

(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2019-535110
(P2019-535110A)

(43) 公表日 令和1年12月5日(2019.12.5)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
HO 1 M 4/1393 (2010.01)	HO 1 M 4/1393	5 H 02 9
HO 1 M 4/587 (2010.01)	HO 1 M 4/587	5 H 05 0
HO 1 M 4/38 (2006.01)	HO 1 M 4/38	Z
HO 1 M 4/485 (2010.01)	HO 1 M 4/485	
HO 1 M 4/48 (2010.01)	HO 1 M 4/48	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 31 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2019-519248 (P2019-519248)
(86) (22) 出願日	平成29年9月29日 (2017. 9. 29)
(85) 翻訳文提出日	令和1年6月7日 (2019. 6. 7)
(86) 國際出願番号	PCT/CN2017/104248
(87) 國際公開番号	W02018/068663
(87) 國際公開日	平成30年4月19日 (2018. 4. 19)
(31) 優先権主張番号	62/406, 405
(32) 優先日	平成28年10月11日 (2016. 10. 11)
(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、フォトニクス・センター、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】リチウムイオン電池用アノードスラリー

(57) 【要約】

本明細書で提供されるのは、アノード活物質、導電剤、バインダー材料、及び、溶媒を備えたリチウムイオン電池アノードスラリーであって、前記アノード活物質は、約 10 μm から約 40 μm の範囲の粒度 D 50 を有し、厚さが約 100 μm のウェットフィルムを有する集電体上にコーティングされた前記スラリーは、約 60 $^{\circ}\text{C}$ から約 90 $^{\circ}\text{C}$ の温度及び約 25 % から約 40 % の相対湿度を有する環境下で約 5 分以下の乾燥時間を有する、リチウムイオン電池アノードスラリーである。本明細書に開示されるアノードスラリーは、高品質かつ安定した性能を有するリチウムイオン電池を製造するための均一な成分分散および早い乾燥能力を有する。さらに、アノードスラリーのこれらの特性は、生産性を高め、リチウムイオン電池の製造コストを低減する。

【選択図】図 1

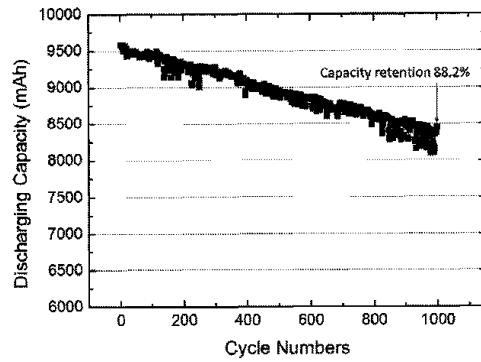


Figure 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アノード活物質、導電剤、バインダー材料、及び、溶媒を備えたリチウムイオン電池アノードスラリーであって、

前記アノード活物質は、約 10 μm から約 40 μm の範囲の粒度 D 50 を有し、

厚さが約 100 μm のウェットフィルムを有する集電体上にコーティングされた前記スラリーは、約 60 $^{\circ}\text{C}$ から約 90 $^{\circ}\text{C}$ の温度及び約 25 % から約 40 % の相対湿度を有する環境下で約 5 分以下の乾燥時間を有する、

リチウムイオン電池アノードスラリー。

【請求項 2】

前記アノード活物質は、少なくとも 3 μm の D 10 値を有する、
請求項 1 に記載のスラリー。

【請求項 3】

前記アノード活物質は、70 μm 以下の D 90 値を有する、
請求項 1 に記載のスラリー。

【請求項 4】

前記アノード活物質は、35 重量 % から 70 重量 % の量で存在し、前記導電剤は、0.8 重量 % から 5 重量 % の量で存在し、前記バインダー材料は、0.5 重量 % から 6 重量 % の量で存在し、前記溶媒は、30 重量 % から 60 重量 % の量で存在し、ここですべての重量 % の値は、前記スラリーの総重量を基準にした、
請求項 1 に記載のスラリー。

【請求項 5】

前記アノード活物質は、天然グラファイト粒子、合成グラファイト粒子、ハードカーボン、ソフトカーボン、メソカーボンマイクロビーズ (M C M B) 、Sn粒子、SnO₂、SnO、Li₄Ti₅O₁₂ 粒子、Si粒子、Si-C複合粒子、および、これらの組合せからなるグループから選択される、
請求項 1 に記載のスラリー。

【請求項 6】

前記導電剤は、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、カーボンファイバー、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、これらの混合物からなるグループから選択される、
請求項 1 に記載のスラリー。

【請求項 7】

前記バインダー材料は、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 / プロピレンコポリマー、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、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、シアノエチルスクリース、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、フッ素化ポリマー、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、これらの組合せからなるグループから選択される、
請求項 1 に記載のスラリー。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

前記アルギン酸の塩は、Na、Li、K、Ca、NH₄、Mg、Al、または、これらの組合せから選択されるカチオンを備える、
請求項 7 に記載のスラリー。

【請求項 9】

前記溶媒は、N-メチル-2-ピロリドン、ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホキシド、アセトニトリル、ブチレンカーボネート、プロピレンカーボネート、臭化エチル、テトラヒドロフラン、ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、エチルメチルカーボネート、メチルプロピルカーボネート、エチレンカーボネート、水、純水、脱イオン水、蒸留水、エタノール、イソプロパノール、メタノール、アセトン、n-プロパノール、t-ブタノール、および、これらの組合せからなるグループから選択される、
請求項 1 に記載のスラリー。

【請求項 10】

前記溶媒の蒸気圧は、少なくとも15kPaである、
請求項 1 に記載のスラリー。

【請求項 11】

前記スラリーのpHは、約7から約9である、
請求項 1 に記載のスラリー。

【請求項 12】

前記コーティングされたスラリーフィルムは、ボックスオープン、コンベアオープン、または、ホットプレートにより乾燥された、
請求項 1 に記載のスラリー。

【請求項 13】

前記スラリーの粘度は、約500mPa·sから約3,500mPa·sの範囲内である、
請求項 1 に記載のスラリー。

【請求項 14】

前記溶媒は、140 未満、120 未満、または、100 未満の沸点を有する、
請求項 1 に記載のスラリー。

【請求項 15】

前記アノード活物質の比率D90/D10は、約3から約10、または、約5から約8である、
請求項 1 に記載のスラリー。

【請求項 16】

フィルムの形態で前記集電体上にコーティングされた前記スラリーは、約2.5分以下の乾燥時間有する、
請求項 1 に記載のスラリー。

【請求項 17】

前記アノード活物質の粒度分布は、約10μmに第1のピークおよび約25μmに第2のピークを有する二峰性である、
請求項 1 に記載のスラリー。

【請求項 18】

リチウムイオン電池用の負極であって、前記負極は、アノード集電体、及び、前記アノード集電体上に分散されたアノード電極層を備え、前記アノード電極層は、請求項 1 に記載のアノードスラリーを用いて形成された、
リチウムイオン電池用の負極。

