(19)日本国特許庁(JP)

# (12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7595357号
(P7595357)

(45)発行日　令和6年12月6日(2024.12.6)

(24)登録日　令和6年11月28日(2024.11.28)

| (51)国際特許分類 | | ＦＩ | | |
|---|---|---|---|---|
| *Ｈ０１Ｍ* | *10/052 (2010.01)* | Ｈ０１Ｍ | 10/052 | |
| *Ｈ０１Ｍ* | *10/0562(2010.01)* | Ｈ０１Ｍ | 10/0562 | |
| *Ｈ０１Ｍ* | *4/64 (2006.01)* | Ｈ０１Ｍ | 4/64 | Ａ |
| *Ｈ０１Ｍ* | *10/0587(2010.01)* | Ｈ０１Ｍ | 10/0587 | |
| *Ｈ０１Ｍ* | *4/66 (2006.01)* | Ｈ０１Ｍ | 4/66 | Ａ |

請求項の数　19　（全10頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2021-567917(P2021-567917)
(86)(22)出願日　令和2年5月14日(2020.5.14)
(65)公表番号　特表2022-533089(P2022-533089A)
(43)公表日　令和4年7月21日(2022.7.21)
(86)国際出願番号　PCT/US2020/032796
(87)国際公開番号　WO2020/232196
(87)国際公開日　令和2年11月19日(2020.11.19)
審査請求日　令和5年5月11日(2023.5.11)
(31)優先権主張番号　16/414,748
(32)優先日　令和1年5月16日(2019.5.16)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73)特許権者　521240527
テラワット テクノロジー インコーポレイテッド
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９５０５４，サンタクララ，スコット ブールバード ３３０３
(74)代理人　100079108
弁理士　稲葉 良幸
(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　緒方 健

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　体積膨張に適応可能なアノードフリー固体電池

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

アノードフリー固体電池セルであって、

カソード集電体層と、

前記カソード集電体層と積層されたカソードと、

固体電解質層と、

リチウムイオン緩衝層であって、

前記固体電解質層は前記カソードと前記リチウムイオン緩衝層との間に位置付けられ、

前記リチウムイオン緩衝層は、グラフェン、カーボンブラック、アセチレンブラック（ＡＢ）、及びケッチェンブラック（ＫＢ）の少なくとも１つと、ＳＢＲ－ＣＭＣ、ＬｉＰＡＡ、及びＰｖＤＦの少なくとも１つのバインダと、を含む多孔質であり、当該多孔質に基づく７０％より高い気孔率を有し、

前記リチウムイオン緩衝層は前記固体電解質層と直接接触し、

前記アノードフリー固体電池セルが充電されるときにリチウムイオンは前記リチウムイオン緩衝層内に保存される、

リチウムイオン緩衝層と、

前記リチウムイオン緩衝層と直接接触するアノード集電体と、

を含む、アノードフリー固体電池セル。

【請求項２】

前記リチウムイオン緩衝層は導電性を有し、前記アノードフリー固体電池セルをジェリ

ーロール型電池セルの状態に巻くことができるように柔軟である、請求項１に記載のアノードフリー固体電池セル。

【請求項３】

前記アノード集電体は銅箔層である、請求項２に記載のアノードフリー固体電池セル。

【請求項４】

前記アノードフリー固体電池セルは円筒型電池セルハウジングをさらに含み、前記カソード集電体層、前記カソード、前記固体電解質層、前記リチウムイオン緩衝層、及び前記アノード集電体はまとめて巻かれてジェリーロール型アノードフリー固体電池セルを形成し、前記円筒型電池セルハウジングの中に挿入される、請求項３に記載のアノードフリー固体電池セル。

セル。

【請求項５】

前記リチウムイオン緩衝層の厚さは２０μｍ未満である、請求項４に記載のアノードフリー固体電池セル。

【請求項６】

前記リチウムイオン緩衝層はグラファイトである、請求項５に記載のアノードフリー固体電池セル。

【請求項７】

出力密度が少なくとも１０００ワット時毎リットルである、請求項４に記載のアノードフリー固体電池セル。

【請求項８】

エネルギ密度が少なくとも４００ワット時毎キログラムである、請求項４に記載のアノードフリー固体電池セル。

【請求項９】

前記アノードフリー固体電池セルがフル充電されると、前記アノード集電体に前記固体電解質層を通じて移動した前記リチウムイオンの少なくとも８０％が前記リチウムイオン緩衝層内に保存される、請求項４に記載のアノードフリー固体電池セル。

