

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2019-532471

(P2019-532471A)

(43) 公表日 令和1年11月7日 (2019.11.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 10/052 (2010.01)	HO 1 M 10/052	5HO 1 7
HO 1 M 2/16 (2006.01)	HO 1 M 2/16	5HO 2 1
HO 1 M 4/62 (2006.01)	HO 1 M 4/62	5HO 2 9
HO 1 M 4/505 (2010.01)	HO 1 M 4/505	5HO 5 0
HO 1 M 4/525 (2010.01)	HO 1 M 4/525	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 38 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2019-515214 (P2019-515214)
 (86) (22) 出願日 平成29年9月8日 (2017.9.8)
 (85) 翻訳文提出日 令和1年5月10日 (2019.5.10)
 (86) 国際出願番号 PCT/CN2017/101087
 (87) 国際公開番号 W02018/054233
 (87) 国際公開日 平成30年3月29日 (2018.3.29)
 (31) 優先権主張番号 15/272,494
 (32) 優先日 平成28年9月22日 (2016.9.22)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)

(71) 出願人 518234977
 ジーアールエスティー・インターナショナル・リミテッド
 中華人民共和国、ホンコン、ニュー・テリトリーズ、シャティン、ホンコン・サイエンス・パーク、サイエンス・パーク・イースト・アヴェニュー・ナンバー2、フォトリクス・センター、2/Fフロア、ユニット 212
 Unit 212, 2/F, Photonics Centre, No. 2 Science Park East Avenue, Hong Kong Science Park, Shatin, New Territories, Hong Kong
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電極アセンブリ

(57) 【要約】

ここで提供されるのは、少なくとも1つのアノードと、少なくとも1つのカソードと、少なくとも1つのアノードおよび少なくとも1つのカソードの間に配置された少なくとも1つのセパレータとを含み、電極アセンブリの含水量は、電極アセンブリの総重量に基づいて、20重量ppm未満である、リチウムイオンバッテリーの電極アセンブリである。

【選択図】 図1

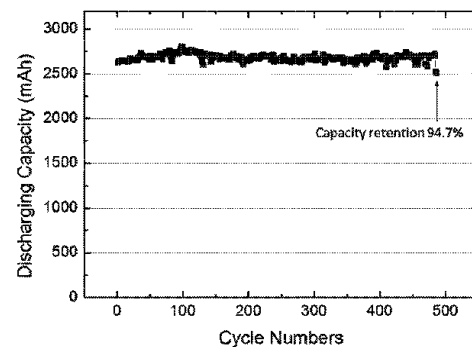


Figure 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

非水電解質 2 次バッテリーのための電極アセンブリにおいて、
少なくとも 1 つのアノードと、少なくとも 1 つのカソードと、前記少なくとも 1 つのアノードおよび前記少なくとも 1 つのカソードの間に配置された少なくとも 1 つのセパレータと、
を具備し、

前記電極アセンブリの含水量は、前記電極アセンブリの総重量に基づいて、20 重量 ppm 未満である、電極アセンブリ。

【請求項 2】

前記少なくとも 1 つのカソードは、カソード集電体と、カソード材料とバインダー材料と導電剤とを具備するカソード電極層とを具備し、前記少なくとも 1 つのアノードは、アノード集電体と、アノード材料とバインダー材料と導電剤とを具備するアノード電極層とを具備し、前記カソード電極層および前記アノード電極層の各々は、独立して、電極層の総容量に基づいて、40% 未満、35% 未満、33% 未満、30% 未満、25% 未満、20% 未満、または 15% 未満の空隙容量を持つ、請求項 1 の電極アセンブリ。

10

【請求項 3】

前記カソード電極層および前記アノード電極層の各々の密度は、独立して、約 1.0 g / m³ ないし約 6.5 g / m³ である、請求項 2 の電極アセンブリ。

【請求項 4】

前記カソード電極層および前記アノード電極層の各々の密度は、独立して、約 1.0 g / m³ ないし約 3.0 g / m³ である、請求項 2 の電極アセンブリ。

20

【請求項 5】

前記カソード電極層および前記アノード電極層の各々の厚さは、独立して、約 1.0 μm ないし約 40 μm である、請求項 2 の電極アセンブリ。

【請求項 6】

前記カソード電極層および前記アノード電極層の各々の厚さは、独立して、約 1.0 μm ないし約 25 μm である、請求項 2 の電極アセンブリ。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つのセパレータは、ポリオレフィン、ポリエチレン、高密度ポリエチレン、線状低密度ポリエチレン、低密度ポリエチレン、超高分子量ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリプロピレン / ポリエチレン共重合体、ポリブチレン、ポリペンテン、ポリアセタール、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリイミド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリスルホン、ポリフェニレンオキシド、ポリフェニレンスルフィド、ポリアクリロニトリル、ポリフッ化ビニリデン、ポリオキシメチレン、ポリビニルピロリドン、ポリエステル、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレン、ポリブチレンナフタレート、およびそれらの組み合わせからなる群から選択されるポリマー繊維から形成される、請求項 1 の電極アセンブリ。

30

【請求項 8】

前記セパレータの厚さは、約 1.0 μm ないし約 40 μm である、請求項 1 の電極アセンブリ。

40

【請求項 9】

前記セパレータの厚さは、約 1.0 μm ないし約 25 μm である、請求項 1 の電極アセンブリ。

【請求項 10】

前記カソード電極層および前記アノード電極層における前記バインダー材料の各々は、独立して、スチレン - ブタジエンゴム、アクリル化スチレン - ブタジエンゴム、アクリロニトリルコポリマー、アクリロニトリル - ブタジエンゴム、ニトリルブタジエンゴム、アクリロニトリル - スチレン - ブタジエンコポリマー、アクリルゴム、ブチルゴム、フッ素ゴム、ポリテトラフルオロエチレン、ポリエチレン、ポリプロピレン、エチレン / プロピ

50

レン共重合体、ポリブタジエン、ポリエチレンオキシド、クロロスルホン化ポリエチレン、ポリビニルピロリドン、ポリビニルピリジン、ポリビニルアルコール、ポリ酢酸ビニル、ポリクロロヒドリン、ポリホスファゼン、ポリアクリロニトリル、ポリスチレン、ラテックス、アクリル樹脂、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、カルボキシメチルセルロース、ヒドロキシプロピルセルロース、セルロースアセテート、セルロースアセテートブチレート、セルロースアセテートプロピオネート、シアノエチルセルロース、シアノエチルスクロース、ポリエステル、ポリアミド、ポリエーテル、ポリイミド、ポリカルボキシレート、ポリカルボン酸、ポリアクリル酸、ポリアクリレート、ポリメタクリル酸、ポリメタクリレート、ポリアクリルアミド、ポリウレタン、フッ化ポリマー、塩素化ポリマー、アルギン酸の塩、ポリフッ化ビニリデン、ポリ(フッ化ビニリデン) - ヘキサフルオロプロペン、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される、請求項2の電極アセンブリ。

10

【請求項11】

前記カソード電極層および前記アノード電極層における前記バインダー材料の各々は、独立して、電極層の総重量に基づいて、2重量%ないし10重量%の量で存在する、請求項2の電極アセンブリ。

【請求項12】

前記カソード材料は、 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{O}_2$ 、 $\text{Li}_{1+z}\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{Co}_{1-x-y}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Al}_z\text{O}_2$ 、 LiV_2O_5 、 LiTiS_2 、 LiMoS_2 、 LiMnO_2 、 LiCrO_2 、 LiMn_2O_4 、 LiFeO_2 、 LiFePO_4 、 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ 、 $\text{LiNi}_{0.4}\text{Mn}_{1.6}\text{O}_4$ およびそれらの組み合わせからなる群から選択され、各 x は独立して0.3ないし0.8であり、各 y は独立して0.1ないし0.45であり、各 z は独立して0ないし0.2である、請求項2の電極アセンブリ。

20

【請求項13】

前記カソード電極層および前記アノード電極層における前記導電剤の各々は、独立して、カーボン、カーボンブラック、グラファイト、膨張グラファイト、グラフェン、グラフェンナノプレートレット、炭素繊維、カーボンナノファイバー、グラファイト化カーボンフレーク、カーボンチューブ、カーボンナノチューブ、活性炭、メソポーラスカーボン、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される、請求項2の電極アセンブリ。

【請求項14】

前記カソード電極層および前記アノード電極層における前記導電剤の各々は、独立して、電極層の総重量に基づいて、2重量%ないし10重量%の量で存在する、請求項2の電極アセンブリ。

30

【請求項15】

前記アノード材料は、天然グラファイト微粒子、合成グラファイト微粒子、Sn微粒子、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 微粒子、Si微粒子、Si-C複合微粒子、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される、請求項2の電極アセンブリ。

【請求項16】

少なくとも1つの前記カソード集電体および少なくとも1つの前記アノード集電体の各々は、独立して、ステンレス鋼、チタン、ニッケル、アルミニウム、銅、または導電性樹脂である、請求項2の電極アセンブリ。

【請求項17】

少なくとも1つの前記カソード集電体は、アルミニウム薄膜であり、少なくとも1つの前記アノード集電体は、銅薄膜である、請求項2の電極アセンブリ。

40

【請求項18】

前記電極アセンブリにおける前記少なくとも1つのアノードおよび前記少なくとも1つのカソードは、前記少なくとも1つのアノードおよび前記少なくとも1つのカソードの総重量に基づいて、20重量ppm未満の含水量を持つ、請求項1の電極アセンブリ。

【請求項19】

前記電極アセンブリにおける前記少なくとも1つのセパレータは、前記少なくとも1つのセパレータの総重量に基づいて、20重量ppm未満の含水量を持つ、請求項1の電極アセンブリ。

50

【請求項 20】

請求項 1 の電極アセンブリを具備するリチウムバッテリー。

【発明の詳細な説明】

【発明の分野】

【0001】

本発明は、バッテリーの分野に関する。特に、本発明は、リチウムイオンバッテリーの電極アセンブリを乾燥させる方法および本明細書に開示される方法によって作製される電極アセンブリに関する。

【発明の背景】

【0002】

10

リチウムイオンバッテリー (LIB) は、過去 20 年間に携帯電話やラップトップコンピュータなどの携帯電子機器における広範囲の用途のために広く注目されてきた。高性能で低コストの LIB は、現在、電気自動車 (EV) の急速な市場発展とグリッドエネルギー貯蔵のために、大規模なエネルギー貯蔵装置の最も有望な選択肢の 1 つを提供している。

【0003】

現在、電極は、活性バッテリー電極材料、導電剤、およびバインダー材料の微粉末を適切な溶媒中に分散させることによって作製される。分散液は、銅またはアルミニウムの金属箔のような集電体上に塗布され、その後、高温で乾燥され、溶媒を除去することができる。その後、カソードとアノードのシートを、カソードとアノードとを分離するセパレータと共に積み重ねるか又は巻いてバッテリーを形成する。

20

【0004】

リチウムイオンバッテリーの製造プロセスは水分に敏感である。高含水量のバッテリーは、電気化学的性能の深刻な低下を招き、バッテリーの安定性に影響を及ぼす。したがって、環境湿度は LIB の製造プロセスに対して厳密に管理する必要がある。ほとんどの LIB は、湿度が 1 % 未満の環境で製造される。しかしながら、水分を含まない厳格なプロセスのためにはかなりの費用がかかる。電極アセンブリの湿気に敏感な問題に取り組むために、バッテリー内の含水量を減らすために電解質充填の前に電極アセンブリを乾燥させることは重要である。

【0005】

中国特許第 104142045 B 号公報は、LIB の電極アセンブリを乾燥させる方法を記載している。この方法は、電極アセンブリを真空下で 30 ないし 100 の温度で加熱することと、オーブンを乾燥空気または不活性ガスで満たすことと、これらの 2 つの工程を 1 ないし 10 回繰り返すことと、を備える。この方法は、電極アセンブリに 430 . 5 ppm ないし 488 . 1 ppm の含水量を与える。

30

【0006】

中国特許出願第 105115250 A 号公報は、LIB の電極アセンブリを乾燥させる方法を記載している。この方法は、電極アセンブリを真空下で 85 ± 5 の温度に加熱することと、オーブンを高温の乾燥窒素ガスで満たすことと、これらの 2 つの工程を 10 ないし 20 回繰り返すことと、を備える。この方法は、200 ppm 未満の含水量を有する電極アセンブリを提供する。

40

【0007】

中国特許第 102735023 B 号公報は、LIB の電極アセンブリを乾燥させる方法を記載している。この方法は、電極アセンブリを真空下で 20 ないし 70 の温度で加熱することと、オーブンを乾燥空気または窒素ガスで満たすことと、これらの 2 つの工程を 5 ないし 50 回繰り返すことと、を備える。この方法は、電極アセンブリに 110 . 1 ppm ないし 137 . 2 ppm の含水量を与える。

【0008】

中国特許第 103344097 B 号公報は、LIB の電極アセンブリを乾燥させる方法を記載している。この方法は、75 ないし 85 の温度で真空下で電極アセンブリを加熱することと、オーブンを非酸化性ガスで満たすことと、75 ないし 85 に電極アセンブ

50

りを加熱することと、電極アセンブリを再び真空乾燥させることと、を備える。しかしながら、この方法は、乾燥プロセスを評価するための乾燥電極アセンブリの含水量を提供しない。

【0009】

既存の方法によって乾燥させたときの電極アセンブリの含水量は、100 ppmから数百 ppmの範囲であり、これは、LIBのサイクル安定性およびレート性能に影響を及ぼし得る。上記を考慮して、低含水量を持つ電極アセンブリの必要性が常にある。

【発明の概要】

【0010】

上述の必要性は、本明細書に開示される様々な態様および実施形態によって満たされる。

10

【0011】

ある態様において、本明細書に提供されるのは、非水電解質2次バッテリーのための電極アセンブリにおいて、

少なくとも1つのアノードと、少なくとも1つのカソードと、少なくとも1つのアノードおよび少なくとも1つのカソードの間に配置された少なくとも1つのセパレータと、を具備し、

電極アセンブリの含水量は、電極アセンブリの総重量に基づいて、20重量 ppm未満である。

【0012】

20

ある実施形態において、少なくとも1つのカソードは、カソード集電体と、カソード材料とバインダー材料と導電剤とを具備するカソード電極層とを具備し、少なくとも1つのアノードは、アノード集電体と、アノード材料とバインダー材料と導電剤とを具備するアノード電極層とを具備し、カソード電極層およびアノード電極層の各々は、独立して、電極層の総容量に基づいて、40%未満、35%未満、33%未満、30%未満、25%未満、20%未満、18%未満、15%未満、13%未満、10%未満、または8%未満の空隙容量を持つ。

【0013】

いくつかの実施形態において、カソード電極層およびアノード電極層の各々の密度は、独立して、約1.0 g/m³ないし約6.5 g/m³、または、約1.0 g/m³ないし約3.0 g/m³である。

30

【0014】

ある実施形態において、カソード電極層およびアノード電極層の各々の厚さは、独立して、約1.0 μmないし約40 μm、または、約1.0 μmないし約25 μmである。

【0015】

いくつかの実施形態において、少なくとも1つのセパレータは、ポリオレフィン、ポリエチレン、高密度ポリエチレン、線状低密度ポリエチレン、低密度ポリエチレン、超高分子量ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリプロピレン/ポリエチレン共重合体、ポリブチレン、ポリペンテン、ポリアセタール、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリイミド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリスルホン、ポリフェニレンオキシド、ポリフェニレンスルフィド、ポリアクリロニトリル、ポリフッ化ビニリデン、ポリオキシメチレン、ポリビニルピロリドン、ポリエステル、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレン、ポリブチレンナフタレート、およびそれらの組み合わせからなる群から選択されるポリマー繊維から形成される。

