパレータ１９３３とをさらに含む。隣接する電極スタック同士は、パウチ層１９４３によって分離される。図１９Ｄは、円筒型バッテリーセル１９０３を示す概略図である。

20

#### 【０１６８】

[1210] 図１９Ｅ～図１９Ｇは、いくつかの実施形態による、角型構成のバッテリーセルを準備する例示的な製造方法を示す図である。図１９Ｅは、角型バッテリーセル１９０５の全体上面図である。図１９Ｆの円で囲んだ部分の詳細構造を示す、角型バッテリーセル１９０５を示す部分上面図である。角型バッテリーセル１９０５は、複数の電極スタックを含み、各電極スタックは、カソード１９１５と、アノード１９２５と、カソード１９１５とアノード１９２５の間に配置されたセパレータ１９３５とをさらに含む。隣接する電極スタック同士は、パウチ層１９４５によって分離される。図１９Ｇは、角型バッテリーセル１９０５を示す概略図である。

30

#### 【０１６９】

[1211] 円筒型バッテリーセル１９０３及び角型バッテリーセル１９０５は両方とも、下記に記載した方法によって準備することができる。いくつかの実施形態では、カソード（１９１３又は１９１５）とアノード（１９２３又は１９２５）とを、別個に準備することができる。例えば、カソードは、カソード集電体上にカソード材料を配置することによって準備することができ、アノードは、アノード集電体上にアノード材料を配置することによって準備することができる。次いで、セパレータを、アノード材料又はカソード材料の上に配置することができる。次いで、この準備したカソード及びアノードを互いに積み重ねて電極スタックを形成することができ、その後、この電極スタックの一方の側（アノード側又はカソード側）にパウチ層を配置する。次いで、電極スタックをパウチ層と共に丸めて、円筒型バッテリーセル又は角型バッテリーセルにすることができる。いくつかの実施形態では、パウチ層は、２つの電極を互いに積み重ねる前に、それらの電極のうちの一方の上に配置して、電極の準備を容易にすることもできる。

40

#### 【０１７０】

[1212] いくつかの実施形態では、電極スタック（パウチ層を含む）は、層ごとに準備することができる。例えば、この製造は、アノード集電体をパウチ層の上に配置することか

50

ら開始することができ、その後にアノード集電体上にアノード材料を配置する。次いで、アノード材料上にセパレータを配置することができ、その上にカソード材料を配置し、その後にカソード集電体を配置する。この層ごとの手続きの後で、得られた電極スタックを丸めて、円筒型構成又は角型構成のバッテリーセルにすることができる。いくつかの実施形態では、パウチ層は、電極スタックの形成後に配置することができる。

【0171】

[1213] いくつかの実施形態では、電極スタックを丸めてバッテリーセルにする前に、切断工程を実行して、丸めた後に得られるバッテリーセルの所望の形状係数を実現することができる。

【0172】

[1214] いくつかの実施形態では、図19C～図19Fに示すバッテリーセルを、さらに外部パウチ又はパッケージ内に密封することができる。外部パウチ又はパッケージを使用して、例えば周囲環境の湿気又は化学物質によって引き起こされる腐食を軽減することができる。

【0173】

[1215] 図19C～図19Fは、個々のバッテリーセル1903又は1905内にパウチ層を1つしか示していないが、実際には、複数のパウチ層を使用することもできる。いくつかの実施形態では、2つのパウチ層を使用することができる。一方のパウチ層はアノード集電体上に配置し、他方のパウチ層はカソード集電体上に配置して、電極の準備を容易にすることができる（例えば電極材料の漏出又は変形を回避する）。

【0174】

[1216] 図20は、上述の方法に従って製造されるシングルパウチバッテリーセルを示す図である。バッテリーセル2000は、アノード2010と、カソードと、セパレータとを収容するパウチ2040を含む。カソード及びセパレータはアノード2010の奥にあり、参照番号が付されていない。このバッテリーセルは、銅で構成されたアノードタブ2010、及びアルミニウムで構成されたカソードタブ2014も含む。図20から分かるように、パウチ2040は、電極部分を実質的に収容し、タブ2012及び2014は、外部接続のためにパウチの外に延びている。

【0175】

[1217] 図21は、3つのグループのシングルパウチバッテリーセルの容量保持率曲線を示す図である。対照グループとも呼ばれる第1のグループは、容量保持率を検査する前にガス抜き工程を施されたシングルパウチバッテリーセルを含む。「非ガス抜き」グループとも呼ばれる第2のグループは、検査前にいかなるガス抜きも実行していないシングルパウチバッテリーセルを含む。「事前充電」グループとも呼ばれる第3のグループのシングルパウチバッテリーセルは、パウチの密封前に事前充電工程が施されている。事前充電は、約1時間にわたってC/10のレートで実行される。第3のグループのバッテリーには、ガス抜き工程を実行しない。

【0176】

[1218] 全てのグループのバッテリーセルは、スピードミキサで混合されたリン酸鉄リチウム50体積%及び炭素添加物0.936体積%を含むカソードスラリーを有する。いくつかの実施形態では、カソードスラリーを混合する手順は、650RPMでの3分間の混合を2回繰り返すことと、その後に1250RPMでの1分間の混合を行うこととを含む。バッテリーセルで使用されるアノードは、やはりミキサで混合された、黒鉛粉末50体積%及び炭素添加物2体積%を含む。いくつかの実施形態では、アノードスラリーを混合する手順は、650RPMでの6分間の混合を行うこととを含む。アノードは、約265µmの厚さを有する。これらのバッテリーセルで使用される電解質は、50/50の炭酸エチレン/ブチロラクトン（GBL）の溶剤と、この溶媒中に溶解した1MのLiTFSIとを含む。この電解質は、炭酸ビニレン（VC）2%などの添加物をさらに含む。バッテリーセルの全体の厚さは、約900µmである。

【0177】

[1219] 図 2 1 に示すように、事前充電グループのバッテリーセルは、対照グループのバッテリーセルと比較して実質的に同じ容量保持率を示す。さらに、非ガス抜きグループのバッテリーセルは、最初の 15 ~ 20 サイクルで容量の増加を示しており、これは、非ガス抜きグループのバッテリーセルの全容量がそれらのサイクル中には得られないことを示している。容量保持率の比較により、事前充電プロセスをシングルパウチセルに対して実行すると、ガス抜き工程を不要にし、さらに従来のバッテリー製造の再密封工程を省略することができることが分かる。

【 0 1 7 8 】

シングルパウチバッテリーセルを含む例示的なバッテリーモジュール及びバッテリーパック

[1220] 図 2 2 は、ケース 2 2 2 0 内に封入された、シングルパウチバッテリーセル 2 2 1 0 ( 1 ) ~ 2 2 1 0 ( 8 ) ( まとめてバッテリーセル 2 2 1 0 と呼ぶ ) のアレイを含むバッテリーモジュール 2 2 0 0 を示す上面図である。各バッテリーセル 2 2 1 0 は、バッテリーセルを他のバッテリーセルに結合するために使用することができる、アノードタブ 2 2 1 2 及びカソードタブ 2 2 1 4 を含む。図 2 2 に示すバッテリーモジュール 2 2 0 0 は、8 個のシングルパウチバッテリーセルを含むが、これは例示のみを目的としたものである。実際には、バッテリーモジュール内のシングルパウチバッテリーセルの数は、例えば所望のバッテリー仕様に応じて、8 個より多くても少なくてもよい。