【請求項 19】

カソード、アノード、及び、前記カソードと前記アノードとの間に挿入されたセパレータを備え、少なくとも1つの前記アノードは、請求項 18 に記載の負極である、
リチウムイオン電池。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】**【発明の分野】****【0001】**

本発明は、電極スラリーに関する。特に、本発明は、リチウムイオン電池に用いるアノードスラリーに関する。

【発明の背景】**【0002】**

リチウムイオン電池（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ポータブル電子機器の幅広い用途で大きな注目を集めている。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。10

【0003】

一般に、リチウムイオン電池は、セパレータと、カソードと、アノードとを含む。現在、電極は、電池電極活物質、導電剤およびバインダー材料の微粉末を適切な溶媒に分散させることによって作製される。分散は、銅またはアルミニウムの金属箔のような集電体上にコーティングされ、その後、高温で乾燥させて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、または巻いて電池を形成する。

【0004】

電極の特性は、電池の性能および安全性の特性に著しく影響を及ぼす可能性がある。過去数十年にわたり、カソード物質は、電池の容量およびエネルギー密度に影響を与えるので、多くの注目を集めてきた。アノード物質も、電池の充電、低温および安全性能にとって重要である。アノード集電体上の滑らかで均一なコーティング層は、樹枝状結晶形成の影響を受けにくく、これは、セルのサイクル寿命を延ばし、セルの安全性を高めることができる。そのため、アノードスラリーの作製は、良質の電池の製造に向けた必須の第一段階である。20

【0005】

不完全な乾燥によるコーティング層中の残留溶媒は、最終的に電池の性能および品質に影響を与える付着問題の一因となり得る。電極から残留溶媒を除去するための1つの方法は、高温下で電極を長期間乾燥させることである。しかしながら、高温で長時間加熱すると、ポリマーバインダーの老朽化のためにコーティングが分解する可能性がある。電極特性の変化は、完成した電池の適切な機能にとって有害である。30

【0006】

現在、電極スラリーに関して多くの研究開発が行われている。中国特許出願公開第105149186号は、電極コーティングを乾燥するための方法を記載している。コーティングされた電極は、誘導加熱コイルによって誘導加熱されて金属集電体を所望の温度に加熱する。しかしながら、コイル内の誘導電流密度の不均一な分布のために、コーティングされた電極は不均一に加熱される可能性がある。これは、均一な温度への急速な加熱を得ることに関して、問題を引き起こし、コーティングの品質に影響を及ぼす可能性がある。40

【0007】

中国特許出願公開第102544461号は、リチウムイオン電池のアノード物質を記載している。アノード物質は、結晶シリコン粉末、カーボンブラックおよびバインダー材料を含む。シリコン粉末の粒径は、2.0 μmから5.0 μmの間である。しかしながら、アノード活物質の特定の高比表面積のため、アノード活物質および導電材料をアノード集電体に結合するために15-20重量%の結合剤が必要である。電極コーティング内の大量の結合剤は、リチウムイオン電池のエネルギー密度を低下させることがある。さらに、得られたアノードを真空乾燥機内で12-24時間高温で乾燥させる必要がある。乾燥に要する長時間は、大規模生産には適さないと考えられる。

【0008】

中国特許出願公開第101154720号は、リチウムイオン電池用アノードスラリー

10

20

30

40

50

を記載している。アノードスラリーは、ナノカーボン材料、弱酸、バインダー、および、溶媒からなる。ナノカーボン材料の平均粒度は、20 nmから70 nmの範囲である。しかしながら、コーティングされたアノードスラリーを乾燥させるための条件については言及されていない。さらに、このアノードスラリーでコーティングされたアノードを含む電池の容量損失は、1C/1Cで300サイクル後では、その初期容量の7-15%である。

【0009】

上述を考慮すると、電池性能および製造効率の理由から、均一な成分分散および速乾能力を有するアノードスラリーの継続的な改良が必要とされている。

【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。

【0011】

1つの態様では、本明細書で提供されるリチウムイオン電池アノードスラリーは、アノード活物質、導電剤、バインダー材料、および、溶媒を備え、前記アノード活物質は、約10 μmから約40 μmまでの範囲内の粒度D50を有し、約100 μmの厚さのウェットフィルム(film)を有する集電体上にコーティングされた前記スラリーは、約60℃から90℃の温度、及び、約25%から約40%の相対湿度の環境下で、約5分以下の乾燥時間を有している。

【0012】

いくつかの実施形態では、アノード活物質は、天然グラファイト粒子、合成グラファイト粒子、ハードカーボン、ソフトカーボン、メソカーボンマイクロビーズ(MCMB)、Sn粒子、SnO₂、SnO、Li₄Ti₅O₁₂粒子、Si粒子、Si-C複合粒子、およびこれらの組合せからなるグループから選択される。

【0013】

ある実施形態では、アノード活物質は、30重量%から65重量%の量で存在し、導電剤は、0.8重量%から5重量%の量で存在し、バインダー材料は0.5重量%から6重量%の量で存在し、溶媒は30重量%から60重量%の量で存在し、ここで全成分の合計重量%値は100重量%を超えず、全ての重量%値はスラリーの総重量を基準にしている。他の実施形態では、アノード活物質は、35重量%から50重量%の量で存在し、導電剤は、1重量%から4重量%の量で存在し、バインダー材料は、0.8重量%から3.5重量%の量で存在し、溶媒は、40重量%から55重量%の量で存在し、ここで全成分の合計重量%値は100重量%を超えず、全ての重量%値はスラリーの総重量を基準にしている。

【0014】

いくつかの実施形態では、アノード活物質は、少なくとも3 μmのD10値を有する。ある実施形態では、アノード活物質は、80 μm以下のD90値を有する。いくつかの実施形態では、アノード活物質の比率D90/D10は、約3から約10、または、約5から約8である。

【0015】

ある実施形態では、アノード活物質の粒度分布は、約12 μmでの第1ピークと約30 μmでの第2ピークを有する二峰性である。

【0016】

いくつかの実施形態では、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、カーボンファイバー、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、およびこれらの混合物からなるグループから選択される。

【0017】

10

20

30

40

50

ある実施形態では、バインダー材料は、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 / プロピレンコポリマー、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、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、シアノエチルスクリース、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、フッ素化ポリマー、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、およびこれらの組合せからなるグループから選択される。更なる実施形態では、アルギン酸の塩は、Na、Li、K、Ca、NH₄、Mg、Al、またはこれらの組合せから選択されるカチオンを含む。

10

20

30

40

50

【0018】

いくつかの実施形態では、溶媒は、N - メチル - 2 - ピロリドン、ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホキシド、アセトニトリル、ブチレンカーボネート、プロピレンカーボネート、臭化工チル、テトラヒドロフラン、ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、エチルメチルカーボネート、メチルプロピルカーボネート、エチレンカーボネート、水、純水、脱イオン水、蒸留水、エタノール、イソプロパノール、メタノール、アセトン、n - プロパノール、t - ブタノール、およびこれらの組合せからなるグループから選択される。