【請求項１０】

電池セルの製造方法であって、

リチウムイオン緩衝層をアノード集電体上に直接設置することであって、

前記リチウムイオン緩衝層は、グラフェン、カーボンブラック、アセチレンブラック（ＡＢ）、及びケッチェンブラック（ＫＢ）の少なくとも１つと、ＳＢＲ－ＣＭＣ、ＬｉＰＡＡ、及びＰｖＤＦの少なくとも１つのバインダと、を含む多孔質であり、当該多孔質に基づく７０％より高い気孔率を有し、

アノードフリー固体電池セルが充電されるとき、リチウムイオンが前記リチウムイオン緩衝層内に保存されることと、

固体電解質層を前記リチウムイオン緩衝層に直接当接するように設置することと、

カソードを前記固体電解質層に当接するように設置することと、

カソード集電体を前記カソードに当接するように設置することと、

を含む、電池セルの製造方法。

【請求項１１】

前記リチウムイオン緩衝層は導電性を有し、前記アノードフリー固体電池セルをジェリーロール型電池セルの状態に巻くことができるように柔軟である、請求項１０に記載の電池セルの製造方法。

【請求項１２】

前記アノード集電体、前記リチウムイオン緩衝層、前記固体電解質層、前記カソード、及び前記カソード集電体をまとめて巻くことによって円筒型ジェリーロール型固体電池を製作すること

をさらに含む、請求項１１に記載の電池セルの製造方法。

【請求項１３】

前記電池セルを充電することと、
前記アノード集電体へと移動するリチウムイオンを前記緩衝層を使って保存することと、をさらに含む、請求項１２に記載の電池セルの製造方法。
【請求項１４】
前記リチウムイオン緩衝層の厚さは２０μｍ未満である、請求項１３に記載の電池セルの製造方法。
【請求項１５】
前記リチウムイオン緩衝層はグラファイトである、請求項１４に記載の電池セルの製造方法。
【請求項１６】
前記アノードフリー固体電池セルの出力密度は少なくとも１０００ワット時毎リットルである、請求項１５に記載の電池セルの製造方法。
【請求項１７】
前記アノードフリー固体電池セルのエネルギ密度は少なくとも４００ワット時毎キログラムである、請求項１６に記載の電池セルの製造方法。
【請求項１８】
前記アノードフリー固体電池セルがフル充電されると、前記アノード集電体に前記固体電解質層を通じて移動した前記リチウムイオンの少なくとも８０％が前記リチウムイオン緩衝層内に保存される、請求項１７に記載の電池セルの製造方法。
【請求項１９】
前記アノード集電体は銅箔層である、請求項１８に記載の電池セルの製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
関連出願の相互参照
［0001］ 本願は、２０１９年5月１６日に出願された米国特許出願第１６／４１４，７４８号の優先権の利益を主張するものであり、同出願の内容の全体をあらゆる目的のために参照によって本願に援用する。
【背景技術】
【０００２】
［0002］ 高いエネルギ密度及び／又は高い出力密度を有するアノードフリー固体電池セルには、充電時に膨張する傾向がある。充電中、リチウムイオン等のイオンが電池のカソードから電池のアノードへと、電池の電解質を通って移動する。アノードフリー固体電池の場合、アノード集電体は事実上、アノードと集電体の両方の機能を果たす。電池セルが充電される際、イオンが電池のアノード集電体に堆積し、体積の実質的な量を占有し得る。これらのイオンがアノード集電体に堆積することにより、電池セルが膨張し得る。この膨張は、大きな問題の原因となり得る。例えば、膨張により電池セル内に圧力が発生し、おそらくは電池セル内の構成要素が劣化し得る。この膨張によって、時間が経つとアノード集電体が劣化し、それが割れたり、それにひびが入ったり、又はそれがばらばらに壊れたりし、ひいては電池セルの性能が低下し得る。
【発明の概要】
【課題を解決するための手段】
【０００３】
［0003］ 本明細書ではアノードフリー固体電池セルの様々な配置が提示される。電池セルは、カソード集電体層を含んでいてよい。電池セルはカソードを含んでいてよく、これはカソード集電体層と積層される。電池セルは、固体電解質層を含んでいてよい。電池セルは、リチウムイオン緩衝層を含んでいてよい。固体電解質層は、カソードとリチウムイオン緩衝層との間に位置付けることができる。リチウムイオン緩衝層は多孔質とすることができる。リチウムイオン緩衝層は、固体電解質層と直接接触させることができる。リチウムイオンは、アノードフリー固体電池セルの充電時にリチウムイオン緩衝層の中に保存