【 0 1 7 9 】

[1221] さらに、この複数のバッテリーセル 2 2 1 0 は、2 次元アレイで配置されているが、これも例示のみを目的としたものである。いくつかの実施形態では、複数のバッテリーセル 2 2 1 0 は、一列に ( すなわち 1 次元アレイで ) 配置される。いくつかの実施形態では、複数のバッテリーセル 2 2 1 0 は、バッテリーモジュール 2 2 0 0 が円筒型構成を有することができるように、共通の中心点に向かって放射状に配置される。

【 0 1 8 0 】

[1222] さらに、図 2 2 は、バッテリーモジュールを 1 層しか示していないが、これも例示のみを目的としたものである。実際には、バッテリーモジュール 2 2 0 0 と同様の 1 つ又は複数のバッテリーモジュールを互いに結合して、容量、電圧又は電流など、所望の出力仕様を実現することができる。

【 0 1 8 1 】

[1223] 図 2 3 A ~ 図 2 3 B は、それぞれ、金属ケース内に封入された複数のシングルパウチバッテリーモジュールを含むバッテリーモジュールを示す展開図及び完成図である。図 2 3 A に示すように、バッテリーモジュール 2 3 0 0 は、上部カバー 2 3 1 0 と、上部発泡体 2 3 2 0 と、セルスタック 2 3 3 0 と、セルスタックを収容する一体型ケース 2 3 4 0 とを含む。

【 0 1 8 2 】

[1224] セルスタック 2 3 3 0 は、アノードタブ 2 3 3 4 及びカソードタブ 2 3 3 2 をさらに含む。アノードタブ 2 3 3 4 は、セルスタック 2 3 3 0 内のバッテリーセルの各アノードと電気連絡しており、カソードタブ 2 3 3 2 は、セルスタック 2 3 3 0 内のバッテリーセルの各カソードと電気連絡している。一体型ケース 2 3 4 0 は、アノードコネクタ 2 3 4 4 及びカソードコネクタ 2 3 4 2 をさらに含む。セルスタック 2 3 3 0 が一体型ケース 2 3 4 0 内に適切に配置されると、アノードタブ 2 3 3 4 は、アノードコネクタ 2 3 4 4 に電氣的に結合され、カソードタブ 2 3 3 2 は、カソードコネクタ 2 3 4 2 に電氣的に結合されて、バッテリーモジュール 2 3 0 0 がアノードコネクタ 2 3 4 4 及びカソードコネクタ 2 3 4 2 を介して電力を提供する ( 放電中 ) 、又は電力を受け取る ( 受電中 ) することができる。

【 0 1 8 3 】

[1225] いくつかの実施形態では、上部カバー 2 3 1 0 は、一体型ケース 2 3 4 0 に使用されるのと同じ金属材料 ( 例えばステンレス鋼、アルミニウム、銅など ) を含む。いくつかの実施形態では、上部カバー 2 3 1 0 は、上部カバー 2 3 1 0 の取外し及び再設置を容易にするように、軽量の材料 ( 例えばポリマー、プラスチック、軽金属など ) を含む。

## 【 0 1 8 4 】

[1226] いくつかの実施形態では、上部発泡体 2 3 2 0 は、衝撃時にセルスタック 2 3 3 0 が損傷する可能性を低下させるように軟らかい（例えばクッション発泡体）。いくつかの実施形態では、上部発泡体 2 3 2 0 は、特に合成発泡体、水成膜形成発泡体、耐アルコール性発泡体、及びタンパク質発泡体など、難燃性発泡体を含む。

## 【 0 1 8 5 】

[1227] 図 2 4 A ~ 図 2 4 B は、それぞれ、プラスチックケース内に封入された複数のシングルパウチバッテリーモジュールを含むバッテリーモジュールを示す展開図及び完成図である。図 2 4 A に示すように、バッテリーモジュール 2 4 0 0 は、上部カバー 2 4 1 0 と、上部発泡体 2 4 2 0 と、セルスタック 2 4 3 0 と、内側ライナ 2 4 5 0 と、セルスタックを収容する一体型ケース 2 4 4 0 とを含む。上部カバー 2 4 1 0、上部発泡体 2 4 2 0、及びセルスタック 2 4 3 0 は、図 2 3 A に示して上述した上部カバー 2 3 1 0、上部発泡体 2 3 2 0、及びセルスタック 2 3 3 0 と実質的に同じとすることができる。一体型ケース 2 4 4 0 は、例えばバッテリーモジュール 2 4 0 0 の重量を削減するために、プラスチック材料を含む。

10

## 【 0 1 8 6 】

[1228] いくつかの実施形態では、内側ライナ 2 4 5 0 は、衝撃時にセルスタック 2 4 3 0 が損傷する可能性を低下させるように軟材料（例えばプラスチック、ポリマー、ゴムなど）を含む。いくつかの実施形態では、内側ライナ 2 4 5 0 は、火災危険を低下させるために、難燃性材料を含む。いくつかの実施形態では、内側ライナ 2 4 5 0 は、長鎖脂肪族アミン（任意選択でエトキシ化されたもの）及びアミド、第四級アンモニウム塩（例えば塩化ベヘントリモニウム又はコカミドプロピルベタミン）、リン酸エステル、ポリエチレングリコールエステル、又はポリオールをベースとする材料などの帯電防止材料を含む。いくつかの実施形態では、内側ライナ 2 4 5 0 は、湿気によって引き起こされるセルスタック 2 4 3 0 内の短絡を防止するように、耐湿性材料を含む。いくつかの実施形態では、内側ライナ 2 4 5 0 は、複合材料を含む。例えば、内側ライナ 2 4 5 0 は、火災危険を低下させるために難燃性材料で被覆された、緩衝用の軟材料を含むことができる。

20

## 【 0 1 8 7 】

[1229] 一般にバッテリーモジュールと呼ぶ図 2 3 A ~ 図 2 3 B に示すバッテリーモジュール 2 3 0 0 及び図 2 4 A ~ 図 2 4 B に示すバッテリーモジュール 2 4 0 0 は、実際の適用を容易にすることができる特徴をいくつか有することができる。いくつかの実施形態では、バッテリーモジュールは、特定の所望の仕様（例えば電圧、電流、容量など）を有するバッテリーパックを好都合に構築できるように、モジュール間インタロックを可能にすることができる。いくつかの実施形態では、バッテリーモジュールは、個々の適用分野において、各バッテリーモジュールが電源として独立して機能すること、他の構成要素と協働すること、できるように、モジュラ設計を含む。

30

## 【 0 1 8 8 】

[1230] いくつかの実施形態では、バッテリーモジュールは、以下の仕様を有することができる。すなわち、出力電圧 3 . 2 V、セル容量 2 8 0 A h、セル重量 4 . 5 k g、総エネルギー 0 . 8 9 6 k W h、セル体積 4 . 1 4 L、容積エネルギー密度 2 1 6 W h / L、及び比エネルギー密度 2 0 0 W h / k g である。この仕様は、例示のみを目的としたものである。実際には、適用分野における様々な実際の要件を満たすように、様々な仕様を利用することができる。