40

【0016】

ある実施形態において、セパレータの厚さは、約1.0 μmないし約40 μm、または、約1.0 μmないし約25 μmである。

【0017】

いくつかの実施形態において、カソード電極層およびアノード電極層におけるバインダー材料の各々は、独立して、スチレン-ブタジエンゴム、アクリル化スチレン-ブタジエ

50

ンゴム、アクリロニトリルコポリマー、アクリロニトリル - ブタジエンゴム、ニトリルブタジエンゴム、アクリロニトリル - スチレン - ブタジエンコポリマー、アクリルゴム、ブチルゴム、フッ素ゴム、ポリテトラフルオロエチレン、ポリエチレン、ポリプロピレン、エチレン/プロピレン共重合体、ポリブタジエン、ポリエチレンオキシド、クロロスルホン化ポリエチレン、ポリビニルピロリドン、ポリビニルピリジン、ポリビニルアルコール、ポリ酢酸ビニル、ポリクロロヒドリン、ポリホスファゼン、ポリアクリロニトリル、ポリスチレン、ラテックス、アクリル樹脂、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、カルボキシメチルセルロース、ヒドロキシプロピルセルロース、セルロースアセテート、セルロースアセテートブチレート、セルロースアセテートプロピオネート、シアノエチルセルロース、シアノエチルスクロース、ポリエステル、ポリアミド、ポリエーテル、ポリイミド、ポリカルボキシレート、ポリカルボン酸、ポリアクリル酸、ポリアクリレート、ポリメタクリル酸、ポリメタクリレート、ポリアクリルアミド、ポリウレタン、フッ化ポリマー、塩素化ポリマー、アルギン酸の塩、ポリフッ化ビニリデン、ポリ(フッ化ビニリデン) - ヘキサフルオロプロペン、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される。

【0018】

ある実施形態において、カソード電極層およびアノード電極層におけるバインダー材料の各々は、独立して、電極層の総重量に基づいて、2重量%ないし10重量%の量で存在する。

【0019】

いくつかの実施形態において、カソード材料は、 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{O}_2$ 、 $\text{Li}_{1+z}\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{Co}_{1-x-y}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Al}_z\text{O}_2$ 、 LiV_2O_5 、 LiTiS_2 、 LiMoS_2 、 LiMnO_2 、 LiCrO_2 、 LiMn_2O_4 、 LiFeO_2 、 LiFePO_4 、 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ 、 $\text{LiNi}_{0.4}\text{Mn}_{1.6}\text{O}_4$ およびそれらの組み合わせからなる群から選択され、各 x は独立して0.3ないし0.8であり、各 y は独立して0.1ないし0.45であり、各 z は独立して0ないし0.2である。

【0020】

ある実施形態において、カソード電極層およびアノード電極層における導電剤の各々は、独立して、カーボン、カーボンブラック、グラファイト、膨張グラファイト、グラフェン、グラフェンナノプレートレット、炭素繊維、カーボンナノファイバー、グラファイト化カーボンフレーク、カーボンチューブ、カーボンナノチューブ、活性炭、メソポーラスカーボン、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される。

【0021】

いくつかの実施形態において、カソード電極層およびアノード電極層における導電剤の各々は、独立して、電極層の総重量に基づいて、2重量%ないし10重量%の量で存在する。

【0022】

ある実施形態において、アノード材料は、天然グラファイト微粒子、合成グラファイト微粒子、Sn微粒子、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 微粒子、Si微粒子、Si-C複合微粒子、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される。

【0023】

いくつかの実施形態において、少なくとも1つのカソードおよびアノードの集電体の各々は、独立して、ステンレス鋼、チタン、ニッケル、アルミニウム、銅、または導電性樹脂である。

【0024】

ある実施形態において、少なくとも1つのカソードの集電体は、アルミニウム薄膜であり、少なくとも1つのアノードの集電体は、銅薄膜である。

【0025】

いくつかの実施形態において、電極アセンブリにおける少なくとも1つのアノードおよび少なくとも1つのカソードは、少なくとも1つのアノードおよび少なくとも1つのカソードの総重量に基づいて、20重量ppm未満の含水量を持つ。

【0026】

10

20

30

40

50

ある実施形態において、電極アセンブリにおける少なくとも1つのセパレータは、少なくとも1つのセパレータの総重量に基づいて、20重量ppm未満の含水量を持つ。

【0027】

別の態様において、本明細書に開示された方法によって作製された電極アセンブリを含むリチウム 배터리が本明細書に提供される。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】図1は、実施例2に記載された方法によって作製された電極アセンブリを含む電気化学セルのサイクル性能を示す。

【0029】

【図2】図2は、実施例4に記載された方法によって作製された電極アセンブリを含む電気化学セルのサイクル性能を示す。

【0030】

【図3】図3は、実施例6に記載された方法によって作製された電極アセンブリを含む電気化学セルのサイクル性能を示す。

【発明の詳細な説明】

【0031】

本明細書に提供されるのは、非水電解質2次電池のための電極アセンブリにおいて

、少なくとも1つのアノードと、少なくとも1つのカソードと、少なくとも1つのアノードおよび少なくとも1つのカソードの間に配置された少なくとも1つのセパレータと、を具備し、

電極アセンブリの含水量は、電極アセンブリの総重量に基づいて、20重量ppm未満である。

【0032】

「電極」という用語は、「カソード」または「アノード」を指す。

【0033】

「正極」という用語は、カソードと互換的に使用される。同様に、「負極」という用語は、アノードと互換的に使用される。

【0034】

「空隙容量」という用語は、電極層における固形材料の間の空間の量を指す。空隙容量が大きくなるほど、多量の電解質が電極層に維持される。

【0035】

「バインダー材料」という用語は、電極材料および導電剤を適所に保持するために使用可能な化学物質または物質を指す。

【0036】

「水性バインダー材料」という用語は、水溶性または水分散性バインダーポリマーを指す。水性バインダー材料のいくつかの非限定的な例には、スチレン-ブタジエンゴム、アクリル化スチレン-ブタジエンゴム、アクリロニトリル-ブタジエンゴム、アクリルゴム、ブチルゴム、フッ素ゴム、ポリテトラフルオロエチレン、ポリエチレン、ポリプロピレン、エチレン/プロピレンコポリマー、ポリブタジエン、ポリエチレンオキシド、ポリビニルピロリドン、ポリエピクロロヒドリン、ポリホスファゼン、ポリアクリロニトリル、ポリスチレン、エチレン/プロピレン/ジエンコポリマー、ポリビニルピリジン、クロロスルホン化ポリエチレン、ラテックス、ポリエステル樹脂、アクリル樹脂、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、ポリビニルアルコール、カルボキシメチルセルロース、ヒドロキシプロピルセルロース、およびそれらの組み合わせが含まれる。

【0037】

「有機系バインダー材料」という用語は、有機溶媒、特にN-メチル-2-ピロリドン(NMP)中に溶解または分散しているバインダーを指す。有機系バインダー材料のいくつかの非限定的な例には、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、ペルフルオロアル

10

20

30

40

50

コキシポリマー（PFA）、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）、テトラフルオロエチレン（TFE）とヘキサフルオロプロピレン（HFP）とのコポリマー、フッ素化エチレン-プロピレン（FEP）コポリマー、テトラフルオロエチレンとヘキサフルオロプロピレンとフッ化ビニリデンとのターポリマー、およびそれらの組み合わせが含まれる。

【0038】

「集電体」という用語は、2次バッテリーの放電または充電中に電極に電流を流し続けるために、電極材料および化学的に不活性な高電子伝導体を被覆するための支持体を指す。

【0039】

「導電剤」という用語は、化学的に不活性であり、良好な導電性を有する材料を指す。このため、導電剤は、たびたび、電極の導電性を向上させるために電極形成時に電極活物質と混合される。いくつかの実施形態では、導電剤は炭素質材料である。

【0040】

「電極アセンブリ」という用語は、少なくとも1つの正極と、少なくとも1つの負極と、正極と負極との間に配置された少なくとも1つのセパレータとを備える構造を指す。

【0041】

「室温」という用語は、約18℃ないし約30℃の室内温度、例えば18、19、20、21、22、23、24、25、26、27、28、29、または30℃を指す。いくつかの実施形態では、室温は、約20℃+/-1℃または+/-2℃または+/-3℃の温度を指す。他の実施形態では、室温は約22℃または約25℃の温度を指す。

【0042】

「大気圧」という用語は、大気の重量によって加えられる圧力を指し、海面での平均値は101,325Paである。

【0043】

「Cレート」という用語は、AhまたはmAhでの総蓄電容量の観点から表されるセルまたはバッテリーの充電または放電レートを指す。例えば、1Cの割合は、1時間ですべての蓄積エネルギーを利用することを意味し、0.1Cは、1時間で10%のエネルギーを利用し、10時間で全エネルギーを利用することを意味し、5Cは12分で全エネルギーを利用することを意味する。

【0044】

「アンペア時（Ah）」という用語は、バッテリーの蓄電容量を特定する単位を指す。例えば、1Ah容量のバッテリーは、1アンペアの電流を1時間または0.5Aの電流を2時間など、供給することが可能である。したがって、1アンペア時（Ah）は3,600クーロンの電荷量に相当する。同様に、「ミニアンペア時（mAh）」という用語は、また、バッテリー蓄電容量の単位を意味し、1/1,000アンペア時である。

【0045】

「バッテリーサイクル寿命」という用語は、バッテリーの公称容量が初期定格容量の80%を下回る前にバッテリーが実行できる完全な充電/放電のサイクル数を指す。

【0046】

以下の説明では、本明細書に開示される全ての数字は、「約」または「およそ」という語がそれに関連して使用されるかどうかにかかわらず、およその値である。それらは、1%、2%、5%、または場合によっては10%ないし20%変化することがある。下限 R^L および上限 R^U を有する数値範囲が開示されるときはいつも、範囲内の任意の数値が具体的に開示される。特に、範囲内の以下の数値が具体的に開示され： $R = R^L + k \times (R^U - R^L)$ 、ここにおいて、 k は1%から100%の範囲の変数であって1%ずつ増加し、すなわち、 k は1%、2%、3%、4%、5%、...、50%、51%、52%、...、95%、96%、97%、98%、99%、または100%である。さらに、上記で定義した2つの R 数によって定義される任意の数値範囲も具体的に開示される。

【0047】

一般に、リチウムイオンバッテリーの製造プロセスは、最適な製造条件を維持するために環境を注意深く制御しなければならない乾燥室で行われる。空気の露点は、乾燥室の品質

10

20

30

40

50

の指標である。バッテリー生産のための典型的な露点値は - 40 ないし - 65 の範囲内である。バッテリーの効率と耐用年数は、セル生産段階で決定される。

【0048】

少なくとも1つの負極、少なくとも1つのセパレータ、少なくとも1つの正極を順次積み重ねることによって電極アセンブリを構成することが可能である。電極アセンブリを構成するための、少なくとも1つの正極、少なくとも1つの負極、少なくとも1つのセパレータの数および配置は、特に限定されない。いくつかの実施形態において、電極アセンブリは、正極/セパレータ/負極構造または正極/セパレータ/負極/セパレータ/正極/セパレータ/負極構造のような反対の極性（すなわち、正極および負極）を2つの最外電極が備える積層構造を有する。

10

【0049】

いくつかの実施形態において、非水電解質2次バッテリーに使用するための電極アセンブリが開示されている。ある実施形態において、リチウムイオンバッテリーに使用するための電極アセンブリが開示されている。

【0050】

ある実施形態において、電極アセンブリは、正極/セパレータ/負極/セパレータ/正極構造または負極/セパレータ/正極/セパレータ/負極構造のような、同じ極性（すなわち、正極または負極）を2つの最外電極が備える積層構造を有する。

【0051】

いくつかの実施形態において、電極アセンブリは、セパレータ/正極/セパレータ/負極構造または正極/セパレータ/負極/セパレータ構造のような、最も外側の一方にセパレータが配置されている構造を有する。他の実施形態において、電極アセンブリは、セパレータ/正極/セパレータ/負極/セパレータ構造のような、最も外側の両側にセパレータが配置されている構造を有する。

20

【0052】

ある実施形態において、電極アセンブリは、空気が - 65 の露点を有する厳密な湿度制御下で組み立てられる。いくつかの実施形態において、電極アセンブリは、空気が - 50、- 40、- 30、- 20、- 10、0、5、または10 の露点を有する乾燥条件下で組み立てられる。ある実施形態において、電極アセンブリは湿度を制御せずに屋外で組み立てられる。

30

【0053】

いくつかの実施形態において、電極アセンブリのための組み立て工程を乾燥室で実行する必要はない。いくつかの実施形態において、電極アセンブリは、約40%ないし約100%、約40%ないし約90%、約40%ないし約80%、約50%ないし約100%、約50%ないし約90%、約50%ないし約80%、約60%ないし約100%、または約60%ないし約90%の相対湿度下で組み立てることが可能である。ある実施形態において、電極アセンブリは、約40%以上、約50%以上、約60%以上、約70%以上、または約80%の相対湿度下で組み立てることが可能である。一般に、作製された電極アセンブリは、組み立て工程の直後に乾燥される。本発明の利点の1つは、作製された電極アセンブリが即時の使用には必要とされないことである。いくつかの実施形態において、電極アセンブリは、高温乾燥工程の前に、大気圧下で、室温で、外気中で、少なくとも1時間、2時間、3時間、5時間、8時間、12時間、1日、2日、3日、4日、5日、6日または1週間保管することができる。他の実施形態では、電極アセンブリは、高温乾燥工程の前に、大気圧下で、高温（例えば40 - 60）で、少なくとも1時間、2時間、3時間、5時間、8時間、12時間、1日、2日、3日、4日、5日、6日または1週間保管することが可能である。

40

【0054】

本発明の別の利点は、作製された電極を、制御されていない湿度で、比較的長時間（例えば1ないし3か月）、大気圧下で、高温（例えば40 - 60）で、貯蔵することが可能であるということである。制御されていない湿度条件下での電極の比較的長い貯蔵時間

50

にもかかわらず、電極アセンブリは依然として所望の低い含水量（例えば20ppm未満またはさらに低いレベル）まで乾燥することが可能である。

【0055】

電極アセンブリを組み立てる前に、カソードおよび/またはアノードのための予備乾燥工程は必要とされない。電極アセンブリを組み立てる前に、電極の含水量を測定する。いくつかの実施形態において、電極の含水量は、約100ppmないし約1,000ppm、約100ppmないし約800ppm、約100ppmないし約600ppm、約100ppmないし約400ppm、約100ppmないし約200ppm、または約200ppmないし約600ppmである。ある実施形態において、電極の含水量は、約100ppm超、約200ppm超、約400ppm超、約600ppm超、約800ppm超、約1,000ppm超、約1,500ppm超、約2,000ppm超、約2,500ppm超、または約3,000ppm超である。

10

【0056】

対向する活性アノード表面と活性カソード表面との間に配置されたセパレータは、アノードとカソードとの間の接触およびリチウムイオンバッテリーの短絡を防ぐことが可能である。いくつかの実施形態において、セパレータは、織布または不織布ポリマー繊維、天然繊維、炭素繊維、ガラス繊維またはセラミック繊維を含んでもよい。ある実施形態において、セパレータは織布または不織布ポリマー繊維を含む。

【0057】

いくつかの実施形態において、不織布または織布の繊維は、ポリオレフィン、ポリエチレン(PE)、高密度ポリエチレン、線状低密度ポリエチレン、低密度ポリエチレン、超高分子量ポリエチレン、ポリプロピレン(PP)、ポリプロピレン/ポリエチレン共重合体、ポリブチレン、ポリペンテン、ポリアセタール、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリイミド(PI)、ポリエーテルエーテルケトン、ポリスルホン、ポリフェニレンオキシド、ポリフェニレンスルフィド、ポリアクリロニトリル、ポリフッ化ビニリデン、ポリオキシメチレン、ポリビニルピロリドン、ポリエステル、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、ポリエチレンナフタレン、ポリブチレンナフタレート、それらの誘導体、またはそれらの組み合わせなどの有機ポリマーからなる。ある実施形態において、セパレータは、ポリエチレン、高密度ポリエチレン、線状低密度ポリエチレン、低密度ポリエチレン、超高分子量ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリプロピレン/ポリエチレン共重合体、およびそれらの組み合わせからなる群から選択されるポリオレフィン繊維からなる。いくつかの実施形態において、セパレータは、ポリエステル、ポリアセタール、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリイミド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルスルホン、ポリフェニレンオキシド、ポリフェニレンスルフィド、ポリエチレンナフタレン、およびそれらの組み合わせからなる群から選択されるポリマー繊維からなる。他の実施形態において、ポリマー繊維は、ポリエチレン、高密度ポリエチレン、線状低密度ポリエチレン、低密度ポリエチレン、超高分子量ポリエチレン、ポリプロピレン、またはポリプロピレン/ポリエチレン共重合体ではない。さらなる実施形態において、ポリマー繊維は、ポリアセタール、ポリエーテルスルホン、ポリフェニレンオキシド、ポリフェニレンスルフィド、またはポリカーボネートではない。さらなる実施形態において、ポリマー繊維は、ポリアミド、ポリイミド、またはポリエーテルエーテルケトンではない。しかし、他の全ての公知のポリマー繊維または多くの天然繊維も同様に使用することが可能である。