【0019】

ある実施形態では、溶媒は、200 未満、180 未満、160 未満、140 未満、120 未満、または100 未満の沸点を有する。

【0020】

ある実施の形態において、スラリーの粘度は、約 500 mPa · s から約 3, 500 mPa · s の範囲にある。

【0021】

いくつかの実施形態では、溶媒の蒸気圧は少なくとも 15 kPa である。

【0022】

ある実施形態では、スラリーの pH は、約 7 から約 9 である。

【0023】

いくつかの実施形態では、コーティングされたスラリーフィルムは、ボックスオーブン、コンベアオーブン、または、ホットプレートにより乾燥される。

【0024】

いくつかの実施形態では、フィルムの形態で集電体上にコーティングされたスラリーは、約 2.5 分以下の乾燥時間を有する。

【0025】

別の態様では、本明細書で提供されるリチウムイオン電池用の負極は、負極集電体および前記負極集電体上に分散された負極層を備え、前記負極層は、本明細書に開示される方法により作製されたアノードスラリーを用いて形成される。

【0026】

別の態様では、本明細書で提供されるリチウムイオン電池は、カソード、アノード、および、カソードとアノードとの間に挿入されたセパレータを備え、前記アノードの少なくとも 1 つは、本明細書で開示される方法により作製された負極である。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】図1は、例3により作製されたカソードおよびアノードを含む電気化学セルのサイクル性能を示す。

【図2】図2は、例4により作製されたカソードおよびアノードを含む電気化学セルのサイクル性能を示す。

【発明を実施するための形態】

【0028】

一般的な定義

用語「導電材」は、電極の導電性を高める化学物質または物質をいう。

【0029】

用語「バインダー材料」は、電池電極活物質および導電剤を所定の位置に保持するため使用することができる化学物質または物質をいう。

【0030】

用語「塗布された」または「塗布する」は、集電体の表面上にスラリーの層を置くまたは広げる行為をいう。

【0031】

用語「集電体」は、電池電極活物質をコーティングするための支持体および二次電池の放電または充電中に電極に流れる電流を維持するための化学的に不活性な高電子導電体をいう。

【0032】

用語「静かな空気」は、コーティングを囲む空気が実質的に静止していることをいう。空気流がない場合、コーティング表面の上面から1cm上の位置で0.2m/s未満の風速が観察された。いくつかの実施形態では、風速は0.1m/s未満である。ある実施形態では、風速は0m/sである。

【0033】

組成物の用語「主成分」は、組成物の総重量または総体積を基準にして、50%を超える、55%を超える、60%を超える、65%を超える、70%を超える、75%を超える、80%を超える、85%を超える、90%を超える、または、95%を超える、重量%又は体積%の成分をいう。

【0034】

組成物の用語「副成分」は、組成物の総重量または総体積を基準にして、50%未満、45%未満、40%未満、35%未満、30%未満、25%未満、20%未満、15%未満、10%未満、または、5%未満、の重量%又は体積%の成分をいう。

【0035】

用語「ホモジナイザー」は、材料の均質化に使用することができる機器をいう。用語「均質化」、物質または材料を小さな粒子に変形し、それを流体全体に均一に散布するプロセスをいう。任意の従来のホモジナイザーは、本明細書に開示された方法に使用することができる。ホモジナイザーのいくつかの限定しない例には、攪拌ミキサー、ブレンダー、ミル（例えば、コロイドミルおよびサンドミル）、超音波処理装置、アトマイザー、ローターステーターホモジナイザー、および、高圧ホモジナイザーが含まれる。

【0036】

用語「Cレート」は、セルまたは電池の充電または放電レートを指し、その総蓄電容量をAhまたはmA.hで表したものである。例えば、1Cの率は、1時間で蓄積されたエネルギーを全て利用することを意味し、0.1Cは、1時間で10%のエネルギー、または、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。

【0037】

用語「アンペア・アワー（Ah）」は、電池の蓄電容量を特定するのに使用される単位をいう。例えば、容量1Ahの電池は、1時間で1アンペア、または、2時間で0.5Aなどの電流を供給することができる。したがって、1アンペア・アワー（Ah）は、3,

10

20

30

40

50

600ケーロンの電荷に相当する。同様に、用語「ミリアンペア・アワー (m A h)」も、電池の蓄電容量の単位をいい、アンペア・アワーの1/1000である。

【0038】

用語「電池サイクル寿命」は、公称容量がその初期定格容量の80%を下回る前に、電池が実行することができる完全な充電/放電サイクルの回数をいう。

【0039】

用語「ドクターブレード」は、硬質またはフレキシブルの基材上に大面積フィルムを製作するためのプロセスをいう。コーティング厚さは、コーティングブレードとコーティング表面との間の調節可能なギャップ幅により制御することができ、それにより、可変ウェット層厚さの堆積が可能になる。

10

【0040】

用語「トランスファーコーティング」または「ロールコーティング」は、硬質またはフレキシブルの基材上に大面積フィルムを製作するためのプロセスをいう。スラリーは、コーティングローラーの表面から圧力でコーティングを転写することにより基材上に塗布される。コーティング厚さは、メータリングブレードとコーティングローラーの表面との間の調節可能なギャップ幅により制御することができ、それにより、可変ウェット層厚さの堆積が可能になる。メータリングロールシステムでは、コーティングの厚さは、メータリングローラーとコーティングローラーとの間のギャップを調節することにより制御される。

20

【0041】

用語「粒度D50」は、総体積が100%で、粒度分布が体積基準で得られるように累積曲線を描いたときの累積曲線上の50%の点での粒度（すなわち、粒子の体積の50パーセンタイル（中央値）での粒子の直径）である体積基準累積50%サイズ（D50）をいう。また、本発明のアノード活物質において、粒度D50とは、一次粒子同士が凝集して焼結することにより形成された二次粒子の体積平均粒度を意味し、一次粒子のみで構成された粒子の場合、それは、一次粒子の体積平均粒度を意味する。さらに、D10は、体積基準累積10%サイズ（すなわち、粒子の体積の10パーセンタイルの粒子の直径）を意味し、D90は、体積基準累積90%サイズ（すなわち、粒子の体積の90パーセンタイルの粒子の直径）を意味する。

30

【0042】

流体の用語「蒸気圧」は、閉鎖系におけるある温度で熱力学的平衡状態にある液相状態の流体の蒸気により与えられる圧力をいう。

【0043】

用語「固形分」は、蒸発後に残存する不揮発性材料の量をいう。

【0044】

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「近似」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パーセント、2パーセント、5パーセント、または場合によっては10パーセントから20パーセント、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、いかなる場合も、範囲内の任意の数が具体的に開示される。特に、範囲内の次のような数値が具体的に開示される：R = R^L + k * (R^U - R^L)。ここで、kは1パーセントから100パーセントの範囲の変数であって1パーセントずつ増加する、すなわち、kは1パーセント、2パーセント、3パーセント、4パーセント、5パーセント、…、50パーセント、51パーセント、52パーセント、…、95パーセント、96パーセント、97パーセント、98パーセント、99パーセント、または100パーセントである。さらに、上記で定義した2つのRの数によって定義される任意の数値範囲も、また具体的に開示される。