40

## 【 0 1 8 9 】

[1231] 図 2 5 は、まとめてバッテリーモジュール 2 5 1 0 と呼ぶ、複数のバッテリーモジュール 2 5 1 0 ( 1 ) ~ 2 5 1 0 ( 4 ) を含むバッテリーパック 2 5 0 0 を示す概略図である。バッテリーモジュール 2 5 1 0 は、図 2 3 A ~ 図 2 3 B に示すバッテリーモジュール 2 3 0 0、又は図 2 4 A ~ 図 2 4 B に示すバッテリーモジュール 2 4 0 0 と実質的に同じとすることができる。図 2 5 に示すバッテリーパック 2 5 0 0 は、2 次元アレイに配置された 4 つのバッテリーモジュール 2 5 1 0 を含むが、これは例示のみを目的としたものである。実際に

50

は、バッテリーパック内のバッテリーモジュールの数は、例えば所望の仕様に応じて様々であってよい。このアレイ構成も、変化することができる。例えば、図 2 6 は、例えば特定の空間要件に適合するように 1 次元の並びに配置された 4 つのバッテリーモジュール 2 6 1 0 ( 1 ) ~ 2 6 1 0 ( 4 ) のアレイを含むバッテリーモジュール 2 6 0 0 を示している。

【 0 1 9 0 】

[1232] 図 2 7 A ~ 図 2 7 C は、バッテリーパックのインタロック機構を説明するための、垂直方向に積み重ねられたバッテリーモジュールを含むバッテリーパック、及び積み重ねられたモジュールの拡大部分を示す概略図である。図 2 7 A に示すバッテリーパック 2 7 0 0 は、互いに垂直方向に積み重ねられた、第 1 のバッテリーモジュール 2 7 1 0 a 及び第 2 のバッテリーモジュール 2 7 1 0 b を含む。第 1 のバッテリーモジュール 2 7 1 0 a の重量によって、第 2 のバッテリーモジュール 2 7 1 0 b にスタック圧力を印加することができる。いくつかの実施形態では、28 個のモジュールを順番に積み重ねた場合には、最も上のバッテリーモジュールと最も下のバッテリーモジュールの間の圧力差を約 5 P S I とすることができる。

10

【 0 1 9 1 】

[1233] バッテリーパック 2 7 0 0 は、2 つのバッテリーモジュールの間に左接点部分 2 7 1 2 a 及び右接点部分 2 7 1 2 b を含む。2 つの接点部分 2 7 1 2 a 及び 2 7 1 2 b は、それぞれ図 2 7 B 及び図 2 7 C に示してある。図 2 7 B 及び図 2 7 C は、下側のバッテリーモジュール 2 7 1 0 b の上部を、上側のバッテリーモジュール 2 7 1 0 a の底部を受けるように構成することができることを示している。この構成により、複数のバッテリーモジュールを好都合に互いに結合して、所望の仕様を有するバッテリーパックを形成することができる。

20

【 0 1 9 2 】

[1234] 図 2 8 A ~ 図 2 8 B は、ラック構成（すなわち 2 次元縦型アレイ）に配置された複数のバッテリーモジュール 2 8 5 0（例えばバッテリーモジュール 2 3 0 0 及び / 又は 2 4 0 0）を含むバッテリーラック 2 8 0 0 を示す完成図及び展開図である。複数の支持フレーム 2 8 4 0 が、複数のバッテリーモジュール 2 8 5 0 の 4 つの縁部に配置されて、バッテリーモジュール 2 8 5 0 を合わせて保持している。支持フレーム 2 8 4 0 は、複数のボルト 2 8 7 0 によってバッテリーモジュール 2 8 5 0 に機械的に結合される。上部端板 2 8 1 0 及び底部端板 2 8 8 0 が、それぞれ上及び下から複数のバッテリーモジュール 2 8 5 0 を囲んでいる。複数の圧縮板 2 8 3 0 と、その上に配置された複数の圧縮バネ 2 8 2 0 とを、衝撃緩衝のために、上部端板 2 8 1 0 と複数のバッテリーモジュール 2 8 5 0 との間に配置することができる。各バッテリーモジュールは、そのバッテリーモジュールと他のバッテリーモジュールの間の電氣的結合を容易にするためにバッテリーケーブル 2 8 6 0 を含む。得られたバッテリーラック 2 8 0 0 の完成図を、図 2 8 A に示す。

30

【 0 1 9 3 】

[1235] バッテリーラック 2 8 0 0 の 1 つの例示的な仕様は、以下のようにすることができる。すなわち、出力電圧 7 1 6 V、セル容量 2 8 0 A h、セル重量 1 1 5 0 k g、総エネルギー 2 0 0 k W h、ラック寸法 6 0 0 m m x 7 6 0 m m x 2 1 0 0 m m、容積エネルギー密度 2 1 0 W h / L、及び比エネルギー密度 1 7 5 W h / k g である。この仕様は、例示のみを目的としたものである。実際には、適用分野における様々な実際の要件を満たすように、様々な仕様を利用することができる。

40

【 0 1 9 4 】

[1236] 以上、様々な実施形態について説明したが、それらは例示のみを目的として提示したものであり、限定を目的としたものではないことを理解されたい。例えば、本明細書の実施形態は、例えばリチウムイオンバッテリーなどの電気化学的デバイスを説明しているが、本明細書に記載するシステム、方法及び原理は、電気化学的に活性な媒体を含む全てのデバイスに適用することができる。換言すれば、例えばバッテリー、コンデンサ、電気二重層キャパシタ（例えばウルトラキャパシタ）、リチウムイオンキャパシタ（ハイブリッドキャパシタ）、擬似キャパシタなど、少なくとも活性材料（電荷担体のソース又はシン

50

ク)、導電性添加物、及びイオン伝導性媒体(電解質)を含む任意の電極及びデバイスは、本開示の範囲に含まれる。さらに、上記の実施形態は、非水及び/又は水性電解質バッテリー化学物質と共に使用することができる。

【0195】

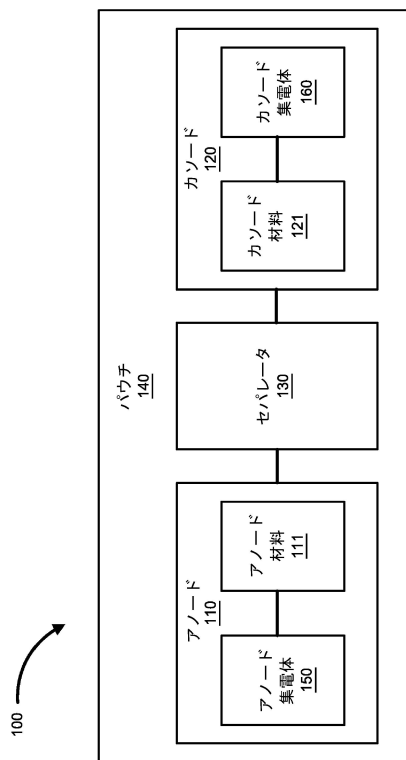
[1237] 上述の方法及び工程は、特定の事象が特定の順序で起こるものとして示しているが、本開示の特典を有する当業者なら、特定の工程の順序を修正することができること、及びこのような修正が本発明の変形形態によるものであることを認識するであろう。さらに、これらの工程のうちの特定の工程は、可能である場合には並列プロセスで同時に行うこともできるし、また上述のように順番に行うこともできる。さらに、特定の工程は、部分的に完了したところで後続の工程に進む、かつ/又は省略して後続の工程に進むこともできる。