20

30

40

【0058】

ある実施形態において、本明細書に開示されるセパレータは、100以上、110以上、120以上、130以上、140以上、150以上、160以上、170以上、180以上、190以上、200以上、210以上、220以上、230以上、240以上、または250以上の融点を有する。いくつかの実施形態において、セパレータは、約100ないし約300、約120ないし約300、約100ないし約250、約120ないし約250、約140ないし約250

50

、約160 ないし約250 、約180 ないし約250 、または約200 ないし約250 の融点を有する。高融点を有するセパレータは高い熱安定性を示し、そのために熱収縮することなく高温で乾燥することができる。これによっても、乾燥をより効率的に行うことが可能である。そのため、電極アセンブリを比較的短時間で乾燥させることができ、製造時間を短縮することが可能となる。

【0059】

セパレータは、被覆形態または非被覆形態であり得る。いくつかの実施形態において、セパレータは、約10 μm ないし約200 μm 、約30 μm ないし約100 μm 、約10 μm ないし約75 μm 、約10 μm ないし約50 μm 、約10 μm ないし約20 μm 、約15 μm ないし約40 μm 、約15 μm ないし約35 μm 、約20 μm ないし約40 μm 、約20 μm ないし約35 μm 、約20 μm ないし約30 μm 、約30 μm ないし約60 μm 、約30 μm ないし約50 μm 、または約30 μm ないし約40 μm の厚さを有する。

10

【0060】

ある実施形態において、セパレータは、約15 μm 、約20 μm 、または約25 μm の厚さを有する。いくつかの実施形態では、本発明のセパレータは、40 μm 未満、35 μm 未満、30 μm 未満、25 μm 未満、または20 μm 未満の厚さを有する。セパレータが十分に薄い場合、水分は高い乾燥速度で蒸発し得る。

【0061】

いくつかの実施形態において、電極アセンブリはゆったりと積み重ねられる。ゆったりと積み重ねられた電極アセンブリでは、電極層とセパレータ層との間に空隙があり、水分が逃げることを可能にする。したがって、ゆったりと積層された電極アセンブリを短時間で効果的に乾燥させることができる。一方、乾燥前に電極アセンブリを加圧下で加圧すると、電極層とセパレータ層との間に隙間がほとんどまたは全くなり、空気流および乾燥効率が低下する。

20

【0062】

ある実施形態において、乾燥前に、正極、セパレータ、および負極を積み重ね、ゼリーロール構成になるように螺旋状に巻く。ロール電極アセンブリは緊密に詰め込まれているので、電極層とセパレータ層との間にはほとんどまたは全く空隙がなく、空気流および乾燥効率が低下する。いくつかの実施形態において、電極アセンブリは螺旋状に巻かれた形態ではない。

30

【0063】

正極は、カソード集電体上に支持されたカソード電極層を含む。カソード電極層は、少なくともカソード材料とバインダー材料とを備える。カソード電極層は、カソード電極層の電子伝導性を高めるための導電剤をさらに備えてもよい。負極は、アノード集電体上に支持されたアノード電極層を含む。アノード電極層は、少なくともアノード材料とバインダー材料とを備える。アノード電極層は、アノード電極層の電子伝導性を高めるための導電剤をさらに備えてもよい。

【0064】

いくつかの実施形態において、少なくとも1つのカソードは、カソード集電体と、カソード材料、バインダー材料および導電剤を含むカソード電極層とを備え、少なくとも1つのアノードは、アノード集電体と、アノード材料、バインダー材料および導電剤を含むアノード電極層とを含み、カソード電極層およびアノード電極層のそれぞれは、独立して、カソード電極層またはアノード電極層の総体積に基づいて、40%未満、37%未満、35%未満、33%未満、30%未満、25%未満、20%未満、18%未満、15%未満、13%未満、10%未満、または8%未満の空隙容量を有する。ある実施形態において、電極層の空隙容量は、カソード電極層またはアノード電極層の総体積に基づいて、8%と40%の間、8%と35%の間、8%と30%の間、10%と30%の間、13%と30%の間、13%と33%の間、15%と30%の間、18%と30%の間、20%と30%の間、または25%と30%の間である。

40

50

【 0 0 6 5 】

電極層の空隙率が 35 % 以上であると、バッテリーのエネルギー密度と出力がともに低下する。電極層の空隙率が 10 % と 35 % の間であれば、バッテリーは、リチウムイオンの良好な拡散性と、高出力性能とを示す。

【 0 0 6 6 】

集電体は、活性バッテリー電極材料の電気化学反応によって生成された電子を収集するか、または電気化学反応に必要な電子を供給するように作用する。いくつかの実施形態において、箔、シートまたはフィルムの形態であり得るカソード集電体およびアノード集電体はそれぞれ、独立して、ステンレス鋼、チタン、ニッケル、アルミニウム、銅または導電性樹脂である。ある実施形態において、カソード集電体はアルミニウム薄膜である。いくつかの実施形態において、アノード集電体は銅薄膜である。ある実施形態において、集電体は表面処理を受けない。

【 0 0 6 7 】

いくつかの実施形態において、集電体は、約 6 μm ないし約 100 μm の厚さを有する。集電体の厚さは、バッテリー内の集電体によって占有される体積および電極物質の量、したがってバッテリー内の容量に影響を及ぼす。

【 0 0 6 8 】

ある実施形態において、集電体上のカソード電極層およびアノード電極層それぞれの厚さは、独立して、約 1 μm ないし約 300 μm 、約 10 μm ないし約 300 μm 、約 20 μm ないし約 100 μm 、約 1 μm ないし約 100 μm 、約 1 μm ないし約 50 μm 、約 1 μm ないし約 40 μm 、約 10 μm ないし約 40 μm 、約 10 μm ないし約 30 μm 、または約 10 μm ないし約 25 μm である。いくつかの実施形態において、集電体上の電極層の厚さは、約 10 μm 、約 15 μm 、約 20 μm 、約 25 μm 、約 30 μm 、約 35 μm 、または約 40 μm である。

【 0 0 6 9 】

いくつかの実施形態では、集電体上のカソード電極層およびアノード電極層それぞれの密度は、独立して、約 1.0 g/m^3 ないし約 6.5 g/m^3 、約 1.0 g/m^3 ないし約 5.0 g/m^3 、約 1.0 g/m^3 ないし約 4.0 g/m^3 、約 1.0 g/m^3 ないし約 3.5 g/m^3 、約 1.0 g/m^3 ないし約 3.0 g/m^3 、約 1.0 g/m^3 ないし約 2.0 g/m^3 、約 2.0 g/m^3 ないし約 5.0 g/m^3 、約 2.0 g/m^3 ないし約 4.0 g/m^3 、約 3.0 g/m^3 ないし約 5.0 g/m^3 、または約 3.0 g/m^3 ないし約 6.0 g/m^3 である。同様に、電極層の密度が増加すると、最終電極コーティングの空隙容量が減少してより高密度の電極を得て、それによって所望のバッテリー容量が達成される。

【 0 0 7 0 】

ある実施形態において、カソード材料は LiCoO_2 (LCO)、 LiNiO_2 (LNO)、 $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{O}_2$ 、 $\text{Li}_{1+z}\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{Co}_{1-x-y}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Al}_z\text{O}_2$ 、 LiV_2O_5 、 LiTiS_2 、 LiMoS_2 、 LiMnO_2 、 LiCrO_2 、 LiMn_2O_4 (LMO)、 LiFeO_2 、 LiFePO_4 (LFP)、 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ 、 $\text{LiNi}_{0.4}\text{Mn}_{1.6}\text{O}_4$ 、およびそれらの組み合わせからなる群から選択され、各 x は独立して 0.3 ないし 0.8 であり、各 y は、独立して 0.1 ないし 0.45 であり、各 z は独立して 0 ないし 0.2 である。ある実施形態において、カソード材料は LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{O}_2$ 、 $\text{Li}_{1+z}\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{Co}_{1-x-y}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Al}_z\text{O}_2$ 、 LiV_2O_5 、 LiTiS_2 、 LiMoS_2 、 LiMnO_2 、 LiCrO_2 、 LiMn_2O_4 、 LiFeO_2 、 LiFePO_4 、 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ 、 $\text{LiNi}_{0.4}\text{Mn}_{1.6}\text{O}_4$ およびそれらの組み合わせからなる群から選択され、各 x は独立して 0.4 ないし 0.6 であり、各 y は、独立して 0.2 ないし 0.4 であり、各 z は独立して 0 ないし 0.1 である。他の実施形態において、カソード材料は、 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiV_2O_5 、 LiTiS_2 、 LiMoS_2 、 LiMnO_2 、 LiCrO_2 、 LiMn_2O_4 、 LiFeO_2 、 LiFePO_4 、 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ 、または $\text{LiNi}_{0.4}\text{Mn}_{1.6}\text{O}_4$ ではない。さらなる実施形態では、カソード材料は $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{O}_2$ 、 $\text{Li}_{1+z}\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{Co}_{1-x-y}\text{O}_2$ 、または $\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Al}_z\text{O}_2$ ではなく、各 x は独立して 0.3 ないし 0.8 であり、各 y は独立して 0.1 ないし 0.45 であり、各 z は独立して 0 ないし 0.2 である。

【 0 0 7 1 】

10

20

30

40

50

ある実施形態において、カソード活物質はニッケル含有カソード活物質である。いくつかの実施形態において、ニッケル含有カソード活物質は、 $\text{Li}_{1+x}\text{NiO}_2$ 、 $\text{Li}_{1+x}\text{Ni}_a\text{Mn}_b\text{O}_2$ 、 $\text{Li}_{1+x}\text{Ni}_a\text{Co}_c\text{O}_2$ 、 $\text{Li}_{1+x}\text{Ni}_a\text{Mn}_b\text{Co}_c\text{O}_2$ 、 $\text{Li}_{1+x}\text{Ni}_a\text{Co}_c\text{Al}_{(1-a-c)}\text{O}_2$ 、およびそれらの組み合わせからなる群から選択され、 $0 < x < 0.2$ 、 $0 < a < 1$ 、 $0 < b < 1$ 、 $0 < c < 1$ 、 $a + b + c < 1$ である。ある実施形態において、ニッケル含有カソード活物質は $\text{Li}_{1+x}\text{Ni}_a\text{Mn}_b\text{O}_2$ で、 $0 < x < 0.2$ 、 $0.3 < a < 0.8$ 、 $0.1 < b < 0.3$ 、 $0.1 < c < 0.3$ である。ある実施形態において、ニッケル含有カソード活物質は、 $\text{LiNi}_{0.33}\text{Mn}_{0.33}\text{Co}_{0.33}\text{O}_2$ (NMC333)、 $\text{LiNi}_{0.4}\text{Mn}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ (NMC442)、 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ (NMC532)、 $\text{LiNi}_{0.6}\text{Mn}_{0.2}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ (NMC622)、 $\text{LiNi}_{0.7}\text{Mn}_{0.15}\text{Co}_{0.15}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Mn}_{0.1}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ (NMC811)、 $\text{Li}_{0.9}\text{Mn}_{0.05}\text{Co}_{0.05}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{0.92}\text{Mn}_{0.04}\text{Co}_{0.04}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ (NCA)、 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{0.6}\text{Mn}_{0.4}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{0.7}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{0.6}\text{Co}_{0.4}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{0.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ 、 LiNiO_2 、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される。ニッケル含有複合酸化物は、水分含有環境において比較的不安定である。したがって、ニッケルを多量に含有するカソード活物質を含むカソードの性能は、バッテリー内の残留水分量によって強く影響される。

【0072】

いくつかの実施形態において、アノード材料は、天然グラファイト微粒子、合成グラファイト微粒子、Sn（スズ）微粒子、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 微粒子、Si（シリコン）微粒子、Si-C複合微粒子、およびそれらの組合せからなる群から選択される。他の実施形態において、このアノード材料は、天然グラファイト微粒子、合成グラファイト微粒子、Sn（スズ）微粒子、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 微粒子、Si（シリコン）微粒子、Si-C複合微粒子ではない。

【0073】

ある実施形態において、カソード材料およびアノード材料それぞれの量は、独立して、カソード電極層またはアノード電極層の総重量に基づいて、少なくとも50重量%、少なくとも55重量%、少なくとも60重量%、少なくとも65重量%、少なくとも70重量%、少なくとも75重量%、少なくとも80重量%、少なくとも85重量%、少なくとも90重量%、または少なくとも95重量%である。いくつかの実施形態において、カソード材料およびアノード材料それぞれの量は、独立して、カソード電極層またはアノード電極層の総重量に基づいて、最大50重量%、最大55重量%、最大60重量%、最大65重量%、最大70重量%、最大75重量%、最大80重量%、最大85重量%、最大90重量%、または最大95重量%である。

【0074】

いくつかの実施形態において、導電剤は、カーボン、カーボンブラック、グラファイト、膨張グラファイト、グラフェン、グラフェンナノプレートレット、炭素繊維、カーボンナノファイバー、グラファイト化カーボンフレーク、カーボンチューブ、カーボンナノチューブ、活性炭、メソポーラスカーボン、およびそれらの組み合わせから選択される。ある実施形態では、導電剤は、カーボン、カーボンブラック、グラファイト、膨張グラファイト、グラフェン、グラフェンナノプレートレット、炭素繊維、カーボンナノファイバー、グラファイト化カーボンフレーク、カーボンチューブ、カーボンナノチューブ、活性炭、またはメソポーラスカーボンではない。

【0075】

ある実施形態において、カソード電極層およびアノード電極層それぞれにおける導電剤の量は、独立して、カソード電極層またはアノード電極層の総重量に基づいて、少なくとも1重量%、少なくとも2重量%、少なくとも3重量%、少なくとも4重量%、少なくとも5重量%、少なくとも10重量%、少なくとも15重量%、少なくとも20重量%、少なくとも25重量%、少なくとも30重量%、少なくとも35重量%、少なくとも40重量%、少なくとも45重量%、または少なくとも50重量%である。いくつかの実施形態において、カソード電極層およびアノード電極層それぞれにおける導電剤の量は、独立して、カソード電極層またはアノード電極層の総重量に基づいて、最大1重量%、最大2重量%、最大3重量%、最大4重量%、最大5重量%、最大10重量%、最大15重量%、

10

20

30

40

50

最大 20 重量%、最大 25 重量%、最大 30 重量%、最大 35 重量%、最大 40 重量%、最大 45 重量%、または最大 50 重量%である。

【0076】

いくつかの実施形態において、カソード電極層およびアノード電極層それぞれにおける導電剤の量は、独立して、カソード電極層またはアノード電極層の総重量に基づいて、約 0.05 重量%ないし約 0.5 重量%、約 0.1 重量%ないし約 1 重量%、約 0.25 重量%ないし約 2.5 重量%、約 0.5 重量%ないし約 5 重量%、約 2 重量%ないし約 5 重量%、約 3 重量%ないし約 7 重量%、または約 5 重量%ないし約 10 重量%である。

【0077】

電極スラリーは、電極活物質、バインダー材料および導電剤を溶媒に分散させることにより作製される。いくつかの実施形態において、溶媒は水性の溶媒または有機溶媒である。ある実施形態では、水性の溶媒は水である。いくつかの実施形態において、有機溶媒は、N-メチル-2-ピロリドン(NMP)、ジメチルホルムアミド、ジメチルアセトアミド、ジメチルスルホキシドまたはテトラヒドロフランである。いくつかの実施形態において、この溶媒は、N-メチル-2-ピロリドン(NMP)、ジメチルホルムアミド、ジメチルアセトアミド、ジメチルスルホキシド、またはテトラヒドロフランではない。いくつかの実施形態において、溶媒は、N-メチル-2-ピロリドンと水との混合物ではない。