できる。アノード集電体はリチウムイオン緩衝層と直接接触していてよい。

【０００４】

［0004］ このようなアノードフリー固体電池セルの実施形態は以下の特徴の１つ又は複数を含んでいてよい：リチウムイオン緩衝層は、導電性を有し、また、アノードフリー固体電池セルを巻いてジェリーロール型の電池セルの状態にすることができるような柔軟性を有することができる。アノード集電体は銅箔層であってよい。円筒型電池セルハウジングがあってよい。カソード集電体層、カソード、固体電解質層、リチウムイオン緩衝層、及びアノード集電体は、まとめて巻いてジェリーロール型アノードフリー固体電池セルを形成し、円筒型電池セルハウジングの中に挿入できる。リチウムイオン緩衝層の厚さは２０μｍ未満であってよい。リチウムイオン緩衝層はグラファイトであってよい。アノードフリー固体電池セルの出力密度は少なくとも１０００ワット時毎リットルとすることができる。アノードフリー固体電池セルのエネルギ密度は少なくとも４００ワット時毎キログラムとすることができる。アノードフリー固体電池セルがフル充電されると、固体電解質層を通じてアノード集電体へと移動したリチウムイオンの少なくとも８０％がリチウムイオン緩衝層の中に保存され得る。リチウムイオン緩衝層の気孔率は７０％より高くてよい。

【図面の簡単な説明】

【０００５】

【図１】[0005]リチウムイオンを構造的に保存する緩衝層を含む電池セルのある実施形態を示す。

【図２】[0006]緩衝層がリチウム堆積を構築する時のリチウム堆積を示す充放電サイクルのある実施形態を示す。

【図３】[0007]リチウムイオンを保存する緩衝層を有する固体電池の断面に関する、充放電サイクルのある実施形態を示す。

【図４】[0008]減少した膨張量を示す電池セルの製作方法のある実施形態を示す。

【発明を実施するための形態】

【０００６】

［0009］ アノードフリー固体電池セルの寿命を延ばすために、充電サイクル中に発生する膨張の量が減らされてよい。膨張の量を減らすことによって、電池セル内の構成要素の充放電サイクルを経た劣化速度が低下し得る。例えば、アノードフリー固体電池（ＳＳＢ：solid-state battery）のアノードとアノード集電体の両方に銅箔が用いられる場合、銅箔は１つ又は複数のサイクル中に電池セルが膨張することによってひび割れしやすいかもしれない。さらに、ジェリーロール型電池では、電池セルの層がまとめて巻かれ得るため、ジェリーロール内で電池セル層が何度も繰り返され得ることから、膨張の量はより増大し得る。

【０００７】

［0010］ 膨張の量を減らすために、多孔質の緩衝層がアノード集電体と固体電解質との間に形成されてよい。緩衝層は、導電性であること、柔軟であること、薄いこと、及びリチウムイオンを収容できるだけの多孔性を有すること等、幾つかの要求事項を満たす必要があり得る。緩衝層は、電池セルの充電時にリチウムイオンのための「保存場所」を提供する足場として機能し得る。リチウムイオンの大部分がアノード集電体の上に直接堆積してアノード集電体と固体電解質との間の膨張を引き起こすのではなく、リチウムイオンは緩衝層の多孔質構造の中に堆積し、又はそれ以外に保存されてよい。緩衝層は、充電中のアノード集電体に向かって移動するリチウムイオンを収容するための空隙が存在するのに十分な多孔性を有していてよい。イオンがこれらの既存の空隙を埋めることによって、膨張が大きく回避される。放電中、リチウムイオンが固体電解質を通じてカソードへと移動すると、バッファ物質内の空隙が再び空になる。したがって、バッファ物質及び電池セル全体の体積が充放電サイクルによって示す膨張は、緩衝層が存在する場合、小さくなり得る。