40

【0045】

本明細書で提供されるリチウムイオン電池アノードスラリーは、アノード活物質、導電剤、バインダー材料、および、溶媒を備え、アノード活物質は、約10μmから約40μ

50

mの範囲の粒度D50を有し、ウェットフィルム厚さが約100μmの集電体上にコーティングされたスラリーは、約60から約90の温度で、約25%から約40%の相対湿度の環境下で約5分以下の乾燥時間有する。

【0046】

従来、アノードの高い充填密度を達成するには、小さい粒度を有するアノード活物質が好ましい。一般に、アノード活物質の平均粒度は、0.05μmから5μmの範囲内であることが好ましい。また、リチウム二次電池のアノードとして、粒子径の異なるアノード活物質を含む電極が用いられている。従って、大径粒子間の空間は小径粒子で満たされる。しかしながら、密度の高いコーティングは、コーティングの内部からの溶媒の蒸発を遅らせるであろう。現在のプロセスの硬化ステップは時間がかかる。乾燥時間は、高温にさらすことで短縮することができる。しかしながら、これはしばしば不均一な乾燥のために、劣る電極品質および著しく劣るセル性能を引き起こす。言い換えれば、比較的高い乾燥速度を可能にする特定範囲の粒度およびサイズ比の粒子を有するアノード活物質を含むスラリーは開発されておらず、高い処理性が可能なスラリーが望まれている。したがって、高品質で安定した性能を有するリチウムイオン電池を製造するために使用されるための、簡単で信頼性がありかつ費用効率の高い新しいアノードスラリーが常に必要とされている。

【0047】

いくつかの実施形態では、アノード活物質は、天然グラファイト粒子、合成グラファイト粒子、ハードカーボン、ソフトカーボン、メソカーボンマイクロビーズ(MCMB)、Sn粒子、SnO₂、SnO、Li₄Ti₅O₁₂(LTO)粒子、Si粒子、Si-C複合粒子、およびそれらの組合せからなるグループから選択される。

【0048】

ある実施形態では、アノード活物質は、金属元素または非金属元素でドープされる。いくつかの実施形態では、金属元素は、Fe、Ni、Mn、Al、Mg、Zn、Ti、La、Ce、Sn、Zr、Ru、およびこれらの組合せからなるグループから選択される。いくつかの実施形態では、非金属元素は、B、Si、Ge、N、P、F、S、Cl、I、Se、およびこれらの組合せである。

【0049】

いくつかの実施形態では、アノード活物質は、コアとシェルの構造を有するコア-シェル複合体であるかこれを含み、コアおよびシェルは、天然グラファイト粒子、合成グラファイト粒子、ハードカーボン、ソフトカーボン、メソカーボンマイクロビーズ(MCMB)、Sn粒子、SnO₂、SnO、Li₄Ti₅O₁₂(LTO)粒子、Si粒子、Si-C複合粒子、およびこれらの組合せからなるグループからそれぞれ独立して選択される。

【0050】

ある実施形態では、コア-シェル複合体は、炭素質材料を含むコアと、炭素質材料コアにコーティングされたシェルとを含む。いくつかの実施形態では、炭素質材料は、ソフトカーボン、ハードカーボン、天然グラファイト粒子、合成グラファイト粒子、メソカーボンマイクロビーズ、キッシュグラファイト、熱分解炭素、メソフェーズピッチ、メソフェーズピッチ系炭素繊維、およびこれらの組合せからなるグループから選択される。ある実施形態では、シェルは、天然グラファイト粒子、合成グラファイト粒子、ハードカーボン、ソフトカーボン、メソカーボンマイクロビーズ、Sn粒子、SnO₂、SnO、Li₄Ti₅O₁₂粒子、Si粒子、Si-C複合粒子、およびこれらの組合せからなるグループから選択される。

【0051】

いくつかの実施形態では、コアの直径は、約5μmから約35μm、約5μmから約25μm、約5μmから約15μm、約10μmから約30μm、または、約10μmから約25μmである。ある実施形態では、シェルの厚さは、約15μmから約35μm、約15μmから約20μm、約15μmから約25μm、約20μmから約30μm、または、約20μmから約35μmである。

【0052】

いくつかの実施形態では、コアおよびシェルの直径または厚さの比率は、15:85か

10

20

30

40

50

ら 85 : 15、25 : 75 から 75 : 25、30 : 70 から 70 : 30、または、40 : 60 から 60 : 40 の範囲にある。ある実施形態では、コアとシェルとの体積または重量比率は、80 : 20、70 : 30、60 : 40、50 : 50、40 : 60、または、30 : 70 である。

【0053】

ある実施形態では、アノード活物質は、金属元素または非金属元素でドープされない。いくつかの実施形態では、アノード活物質は、Fe、Ni、Mn、Al、Mg、Zn、Ti、La、Ce、Sn、Zr、Ru、B、Si、Ge、N、P、F、S、Cl、I、または、Se でドープされない。

【0054】

アノード活物質の粒径 D₅₀ が約 10 μm より大きいと、集電体上のコーティングされたフィルム中の大きい粒径粒子同士の間に隙間ができる、短時間でコーティングされたフィルムを効果的に乾燥させることができる。いくつかの実施形態では、本発明のアノード活物質は、約 10 μm から約 40 μm、約 10 μm から約 35 μm、約 10 μm から約 30 μm、約 10 μm から約 25 μm、約 15 μm から約 45 μm、約 15 μm から約 30 μm、約 15 μm から約 25 μm、約 15 μm から約 20 μm、約 20 μm から約 40 μm、約 20 μm から約 30 μm、約 25 μm から約 40 μm、または、約 30 μm から約 40 μm の範囲の粒度 D₅₀ を有する。

【0055】

ある実施形態では、アノード活物質の粒径 D₅₀ は、40 μm より小さい、35 μm より小さい、30 μm より小さい、25 μm より小さい、20 μm より小さい、または、15 μm より小さい。いくつかの実施形態では、アノード活物質の粒径 D₅₀ は、10 μm より大きい、15 μm より大きい、20 μm より大きい、25 μm より大きい、30 μm より大きい、または、35 μm より大きい。ある実施形態では、アノード活物質の粒径 D₅₀ は、約 10 μm、約 11 μm、約 12 μm、約 13 μm、約 14 μm、約 15 μm、約 16 μm、約 17 μm、約 18 μm、約 19 μm、約 20 μm、約 21 μm、約 22 μm、約 23 μm、約 24 μm、約 25 μm、約 26 μm、約 27 μm、約 28 μm、約 29 μm、約 30 μm、約 31 μm、約 32 μm、約 33 μm、約 34 μm、約 35 μm、約 36 μm、約 37 μm、約 38 μm、約 39 μm、または、約 40 μm である。