【0078】

電極スラリーを集電体上に被覆して集電体上に被覆膜を形成する。次いで、被覆された集電体を乾燥させて電極を作製する。電極スラリーは、電極層のひび割れを招く場合があるスラリーの乾燥が速すぎることを防ぐために 90 未満の温度で乾燥される。いくつかの実施形態において、被覆層を、約 40 ないし約 90、約 40 ないし約 80、約 40 ないし約 70、約 40 ないし約 60、約 50 ないし約 90、約 50 ないし約 80、または約 50 ないし約 70 の温度で乾燥する。ある実施形態において、被覆層は、約 90 未満、約 80 未満、約 70 未満、約 60 未満、または約 50 未満の温度で乾燥される。いくつかの実施形態において、被覆層は、約 40、約 50、約 60、約 70、約 80、または約 90 で乾燥される。

【0079】

電極アセンブリを組み立てた後、その電極アセンブリを乾燥チャンバ内に置く。いくつかの実施形態において、乾燥チャンバは真空ポンプに接続されており、チャンバ内の圧力を低下させることが可能である。水の沸点を下げるように圧力を十分に減らす。したがって、乾燥時間をかなり短縮することが可能である。ある実施形態において、乾燥チャンバは中央真空供給装置に接続され、それによっていくつかの真空乾燥オープンと同時に運転することが可能となる。いくつかの実施形態において、中央真空供給装置に接続された真空乾燥オープンの数は、運転されるポンプの数に応じて 1 ないし 20 の範囲である。ある実施形態において、真空ポンプまたは中央真空供給装置は、ガス排気弁を備えた吸引ラインによって乾燥チャンバに接続されている。いくつかの実施形態において、乾燥チャンバはまた、ガス吸引弁を備えたダクトによって、乾燥空気または不活性ガスを含むガス貯蔵器に接続されている。ガス排気弁が閉じられるとともにガス吸引弁が開かれると、乾燥チャンバ内の真空が失われる。バルブは、ソレノイドまたはニードルタイプ、あるいはマスフローコントローラのいずれでもよい。適切な流量調整を可能にする任意の装置が使用され得る。

【0080】

ポンプに必要な電力を減らすために、乾燥チャンバとポンプとの間にコンデンサを設けることが可能である。コンデンサは水蒸気を凝縮させ、水蒸気はその後分離される。

【0081】

低温で乾燥しても電極アセンブリから水分を効率的に除去することはできない。しかしながら、電極層は高い乾燥温度にさらされると脆くなりそして容易に割れてしまう。ある実施形態では、電極アセンブリは、約 70 ないし約 155、約 80 ないし約 155、約 90 ないし約 155、約 100 ないし約 155、約 100 ないし約 140

10

20

30

40

50

0、約100 ないし約130、約100 ないし約120、約100 ないし約110、または約110 ないし約130の温度で真空乾燥させることが可能である。ある実施形態において、電極アセンブリは、約80 から約155の温度で真空乾燥させることが可能である。いくつかの実施形態において、電極アセンブリは、約80 以上、約90 以上、約100 以上、約110 以上、約120 以上、約130 以上、約140 以上、または約150 以上の温度で真空乾燥させることが可能である。ある実施形態において、電極アセンブリは、155 未満、150 未満、145 未満、140 未満、135 未満、130 未満、125 未満、120 未満、115 未満、110 未満、105 未満、100 未満、または90 未満の温度で真空乾燥させることが可能である。

10

【0082】

いくつかの実施形態において、電極アセンブリを真空乾燥させるための時間は、約5分ないし約12時間、約5分ないし約4時間、約5分ないし約2時間、約5分ないし約1時間、約5分ないし約30分、約5分ないし約15分、約15分ないし約1時間、約15分ないし約3時間、約1時間ないし約10時間、約1時間ないし約8時間、約1時間ないし約6時間、約1時間ないし約4時間、約1時間ないし約2時間、約2時間ないし約12時間、約2時間ないし約8時間、約2時間ないし約5時間、約2時間ないし約3時間、または約4時間ないし約12時間である。ある実施形態において、電極アセンブリを真空乾燥させるための時間は、約5分ないし約2時間または約15分ないし約30分である。いくつかの実施形態において、電極アセンブリを真空乾燥させるための時間は、少なくとも15分、少なくとも30分、少なくとも1時間、少なくとも1.5時間、少なくとも2時間、少なくとも3時間、少なくとも4時間、または少なくとも5時間ある。ある実施形態において、電極アセンブリを真空乾燥させるための時間は、5時間未満、4時間未満、3時間未満、2時間未満、1.5時間未満、1時間未満、または30分未満である。

20

【0083】

乾燥チャンバの圧力を低下させることができる任意の真空ポンプを本明細書中で使用することが可能である。真空ポンプのいくつかの非限定的な例としては、ドライ真空ポンプ、ターボポンプ、ロータリーベーン真空ポンプ、極低温ポンプ、および収着ポンプが挙げられる。

【0084】

いくつかの実施形態において、真空ポンプはオイルフリーポンプである。オイルフリーポンプは、ポンピングされているガスにさらされているポンプ部分または部分真空中のオイルを必要とせずに作動する。従って、ポンプを通して逆流するいかなるガスも油蒸気を含まない。電極アセンブリの表面に堆積したプログレシブな油の蒸気は、バッテリーの電気化学的性能を低下させる場合がある。そのようなポンプの例としてはダイヤフラム真空ポンプがある。

30

【0085】

ある実施形態では、乾燥チャンバを排気するために二段ポンピングシステムを用いることによって高真空を達成することが可能である。ポンピングシステムは、ターボ分子ポンプなどの高真空ポンプと直列に配置されたロータリーポンプまたはダイヤフラムポンプなどの一次真空ポンプを備える。

40

【0086】

いくつかの実施形態において、電極アセンブリは大気圧下で乾燥される。ある実施形態において、乾燥処理は真空状態で行われる。いくつかの実施形態において、真空状態は、約 1×10^{-4} Pa ないし約 5×10^{-4} Pa、約 1×10^{-4} Pa ないし約 2.5×10^{-4} Pa、約 1×10^{-4} Pa ないし約 1×10^{-3} Pa、約 1×10^{-4} Pa ないし約 5×10^{-3} Pa、約 1×10^{-4} Pa ないし約 3×10^{-3} Pa、約 1×10^{-4} Pa ないし約 2×10^{-3} Pa、約 1×10^{-4} Pa ないし約 1×10^{-3} Pa、約 1×10^{-3} Pa ないし約 5×10^{-4} Pa、約 1×10^{-3} Pa ないし約 1×10^{-4} Pa、約 1×10^{-3} Pa ないし約 5×10^{-3} Pa、約 1×10^{-3} Pa ないし約 3×10^{-3} Pa、または約 1×10^{-3} Pa ないし約 2×10^{-3} Paの範囲内

50

の圧力に維持される。ある実施形態において、真空状態は、約 5×10^4 Pa 未満、約 2.5×10^4 Pa 未満、約 1×10^4 Pa 未満、約 5×10^3 Pa 未満、約 3×10^3 Pa 未満、約 2×10^3 Pa 未満、または約 1×10^3 Pa 未満の圧力に維持される。いくつかの実施形態において、真空状態は、約 5×10^4 Pa、約 2.5×10^4 Pa、約 1×10^4 Pa、約 5×10^3 Pa、約 3×10^3 Pa、約 2×10^3 Pa、または約 1×10^3 Pa の圧力に維持される。

【0087】

所定の乾燥時間の後、乾燥チャンバは、ガス吸気弁を介して乾燥空気または不活性ガスを含むガス貯蔵器に直接通気する。ガス充填は、乾燥チャンバからの水蒸気の除去を促進し、それによって電極アセンブリからの水の除去効率を高め、乾燥サイクルを短縮することができる。いくつかの実施形態において、ガス貯蔵器は窒素ガスボンベである。ある実施形態において、不活性ガスは、ヘリウム、アルゴン、ネオン、クリプトン、キセノン、窒素、二酸化炭素、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される。いくつかの実施形態において、乾燥空気または不活性ガスの含水量は、10 ppm 以下、8 ppm 以下、5 ppm 以下、4 ppm 以下、3 ppm 以下、2 ppm 以下、または1 ppm 以下のレベルで維持される。

10

【0088】

いくつかの実施形態において、乾燥空気または不活性ガスは、乾燥チャンバに入る前に予熱される。ある実施形態において、乾燥空気または不活性ガスの温度は、約70 °C ないし約130 °C、約70 °C ないし約110 °C、約70 °C ないし約100 °C、約70 °C ないし約90 °C、約70 °C ないし約80 °C、約80 °C ないし約155 °C、約80 °C ないし約120 °C、約80 °C ないし約100 °C、約90 °C ないし約155 °C、約90 °C ないし約130 °C、約90 °C ないし約100 °C、約70 °C ないし約155 °C、約100 °C ないし約130 °C、または約100 °C ないし約120 °C である。いくつかの実施形態において、乾燥空気または不活性ガスは、乾燥チャンバに入る前に約70 °C から約155 °C の温度に予熱される。ある実施形態において、乾燥空気または不活性ガスは、少なくとも70 °C、少なくとも80 °C、少なくとも90 °C、少なくとも100 °C、少なくとも110 °C、または少なくとも120 °C に予熱される。

20

【0089】

ある実施形態において、乾燥空気または不活性ガスは、約30秒ないし約2時間、約1分ないし約1時間、約5分ないし約30分、約5分ないし約15分、約5分ないし約10分、約10分ないし約30分、約10分ないし約20分、約10分ないし約15分、約15分ないし約1時間、約15分ないし約30分、約15分ないし約20分、または約30分ないし約1時間の間乾燥チャンバ内に留まる。いくつかの実施形態において、乾燥空気または不活性ガスは、約30秒ないし約2時間、約5分ないし約2時間、または約15分ないし約30分の間乾燥チャンバ内に留まる。ある実施形態において、乾燥空気または不活性ガスは、少なくとも30秒間、少なくとも1分間、少なくとも5分間、少なくとも10分間、少なくとも15分間、少なくとも20分間、少なくとも25分間、少なくとも30分間、または少なくとも1時間の間、乾燥チャンバ内に留まる。他の実施形態において、乾燥空気または不活性ガスは、5分未満、10分未満、15分未満、20分未満、25分未満、30分未満、または1時間未満の間、乾燥チャンバ内に留まる。

30

40

【0090】

いくつかの実施形態において、電極アセンブリを乾燥ガスと共に所定の時間インキュベートした後、電極アセンブリを真空下でさらに乾燥させることができる。この手順は、電極アセンブリの含水量を適切なレベルまで減少させるのに必要とされる回数だけ繰り返すことができる。ある実施形態において、この手順は、電極アセンブリ中の含水量が、乾燥電極アセンブリの総重量に基づいて、50重量ppm未満、40重量ppm未満、30重量ppm未満、20重量ppm未満、19重量ppm未満、18重量ppm未満、17重量ppm未満、16重量ppm未満、15重量ppm未満、14重量ppm未満、13重量ppm未満、12重量ppm未満、11重量ppm未満、10重量ppm未満、9重量

50

p p m未満、8重量p p m未満、7重量p p m未満、6重量p p m未満、または5重量p p m未満になるまで、約2ないし50回繰り返すことが可能である。

【0091】

ある実施形態において、真空乾燥の工程およびガス充填の工程は、少なくとも2回、少なくとも3回、少なくとも4回、少なくとも5回、少なくとも6回、少なくとも7回、少なくとも8回、少なくとも9回、少なくとも10回、少なくとも12回、少なくとも14回、少なくとも16回、少なくとも18回、少なくとも20回、少なくとも22回、少なくとも24回、少なくとも26回、少なくとも28回、または少なくとも30回繰り返すことが可能である。いくつかの実施形態において、真空乾燥の工程およびガス充填の工程は、30回未満、28回未満、26回未満、24回未満、22回未満、20回未満、18回未満、16回未満、14回未満、12回未満、10回未満、8回未満、または6回未満繰り返すことが可能である。ある実施形態において、真空乾燥の工程およびガス充填の工程は、2ないし50回、2ないし40回、2ないし30回、2ないし20回、2ないし10回、5ないし30回、5ないし20回、または5ないし10回繰り返すことが可能である。他の実施形態において、真空乾燥の工程およびガス充填の工程は、2回以上繰り返すことが可能である。

10

【0092】

いくつかの実施形態では、電極アセンブリを乾燥させるためのプロセスは真空乾燥を備え、その後に熱風乾燥が行われる。いくつかの実施形態において、乾燥チャンバは、上方および/または下方から電極アセンブリに向かって熱風を吹き付ける。ある実施形態において、熱風乾燥は、約1メートル/秒ないし約50メートル/秒、約1メートル/秒ないし約40メートル/秒、約1メートル/秒ないし約30メートル/秒、約1メートル/秒ないし約20メートル/秒、約1メートル/秒ないし約10メートル/秒、約10メートル/秒ないし約50メートル/秒、約10メートル/秒ないし約40メートル/秒、約10メートル/秒ないし約30メートル/秒、約10メートル/秒ないし約20メートル/秒、約20メートル/秒ないし約30メートル/秒、約30メートル/秒ないし約40メートル/秒、または約40メートル/秒ないし約50メートル/秒の空気速度で行われる。他の実施形態において、加熱された空気の代わりに加熱された不活性ガス（すなわち、ヘリウムやアルゴン）が使用される。

20

【0093】

乾燥ガスは熱交換面を通して予熱してもよい。いくつかの実施形態では、加熱された空気の温度は、約50ないし約155、約60ないし約150、約80ないし約150、約100ないし約150、約70ないし約150、約70ないし約130、約70ないし約100、約80ないし約150、約80ないし約130、約80ないし約110、約100ないし約140、または約100ないし約120である。ある実施形態において、熱風の温度は、少なくとも約70、少なくとも約80、少なくとも約90、少なくとも約100、少なくとも約110または少なくとも約120である。

30

【0094】

ある実施形態において、熱風乾燥の時間は、約1分ないし約2時間、約1分ないし約1時間、約1分ないし約30分、約1分ないし約15分、約5分ないし約30分、約5分ないし約20分、約5分ないし約15分、約5分ないし約10分、約10分ないし約1時間、約10分ないし約30分、約10分ないし約20分、約15分ないし約1時間、または約15分ないし約30分である。

40

【0095】

いくつかの実施形態において、所定の時間熱風を吹き付けた後、電極アセンブリを更に真空乾燥させることが可能である。この手順は、電極アセンブリの含水量を50 p p m、40 p p m、30 p p m、20 p p m、19 p p m、18 p p m、17 p p m、16 p p m、15 p p m、14 p p m、13 p p m、12 p p m、11 p p m、10 p p m、9 p p m、8 p p m、7 p p m、6 p p mまたは5 p p mなどの適切なレベルに減少させるの

50

に必要な回数だけ繰り返すことができる。

【0096】

ある実施形態において、工程3-5の総処理時間は、約10時間ないし約40時間、約10時間ないし約35時間、約10時間ないし約30時間、約10時間ないし約25時間、約10時間ないし約20時間、約10時間ないし約15時間、約15時間ないし約30時間、約15時間ないし約25時間、約15時間ないし約20時間、または約20時間ないし約30時間である。いくつかの実施形態において、工程3-5の総処理時間は、約40時間未満、約35時間未満、約30時間未満、約25時間未満、約20時間未満、または約15時間未満である。ある実施形態において、工程3-5の総処理時間は、少なくとも約10時間、少なくとも約15時間、少なくとも約20時間、少なくとも約25時間、少なくとも約30時間、または少なくとも約35時間である。