【０００８】

［0011］ このような実施形態の詳細をさらに図面を参照しながら提供する。図１は、電

池セル１００のある実施形態を示しており、これはリチウムイオンを構造的に保存するための緩衝層を含む。電池セル１００は、固体電池セルであってよい。さらに、電池セル１００はアノードフリー電池セルであってよく、これは、アノード集電体が集電体とアノードの両方の機能を果たすことを意味する。電池セル１００は、カソード集電体１０１と、カソード層１０２と、固体電解質層１０３と、緩衝層１０４と、アノード集電体１０５と、を含んでいてよい。このような電池セルは、少なくとも１０００ワット時毎リットルの出力密度及び／又は少なくとも４００ワット時毎キログラムのエネルギ密度を有するように設計されてよい。

【０００９】

［0012］ 電池セル１００は、層１０１～１０５が一体に積層され、「ジェリーロール」型電池セルへと巻かれることによって作られてよい。巻かれた後、電池セル１００の巻かれた層を格納するために円筒型ハウジングが使用されてよい。電池セル１００は巻かれ得るため、層１０１～１０５は、層が巻かれることによって層１０１～１０５が損傷を受けないように柔軟である必要があり得る。さらに、ジェリーロール型電池セル内の膨張の低減化は、電池セルの層がまとめて巻かれることから、特に有利であり得、すなわち、膨張が発生しても、電池セルの層がジェリーロール内で何度も繰り返されるために複合的となり得るからである。

【００１０】

［0013］ カソード集電体１０１とアノード集電体１０５は、導電性を有し、電気化学的安定性を示す材料であってよい。カソード集電体１０１は、導電性を有し、カソード層１０２と反応せず、カソード層１０２の動作電位で安定な金属層であってよい。例えば、カソード集電体１０１はアルミニウムで構成されてよい。典型的に、薄いアルミニウム箔が使用されてよい。同様に、アノード集電体１０５は、導電性を有し、緩衝層１０４と反応せず、アノード集電体１０５が（電池セルのアノードとして）機能する際の動作電位で安定な金属層であってよい。例えば、アノード集電体１０５は銅で構成されてよい。典型的に、薄い銅箔が使用されてよい。

【００１１】

［0014］ カソード層１０２は、カソード集電体１０１と直接接触させることができる。カソード層１０２は、様々な種類のカソード材料であってよい。例えば、カソード層１０２は、リチウムニッケルコバルトアルミニウム酸化物（「ＮＣＡ」、$LiNiCoAlO_2$）であってよい。その他のニッケル系カソードもまた可能であり得、これは例えばＮＣＭ６２２、ＮＣＭ８１１、及びＯＬＯである。

【００１２】

［0015］ 固体電解質層１０３はカソード層１０２と直接接触していてもよい。固体電解質層１０３は、様々な形態の有機又は無機固体電解質であってよい。使用可能な考え得る電解質には、ＬＰＳ、ＬＳＰＳＣ、ＬＧＰＳ、ＬＢＳＯ、ＬＡＴＳＰＯ、ＬＩＳＩＣＯＮ、ＬＩＣＧＣ、ＬＡＧＰ、ＬＬＺＯ、ＬＺＯ、ＬＡＧＴＰ、ＬｉＢＥＴＩ、ＬｉＢＯＢ、ＬｉＴｆ、ＬｉＴＦ、ＬＬＴＯ、ＬＬＺＰ、ＬＴＡＳＰ、ＬＴＺＰが含まれる。