10

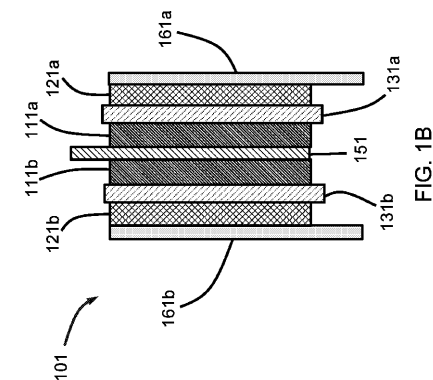
【0196】

[1238] 様々な実施形態を具体的に図示して説明したが、様々な変更を形態及び細部に加えることができる。例えば、特定の特徴及び/又は構成要素の組合せを有するものとして様々な実施形態を説明したが、本明細書に記載する実施形態のうちのいずれかの、任意の特徴及び/又は構成要素の任意の組合せ又は部分的な組合せを有する他の実施形態も可能である。これら様々な構成要素の具体的な構成も、変化させることができる。

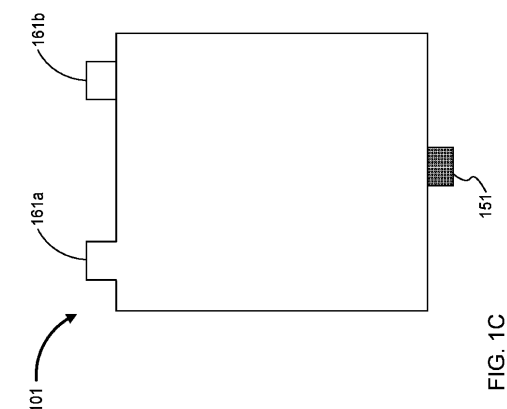
【図1A】



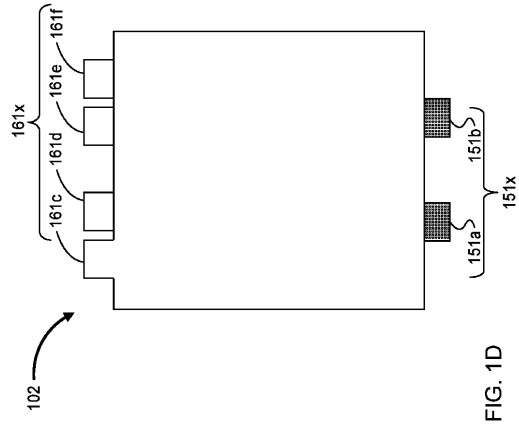
【図1B】



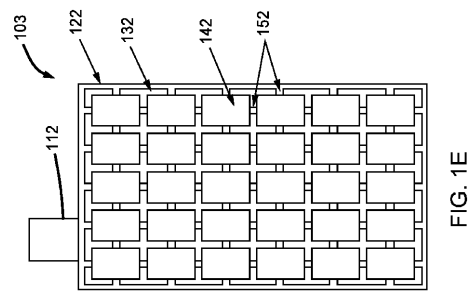
【図1C】



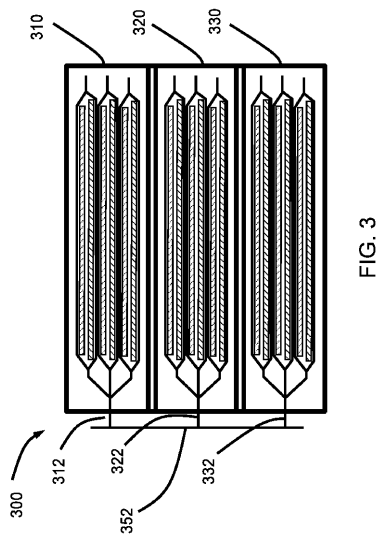
【図 1 D】



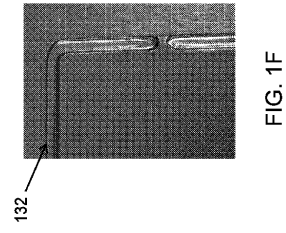