10

【0097】

電極アセンブリの含水量を減らすために数々の試みがなされてきた。例えば、未乾燥電極アセンブリを有機溶媒に浸す。指定された浸漬時間の後、電極アセンブリを有機溶媒から取り出し、真空乾燥チャンバに入れ、そして乾燥した。乾燥チャンバは不活性ガスで埋め戻すことができ、乾燥工程を繰り返すことが可能である。有機溶媒のいくつかの非限定的な例には、クロロホルム、テトラクロロメタン、ベンゼン、アクリロニトリル、炭酸エチル、1,2-ジクロロエタン、アセトニトリル、ジエチルエーテルおよび二硫化炭素が含まれる。電極アセンブリを有機溶媒に浸漬すると、捕捉された水をバルク溶媒によって置換することが可能になる。電極アセンブリを効率的に乾燥させることが可能になることが分かった。しかしながら、電極アセンブリの短時間の浸漬（数秒など）の下でさえも有機溶媒中にポリマー材料が溶解するため、セパレータ内の細孔の閉塞も観察される。ポリマーの溶解速度は高い乾燥温度で加速される。これは、アノードとカソードとの間のイオン流を減少させるか、さらには停止させ、したがってバッテリーの性能は著しく影響を受ける。さらに、セパレータの機械的強度もまた、セパレータに対する溶媒の損傷により影響を受ける可能性がある。バッテリーセパレータの機械的完全性は、内部短絡を防止するために重要である。そのため、バッテリーの安全性についての性能も影響を受ける可能性がある。さらに、乾燥電極アセンブリ中の有機溶媒の残留量もセパレータを損傷する可能性がある。

20

【0098】

本発明の利点の1つは、有機溶媒の助けを借りずに電極アセンブリを約20ppm以下の含水量まで乾燥することが可能になることである。いくつかの実施形態において、乾燥電極アセンブリは有機溶媒を含まない。ある実施形態において、乾燥電極アセンブリは、クロロホルム、テトラクロロメタン、ベンゼン、アクリロニトリル、炭酸エチル、1,2-ジクロロエタン、アセトニトリル、ジエチルエーテル、二硫化炭素、またはそれらの組み合わせを含まない。ある実施形態において、乾燥電極アセンブリは、乾燥電極アセンブリの総重量に基づいて、約100重量ppm未満、約50重量ppm未満、約40重量ppm未満、約30重量ppm未満、約20重量ppm未満、約10重量ppm未満、約5重量ppm未満、約4重量ppm未満、約3重量ppm未満、約2重量ppm未満、約1重量ppm未満、または約0.5重量ppm未満の量の有機溶媒を含む。

30

40

【0099】

現在、水はリチウムイオンバッテリーの有機物ベースの製造プロセスにおいて厳密に管理することが必要とされる重要な要素である。高含水量のバッテリーは、電気化学的性能の深刻な低下を招き、バッテリーの安定性に影響を及ぼす場合がある。

【0100】

本発明の利点は、製造の大部分を乾燥室の外で行うことが可能だということである。いくつかの実施形態において、組み立てプロセスは、乾燥室またはグローブボックスの外側で行うことが可能である。ある実施形態において、電解液を充填する工程のみ、または電極アセンブリを乾燥させる工程と電解液を充填する工程の両方を乾燥室またはグローブボックス内で行う。したがって、工場内の湿度制御を回避でき、投資コストを大幅に削減す

50

ることが可能である。

【0101】

湿気の影響はバッテリーの動作にとって有害である。一般に、従来の方法によって作製された電極アセンブリ中の含水量は、電極アセンブリの総重量に基づいて、100重量ppmを超える水分量を含む。初期のバッテリー性能が許容可能であっても、バッテリー性能の劣化率は許容できないかもしれない。十分に高いバッテリー性能を達成することができるためには、それ故、バッテリーにおいて低い含水量を有することが有利となるであろう。

【0102】

いくつかの実施形態では、乾燥前の電極アセンブリの含水量は、乾燥前の電極アセンブリの総重量に基づいて、100重量ppm超、200重量ppm超、300重量ppm超、400重量ppm超、500重量ppm超、600重量ppm超、700重量ppm超、800重量ppm超、900重量ppm超、1,000重量ppm超、1,500重量ppm超、2,000重量ppm超、3,000重量ppm超、4,000重量ppm超、5,000重量ppm超、または10,000重量ppm超である。

【0103】

ある実施形態において、乾燥方法は、電極アセンブリの含水量を数千ppmから20ppm未満まで減少させることが可能である。いくつかの実施形態において、乾燥方法は、電極アセンブリの含水量を数百ppmから20ppm未満まで減少させることが可能である。本明細書に開示される方法により作製される電極アセンブリは、特に低い含水量を有し、リチウムイオンバッテリーの信頼性のある性能に寄与する。いくつかの実施形態において、乾燥電極アセンブリの含水量は、未乾燥電極アセンブリの含水量よりも少ない。いくつかの実施形態において、乾燥電極アセンブリ中の含水量は、乾燥電極アセンブリの総重量に基づいて、約5重量ppmないし約50重量ppm、約5重量ppmないし約40重量ppm、約5重量ppmないし約30重量ppm、約5重量ppmないし約20重量ppm、約5重量ppmないし約15重量ppm、約5重量ppmないし約10重量ppm、約3重量ppmないし約30重量ppm、約3重量ppmないし約20重量ppm、約3重量ppmないし約15重量ppm、または約3重量ppmないし約10重量ppmである。

【0104】

ある実施形態において、乾燥電極アセンブリ中の含水量は、乾燥電極アセンブリの総重量に基づいて、50重量ppm未満、40重量ppm未満、30重量ppm未満、20重量ppm未満、19重量ppm未満、18重量ppm未満、17重量ppm未満、16重量ppm未満、15重量ppm未満、14重量ppm未満、13重量ppm未満、12重量ppm未満、11重量ppm未満、10重量ppm未満、9重量ppm未満、8重量ppm未満、7重量ppm未満、6重量ppm、5重量ppm未満、4重量ppm未満、3重量ppm未満、2重量ppm未満、または1重量ppm未満である。いくつかの実施形態において、本明細書に開示される乾燥電極アセンブリは、乾燥電極アセンブリの総重量に基づいて、約5重量ppmを超えない水分濃度を含有する。

【0105】

いくつかの実施形態において、未乾燥電極アセンブリは少なくとも1つの未乾燥アノードと少なくとも1つの未乾燥カソードとを備える。ある実施形態において、少なくとも1つの未乾燥アノードおよび少なくとも1つの未乾燥カソードはそれぞれ、少なくとも1つの未乾燥アノードおよび少なくとも1つの未乾燥カソードの総重量に基づいて、5重量ppm超、6重量ppm超、7重量ppm超、8重量ppm超、9重量ppm超、10重量ppm超、11重量ppm超、12重量ppm超、13重量ppm超、14重量ppm超、15重量ppm超、16重量ppm超、17重量ppm超、18重量ppm超、19重量ppm超、20重量ppm超、30重量ppm超、40重量ppm超、50重量ppm超、100重量ppm超、200重量ppm超、300重量ppm超、400重量ppm超、500重量ppm超、1,000重量ppm超、2,000重量ppm超、3,000重量ppm超、4,000重量ppm超、5,000重量ppm超、または10,000重量ppm超である。

0 重量 p p m 超の含水量を有する。

【 0 1 0 6 】

いくつかの実施形態において、乾燥電極アセンブリは少なくとも 1 つの乾燥されたアノードおよび少なくとも 1 つの乾燥されたカソードを備え、少なくとも 1 つの乾燥されたアノードおよび少なくとも 1 つの乾燥されたカソードは、少なくとも 1 つの乾燥されたアノードおよび少なくとも 1 つの乾燥されたカソードの総重量に基づいて、5 0 重量 p p m 未満、4 0 重量 p p m 未満、3 0 重量 p p m 未満、2 0 重量 p p m 未満、1 9 重量 p p m 未満、1 8 重量 p p m 未満、1 7 重量 p p m 未満、1 6 重量 p p m 未満、1 5 重量 p p m 未満、1 4 重量 p p m 未満、1 3 重量 p p m 未満、1 2 重量 p p m 未満、1 1 重量 p p m 未満、1 0 重量 p p m 未満、9 重量 p p m 未満、8 重量 p p m、7 重量 p p m 未満、6 重量 p p m 未満、または 5 重量 p p m 未満の含水量を有する。

10

【 0 1 0 7 】

ある実施形態において、未乾燥電極アセンブリは、少なくとも 1 つの未乾燥セパレータを備える。いくつかの実施形態において、少なくとも 1 つの未乾燥セパレータは、少なくとも 1 つの未乾燥セパレータの総重量に基づいて、5 重量 p p m 超、6 重量 p p m 超、7 重量 p p m 超、8 重量 p p m 超、9 重量 p p m 超、1 0 重量 p p m 超、1 1 重量 p p m 超、1 2 重量 p p m 超、1 3 重量 p p m 超、1 4 重量 p p m 超、1 5 重量 p p m 超、1 6 重量 p p m 超、1 7 重量 p p m 超、1 8 重量 p p m 超、1 9 重量 p p m 超、2 0 重量 p p m 超、3 0 重量 p p m 超、4 0 重量 p p m 超、5 0 重量 p p m 超、1 0 0 重量 p p m 超、2 0 0 重量 p p m 超、3 0 0 重量 p p m 超、4 0 0 重量 p p m 超、5 0 0 重量 p p m 超、1 , 0 0 0 重量 p p m 超、2 , 0 0 0 重量 p p m 超、3 , 0 0 0 重量 p p m 超、4 , 0 0 0 重量 p p m 超、5 , 0 0 0 重量 p p m 超、または 1 0 , 0 0 0 重量 p p m 超の含水量を有する。

20

【 0 1 0 8 】

いくつかの実施形態において、少なくとも 1 つの乾燥セパレータの含水量は、少なくとも 1 つの未乾燥セパレータの含水量よりも少ない。ある実施形態において、乾燥電極アセンブリは少なくとも 1 つの乾燥セパレータを備え、少なくとも 1 つの乾燥セパレータは、少なくとも 1 つの乾燥セパレータの総重量に基づいて、5 0 重量 p p m 未満、4 0 重量 p p m 未満、3 0 重量 p p m 未満、2 0 重量 p p m 未満、1 9 重量 p p m 未満、1 8 重量 p p m 未満、1 7 重量 p p m 未満、1 6 重量 p p m 未満、1 5 重量 p p m 未満、1 4 重量 p p m 未満、1 3 重量 p p m 未満、1 2 重量 p p m 未満、1 1 重量 p p m 未満、1 0 重量 p p m 未満、9 重量 p p m 未満、8 重量 p p m 未満、7 重量 p p m 未満、6 重量 p p m 未満、または 5 重量 p p m 未満の含水量を有する。

30

【 0 1 0 9 】

乾燥工程後に、電極アセンブリは、乾燥チャンバから取り出される前に 5 0 以下に自然に冷却され得る。いくつかの実施形態において、電極アセンブリは、乾燥チャンバから取り出される前に、4 5 以下、4 0 以下、3 5 以下、3 0 以下、または 2 5 以下に冷却される。ある実施形態において、電極アセンブリは室温に冷却される。ある実施形態において、電極アセンブリは、目標温度により早く到達するために、乾燥ガスまたは不活性ガスを吹き付けることによって冷却される。

40

【 0 1 1 0 】

電極層中のバインダー材料は、電極材料と導電剤とを集電体上で結合させる役割を果たす。ある実施形態において、少なくとも 1 つのアノードと少なくとも 1 つのカソードはそれぞれ、独立して、有機系バインダー材料、水性バインダー材料、および水性バインダー材料と有機系バインダー材料との混合物からなる群から選択されるバインダー材料を含む。

【 0 1 1 1 】

いくつかの実施形態において、カソード電極層とアノード電極層中のバインダー材料はそれぞれ独立して、スチレン - ブタジエンゴム、アクリル化スチレン - ブタジエンゴム、アクリロニトリルコポリマー、アクリロニトリル - ブタジエンゴム、ニトリルブタジエン

50

ゴム、アクリロニトリル - スチレン - ブタジエンコポリマー、アクリルゴム、ブチルゴム、フッ素ゴム、ポリテトラフルオロエチレン、ポリエチレン、ポリプロピレン、エチレン / プロピレン共重合体、ポリブタジエン、ポリエチレンオキシド、クロロスルホン化ポリエチレン、ポリビニルピロリドン、ポリビニルピリジン、ポリビニルアルコール、ポリ酢酸ビニル、ポリクロロヒドリン、ポリホスファゼン、ポリアクリロニトリル、ポリスチレン、ラテックス、アクリル樹脂、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、カルボキシメチルセルロース、ヒドロキシプロピルセルロース、セルロースアセテート、セルロースアセテートブチレート、セルロースアセテートプロピオネート、シアノエチルセルロース、シアノエチルスクロース、ポリエステル、ポリアミド、ポリエーテル、ポリイミド、ポリカルボキシレート、ポリカルボン酸、ポリアクリル酸、ポリアクリレート、ポリメタクリル酸、ポリメタクリレート、ポリアクリルアミド、ポリウレタン、フッ化ポリマー、塩素化ポリマー、アルギン酸の塩、ポリフッ化ビニリデン、ポリ(フッ化ビニリデン) - ヘキサフルオロプロペン、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される。更なる実施形態では、アルギン酸塩は、Na、Li、K、Ca、NH₄、Mg、Al、またはそれらの組み合わせから選択されるカチオンを含む。

10

20

30

40

50

【0112】

ある実施形態において、カソード電極層およびアノード電極層におけるバインダー材料はそれぞれ、独立して、スチレン・ブタジエンゴム、カルボキシメチルセルロース、ポリフッ化ビニリデン、アクリロニトリルコポリマー、ポリアクリル酸、ポリアクリロニトリル、ポリ(フッ化ビニリデン) - ヘキサフルオロプロペン、ラテックス、またはアルギン酸塩およびそれらの組み合わせからなる群から選択される。

【0113】

いくつかの実施形態において、カソード電極層およびアノード電極層におけるバインダー材料はそれぞれ、SBR、CMC、PAA、アルギン酸塩、またはこれらの組み合わせから選択される。ある実施形態において、カソード電極層およびアノード電極層におけるバインダー材料はそれぞれ、独立して、アクリロニトリルコポリマーである。いくつかの実施形態において、カソード電極層およびアノード電極層におけるバインダー材料はそれぞれ、独立して、ポリアクリロニトリルである。ある実施形態において、カソード電極層およびアノード電極層におけるバインダー材料はそれぞれ、独立して、スチレン・ブタジエンゴム、カルボキシメチルセルロース、ポリフッ化ビニリデン、アクリロニトリルコポリマー、ポリアクリル酸、ポリアクリロニトリル、ポリ(フッ化ビニリデン) - ヘキサフルオロプロペン、ラテックス、またはアルギン酸塩を含まない。

【0114】

ある実施形態において、カソード電極層およびアノード電極層それぞれにおけるバインダー材料の量は、独立して、カソード電極層またはアノード電極層の総重量に基づいて、少なくとも1重量%、少なくとも2重量%、少なくとも3重量%、少なくとも4重量%、少なくとも5重量%、少なくとも10重量%、少なくとも15重量%、少なくとも20重量%、少なくとも25重量%、少なくとも30重量%、少なくとも35重量%、少なくとも40重量%、少なくとも45重量%、または少なくとも50重量%である。いくつかの実施形態において、カソード電極層およびアノード電極層それぞれにおけるバインダー材料の量は、独立して、カソード電極層またはアノード電極層の総重量に基づいて、最大1重量%、最大2重量%、最大3重量%、最大4重量%、最大5重量%、最大10重量%、最大15重量%、最大20重量%、最大25重量%、最大30重量%、最大35重量%、最大40重量%、最大45重量%、または最大50重量%である。

【0115】

いくつかの実施形態において、カソード電極層およびアノード電極層それぞれにおけるバインダー材料の量は、独立して、カソード電極層またはアノード電極層の総重量に基づいて、約2重量%ないし約10重量%、約3重量%ないし約6重量%、約5重量%ないし約10重量%、約7.5重量%ないし約15重量%、約10重量%ないし約20重量%、約15重量%ないし約25重量%、約20重量%ないし約40重量%、または約35重量

%ないし約50重量%である。

【0116】

密封容器内に水分が存在するのを防ぐために、電解質を充填する工程は乾燥室内で行われる。乾燥後、電極アセンブリを容器の中に置き、次いで電解質を加えて、密封する前に不活性雰囲気の中でセパレータおよび電極のすべての層の孔、ならびに電極アセンブリ内の正極および負極とセパレータとの間のギャップのそれぞれを満たす。

【0117】

本明細書に開示される方法は、より少ないエネルギー消費によってリチウムイオンバッテリーの製造コストを削減し、乾燥に必要な製造時間を短縮する。したがって、この方法は、その低コストおよび取り扱いの容易さのために、工業プロセスに特に適している。