【００１３】

［0016］ 固体電解質層１０３とアノード集電体１０５との間にリチウムイオン緩衝層１０４があるようにすることができる。緩衝層１０４は、導電性を有し、柔軟で、高い気孔率を有していてよい。緩衝層１０４の厚さは１００ｎｍ～３０μｍであってよい。幾つかの実施形態において、緩衝層１０４の好ましい厚さは５μｍであってよい。具体的には、緩衝層１０４の厚さは、電池セル１００の体積又は重量をそれほど増大させないように選択されてよい。具体的には、緩衝層１０４が厚いほど、電池セル１００のエネルギ及び出力密度は低くなり得る。したがって、緩衝層１０４の厚さは、エネルギ／出力密度と膨張を回避する能力とのバランスが取れるように選択されてよい。

【００１４】

［0017］ 緩衝層１０４は、高い気孔率、例えば５％～９０％を有していてよい。幾つかの実施形態において、気孔率は７０％より高くてよい。緩衝層１０４内の空隙は、充電中

にアノード集電体１０５へと移動するリチウムイオンを収容するのを助け得る。すなわち、リチウムイオンは、電池セル１００の充電中及び充電時に緩衝層１０４内の空隙を満たす。好ましくは、充電中にアノード集電体１０５へと移動するリチウムイオンの５０％～９５％が緩衝層１０４内にとどまる。残りの５％～５０％又は５％～５０％未満は、緩衝層１０４とアノード集電体１０５との間に堆積するか、又は固体電解質層１０３と緩衝層１０４との間に存在若しくは堆積する。

【００１５】

［0018］ 緩衝層１０４は、電池セル１００がジェリーロール状に巻かれるとき、緩衝層１０４への損傷が全く、又は限定的にしか生じないように、十分に柔軟であってよい。具体的には、アノード集電体１０５の材料（例えば、銅）と緩衝層１０４との間の強力な電気的及び物理的界面が存在し続ける必要がある。

【００１６】

［0019］ 十分な気孔率、導電性、柔軟性、及び銅との界面形成能力を有する材料としては、グラフェン、カーボンブラック、アセチレンブラック（ＡＢ）、及びケッチェンブラック（ＫＢ）を含めることができる。これらの材料は、以下のバインダのうちの１つにより結合できる：ＳＢＲ－ＣＭＣ、ＬｉＰＡＡ、ＰｖＤＦ。炭素は、繊維の形態（すなわち、炭素繊維）又は薄片形状であってよい。その他の形態の炭素又はその他の材料も、緩衝層１０４として使用されてよい。電池セル１００の製造にあたり、緩衝層１０４はアノード集電体１０５の上に堆積されてもよい。

【００１７】

［0020］ 図２は、緩衝層がアノード集電体に当接して存在する場合のリチウムイオン保存を示す充放電サイクルのある実施形態２００を示す。実施形態２００では、電池セル１００の一部のみが示されている。実施形態２００では、アノード集電体１０５及び緩衝層１０４の高倍率拡大表現が示されている。

【００１８】

［0021］ 未充電の状態２１０では、緩衝層１０４は、緩衝層１０４の粒子により形成される空隙の中にリチウムイオンが、あったとしてもわずかしかない状態で存在する。この図の実施形態では、緩衝層１０４の厚さは、厚さ２１１により示されるように約２００ｎｍである。充電が行われると、充電状態２２０で示されているように、リチウムイオン２０１が緩衝層１０４の粒子により形成される空隙を満たす。したがって、リチウムイオンは依然としてアノード集電体１０５のみに直接堆積しているが、リチウムイオンの体積は、ほとんどが緩衝層１０４の粒子により形成される空隙の中に存在する。図の実施形態において、リチウムイオンの堆積によりわずかな膨張が起こっている。厚さ２２１は厚さ２１１より約３％～１０％大きいが、これはリチウムイオンの量が緩衝層１０４の空隙内の空間の量を超えるからである。他の実施形態において、緩衝層１０４は、電池セルがフル充電されたときにリチウムイオンを完全に収容するか、又はほぼ完全に収容するように、より厚くされてよい。