【0056】

ある実施の形態では、アノード活物質は、約 3 μm から約 20 μm、約 3 μm から約 10 μm、約 3 μm から約 8 μm、約 1 μm から約 10 μm、約 1 μm から約 8 μm、約 1 μm から約 5 μm、約 2 μm から約 10 μm、約 2 μm から約 5 μm、または、約 2 μm から約 8 μm の粒度 D₁₀ を有する。

【0057】

いくつかの実施形態では、アノード活物質は、約 20 μm から約 70 μm、約 30 μm から約 87 μm、約 40 μm から約 70 μm、約 50 μm から約 70 μm、約 30 μm から約 60 μm、約 30 μm から約 50 μm、約 20 μm から約 40 μm、約 20 μm から約 50 μm、または、約 40 μm から約 50 μm の粒度 D₉₀ を有する。

【0058】

ある実施形態では、アノード活物質の比率 D₉₀ / D₁₀ は、約 3 から約 15、約 3 から約 10、約 3 から約 8、約 5 から約 15、約 5 から約 10、約 5 から約 8、約 7.5 から約 20、約 10 から約 20、または、約 10 から約 15 である。

【0059】

いくつかの実施形態では、アノード活物質の量は、スラリーの総重量または総体積を基準にして、約 10 % から約 80 %、約 10 % から約 70 %、約 10 % から約 60 %、約 10 % から約 50 %、約 10 % から約 40 %、約 10 % から約 30 %、約 10 % から約 20 %、約 30 % から約 70 %、約 30 % から約 60 %、約 30 % から約 50 %、約 30 % から約 40 %、約 40 % から約 70 %、約 40 % から約 60 %、約 40 % から約 50 %、約 45 % から約 50 %、約 25 % から約 60 %、約 25 % から約 50 %、約 25 % から約 40 %、約 35 % から約 65 %、約 35 % から約 50 %、または、約 35 % から約 45 % の

10

20

30

40

50

重量%または体積%である。ある実施形態では、アノード活物質の量は、スラリーの総重量または総体積を基準にして、少なくとも10%、少なくとも15%、少なくとも20%、少なくとも25%、少なくとも27.5%、少なくとも30%、少なくとも32.5%、少なくとも35%、少なくとも37.5%、少なくとも40%、少なくとも42.5%、少なくとも45%、少なくとも47.5%、少なくとも50%、少なくとも52.5%、少なくとも55%、少なくとも57.5%、または、少なくとも60%の重量%または体積%である。ある実施形態では、アノード活物質の量は、スラリーの総重量または総体積を基準にして、最大25%、最大27.5%、最大30%、最大32.5%、最大35%、最大37.5%、最大40%、最大42.5%、最大45%、最大47.5%、最大50%、最大52.5%、最大55%、最大57.5%、または、最大60%の重量%または体積%である。いくつかの実施形態では、アノード活物質の量は、スラリーの総重量または総体積を基準にして、約40%、約41%、約42%、約43%、約44%、約45%、約46%、約47%、約48%、約49%、約50%、約51%、約52%、約53%、約54%、または、約55%の重量%または体積%である。

10

【0060】

スラリー内の導電剤は、アノードの導電性を高めるためのものである。いくつかの実施形態では、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、カーボンファイバー、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、およびこれらの混合物からなるグループから選択される。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、カーボンファイバー、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。

20

【0061】

いくつかの実施形態では、導電剤の粒度は、約10nmから約100nm、約10nmから約50nm、約10nmから約45nm、約10nmから約40nm、約10nmから約35nm、約10nmから約30nm、約10nmから約25nm、約10nmから約20nm、約10nmから約15nm、約20nmから約50nm、約20nmから約40nm、約25nmから約50nm、約30nmから約50nm、または、約30nmから約40nmである。

30

【0062】

いくつかの実施形態では、バインダー材料は、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/プロピレンコポリマー、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、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、フッ素化ポリマー、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、およびこれらの組合せからなるグループから選択される。更なる実施形態では、アルギン酸の塩は、Na、Li、K、Ca、NH₄、Mg、Al、またはこれらの組合せから選択されるカチオンを含む。

40

【0063】

50

ある実施形態では、バインダー材料は、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パン、ラテックス、アルギン酸の塩、およびこれらの組合せからなるグループから選択される。

【0064】

いくつかの実施形態では、バインダー材料は、SBR、CMC、PAA、アルギン酸の塩、またはこれらの組合せから選択される。ある実施形態では、バインダー材料は、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では、バインダー材料は、ポリアクリロニトリルである。ある実施形態では、バインダー材料は、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パン、ラテックス、または、アルギン酸の塩を含まない。

10

【0065】

ある実施形態では、導電剤およびバインダー材料のそれぞれの量は、スラリーの総重量または総体積を基準に、独立して、少なくとも0.1%、少なくとも0.25%、少なくとも0.5%、少なくとも0.75%、少なくとも1%、少なくとも1.25%、少なくとも1.5%、少なくとも1.75%、少なくとも2%、少なくとも2.25%、少なくとも2.5%、少なくとも2.75%、少なくとも3%、少なくとも4%、少なくとも5%、少なくとも10%、少なくとも15%、少なくとも20%、少なくとも25%、少なくとも30%、少なくとも35%、少なくとも40%、少なくとも45%、または、少なくとも50%の重量%または体積%である。いくつかの実施形態では、導電剤およびバインダー材料のそれぞれの量は、スラリーの総重量または総体積を基準に、独立して、最大0.1%、最大0.25%、最大0.5%、最大0.75%、最大1%、最大1.25%、最大1.5%、最大1.75%、最大2%、最大2.25%、最大2.5%、最大2.75%、最大3%、最大4%、最大5%、最大10%、最大15%、最大20%、最大25%、最大30%、最大35%、最大40%、最大45%、または、最大50%の重量%または体積%である。

20

【0066】

いくつかの実施形態では、導電剤の量は、スラリーの総重量または総体積を基準にして、約0.02%から約1%、約0.02%から約0.5%、約0.02%から約0.25%、約0.05%から約1%、約0.05%から約0.5%、約0.12%から約1.25%、約0.12%から約1%、約0.25%から約2.5%、約0.5%から約2.5%、約0.5%から約2%、約1%から約3%、約1%から約2.5%、約1%から約2%、約1%から約1.5%、約1.5%から約3%、約1%から約2.5%、約1.5%から約3.5%、または、約2.5%から約5%の重量%または体積%である。ある実施形態では、導電剤の量は、スラリーの総重量または総体積を基準にして、約0.5%、約0.75%、約1%、約1.25%、約1.5%、約1.75%、約2%、約2.25%、約2.5%、約2.75%、または、約3%の重量%または体積%である。