10

【0118】

別の態様において、本明細書で提供されるのは、非水電解質2次バッテリーのための本明細書で開示された方法によって作製される電極アセンブリで、少なくとも1つのアノード、少なくとも1つのカソード、および少なくとも1つのアノードと少なくとも1つのカソードとの間に介在する少なくとも1つのセパレータを備え、電極アセンブリの含水量は、電極アセンブリの総重量に基づいて、20重量ppm未満である。いくつかの実施形態において、電極アセンブリの含水量は、電極アセンブリの総重量に基づいて、20重量ppm未満、19重量ppm未満、18重量ppm未満、17重量ppm未満、16重量ppm未満、15重量ppm未満、14重量ppm未満、13重量ppm未満、12重量ppm未満、11重量ppm未満、10重量ppm未満、9重量ppm未満、8重量ppm未満、7重量ppm未満、6重量ppm未満、または5重量ppm未満である。

20

【0119】

本明細書中に提供されるのはまた、本明細書に開示された方法によって作製された電極アセンブリを備えるリチウムバッテリーである。

【0120】

ある実施形態において、リチウムバッテリーは、フルセルにおいて、室温で1Cのレートで1,000サイクル後に、その初期貯蔵容量の少なくとも約80%、少なくとも約95%、または少なくとも約90%を維持することが可能である。いくつかの実施形態において、リチウムバッテリーは、フルセルにおいて、室温で1Cのレートで1,500サイクル後に、その初期貯蔵容量の少なくとも約80%、または少なくとも約85%を維持することが可能である。

30

【0121】

以下の実施例は、本発明の実施形態を例示するために提示される。すべての数値はおおよそである。数値範囲が示されている場合、記載された範囲外の実施形態はなお本発明の範囲に含まれると理解すべきである。各実施例に記載された特定の詳細は、本発明の必要な特徴と解釈すべきではない。

【実施例】

【0122】

電極アセンブリの含水量は、カールフィッシャー滴定により測定した。電極アセンブリを、アルゴンガスを充填したグローブボックス内で1cm×1cmの薄片に切断した。1cm×1cmの大きさを有する切断電極アセンブリをサンプルバイアル中で秤量した。次いで、秤量した電極アセンブリを、カールフィッシャークーロメトリ水分分析計(831KFクーロメータ、スイス国のメトローム社(Metrolhm, Switzerland)製)を用いてカールフィッシャー滴定用の滴定容器に加えた。測定を3回繰り返して平均値を求めた。

40

【0123】

電極またはセパレータ中の含水量をカールフィッシャー滴定により測定した。電極アセンブリを、アルゴンガスを充填したグローブボックス内で1cm×1cmの薄片に切断した。電極アセンブリをアノード層、カソード層およびセパレータ層に分離した。分離した電極層およびセパレータ層の含水量をカールフィッシャー滴定により分離して分析した。測定を3回繰り返して平均値を求めた。

50

【0124】

実施例 1

A) 正極スラリーの作製

脱イオン水中に分散させた、94重量%のカソード材料(LNMC TLM 310、中国の新郷ティアンリエネルギー有限公司(Xinxiang Tianli Energy Co. Ltd., China)より入手)と、導電剤として3重量%のカーボンブラック(SuperP、スイス国ボディオのティムカル社(Timcal Ltd)より入手)と、0.8重量%のポリアクリル酸(PAA、#181285、米国のシグマ・オールドリッチ社(Sigma-Aldrich, US)より入手)と、1.5重量%のスチレンブタジエンゴム(SBR、AL-2001、日本国の日本A & L社(NIPPON A&L INC., Japan)より入手)と、バインダーとして0.7重量%のポリフッ化ビニリデン(PVDF, Solef(登録商標) 5130、ベルギー国のソルヴェイ・エセ・アー社(Solvay S.A., Belgium)より入手)とを混合して正極スラリーを作製し、50重量%の固形分を有するスラリーを形成した。スラリーをプラネタリー攪拌ミキサーで均質化した。

10

【0125】

B) 正極スラリーの作製

均質化されたスラリーを、約 26 mg/cm^2 の面積密度を有するトランスファーコーター(ZY-TSF6-6518、金帆展宇新能源科技有限公司(Jin Fan Zhanyu New Energy Technology Co., Ltd., China)社製)を用いて厚さ $20 \mu\text{m}$ のアルミニウム箔の両面にコーティングした。約 8 m/min のコンベア速度で動作されるトランスファーコーターのサブモジュールとして 24 m の長さのコンベア熱風乾燥オープンによりアルミニウム箔上の被覆膜を3分間乾燥させて正極を得た。温度プログラムオープンは、温度が 60 の入口温度から 75 の出口温度に徐々に上昇する制御可能な温度勾配を可能にした。次に、電極は、加圧されてコーティングの密度が増加され、密度は 3.36 g/m^3 であった。電極層の空隙容量は、 16% である。

20

【0126】

C) 負極の作製

90重量%のハードカーボン(HC; 純度 99.5% 、中国広東省深センのルイフト科技有限公司(Ruifute Technology Ltd., Shenzhen, Guangdong, China)製)と、5重量%のカーボンブラックと、5重量%のポリアクリロニトリルとを脱イオン水に混合して負極スラリーを作製し、50重量%の固形分を有するスラリーを形成した。スラリーを約 15 mg/cm^2 の面積密度を有する転写コーターを用いて厚さ $9 \mu\text{m}$ の銅箔の両面に塗布した。約 10 m/min のコンベア速度で動作される 24 m 長のコンベア熱風乾燥機により銅箔上の塗布膜を約 50 で 2.4 分間乾燥させて負極を得た。次に、電極は、加圧されてコーティングの密度が増加され、密度は 1.78 g/m^3 であった。電極層の空隙容量は、 19% である。

30

【0127】

実施例 2

電極アセンブリの組み立て

得られた実施例1のカソードフィルムおよびアノードフィルムを用いて、個々の電極板を切断することによってカソードおよびアノードのそれぞれを作製した。湿度を制御せずに外気中でアノードと、カソードと、正極と負極との間に配置されたセパレータとを積み重ねることによって電極アセンブリを作製した。セパレータは、 $30 \mu\text{m}$ の厚さを有するPET不織布製の細孔膜(日本の三菱製紙ミルズ社(MITSUBISHI PAPER MILLS LTD, Japan)より入手)であった。電極アセンブリをグローブボックス内の真空オープン中で $5 \times 10^3 \text{ Pa}$ の圧力下で 100 の温度で2時間乾燥させた。次いで、乾燥チャンバを、 5 ppm の含水量および 90 の湿度を有する熱風乾燥空気で満たした。乾燥チャンバを排気する前に、熱風乾燥空気を15分間乾燥チャンバ内に保持した。このサイクルを10回繰り返した。

40

【0128】

電極アセンブリ、電極およびセパレータの含水量

50

未乾燥電極アセンブリの含水量の平均値は948 ppmであった。乾燥電極アセンブリ、電極およびセパレータの含水量の平均値はそれぞれ19 ppm、9 ppmおよび15 ppmであった。

【0129】

パウチ型バッテリーの組み立て

パウチセルを、乾燥電極アセンブリをアルミニウム - プラスチックラミネートフィルム製のケース内に包装することによって組み立てた。カソード電極板とアノード電極板をセパレータによって離して保持し、ケースを予備成形した。次いで、1 ppm未満の水分および酸素含有量の高純度アルゴン雰囲気中で、パックされた電極を保持するケースに電解液を充填した。電解液は、エチレンカーボネート (EC)、エチルメチルカーボネート (EMC) およびジメチルカーボネート (DMC) の1:1:1の体積比の混合物中のLiPF₆ (1 M) の溶液であった。電解質充填の後、パウチセルを真空シールし、標準的な正方形のパンチ工具を用いて機械的にプレスした。

【0130】

実施例2の電気化学的測定

I) 公称容量

セルを、3.0 Vと4.2 Vとの間でバッテリーテスタ (BTS-5V20A、中国のニューウェア・エレクトロニクス有限公司 (Neware Electronics Co., Ltd, China) より入手) 上で25℃でC/2の電流密度で電流定常的に試験した。公称容量は約2.6 Ahであった。

【0131】

II) サイクルパフォーマンス

パウチセルのサイクルパフォーマンスを、3.0 Vないし4.2 Vで1 Cの定電流レートで充放電することによって試験した。サイクルパフォーマンスの試験結果を図1に示す。486サイクル後の容量維持率は、初期値の約94.7%であった。電気化学的試験は、高範囲の電位におけるバッテリーの良好な電気化学的安定性、ならびに優れたサイクルパフォーマンスを示す。

【0132】

実施例2のパウチセルの処方は、後述の表2に示される。実施例2の電極アセンブリの乾燥条件は、表2に示される。実施例2のセルの、電極アセンブリ、電極およびセパレータの湿度の内容と、セルの容量維持率とは、表3に示される。

【0133】

実施例3

A) 正極スラリーの作製

N - メチル - 2 - ピロリドン (99%以上の純度を有するNMP、米国のシグマ・オルドリッチ社 (Sigma-Aldrich, US) 製) 中に分散させた、92重量%のカソード材料 (LiMn₂O₄、中国青島のファグアン・ヘンユアン・リーテック有限公司 (HuaGuan HengYuan LiTech Co. Ltd., Qingdao, China) より入手) と、導電剤としての4重量%のカーボンブラック (SuperP; スイス国ボディオのティムカル社 (Timcal Ltd, Bodio, Switzerland) より入手) と、バインダーとして4重量%のポリフッ化ビニリデン (PVDF, Solef (登録商標) 5130、ベルギー国のソルヴェイ・エセ・アー社 (Solvay S. A., Belgium) より入手) とを混合して正極スラリーを作製し、50重量%の固形分を含むスラリーを形成した。スラリーをプラネタリー攪拌ミキサーで均質化した。

【0134】

B) 正極スラリーの作製

均質化されたスラリーを、約40 mg / cm²の面積密度を有する転写コーターを使用して、厚さ20 μmのアルミニウム箔の両面にコーティングした。約4 m / 分のコンベア速度で動作されるトランスファーコーターのサブモジュールとして24 mの長さのコンベア熱風乾燥オープンによりアルミニウム箔上の被覆膜を6分間乾燥させて正極を得た。温度プログラムオープンは、温度が65℃の入口温度から80℃の出口温度に徐々に上昇する制御可能な温度勾配を可能にした。次に、電極は、加圧されてコーティングの密度が増

加され、密度は 3.01 g/m^3 であった。電極層の空隙容量は、25%である。

【0135】

C) 負極の作製

脱イオン水に分散された、90重量%のハードカーボン(99.5%の純度を有するHC、中国広東省深センのルイフト技術公司(Ruifute Technology Ltd., Shenzhen, Guangdong, China)製)を、1.5重量%のカルボキシメチルセルロース(CMC、BSH-12、日本国のディーケーエス社(DKS Co. Ltd., Japan)製)と、バインダーとしての3.5重量%のSBR(AL-2001、日本国の日本A&L社(NIPPON A&L INC., Japan)製)と、導電剤としての5重量%のカーボンブラックとを混合して負極スラリーを作製して、50重量%の固形分を含む別のスラリーを形成した。スラリーを約 15 mg/cm^2 の面積密度を有する転写コーターを用いて厚さ $9 \mu\text{m}$ の銅箔の両面に塗布した。銅箔上の塗布膜を約10m/分のコンベア速度で動作された24mの長さのコンベア熱風乾燥機により約50で2.4分間乾燥させ、負極を得た。次に、電極は、加圧されてコーティングの密度が増加され、密度は 1.78 g/m^3 であった。電極層の空隙容量は、19%である。

【0136】

実施例4

電極アセンブリの組み立て

得られた実施例3のカソードフィルムおよびアノードフィルムを用いて、個々の電極板を切断することによってカソードおよびアノードのそれぞれを作製した。湿度を制御せずに外気中でアノードと、カソードと、正極と負極との間に配置されたセパレータとを積み重ねることによって電極アセンブリを作製した。セパレータは、約 $35 \mu\text{m}$ の厚さを有するPET不織布製のセラミック被覆細孔膜(セパリオン(SEPARION、ドイツのエボニック社(Evonik Industries, Germany)製)であった。電極アセンブリをグローブボックス内の真空オーブン中で $1 \times 10^4 \text{ Pa}$ の圧力で102の温度で3時間乾燥させた。次いで、乾燥チャンバを、5ppmの含水量および85の温度を有する熱した乾燥室素で満たした。乾燥チャンバを排気する前に、熱した乾燥室素を5分間乾燥チャンバ内に保持した。このサイクルを10回繰り返した。

【0137】

実施例4の電気化学的測定

I) 公称容量

実施例4に記載された方法で作製された乾燥電極アセンブリを含むパウチセルを、実施例2に記載された方法で組み立てた。バッテリーを、3.0Vないし4.2Vのバッテリーテストで、25でC/2の電流密度で電流定常的に試験した。公称容量は約9.3Ahであった。

【0138】

II) サイクルパフォーマンス

パウチセルのサイクルパフォーマンスを、3.0Vないし4.2Vで1Cの定電流レートで充放電することによって試験した。サイクルパフォーマンスの試験結果を図2に示す。

【0139】

実施例5

A) 正極スラリーの作製

脱イオン水に分散された、94重量%のカソード材料 $\text{LiNi}_{0.33}\text{Mn}_{0.33}\text{Co}_{0.33}\text{O}_2$ (中国の深セン天佳科技有限公司(Shenzhen Tianjiao Technology Co. Ltd., China)より入手)と、導電剤として3重量%のカーボンブラック(SuperP; スイス国ボディオのティムカル社(Timcal Ltd, Bodio, Switzerland)より入手)と、1.5重量%のポリアクリル酸(PAA、#181285、米国のシグマ・オルドリッチ社(Sigma-Aldrich, US)製)と、バインダーとして1.5重量%のポリアクリロニトリル(LA132、中国の成都インディゴパワーソースズ有限公司(Chengdu Indigo Power Sources Co., Ltd., China)製)とを混合して正極スラリーを作製して、50重量%の固形分を有するスラリーを形成した。スラリーをプラネタ

リー攪拌ミキサーで均質化した。

【0140】

B) 正極スラリーの作製

均質化されたスラリーを、約 32 mg/cm^2 の面積密度を有する転写コーターを使用して、厚さ $20 \text{ }\mu\text{m}$ のアルミニウム箔の両面にコーティングした。約 6 m/分 のコンベア速度で動作されるトランスファーコーターのサブモジュールとして 24 m の長さのコンベア熱風乾燥オープンによりアルミニウム箔上の被覆膜を 4 分間乾燥させて正極を得た。温度プログラムオープンは、温度が 60 の入口温度から 75 の出口温度に徐々に上昇する制御可能な温度勾配を可能にした。次に、電極は、加圧されてコーティングの密度が増加され、密度は 2.65 g/m^3 であった。電極層の空隙容量は、 34% である。

10

【0141】

C) 負極の作製

90 重量%のハードカーボンと、 5 重量%のカーボンブラックと、 5 重量%のポリアクリロニトリルとを脱イオン水中で混合して負極スラリーを作製し、 50 重量%の固形分を有するスラリーを形成した。スラリーを約 15 mg/cm^2 の面積密度を有する転写コーターを用いて厚さ $9 \text{ }\mu\text{m}$ の銅箔の両面に塗布した。銅箔上の塗布膜を約 10 m/分 のコンベア速度で動作された 24 m の長さのコンベア熱風乾燥機により約 50 で 2.4 分間乾燥させ、負極を得た。次に、電極は、加圧されてコーティングの密度が増加され、密度は 1.78 g/m^3 であった。電極層の空隙容量は、 19% である。

20

【0142】

実施例 6

電極アセンブリの組み立て

得られた実施例 5 のカソードフィルムおよびアノードフィルムを用いて、個々の電極板を切断することによってカソードおよびアノードのそれぞれを作製した。湿度を制御せずに外気中でアノードと、カソードと、正極と負極との間に配置されたセパレータとを積み重ねることによって電極アセンブリを作製した。セパレータは、 $20 \text{ }\mu\text{m}$ の厚さを有するポリイミド製の細孔膜（米国、セルガード・エル・エル・シー社（Celgard, LLC, US）製）であった。電極アセンブリをグローブボックス内の真空オープン中で $1 \times 10^3 \text{ Pa}$ の圧力下で 110 の温度で 2 時間乾燥させた。次いで、乾燥チャンバを、 5 ppm の含水量および 100 の湿度を有する熱風乾燥空気を満たした。乾燥チャンバを排気する前に、熱風乾燥空気を 10 分間乾燥チャンバ内に保持した。このサイクルを 10 回繰り返した。