【００１９】

［0022］ 放電後、リチウムイオンはアノード集電体１０５からカソードへと移動する。リチウムイオンの堆積による膨張が収まり、緩衝層１０４の厚さはほぼ厚さ２１１まで戻る。緩衝層１０４が存在する場合の膨張の量は、緩衝層１０４が存在せず、多孔質のバッファが存在しないためにリチウムイオンがアノード集電体１０５に堆積し得る場合よりかなり少ないかもしれない。

【００２０】

［0023］ 図３は、リチウムイオンを保存するための緩衝層を有する固体電池の断面に関する充放電サイクルのある実施形態３００を示す。

【００２１】

［0024］ 放電状態３１０では、緩衝層１０４は、緩衝層１０４の粒子により形成される空隙の中にリチウムイオンが、あったとしてもわずかしかない状態で存在する。厚さ３０２は、リチウムイオンの堆積による何れの膨張も含まない基本厚さを表す。同様に、厚さ

３０１は、膨張が存在しない時の電池セルの基本厚さを表す。充電が行われると、充電状態３２０で示されているように、リチウムイオンは緩衝層の粒子により形成される空隙を満たし、それゆえ緩衝層１０４とリチウム堆積物を含む層３３０が作られる。厚さ３０３は、リチウムの堆積が幾分かの量の膨張を引き起こすために、厚さ３０２よりわずかに大きくてよい。厚さ３０３は厚さ３０２より約３％～１０％大きくなり得るが、これはリチウムイオンの量が緩衝層１０４の空隙内の空間の量を超えるからである。同様に、厚さ３０２は厚さ３０１よりわずかに大きいかもしれず、これはリチウムイオンの量が緩衝層１０４の空隙内の空間の量を超えるからである。他の実施形態において、緩衝層１０４は、電池セルがフル充電されたときにリチウムイオンを完全に収容するか、又はほぼ完全に収容するように、より厚くされてよい。

【００２２】

［0025］ 放電中、リチウムイオンはアノード集電体１０５から固体電解質層１０３を通じてカソード層１０２へと移動する。リチウムイオンの全部又はほとんどが移動すると、放電状態３１０が再び存在してよい。リチウムイオンの堆積による膨張が収まり、緩衝層１０４の厚さはほぼ厚さ３０２まで戻る。同様に、電池セルの厚さは厚さ３０１に戻ってよい。緩衝層１０４が存在する場合の膨張の量は、緩衝層１０４が存在せず、多孔質のバッファが存在しないためにリチウムイオンがアノード集電体１０５に堆積し得る場合よりかなり少ないかもしれない。

【００２３】

［0026］ ＳＳＢのアノード集電体に当接するイオン（例えば、リチウムイオン）緩衝層を有する電池セルを製作するために様々な方法が実行されてよい。図４は、充電時の電池セルの膨張を減少させるための方法４００のある実施形態を示す。ブロック４０５で、アノード集電体層が製作されてよい。このアノード集電体層は、銅箔又は他の何れかの形態の導電性の柔軟な層、例えばＮｉ、Ｆｅ、Ｎｉ＋Ｆｅ、炭素繊維シート等であってよい。ＳＳＢは、「アノードフリー」ＳＳＢであってよく、したがってアノード集電体はアノードとアノード集電体の両方としての機能を果たしてよい。ブロック４０５で、緩衝層はアノード集電体の上に製作されてよい。例えば、炭素粒子がアノード集電体の箔の上に堆積されてよい。炭素層の厚さは１００ｎｍ～３０μｍであってよい。

【００２４】

［0027］ ブロック４１０で、固体電解質層が緩衝層の上に設置又は堆積されてよい。ブロック４１５で、カソード及びカソード集電体が固体電解質層の上に設置又は堆積されてよい。幾つかの実施形態において、アノード集電体と緩衝層を含む第一の層群が製作されてよい。カソード集電体、カソード、及び固体電解質層を含む第二の層群が製作されてよい。２つの層群はその後、相互に積層されてよい。他の実施形態において、固体電解質層は、第二の層群ではなく第一の層群に含められるか、又はその代わりに電池セルが組み立てられるときに２つの群間に積層されてもよい。