【図 1 E】



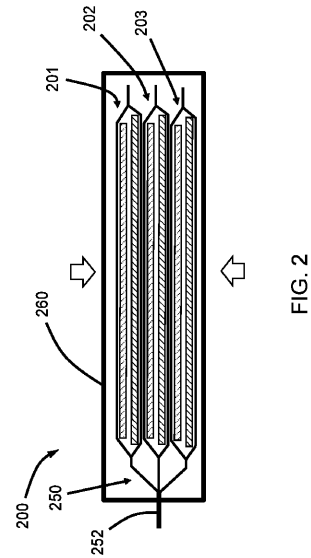
【図 3】



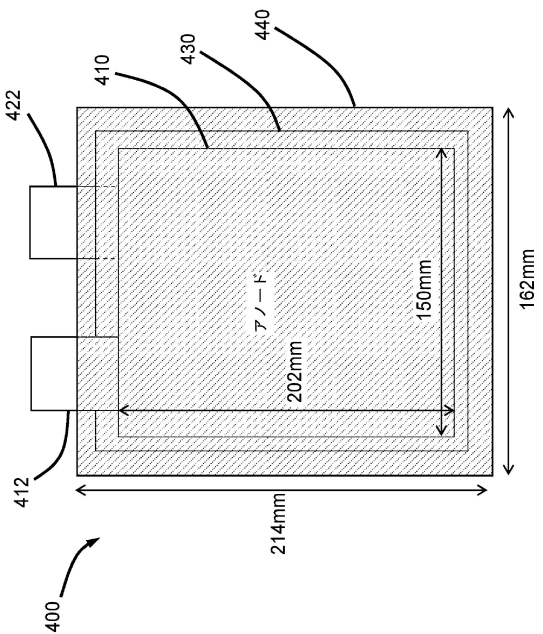
【図 1 F】



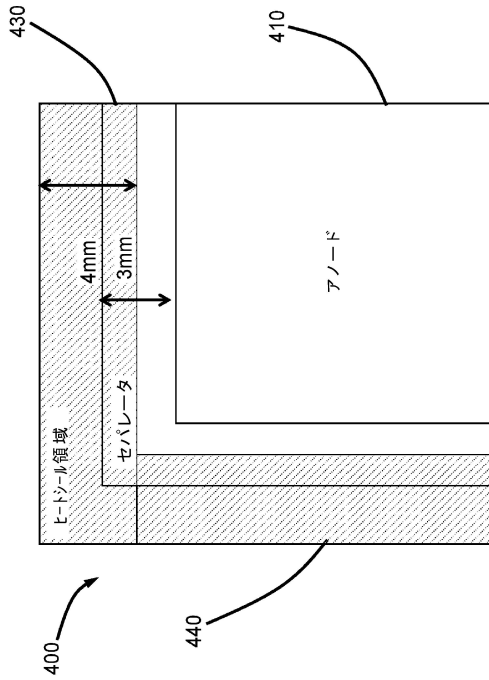
【図 2】



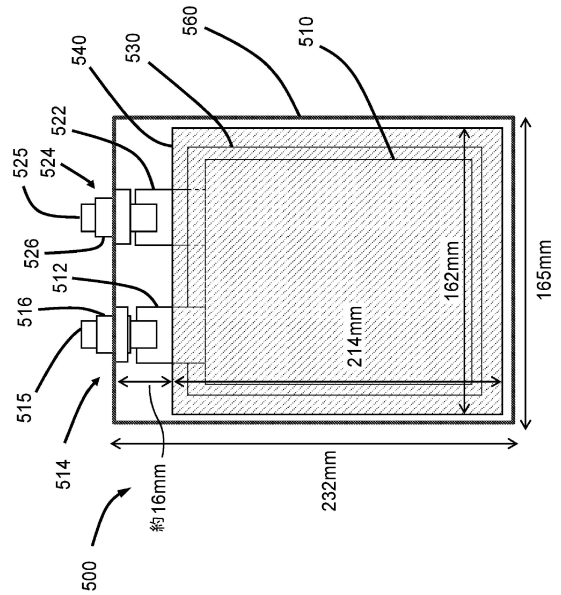
【図 4 A】



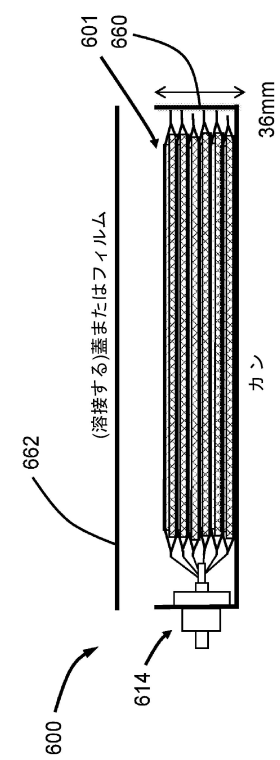
【図 4 B】



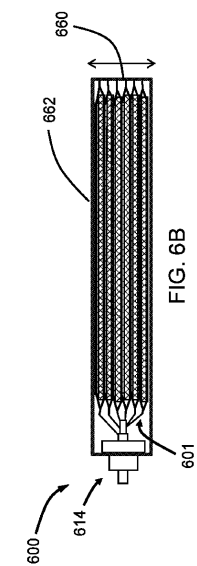
【図 5】



【図 6 A】

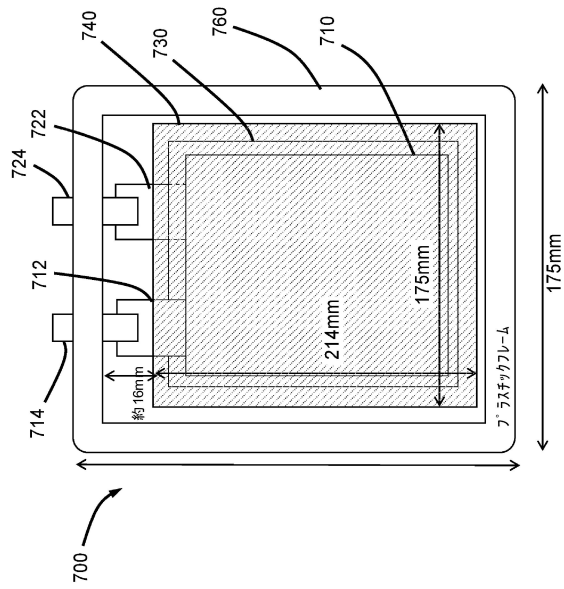


【図 6 B】





【図 7 A】



【図 7 B】

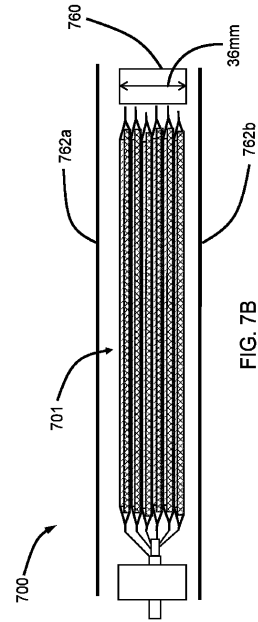
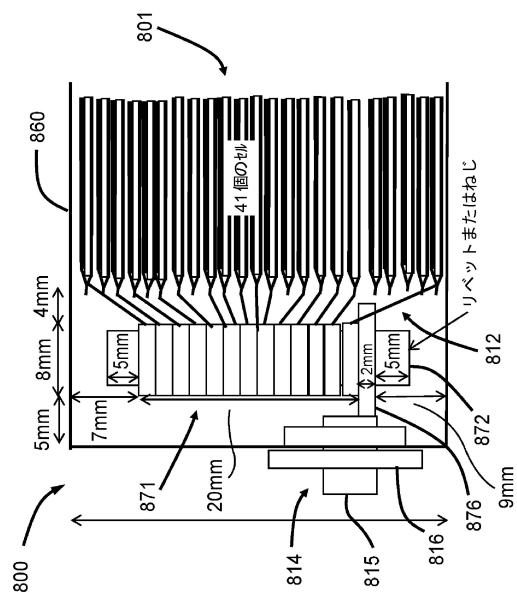