30

【0143】

実施例 6 の電気化学的測定

I) 公称容量

実施例 6 に記載された方法で作製された乾燥電極アセンブリを含むパウチセルを、実施例 2 に記載された方法で組み立てた。セルを、 3.0 V ないし 4.2 V のバッテリーテストで、 25 で $C/2$ の電流密度で電流定常的に試験した。公称容量は約 8.5 Ah であった。

40

【0144】

II) サイクルパフォーマンス

パウチセルのサイクルパフォーマンスを、 3.0 V ないし 4.2 V で 1 C の定電流レートで充放電することによって試験した。サイクルパフォーマンスの試験結果を図 3 に示す。

【0145】

実施例 7

A) 正極スラリーの作製

脱イオン水に分散された、 91 重量%のカソード材料 LiFePO_4 （中国のアモイタンクステン有限公司（Xiamen Tungsten Co. Ltd., China）より入手）と、導電剤として 5 重量%のカーボンブラック（SuperP；スイス国ボディオのティムカル社（Timcal Ltd, Bodio,

50

Switzerland)より入手)と、バインダーとして4重量%のポリアクリロニトリル(LA132、中国の成都インディゴパワーソースズ有限公司(Chengdu Indigo Power Sources Co., Ltd., China)製)とを混合して正極スラリーを作製して、50重量%の固形分を有するスラリーを形成した。スラリーをプラネタリー攪拌ミキサーで均質化した。

【0146】

B) 正極スラリーの作製

均質化されたスラリーを、約56 mg/cm²の面積密度を有する転写コーターを使用して、厚さ30 μmのアルミニウム箔の両面にコーティングした。次いで、約4 m/分のコンベア速度で動作される転写コーターのサブモジュールとして、24 mの長さのコンベア熱風乾燥オープンによってアルミニウム箔上の塗布膜を6分間乾燥させて、正極を得た。温度プログラムオープンは、温度が75 の入口温度から90 の出口温度まで徐々に上昇する制御可能な温度勾配を可能にした。

【0147】

C) 負極の作製

脱イオン水に分散された、90重量%のハードカーボン(99.5%の純度を有するHC、中国のルイフト技術公司(Ruifute Technology Ltd., China)製)を、1.5重量%のCMC(BSH-12、日本国のディーケーエス社(DKS Co. Ltd., Japan)製)と、バインダーとしての3.5重量%のSBR(AL-2001、日本国の日本A & L社(NIPPON A&L INC., Japan)製)と、導電剤としての5重量%のカーボンブラックとを混合して負極を作製して、50重量%の固形分を含む別のスラリーを形成した。スラリーを約15 mg/cm²の面積密度を有する転写コーターを用いて厚さ9 μmの銅箔の両面に塗布した。次いで、約10 m/分のコンベア速度で動作される24 mのコンベア熱風乾燥機により約50で2.4分間銅箔上の塗布膜を乾燥させて負極を得た。

【0148】

実施例 8

電極アセンブリの組み立て

乾燥後、得られた実施例7のカソードフィルムおよびアノードフィルムを用いて、個々の電極板を切断することによってカソードおよびアノードのそれぞれを作製した。湿度を制御せずに外気中でアノードと、カソードと、正極と負極との間に配置されたセパレータとを積み重ねることによって電極アセンブリを作製した。セパレータは、約35 μmの厚さを有するPET不織布(セパリオン(SEPARION、ドイツのエボニック社(Evonik Industries, Germany))製のセラミック被覆細孔膜であった。電極アセンブリをグローブボックス内の真空オープン中で1 × 10³ Paの圧力で120 の温度で4時間乾燥させた。次いで、乾燥チャンバを、5 ppmの含水量および110 の温度を有する熱風乾燥空気で満たした。乾燥チャンバを排気する前に、熱風乾燥空気を5分間乾燥チャンバ内に保持した。このサイクルを7回繰り返した。

【0149】

実施例 8 の電気化学的測定

I) 公称容量

実施例8に記載された方法で作製された乾燥電極アセンブリを含むパウチセルを、実施例2に記載された方法で組み立てた。セルを、2.5 Vないし3.6 Vの間のバッテリテストで、25 でC/2の電流密度で電流定常的に試験した。公称容量は約4.6 Ahであった。

【0150】

II) サイクルパフォーマンス

パウチセルのサイクルパフォーマンスを、2.5 Vないし3.6 Vで1 Cの定電流レートで充放電することによって試験した。

【0151】

実施例 9

A) 正極スラリーの作製

脱イオン水中に分散させた、92重量%のカソード材料 LiCoO_2 （中国のアモイタンクス
テン有限公司（Xiamen Tungsten Co. Ltd., China）より入手）と、導電剤として3重量
%のカーボンブラック（SuperP；スイス国ボディオのティムカル社（Timcal Ltd）より
入手）と、バインダーとして1重量%のCMC（BSH-12、日本のディーケーエス社（DKS
Co. Ltd., Japan）製）と、2重量%のSBR（AL-2001、日本国の日本A & L社（NIPPON
A&L INC., Japan）製）と、2重量%のポリフッ化ビニリデン（PVDF；Solef（登録商標
）5130、ベルギー国のソルヴェイ・エセ・アー社（Solvay S. A., Belgium）より入手）
とを混合して正極スラリーを作製し、50重量%の固形分を有するスラリーを形成した。
スラリーをプラネタリー攪拌ミキサーで均質化した。

10

【0152】

B) 正極スラリーの作製

均質化されたスラリーを、約 32 mg/cm^2 の面積密度を有する転写コーターを使用
して、厚さ $20\text{ }\mu\text{m}$ のアルミニウム箔の両面にコーティングした。約 6 m/分 のコンベア
速度で動作されるトランスファーコーターのサブモジュールとして 24 m の長さのコンベア
熱風乾燥オープンによりアルミニウム箔上の被覆膜を4分間乾燥させて正極を得た。温
度プログラムオープンは、温度が 60 の入口温度から 75 の出口温度に徐々に上昇す
る制御可能な温度勾配を可能にした。

【0153】

C) 負極の作製

90重量%のハードカーボンと、5重量%のカーボンブラックと、5重量%のポリアク
リロニトリルとを脱イオン水中で混合して負極スラリーを作製し、50重量%の固形分を
有するスラリーを形成した。スラリーを約 15 mg/cm^2 の面積密度を有する転写コー
ターを用いて厚さ $9\text{ }\mu\text{m}$ の銅箔の両面に塗布した。銅箔上の塗布膜を約 10 m/分 のコン
ベア速度で動作された 24 m の長さのコンベア熱風乾燥機により約 50 で2.4分間乾
燥させ、負極を得た。

20

【0154】

実施例10

電極アセンブリの組み立て

乾燥後、得られた実施例9のカソードフィルムおよびアノードフィルムを用いて、個々
の電極板を切断することによってカソードおよびアノードのそれぞれを作製した。湿度を
制御せずに外気中でアノードと、カソードと、正極と負極との間に配置されたセパレータ
とを積み重ねることによって電極アセンブリを作製した。電極アセンブリをグローブボッ
クス内の真空オープン中で $5 \times 10^4\text{ Pa}$ の圧力下で 95 の温度で1.5時間乾燥させ
た。セパレータは、 $30\text{ }\mu\text{m}$ の厚さを有するPVDFおよびPET（シンメトリックス、
米国ネプトコ・コーポレーション社（Symmetrix, NEPTCO Corporation, US））製の細孔
膜であった。次いで、乾燥チャンバを、 5 ppm の含水量および 90 の温度を有する熱
風乾燥空気で満たした。乾燥チャンバを排気する前に、熱風乾燥空気を30分間乾燥チャ
ンバ内に保持した。このサイクルを10回繰り返した。

30

【0155】

実施例10の電気化学的測定

40

I) 公称容量

実施例10に記載された方法で作製された乾燥電極アセンブリを含むパウチセルを、実
施例2に記載された方法で組み立てた。セルを、 3.0 V ないし 4.2 V のバッテリーテス
タで、 25 で $C/2$ の電流密度で電流定常的に試験した。公称容量は約 10 Ah であっ
た。

【0156】

II) サイクルパフォーマンス

パウチセルのサイクルパフォーマンスを、 3.0 V ないし 4.2 V で 1 C の定電流レー
トで充放電することによって試験した。

【0157】

50

実施例 1 1

電極アセンブリの組み立て

正極および負極を実施例 9 に記載された方法により作成した。湿度を制御せずに外気中でアノードと、カソードと、正極と負極との間に配置されたセパレータとを積み重ねることによって電極アセンブリを作製した。セパレータは、 $30\text{ }\mu\text{m}$ の厚さを有する P V D F および P E T (シンメトリックス、米国ネプトコ・コーポレーション社) (Symmetrix, NEPTCO Corporation, US) 製の細孔膜であった。電極アセンブリをグローブボックス内の真空オーブン中で $3 \times 10^3\text{ Pa}$ の圧力下で 105°C の温度で 1.5 時間乾燥させた。次いで、乾燥チャンバを、 5 ppm の含水量および 100°C の温度を有する熱風乾燥空気で満たした。乾燥チャンバを排気する前に、熱風乾燥空気を 10 分間乾燥チャンバ内に保持した。このサイクルを 10 回繰り返した。

10

【0158】

実施例 1 1 の電気化学的測定

I) 公称容量

実施例 1 1 に記載された方法で作製された乾燥電極アセンブリを含むパウチセルを、実施例 2 に記載された方法で組み立てた。セルを、 3.0 V ないし 4.2 V のバッテリーテストで、 25°C で $C/2$ の電流密度で電流定常的に試験した。公称容量は約 10 Ah であった。

【0159】

I I) サイクルパフォーマンス

パウチセルのサイクルパフォーマンスを、 3.0 V ないし 4.2 V で 1 C の定電流レートで充放電することによって試験した。

20

【0160】

実施例 1 2

電極アセンブリの組み立て

正極および負極を実施例 5 に記載された方法により作成した。湿度を制御せずに外気中でアノードと、カソードと、正極と負極との間に配置されたセパレータとを積み重ねることによって電極アセンブリを作製した。電極アセンブリをグローブボックス内の真空オーブン中で $2 \times 10^3\text{ Pa}$ の圧力下で 125°C の温度で 1 時間乾燥させた。セパレータは、 $20\text{ }\mu\text{m}$ の厚さを有するポリイミド (米国、セルガード・エル・エル・シー社 (Celgard, LLC, US)) 製の細孔膜であった。次いで、乾燥チャンバを、 5 ppm の含水量および 120°C の温度を有する熱風乾燥空気で満たした。乾燥チャンバを排気する前に、熱風乾燥空気を 15 分間乾燥チャンバ内に保持した。このサイクルを 10 回繰り返した。

30

【0161】

実施例 1 2 の電気化学的測定

I) 公称容量

実施例 1 2 に記載された方法で作製された乾燥電極アセンブリを含むパウチセルを、実施例 2 に記載された方法で組み立てた。セルを、 3.0 V ないし 4.2 V のバッテリーテストで、 25°C で $C/2$ の電流密度で電流定常的に試験した。公称容量は約 10 Ah であった。

40

【0162】

I I) サイクルパフォーマンス

パウチセルのサイクルパフォーマンスを、 3.0 V ないし 4.2 V で 1 C の定電流レートで充放電することによって試験した。

【0163】

実施例 1 3

電極アセンブリの組み立て

正極および負極を実施例 7 に記載された方法により作成した。湿度を制御せずに外気中でアノードと、カソードと、正極と負極との間に配置されたセパレータとを積み重ねることによって電極アセンブリを作製した。セパレータは、約 $35\text{ }\mu\text{m}$ の厚さを有する P E T

50

不織布(セパリオン(SEPARION、ドイツのエボニック社(Evonik Industries, Germany))製のセラミック被覆細孔膜であった。電極アセンブリをグローブボックス内の真空オーブン中で 1×10^4 Paの圧力下で135の温度で2時間乾燥させた。次いで、乾燥チャンバを、5 ppmの含水量および120の温度を有する熱風乾燥空気で満たした。乾燥チャンバを排気する前に、熱風乾燥空気を5分間乾燥チャンバ内に保持した。このサイクルを5回繰り返した。

【0164】

実施例13の電気化学的測定

I) 公称容量

実施例13に記載された方法で作製された乾燥電極アセンブリを含むパウチセルを、実施例2に記載された方法で組み立てた。バッテリーを、2.5 Vないし3.6 Vの間のバッテリーテストで、25でC/2の電流密度で電流定常的に試験した。公称容量は約4.6 Ahであった。

10

【0165】

II) サイクルパフォーマンス

パウチセルのサイクルパフォーマンスを、2.5 Vないし3.6 Vで1 Cの定電流レートで充放電することによって試験した。

【0166】

実施例14

電極アセンブリの組み立て

20

正極および負極を実施例5に記載された方法により作成した。アノードと、カソードと、正極と負極との間に配置されたセパレータとを積層し、湿度を制御せずに大気中で螺旋状に巻回してゼリーロール構成にすることにより電極アセンブリを作製した。セパレータは、30 μ mの厚さを有するPET不織布(日本の三菱製紙ミルズ社(MITSUBISHI PAPER MILLS LTD, Japan)より入手)製の細孔膜であった。電極アセンブリをグローブボックス内の真空オーブン中で660 Paの圧力下で110の温度で2時間乾燥させた。次いで、乾燥チャンバを、5 ppmの含水量および90の温度を有する熱風乾燥空気で満たした。乾燥チャンバを排気する前に、熱風乾燥空気を10分間乾燥チャンバ内に保持した。このサイクルを10回繰り返した。

【0167】

30

実施例14の電気化学的測定

I) 公称容量

実施例14に記載された方法で作製された乾燥電極アセンブリを含むパウチセルを、実施例2に記載された方法で組み立てた。セルを、3.0 Vないし4.2 Vのバッテリーテストで、25でC/2の電流密度で電流定常的に試験した。公称容量は約10 Ahであった。

【0168】

II) サイクルパフォーマンス

パウチセルのサイクルパフォーマンスを、3.0 Vないし4.2 Vで1 Cの定電流レートで充放電することによって試験した。

40

【0169】

比較例1

電極アセンブリの組み立て

正極および負極を実施例5に記載された方法により作製した。110の代わりに160で真空オーブン内で乾燥させたことを除き、電極アセンブリを実施例6に記載された方法によって組み立て、乾燥させた。

【0170】

比較例1の電気化学的測定

I) 公称容量

比較例1に記載された方法で作製された乾燥電極アセンブリを含むパウチセルを、実施

50

例 2 に記載された方法で組み立てた。セルを、3.0 V ないし 4.2 V のバッテリーテストで、25 で C / 2 の電流密度で電流定常的に試験した。公称容量は約 10 A h であった。

【0171】

II) サイクルパフォーマンス

パウチセルのサイクルパフォーマンスを、3.0 V ないし 4.2 V で 1 C の定電流レートで充放電することによって試験した。

【0172】

比較例 2

電極アセンブリの組み立て

正極および負極を実施例 5 に記載された方法により作成した。110 の代わりに 75 で真空オープン内で乾燥させたことを除き、電極アセンブリを実施例 6 に記載された方法によって組み立て、乾燥させた。

【0173】

比較例 2 の電気化学的測定

I) 公称容量

比較例 2 に記載された方法で作製された乾燥電極アセンブリを含むパウチセルを、実施例 2 に記載された方法で組み立てた。セルを、3.0 V ないし 4.2 V のバッテリーテストで、25 で C / 2 の電流密度で電流定常的に試験した。公称容量は約 10 A h であった。

【0174】

II) サイクルパフォーマンス

パウチセルのサイクルパフォーマンスを、3.0 V ないし 4.2 V で 1 C の定電流レートで充放電することによって試験した。

【0175】

比較例 3

電極アセンブリの組み立て

正極および負極を実施例 5 に記載された方法により作成した。チャンバの充填と排気を繰り返すことなしに継続して 24 時間真空オープン内で乾燥させたことを除き、電極アセンブリを実施例 12 に記載された方法によって組み立て、乾燥させた。