【００２５】

［0028］ ブロック４２０で、層をまとめて巻くことによって、円筒型ジェリーロール型固体電池が製作されてよい。その結果として得られた円筒型ジェリーロールは、保存のために円筒型ハウジング、例えば円筒型キャニスタの中に挿入されてよい。集電体につながる電気リードは電池セルの端子に接続されてよい。

【００２６】

［0029］ ブロック４２５で、電池セルが充電されてよい。充電の結果、リチウムイオンはカソードからアノード集電体へと移動する。ブロック４３０で、イオンはアノード集電体に直接隣接する緩衝層の空隙内に保存される。すでに存在する層の空隙はイオンにより満たされているため、電池の膨張は、緩衝層が存在しない場合よりかなり少ないかもしれない。

【００２７】

［0030］ ブロック４３５で、電池は放電されてよい。放電により、イオンは固体電解質を通じてカソードに移動し得る。したがって、緩衝層内の空隙は再び空になり得る。ブロ

ック４２５～４３５は、何度も繰り返されてよい。例えば、このような電池セルは、電気自動車のバッテリモジュールの一部として組み込まれてよい。

【００２８】

［0031］ 例えば、ブロック４０５～４２０により製作された電池セルは、７５５９Ａｈで充電されてよい。電池セルは、初期クーロン効率８２．４％の場合に６２２９Ａｈで放電されてよい。この電池は、約８６％の半径方向の体積膨張が起こり得る。

【００２９】

［0032］ 上述の方法、システム、及び機器は例である。各種の構成では、様々な手順又は構成要素を適切に省き、置換し、又は追加してもよい。例えば、代替的な構成において、方法は、記載されているものとは異なる順番で行われてよく、及び／又は各種のステージを追加し、省き、及び／又は組み合わせてもよい。また、特定の構成に関して記載された特徴を、他の様々な構成で組み合わせてよい。構成の異なる態様と要素を同様の方法で組み合わせてもよい。また、技術は進歩し、それゆえ、要素の多くは例であり、本開示又は特許請求項の範囲を限定しない。

【００３０】

［0033］ 説明の中では具体的な詳細事項を提示して、例示的な構成（実装を含む）をよく理解できるようにしている。しかしながら、構成はこれらの具体的な詳細事項がなくても実施されてよい。例えば、よく知られている回路、プロセス、アルゴリズム、構造、及び技術は、構成を曖昧にしないようにするために、不必要な詳細事項を含めずに示されている。この説明は、例示的な構成を提供しているにすぎず、特許請求項の範囲、適用可能性、又は構成を制限しない。むしろ、構成に関する上述の説明は、当業者に対し、記載の技術を実装することを可能にする説明を提供する。本開示の主旨又は範囲から逸脱することなく、要素の機能や配置において様々な変更を加えてよい。

【００３１】

［0034］ また、構成は、フロー図又はブロック図として描かれるプロセスとして説明され得る。各々は動作を連続プロセスとして説明し得るが、動作の多くは並行して、又は同時に行うことができる。それに加えて、動作の順序は配置し直してもよい。プロセスは、図に含まれない追加のステップを有していてもよい。

【００３２】

［0035］ 幾つかの例示的な構成を説明したが、本開示の主旨から逸脱することなく、様々な改良、代替的な構成、及び等価物を使用してもよい。例えば、上述の要素はより大きなシステムの構成要素であってもよく、本発明の適用には他のルールを優先しても、又はそれ以外に変更してもよい。また、上述の要素を考慮する前、考慮しているとき、又は考慮した後に多くのステップがとられてもよい。