FIG. 7B

【図 8 A】



【図 8 B】

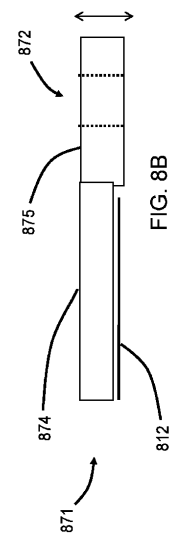


FIG. 8B



【図 1 1 A】

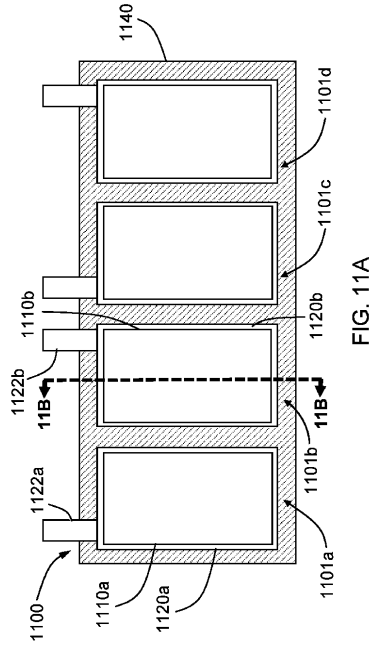


FIG. 11A

【図 1 1 B】

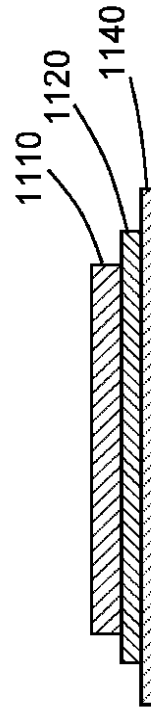


FIG. 11B

【図 1 2】

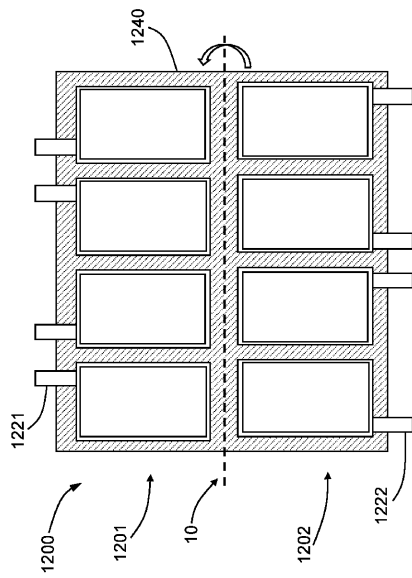


FIG. 12

【図 1 3 A】

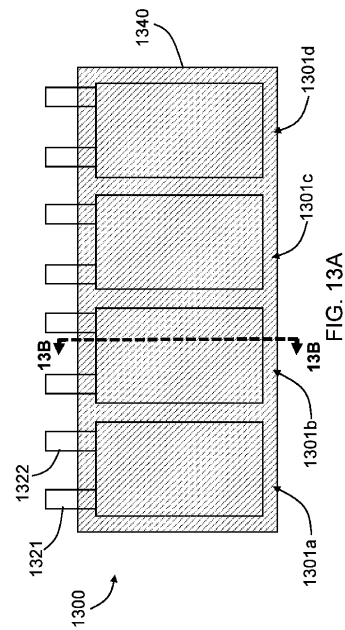


FIG. 13A

【図 13 B】

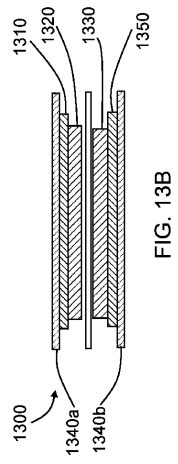


FIG. 13B

【図 14】

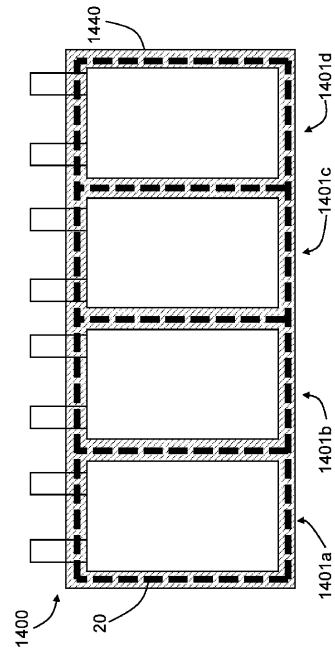


FIG. 14

【図 15 A】

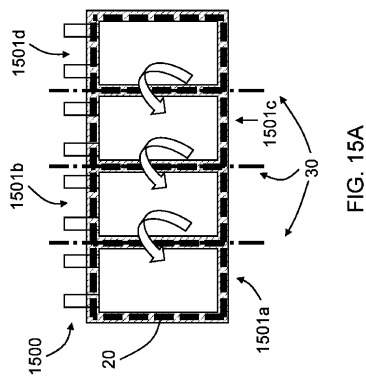


FIG. 15A

【図 16 A】

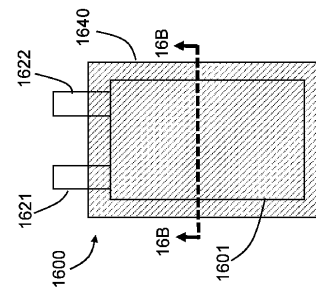


FIG. 16A

【図 15 B】

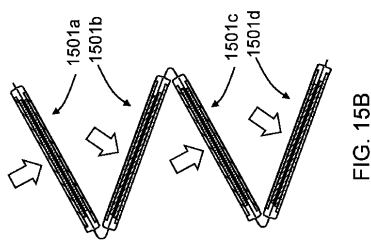


FIG. 15B

【図 16 B】

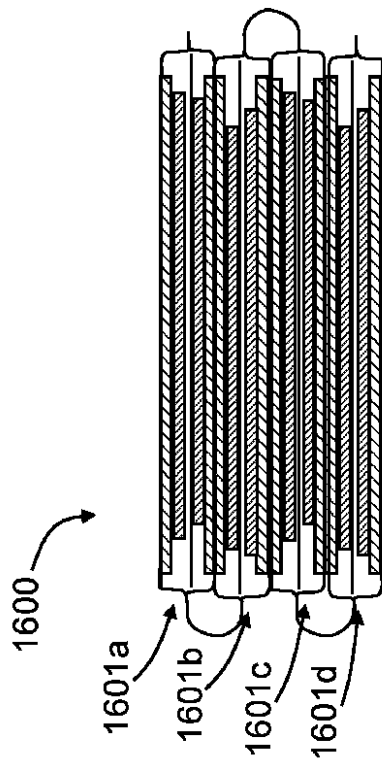


FIG. 16B

【図 17 A】

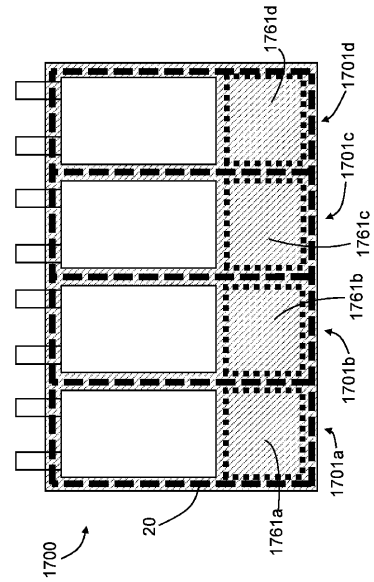


FIG. 17A

【図 17 B】

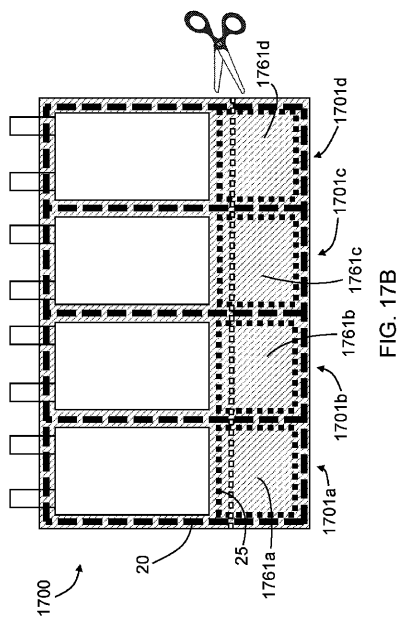


FIG. 17B

【図 18】

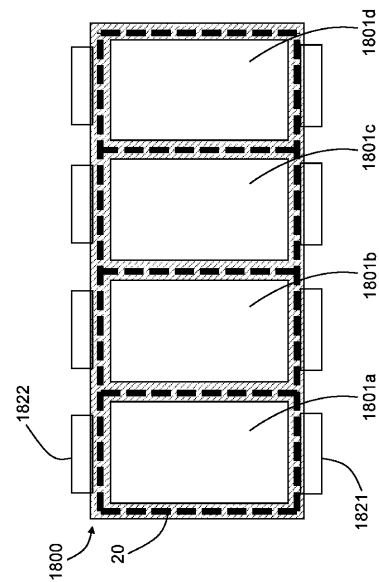


FIG. 18