30

【0067】

ある実施形態では、バインダー材料の量は、スラリーの総重量または総体積を基準にして、約0.5%から約5%、約0.5%から約2.5%、約1%から約5%、約1%から約4%、約1%から約3%、約1%から約2%、約1.5%から約3%、約1.5%から約2%、約2.5%から約5%、約2.5%から約4%、約2.5%から約3%、約3.5%から約8%、約3.5%から約7%、約3.5%から約6%、約3.5%から約5%、約3.7%から約7.5%、約5%から約10%、約7.5%から約12.5%、約10%から約20%、または、約17.5%から約25%の重量%または体積%である。いくつかの実施形態では、バインダー材料の量は、スラリーの総重量または総体積を基準にして、約0.5%、約0.75%、約1%、約1.25%、約1.5%、約1.75%、約2%、約2.25%、約2.5%、約2.75%、約3%、約3.5%、約4%、約4.5%、または、約5%の重量%または体積%である。

40

50

【0068】

スラリーは、溶媒中で、アノード活物質を導電剤およびバインダー材料などの補助材料と混合することにより作製される。混合プロセスは、溶媒中で、アノード活物質、導電剤およびバインダー材料の粒子の均一な分散を達成することを目的とする。

【0069】

スラリーに使用される溶媒は、任意の極性有機溶媒にすることができる。極性有機溶媒は、15より大きい、20より大きい、25より大きい、30より大きい、35より大きい、40より大きい、または、45より大きい誘電率を有する任意の極性プロトン性または極性非プロトン性の有機溶媒にすることができる。極性プロトン性有機溶媒のいくつかの限定しない例には、ベンジルアルコール、エチレングリコール、n-ブタノール、イソプロパノール、n-プロパノール、エタノール、および、メタノールなどのアルコールが含まれる。極性非プロトン性有機溶媒のいくつかの限定しない例には、ケトン溶媒、アセテート溶媒、プロピオン酸エステルなどのエステル溶媒、および、カーボネート溶媒が含まれる。ケトン溶媒のいくつかの限定しない例には、メチルプロピルケトン、メチルイソブチルケトン、エチルプロピルケトン、ジイソブチルケトン、アセトフェノン、N-メチル-2-ピロリドン(NMP)、アセトンなどが含まれる。アセテート溶媒のいくつかの限定しない例には、エチルアセテート、ブチルアセテート、イソブチルアセテートなどが含まれる。n-ブチルプロピオネート、n-ペンチルプロピオネートおよびエチレングリコールモノエチルエーテルプロピオネートのようなプロピオン酸エステルのいくつかの限定しない例もまた適切である。カーボネート溶媒のいくつかの限定しない例には、ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、エチレンカーボネート、プロピレンカーボネート、ブチレンカーボネート、エチルメチルカーボネート、メチルプロピルカーボネートなどが含まれる。極性非プロトン性有機溶媒の他の限定しない例には、テトラヒドロフラン、ジメチルホルムアミド、アセトニトリル、および、ジメチルスルホキシドが含まれる。いくつかの実施形態では、スラリーに使用される溶媒は、極性プロトン性溶媒、極性非プロトン性溶媒、またはこれらの組合せを含む。

【0070】

スラリーを製造するために水性溶媒を使用することもできる。水性ベースプロセスへの移行は、揮発性有機化合物の放出を減らし、処理効率を高めるために望ましいかもしれない。ある実施形態では、スラリーに使用される溶媒は、主成分として水を含み、水に加えて副成分として、アルコール、低級脂肪族ケトン、低級アルキルアセテートなどのような揮発性溶媒を含む溶液である。いくつかの実施形態では、水の量は、水および水以外の溶媒の総量に対して、少なくとも50%、少なくとも55%、少なくとも60%、少なくとも65%、少なくとも70%、少なくとも75%、少なくとも80%、少なくとも85%、少なくとも90%、または、少なくとも95%の量である。ある実施形態では、水の量は、水および水以外の溶媒の総量に対して、最大55%、最大60%、最大65%、最大70%、最大75%、最大80%、最大85%、最大90%、または、最大95%である。いくつかの実施形態では、溶媒は水のみからなり、すなわち、溶媒中の水の割合は100体積%である。

【0071】

任意の水混和性溶媒を副成分として使用することができる。副成分(すなわち、水以外の溶媒)のいくつかの限定しない例には、アルコール、低級脂肪族ケトン、低級アルキルアセテートおよびこれらの組合せが含まれる。アルコールのいくつかの限定しない例には、メタノール、エタノール、イソプロパノール、n-プロパノール、ブタノール、およびこれらの組合せなどのC₁-C₄アルコールが含まれる。低級脂肪族ケトンのいくつかの限定しない例には、アセトン、ジメチルケトン、および、メチルエチルケトンが含まれる。低級アルキルアセテートのいくつかの限定しない例には、エチルアセテート、イソプロピルアセテート、および、プロピルアセテートが含まれる。

【0072】

いくつかの実施形態では、揮発性溶媒または副成分は、メチルエチルケトン、エタノ-

10

20

30

40

50

ル、エチルアセテートまたはこれらの組合せである。

【0073】

ある実施形態では、溶媒は、水と1種以上の水混和性副成分との混合物である。いくつかの実施形態では、溶媒は、水と、メタノール、エタノール、イソプロパノール、n-ブロパノール、t-ブタノール、n-ブタノール、およびこれらの組合せから選択される副成分との混合物である。ある実施形態では、水と副成分の体積比は、約51:49から約100:1である。

【0074】

いくつかの実施形態では、溶媒は水である。スラリーの組成は有機溶媒を全く含有しないので、スラリーの製造中に、有機溶媒の費用が掛かり制限的で複雑な取り扱いが避けられる。水のいくつかの限定しない例には、水道水、ボトル入り水、精製水、純水、蒸留水、脱イオン水、D₂O、またはこれらの組合せが含まれる。いくつかの実施形態では、溶媒は、脱イオン水である。

10

【0075】

ある実施形態では、溶媒は、揮発性溶媒、不揮発性溶媒、またはこれらの組合せを含む。いくつかの実施形態では、溶媒は、n-ブタノール、イソプロパノール、n-ブロパノール、エタノール、および、メタノールからなるグループから選択された少なくとも1種のアルコール溶媒とNMPの混合物を含む。さらなる実施形態では、溶媒は、NMPとエタノールの混合物、または、NMPとイソプロパノールの混合物を含む。いくつかの実施形態では、溶媒は、メチルプロピルケトン、メチルイソブチルケトン、エチルプロピルケトン、ジイソブチルケトン、アセトフェノン、および、アセトンからなるグループから選択される少なくとも1種のケトン溶媒とNMPの混合物を含む。さらなる実施形態では、溶媒は、NMPとアセトンの混合物を含む。ある実施形態では、溶媒は、ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、エチレンカーボネート、プロピレンカーボネート、ブチレンカーボネート、エチルメチルカーボネート、および、メチルプロピルカーボネートからなるグループから選択される少なくとも1種のカーボネート溶媒とNMPの混合物を含む。さらなる実施形態では、溶媒は、NMPとジメチルカーボネートの混合物を含む。他の実施形態では、溶媒は、NMPと水、水とエタノール、または、水とジメチルカーボネートの混合物を含む。ある実施形態では、揮発性溶媒は、スラリーに速乾性を与える主成分である。いくつかの実施形態では、揮発性溶媒と不揮発性溶媒の体積比は、約51:49から約100:1である。