【図面】

【図１】

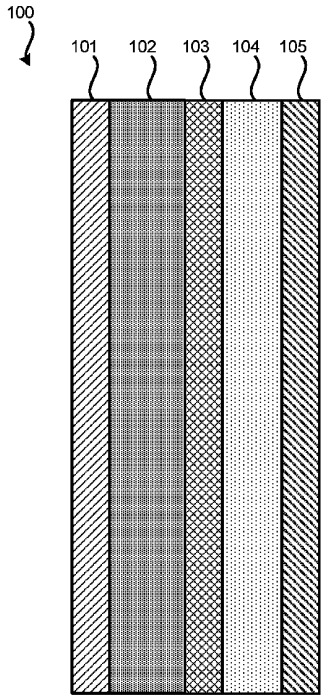
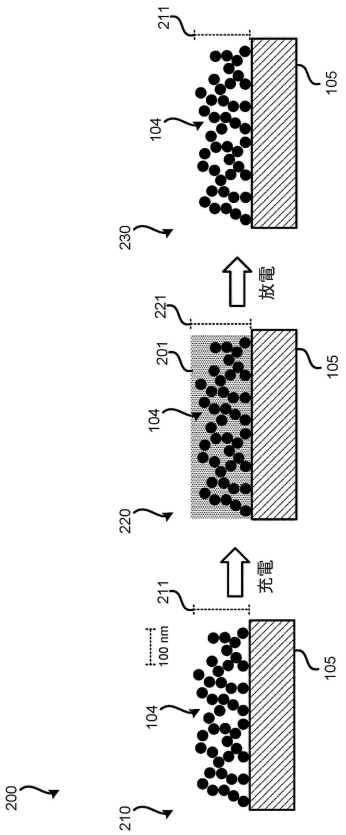
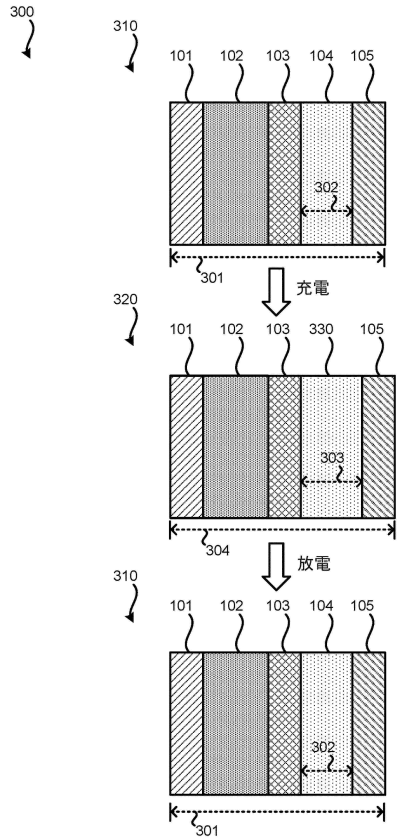



FIG. 1

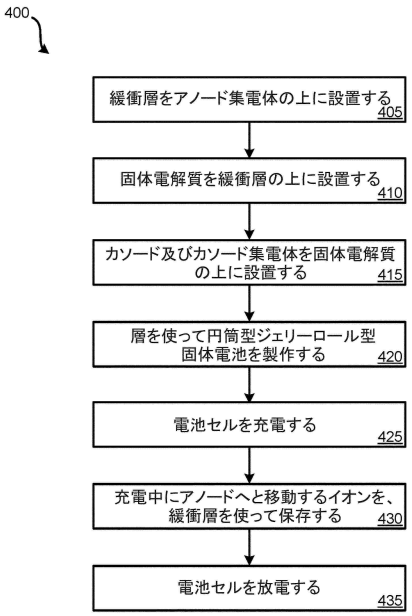
【図２】




【図３】




【図４】



フロントページの続き

(51)国際特許分類　　ＦＩ
*Ｈ０１Ｍ　4/13 (2010.01)*　　Ｈ０１Ｍ　4/13

アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９５０５４，サンタクララ，スコット ブールバード ３３０３
(72)発明者　ヤン ヤン
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９５０５４，サンタクララ，スコット ブールバード ３３０３
(72)発明者　星 肇
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９５０５４，サンタクララ，スコット ブールバード ３３０３
(72)発明者　中野 雅継
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９５０５４，サンタクララ，スコット ブールバード ３３０３
(72)発明者　井本 浩
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９５０５４，サンタクララ，スコット ブールバード ３３０３
審査官　山下 裕久

(56)参考文献　特開２０１６－１１５６８１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－０７３８４６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－２１６１９３（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－１９２５４０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｍ　１０／０５２－０５８７
Ｈ０１Ｍ　４／１３－６６