【図 19A】

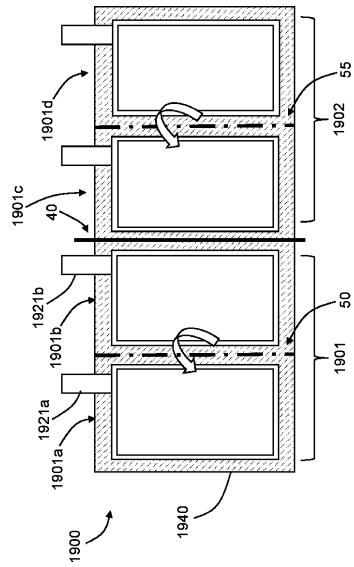


FIG. 19A

【図 19B】

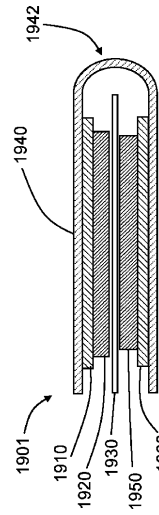


FIG. 19B

【図 19C】

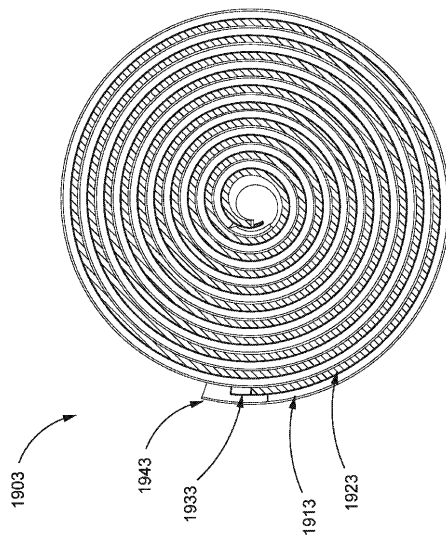


FIG. 19C

【図 19D】

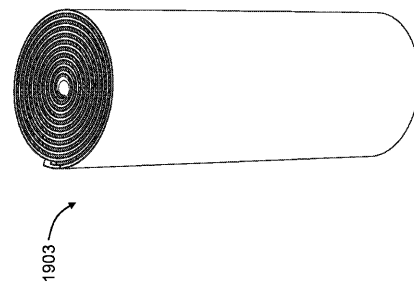


FIG. 19D

【図 19E】

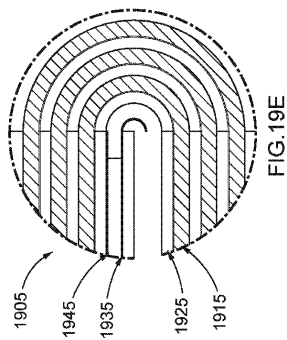


FIG. 19E

【図19F】

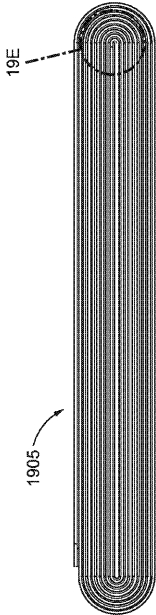


FIG. 19F

【図19G】

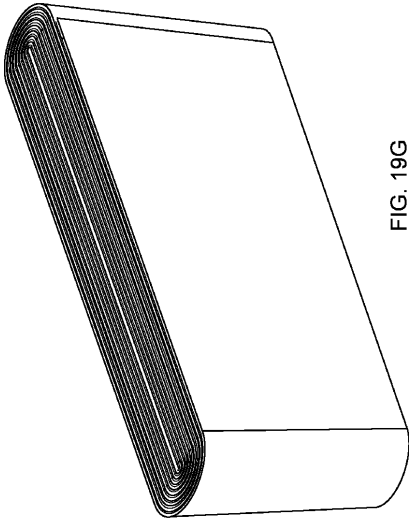


FIG. 19G

【図20】

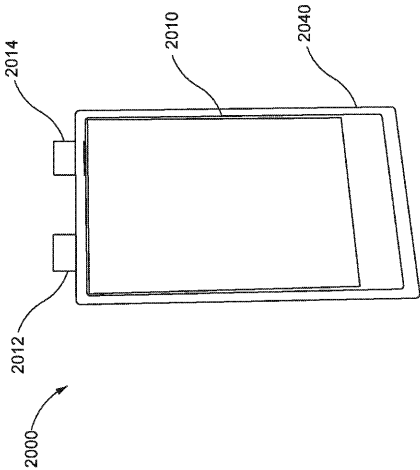
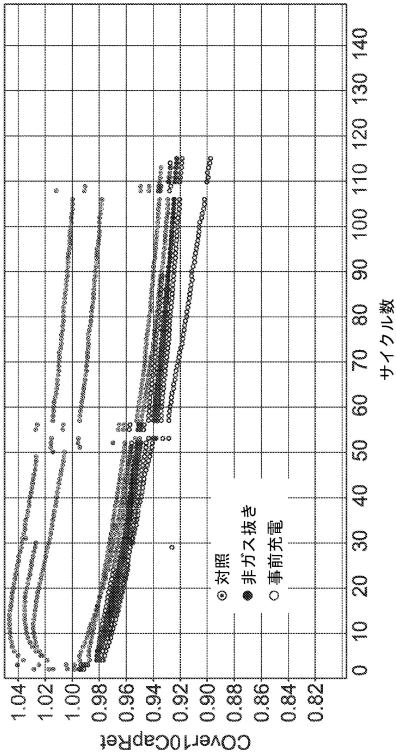


FIG. 20

【図21】



【 図 2 2 】

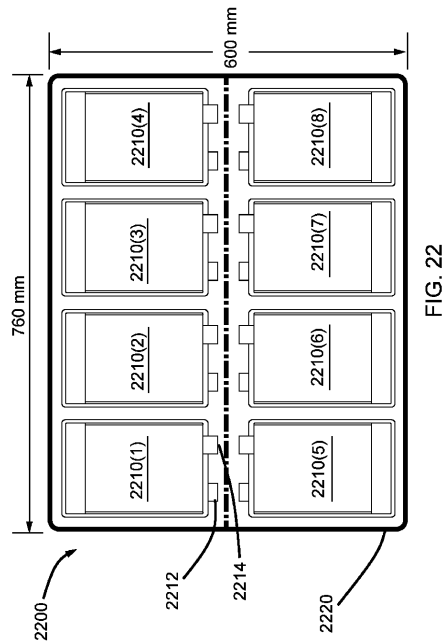


FIG. 22

【 図 2 3 A 】

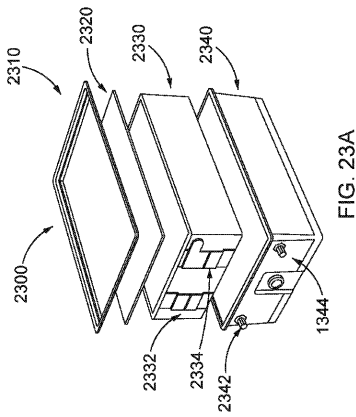


FIG. 23A

【 図 2 3 B 】

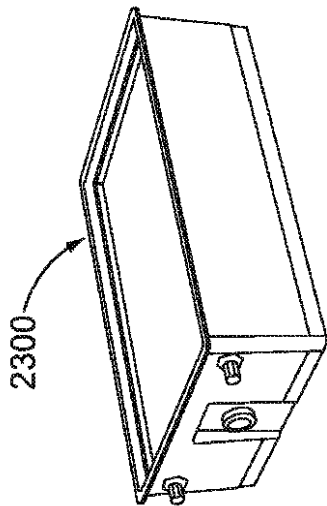


FIG. 23B

【 図 2 4 A 】

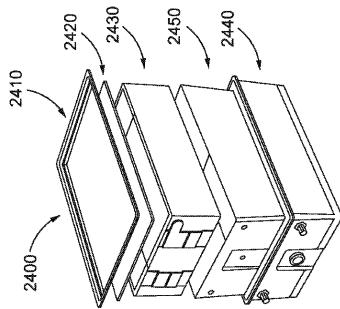


FIG. 24A

【 図 2 4 B 】

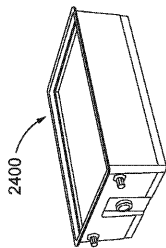
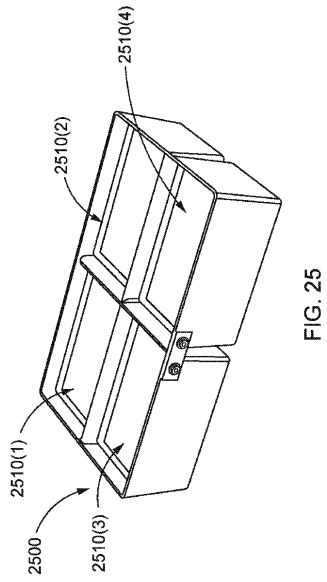