【0176】

比較例 3 の電気化学的測定

I) 公称容量

比較例 3 に記載された方法で作製された乾燥電極アセンブリを含むパウチセルを、実施例 2 に記載された方法で組み立てた。セルを、3.0 V ないし 4.2 V のバッテリーテストで、25 で C / 2 の電流密度で定電流を用いて試験した。公称容量は約 10 A h であった。

【0177】

II) サイクルパフォーマンス

パウチセルのサイクルパフォーマンスを、3.0 V ないし 4.2 V で 1 C の定電流レートで充放電することによって試験した。

【0178】

比較例 4

電極アセンブリの組み立て

正極および負極を実施例 1 に記載された方法により作成した。真空乾燥とガス充填のサイクル数を 10 回ではなく 3 回としたことを除き、実施例 2 に記載の方法で電極アセンブリを組み立て、乾燥させた。

【0179】

比較例 4 の電気化学的測定

I) 公称容量

比較例 4 に記載された方法で作製された乾燥電極アセンブリを含むパウチセルを、実施例 2 に記載された方法で組み立てた。バッテリーを、3.0 V ないし 4.2 V のバッテリーテストで、25 で C / 2 の電流密度で電流定常的に試験した。公称容量は約 10 A h であった。

【0180】

II) サイクルパフォーマンス

パウチセルのサイクルパフォーマンスを、3.0 V ないし 4.2 V で 1 C の定電流レートで充放電することによって試験した。

【0181】

比較例 5

電極アセンブリの組み立て

正極および負極を実施例 5 に記載された方法により作成した。アノードと、カソードと、正極と負極との間に配置されたセパレータとを積層し、湿度を制御せずに大気中で螺旋状に巻回してゼリーロール構成にすることにより電極アセンブリを作製した。セパレータは、30 μ m の厚さを有する PET 不織布（日本の三菱製紙ミルズ社（MITSUBISHI PAPER MILLS LTD, Japan）より入手）製の細孔膜であった。電極アセンブリをグローブボックス内の真空オープン中で 650 Pa の圧力下で 80 の温度で 1 時間乾燥させた。次いで、乾燥チャンバを、5 ppm の含水量および 90 の温度を有する熱風乾燥空気で満たした。乾燥チャンバを排気する前に、熱風乾燥空気を 5 分間乾燥チャンバ内に保持した。このサイクルを 5 回繰り返した。

【0182】

比較例 5 の電気化学的測定

I) 公称容量

比較例 5 に記載された方法で作製された乾燥電極アセンブリを含むパウチセルを、実施例 2 に記載された方法で組み立てた。セルを、3.0 V ないし 4.2 V のバッテリーテストで、25 で C / 2 の電流密度で電流定常的に試験した。公称容量は約 10 A h であった。

【0183】

II) サイクルパフォーマンス

パウチセルのサイクルパフォーマンスを、3.0 V ないし 4.2 V で 1 C の定電流レートで充放電することによって試験した。

【0184】

これらの実施例および比較例のそれぞれのパウチセルの調合物を下記表 1 にまとめる。これらの実施例および比較例のそれぞれの電極アセンブリの乾燥条件を下記表 2 に示す。電極アセンブリ、電極、およびセパレータの含水量、およびこれらの実施例および比較例のそれぞれのセルの容量維持率を表 3 に示す。これらの実施例の電気化学的試験は、広範囲の電位におけるバッテリーの良好な電気化学的安定性、ならびに優れたサイクルパフォーマンスを示す。

10

20

30

【表 1】

表 1

	カソード 材料	カソードバインダー 材料	溶液		セパレータ
			カソード	アノード	
実施例 1	NMC333	PAA+SBR+PVDF	H ₂ O	H ₂ O	PET
実施例 3	LMO	PVDF	NMP	H ₂ O	セラミック被覆PET
実施例 5	NMC333	PAA+LA132	H ₂ O	H ₂ O	PI
実施例 7	LFP	LA132	H ₂ O	H ₂ O	セラミック被覆PET
実施例 9	LCO	CMC+SBR+PVDF	H ₂ O	H ₂ O	PVDFおよびPET
実施例 11	LCO	CMC+SBR+PVDF	H ₂ O	H ₂ O	PVDFおよびPET
実施例 12	NMC333	PAA+LA132	H ₂ O	H ₂ O	PI
実施例 13	LFP	LA132	H ₂ O	H ₂ O	セラミック被覆PET
実施例 14 ¹	NMC333	PAA+LA132	H ₂ O	H ₂ O	PET
比較例 1	NMC333	PAA+LA132	H ₂ O	H ₂ O	PI
比較例 2	NMC333	PAA+LA132	H ₂ O	H ₂ O	PI
比較例 3	NMC333	PAA+LA132	H ₂ O	H ₂ O	PI
比較例 4	NMC333	PAA+SBR+PVDF	H ₂ O	H ₂ O	PET
比較例 5 ¹	NMC333	PAA+LA132	H ₂ O	H ₂ O	PET

注:¹パウチセルの電極アセンブリは乾燥前に螺旋状に巻いてゼリーロール構成にした。

【表 2】

表 2

	電極アセンブリ乾燥						
	真空乾燥			ガス充填		サイクル数	総時間 (hrs)
	圧力 (Pa)	温度 (°C)	時間 (hrs)	ガス温度 (°C)	時間 (mins)		
実施例 2	5,000	100	2	90	15	10	22.5
実施例 4	10,000	102	3	85	5	10	30.8
実施例 6	1,000	110	2	100	10	10	21.7
実施例 8	1,000	120	4	110	5	7	28.6
実施例 10	50,000	95	1.5	90	30	10	20
実施例 11	3,000	105	1.5	100	10	10	16.7
実施例 12	2,000	125	1	120	15	10	12.5
実施例 13	10,000	135	2	120	5	5	10.4
実施例 14	660	110	2	90	10	10	21.7
比較例 1	1,000	160	2	100	10	10	21.7
比較例 2	1,000	75	2	100	10	10	21.7
比較例 3	2,000	125	24	/	/	/	24
比較例 4	5,000	100	2	90	15	3	6.75
比較例 5	650	80	1	90	5	5	5.42

【表 3】

表 3

	電極	セパレータ	含水量(ppm)		サイクルパフォーマンス	
			電極アセンブリ		サイクル数	容量維持率(%)
			乾燥前	乾燥後		
実施例 2	9	5	948	19	486	94.7
実施例 4	12	26	854	33	448	95.1
実施例 6	6	10	1,058	16	598	93.8
実施例 8	6	11	647	4	1,850	82.6
実施例 10	5	21	871	7	1,000	89.2
実施例 11	7	13	950	6	1,000	91.9
実施例 12	5	14	1,192	5	950	89.4
実施例 13	4	10	545	3	1,650	88.3
実施例 14	10	23	897	18	1,380	88.6
比較例 1	6	9	1,039	18	960	67.9
比較例 2	33	52	934	101	1,067	75.2
比較例 3	78	132	792	164	1,210	70.2
比較例 4	11	19	864	50	1,719	63.5
比較例 5	92	154	990	203	1,160	74.2

10

20

【0185】

本発明に限られた数の実施形態に関して説明してきたが、一実施形態の特定の特徴は、本発明の他の実施形態に帰するものではない。記載された実施形態からの変形および変更が存在する。添付の特許請求の範囲は、本発明の範囲内に含まれる全ての変更および変形を包含するものとする。

【図 1】

図 1

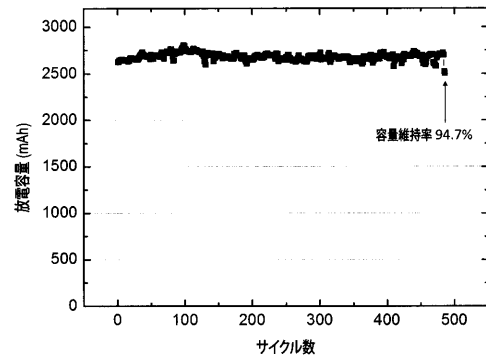


Figure 1

【図 3】

図 3

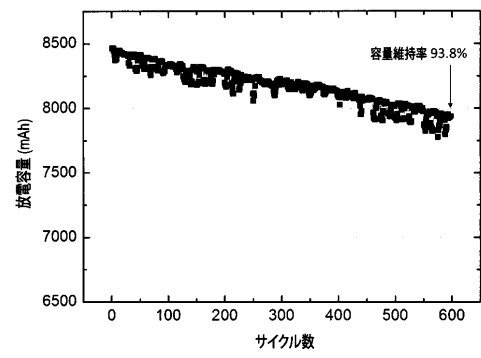


Figure 3

【図 2】

図 2

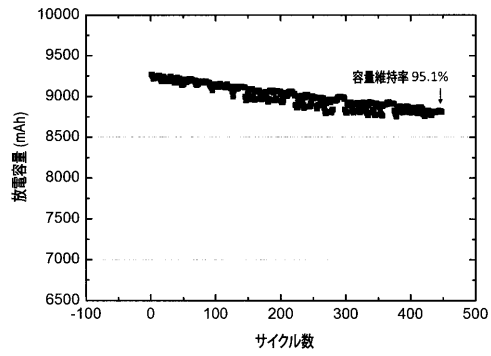


Figure 2

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/CN2017/101087																					
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01M 4/00(2006.01)i; H01M 10/00(2006.01)i; F26B 7/00(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																							
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01M; F26B Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNTXT,CNABS,DWPI,SIPOABS,USTXT,EPTXT,GOOGLE; GRST,anode,conductive,water "P" ppm, cathode,separator, binder, dry, secondary,battery, water,dried, non?aqueous,electrode,collector																							
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>US 2006269844 A1 (FERRO CORP.) 30 November 2006 (2006-11-30) claims 12, 19, 20, paragraphs [0022]-[0024]</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2005235624 A (JAPAN STORAGE BATTERY CO., LTD.) 02 September 2005 (2005-09-02) claims 1-2</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>EP 1037293 B1 (SUMITOMO CHEMICAL CO., LTD.) 16 May 2007 (2007-05-16) claims 1-14</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102110803 B (FUJIAN NANPING NANFU BATTERY CO., LTD.) 26 September 2012 (2012-09-26) claims 1-15</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2009186263 A1 (GILLETTE CO.ET AL.) 23 July 2009 (2009-07-23) claims 1-5</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103344097 A (CHERY AUTOMOBILE CO., LTD.) 09 October 2013 (2013-10-09) claims 1-9</td> <td>1-20</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 2006269844 A1 (FERRO CORP.) 30 November 2006 (2006-11-30) claims 12, 19, 20, paragraphs [0022]-[0024]	1-20	A	JP 2005235624 A (JAPAN STORAGE BATTERY CO., LTD.) 02 September 2005 (2005-09-02) claims 1-2	1-20	A	EP 1037293 B1 (SUMITOMO CHEMICAL CO., LTD.) 16 May 2007 (2007-05-16) claims 1-14	1-20	A	CN 102110803 B (FUJIAN NANPING NANFU BATTERY CO., LTD.) 26 September 2012 (2012-09-26) claims 1-15	1-20	A	US 2009186263 A1 (GILLETTE CO.ET AL.) 23 July 2009 (2009-07-23) claims 1-5	1-20	A	CN 103344097 A (CHERY AUTOMOBILE CO., LTD.) 09 October 2013 (2013-10-09) claims 1-9	1-20
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																					
X	US 2006269844 A1 (FERRO CORP.) 30 November 2006 (2006-11-30) claims 12, 19, 20, paragraphs [0022]-[0024]	1-20																					
A	JP 2005235624 A (JAPAN STORAGE BATTERY CO., LTD.) 02 September 2005 (2005-09-02) claims 1-2	1-20																					
A	EP 1037293 B1 (SUMITOMO CHEMICAL CO., LTD.) 16 May 2007 (2007-05-16) claims 1-14	1-20																					
A	CN 102110803 B (FUJIAN NANPING NANFU BATTERY CO., LTD.) 26 September 2012 (2012-09-26) claims 1-15	1-20																					
A	US 2009186263 A1 (GILLETTE CO.ET AL.) 23 July 2009 (2009-07-23) claims 1-5	1-20																					
A	CN 103344097 A (CHERY AUTOMOBILE CO., LTD.) 09 October 2013 (2013-10-09) claims 1-9	1-20																					
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.																							
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "Q" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family																							
Date of the actual completion of the international search 21 November 2017		Date of mailing of the international search report 19 December 2017																					
Name and mailing address of the ISA/CN STATE INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE OF THE P.R.CHINA 6, Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing 100088 China Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer LLJiao Telephone No. (86-10)61648351																					

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2017/101087

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
US	2006269844	A1	30 November 2006	US	2010192363 A1	05 August 2010
				US	7727669 B2	01 June 2010
				US	7867294 B2	11 January 2011
JP	2005235624	A	02 September 2005	None		
EP	1037293	B1	16 May 2007	DE	60034838 D1	28 June 2007
				US	6379846 B1	30 April 2002
				EP	1037293 A1	20 September 2000
CN	102110803	B	26 September 2012	CN	102110803 A	29 June 2011
US	2009186263	A1	23 July 2009	EP	2232615 B1	01 March 2017
				WO	2009093151 A1	30 July 2009
				BR	PI0907433 A2	14 July 2015
				US	8465860 B2	18 June 2013
				EP	2232615 A1	29 September 2010
				JP	2011510467 A	31 March 2011
				CN	101911353 B	13 November 2013
				CN	101911353 A	08 December 2010
				CN	103344097 B	28 January 2015
CN	103344097	A	09 October 2013	CN	103344097 B	28 January 2015

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I		テーマコード (参考)	
H 0 1 M 4/587 (2010.01)	H 0 1 M	4/587		
H 0 1 M 4/38 (2006.01)	H 0 1 M	4/38	Z	
H 0 1 M 4/485 (2010.01)	H 0 1 M	4/485		
H 0 1 M 4/36 (2006.01)	H 0 1 M	4/36	E	
H 0 1 M 4/66 (2006.01)	H 0 1 M	4/66	A	
	H 0 1 M	4/36	A	

(81)指定国・地域 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT

(71)出願人 518234977

ジーアールエスティー・インターナショナル・リミテッド

中華人民共和国、ホンコン、ニュー・テリトリーズ、シャティン、ホンコン・サイエンス・パーク、サイエンス・パーク・イースト・アヴェニュー・ナンバー 2、フォトニクス・センター、2 / フロア、ユニット 212

Unit 212, 2/F, Photonics Centre, No.2 Science Park East Avenue, Hong Kong Science Park, Shatin, New Territories, Hong Kong, China

(74)代理人 110001737

特許業務法人スズエ国際特許事務所

(72)発明者 ホ、カム・ピウ

中華人民共和国、ホンコン、ニュー・テリトリーズ、シャティン、ホンコン・サイエンス・パーク、サイエンス・パーク・イースト・アヴェニュー・ナンバー 2、フォトニクス・センター、2 / フロア、ユニット 212

(72)発明者 ワン、ランシ

中華人民共和国、ホンコン、ニュー・テリトリーズ、シャティン、ホンコン・サイエンス・パーク、サイエンス・パーク・イースト・アヴェニュー・ナンバー 2、フォトニクス・センター、2 / フロア、ユニット 212

(72)発明者 シェン、ペイファ

中華人民共和国、カントン 511340、カンゾウ、ゼンチェン、シンタン、フェニックス・シティ、フェンシアンユアン、ストリート・ナンバー 19、ビルディング・ナンバー 1

F ターム(参考) 5H017 AA03 EE01 EE04 EE05 HH01 HH02 HH03 HH06

5H021 BB01 EE02 EE03 EE04 EE08 EE10 HH01 HH02 HH03 HH05

5H029 AJ06 AJ12 AK03 AL07 AL12 AM03 AM05 AM07 CJ02 DJ04

DJ07 DJ08 EJ01 EJ04 EJ12 HJ01 HJ04 HJ08 HJ09

5H050 AA12 AA15 BA17 CA08 CA09 CB03 CB08 CB12 DA04 DA10

DA11 DA19 EA09 EA10 EA23 GA02 HA01 HA02 HA04 HA08

HA09