20

【0076】

蒸気圧の高い溶媒を有するスラリーは、より速い速度で乾燥させることができる。いくつかの実施形態において、約60から90の温度での溶媒の蒸気圧は、独立して、約0.01kPaから約200kPa、約0.01kPaから約150kPa、約0.01kPaから約100kPa、約0.1kPaから約200kPa、約0.1kPaから約150kPa、約0.1kPaから約100kPa、約0.3kPaから約200kPa、約0.3kPaから約150kPa、約0.3kPaから約100kPa、約0.3kPaから約80kPa、約0.3kPaから約60kPa、約0.3kPaから約40kPa、約0.3kPaから約20kPa、約10kPaから約200kPa、約10kPaから約150kPa、約10kPaから約100kPa、約10kPaから約80kPa、約10kPaから約60kPa、または、約10kPaから約40kPaである。

30

【0077】

ある実施の形態では、約60から90の温度での溶媒の蒸気圧は、独立して、200kPa未満、150kPa未満、100kPa未満、90kPa未満、80kPa未満、70kPa未満、60kPa未満、50kPa未満、40kPa未満、30kPa未満、20kPa未満、10kPa未満、5kPa未満、1kPa未満、0.5kPa未満、0.3kPa未満、または、0.1kPa未満である。いくつかの実施形態では、約60から90の温度での溶媒の蒸気圧は、独立して、少なくとも0.01kPa、少なくとも0.05kPa、少なくとも0.1kPa、少なくとも0.5kPa、少なくとも1

40

50

kPa、少なくとも5kPa、少なくとも10kPa、少なくとも20kPa、少なくとも30kPa、少なくとも40kPa、少なくとも50kPa、少なくとも60kPa、少なくとも70kPa、少なくとも80kPa、少なくとも90kPa、少なくとも100kPa、少なくとも150kPa、または、少なくとも200kPaである。

【0078】

低沸点の溶媒を有するスラリーは、より速い速度で乾燥させることができる。いくつかの実施形態では、溶媒の沸点は、約40から約250、約40から約200、約40から約150、約40から約100、約40から約90、約40から約80、約40から約70、約40から約60、約60から約100、約60から約90、約60から約80、または、約60から約70である。ある実施形態では、溶媒の沸点は、250未満、200未満、150未満、100未満、90未満、80未満、70未満、60未満、または、50未満である。いくつかの実施形態では、溶媒の沸点は、少なくとも40、少なくとも50、少なくとも60、少なくとも70、少なくとも80、少なくとも90、少なくとも100、少なくとも150、または、少なくとも200である。

【0079】

いくつかの実施形態では、溶媒は、スラリーの総重量または総体積を基準にして、約20%から約80%、約20%から約70%、約20%から約60%、約20%から約50%、約20%から約40%、約30%から約50%、約30%から約40%、約40%から約70%、約40%から約60%、約40%から約50%、約50%から約80%、約50%から約70%、約50%から約60%、約25%から約60%、約25%から約50%、約25%から約45%、約45%から約60%、約45%から約55%、または、約45%から約50%の重量%または体積%の量で存在する。

【0080】

ある実施形態では、溶媒は、スラリーの総重量または総体積を基準にして、80%未満、70%未満、60%未満、55%未満、50%未満、45%未満、40%未満、35%未満、30%未満、25%未満、または、20%未満の重量%または体積%の量で存在する。いくつかの実施形態では、溶媒は、スラリーの総重量または総体積を基準にして、少なくとも15%、少なくとも20%、少なくとも25%、少なくとも30%、少なくとも35%、少なくとも40%、少なくとも45%、少なくとも50%、少なくとも55%、少なくとも60%、少なくとも70%、または、少なくとも80%の重量%または体積%の量で存在する。ある実施形態では、溶媒の量は、スラリーの総重量または総体積を基準にして、約40%、約41%、約42%、約43%、約44%、約45%、約46%、約47%、約48%、約49%、約50%、約51%、約52%、約53%、約54%、約55%、約56%、約57%、約58%、約59%、または、約60%の重量%または体積%である。

【0081】

いくつかの実施形態では、溶媒の重量パーセントは、アノード活物質、導電剤およびバインダー材料の合計重量パーセントより多い。ある実施形態では、溶媒の重量パーセントは、アノード活物質、導電剤およびバインダー材料の合計重量パーセントより少ない。いくつかの実施形態では、溶媒の重量パーセントは、アノード活物質、導電剤およびバインダー材料の合計重量パーセントに等しい。

【0082】

ある実施形態では、アノード活物質の重量パーセントは、導電剤の重量パーセントより多い。いくつかの実施形態では、スラリー中の導電剤の重量パーセントに対するアノード活物質の重量パーセントの比率は、約1から約100、約1から約80、約1から約60、約1から約50、約10から約50、約10から約40、約10から約35、約10から約30、約10から約25、約10から約20、約20から約60、約20から約50、約20から約45、約20から約40、約30から約50、約30から約40、約40から約60、約40から約50、約40から約50、約20から約30、または、約20から約25である。

いくつかの実施形態では、スラリー中の導電剤の重量パーセントに対するアノード活物質の重量パーセントの比率は、100未満、80未満、60未満、50未満、45未満、40未満、35未満、30未満、25未満、20未満、または、10未満である。ある実施形態では、スラリー中の導電剤の重量パーセントに対するアノード活物質の重量パーセントの比率は、少なくとも1、少なくとも10、少なくとも20、少なくとも25、少なくとも30、少なくとも35、少なくとも40、少なくとも45、少なくとも50、少なくとも55、少なくとも60、または、少なくとも80である。いくつかの実施形態では、スラリー中の導電剤の重量パーセントに対するアノード活物質の重量パーセントの比率は、約15、約16、約17、約18、約19、約20、約21、約22、約23、約24、約25、約26、約27、約28、約29、または、約30である。

10

【0083】

ある実施形態では、アノード活物質の重量パーセントは、バインダー材料の重量パーセントより多い。いくつかの実施形態では、スラリー中のバインダー材料の重量パーセントに対するアノード活物質の重量パーセントの比率は、約1から約100、約1から約80、約1から約60、約1から約50、約5から約50、約5から約45、約5から約40、約5から約35、約5から約30、約5から約25、約5から約20、約5から約15、約15から約50、約15から約40、約15から約35、約15から約30、約15から約25、または、約15から約20である。ある実施形態では、スラリー中のバインダー材料の重量パーセントに対するアノード活物質の重量パーセントの比は、100未満、80未満、60未満、50未満、45未満、40未満、35未満、30未満、25未満、20未満、15未満、または、10未満である。いくつかの実施形態では、スラリー中のバインダー材料の重量パーセントに対するアノード活物質の重量パーセントの比率は、少なくとも5、少なくとも10、少なくとも15、少なくとも20、少なくとも25、少なくとも30、少なくとも35、少なくとも40、少なくとも45、少なくとも50、少なくとも60、少なくとも70、または、少なくとも80である。ある実施形態では、スラリー中のバインダー材料の重量パーセントに対するアノード活物質の重量パーセントの比率は、約15、約16、約17、約18、約19、約20、約21、約22、約23、約24、約25、約26、約27、約28、約29、約30、約31、約32、約33、約34、約35、約36、約37、約38、約39、または、約40である。