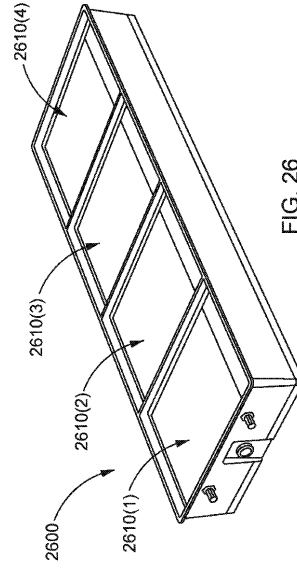
FIG. 24B



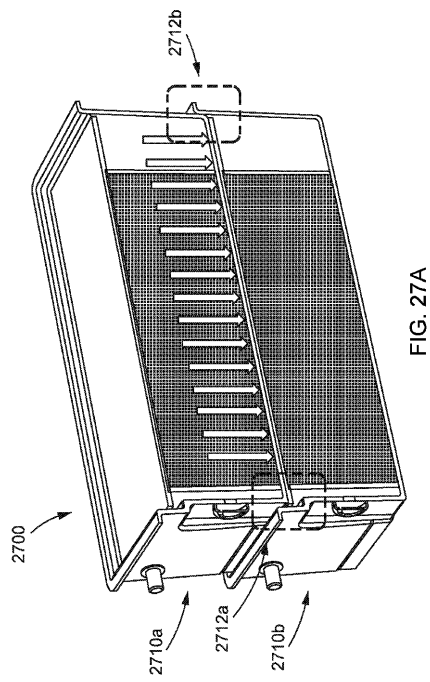
【図 25】



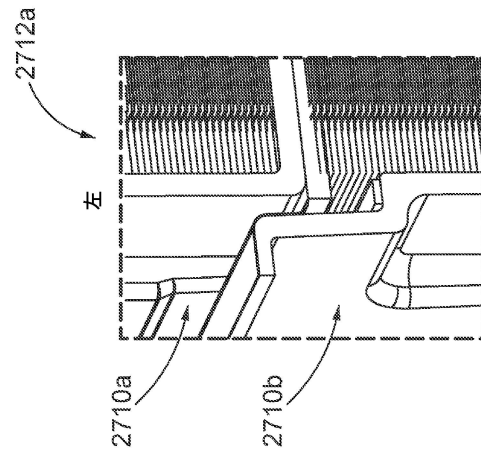
【図 26】



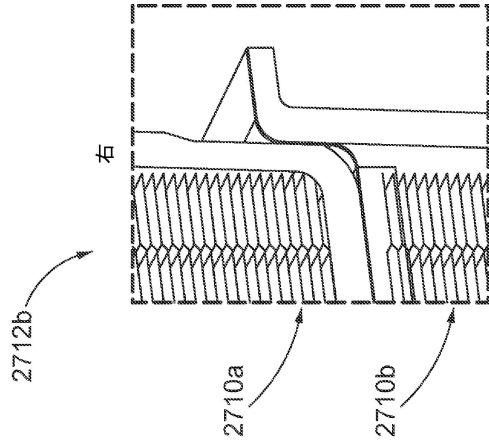
【図 27A】



【図 27B】



【図 27 C】



【図 28 A】

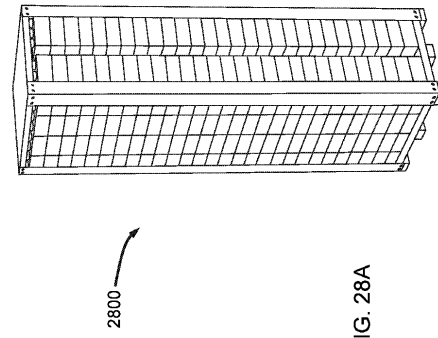


FIG. 28A

【図 28 B】

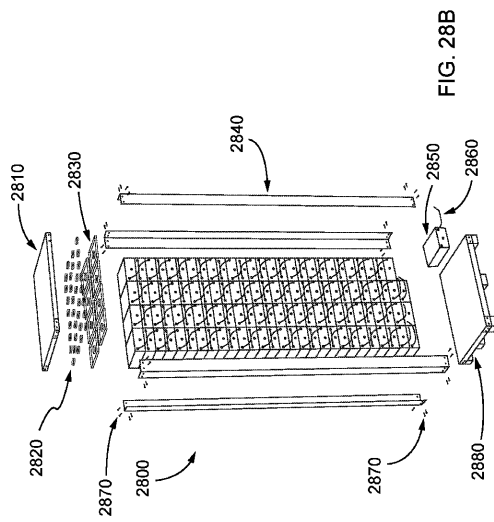


FIG. 28B

## フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
H 0 1 M 4/02 (2006.01)	H 0 1 M 4/02	Z	
H 0 1 M 2/10 (2006.01)	H 0 1 M 2/10	E	
H 0 1 G 11/82 (2013.01)	H 0 1 G 11/82		
H 0 1 G 11/70 (2013.01)	H 0 1 G 11/70		
H 0 1 G 11/84 (2013.01)	H 0 1 G 11/84		
H 0 1 G 11/10 (2013.01)	H 0 1 G 11/10		
H 0 1 M 10/0585 (2010.01)	H 0 1 M 10/0585		

(74)代理人 100109346

弁理士 大貫 敏史

(74)代理人 100117189

弁理士 江口 昭彦

(74)代理人 100134120

弁理士 内藤 和彦

(72)発明者 福島 孝明

岡山県岡山市南区福富西2-24-16

(72)発明者 オオタ, ナオキ

アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 02420, レキシントン, シーボーン ブレイス 2

(72)発明者 バツァレッタ, リカルド

アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 01801, ウォーバン, カンターベリー ロード 25

(72)発明者 タン, タイソン

アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 02139, ケンブリッジ, ハーバード ストリート 287 ナンバー 24

審査官 富士 美香

(56)参考文献 国際公開第2012/077707(WO, A1)

特開平06-187998(JP, A)

特開2003-123832(JP, A)

国際公開第85/000248(WO, A1)

特開2005-071658(JP, A)

特開2013-145649(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 M 10/04

H 0 1 G 11/10

H 0 1 G 11/70

H 0 1 G 11/82

H 0 1 G 11/84

H 0 1 M 2/02

H 0 1 M 2/10

H 0 1 M 2/16

H 0 1 M 2/18

H 0 1 M 4/02

H 0 1 M 4/64

H 0 1 M 10/0585