20

【0084】

いくつかの実施形態では、バインダー材料の重量パーセントは、導電剤の重量パーセントよりも多い。ある実施形態では、バインダー材料の重量パーセントは、導電剤の重量パーセントよりも少ない。いくつかの実施形態では、バインダー材料の重量パーセントは、導電剤の重量パーセントに等しい。ある実施形態では、導電剤の重量パーセントに対するバインダー材料の重量パーセントの比率は、約0.1から約5、約0.5から約4.5、約0.5から約4、約0.5から約3.5、約0.5から約3、約0.5から約2.5、約0.5から約2、約0.5から約1.5、約0.5から約1、約1から約5、約1から約4、約1から約3、約1から約2、または、約1から約1.5である。いくつかの実施形態では、導電剤の重量パーセントに対するバインダー材料の重量パーセントの比率は、5未満、4.5未満、4未満、3.5未満、3未満、2.5未満、2未満、1.5未満、1未満、または、0.5未満である。ある実施形態では、導電剤の重量パーセントに対するバインダー材料の重量パーセントの比率は、少なくとも0.5、少なくとも1、少なくとも1.5、少なくとも2、少なくとも2.5、少なくとも3、少なくとも3.5、少なくとも4、または、少なくとも4.5である。

40

【0085】

電極コーティング層は、通常は、アノード活物質、導電剤およびバインダー材料を含む粒子の懸濁液を支持体上にコーティングして、懸濁液を乾燥させて薄膜にすることにより作製される。アノードスラリーは、一般に、できるだけ早く乾燥できることが望ましい。これにより、コーティングシステムの生産性が向上し、したがって全体の処理時間が短縮される。通常、アノードスラリーは、メイン成分としてアノード活物質を備える。速乾性

50

スラリーを作製する1つの方法は、大きな粒度を有するアノード活物質を用いることである。粒度分布は、アノード活物質の比表面積を決定する際に決定的な役割を果たす。より大きな表面積は、溶媒とのより大きな相互作用を可能にし、それは、より遅い乾燥をもたらす。

【0086】

二峰性粒子分布は、充填効率を高めることができる。いくつかの実施形態では、アノード活物質は、2つのサイズ分布の粒子の混合物を含み、第2の分布のピークの粒度は第1の分布のピークの粒度より大きい。ある実施形態では、二峰性分布の第1のピークは、約5μmから約20μmの間でもよいし、二峰性分布の第2のピークは、約20μmから約40μmの間でもよい。いくつかの実施形態では、アノード活物質の粒度分布は、約10μmに第1のピークと約25μmに第2のピークを有する二峰性である。小さい粒子が大きい粒子間の隙間を埋めると充填密度は増加する。

10

【0087】

ある実施形態では、分布の2つのピークでの直径の差は、80%以下、60%以下、50%以下、または、35%以下である。

【0088】

いくつかの実施形態では、第1の分布のピークの粒度を有するアノード活物質に対する第2の分布のピークの粒度を有するアノード活物質の重量比は、3:1から5:1である。ある実施形態では、第1の分布のピークの粒度を有するアノード活物質に対する第2の分布のピークの粒度を有するアノード活物質の重量比は、5:1、4:1または3:1である。

20

【0089】

スラリー中の凝集した粒子または成分の不均一分布が、コーティングおよび乾燥作業、そして最終的には電池の性能および品質に影響を与えるので、スラリーの徹底した混合は、重要である。スラリーは、ホモジナイザーにより均質化することができる。均質化工程は、アノード活物質と導電剤との潜在的な凝集を低減または排除し、スラリー中の各原料の分散を向上させる。スラリーを均質化することができる任意の装置を使用することができる。いくつかの実施形態では、ホモジナイザーは、攪拌ミキサー、ブレンダー、ミル、超音波処理装置、ローターステーターホモジナイザー、または、高圧ホモジナイザーである。

30

【0090】

いくつかの実施形態では、ホモジナイザーは超音波処理装置である。本明細書では、超音波エネルギーを適用して標本中の粒子をかき混ぜて分散させることができる任意の超音波処理装置を使用することができる。いくつかの実施形態では、超音波処理装置はプロープ型超音波処理装置または超音波フローセルである。

【0091】

均質化後、均一なスラリーが得られる。スラリーの粘度は、最終コーティングの品質に影響を与える。スラリーの粘度が高すぎると、不均一なコーティングが形成される可能性がある。また、スラリーの粘度が低すぎると、満足のいくフィルムが得られにくい。

40

【0092】

溶媒が凝集塊内に捕らえられ、それによって溶媒の蒸発をより困難にすることがあるので、粒子の凝集は、スラリーの乾燥時間を増加させる。より大きいアノード活物質粒子を使用すると、粒子の凝集の発生が減少する。

【0093】

いくつかの実施形態では、アノードスラリーのpHは、約7から約10、約7から約9.5、約7から約9、約7から約8.5、約7から約8、約7から約7.5、約7から約7.3、約7.2から約9、約7.7から約9、約7.5から約10、約7.5から約9、約7.5から約8、約7.3から約8.5、約7.5から約8.5、約8から約11、約8から約10.5、約8から約10、約8から約9.5、約8から約9、約8から約8.5、または、約9から約10である。ある実施形態では、アノードスラリーのpHは、

50

1.2未満、1.1.5未満、1.1未満、1.0.5未満、1.0未満、9.5未満、9未満、8.5未満、8未満、7.9未満、7.8未満、7.7未満、7.6未満、7.5未満、7.4未満、7.3未満、7.2未満、7.1未満、または、7未満である。いくつかの実施形態では、アノードスラリーのpHは、少なくとも7、少なくとも7.1、少なくとも7.2、少なくとも7.3、少なくとも7.4、少なくとも7.5、少なくとも7.6、少なくとも7.7、少なくとも7.8、少なくとも7.9、少なくとも8、少なくとも8.5、少なくとも9、少なくとも9.5、または、少なくとも10である。ある実施形態では、アノードスラリーのpHは、約7、約7.5、約8、約8.5、約9、約9.5、または、約10である。

【0094】

10

いくつかの実施形態では、アノードスラリーは、約500mPa·sから約6,000mPa·s、約500mPa·sから約5,500mPa·s、約500mPa·sから約5,000mPa·s、約500mPa·sから約4,500mPa·s、約500mPa·sから約4,000mPa·s、約500mPa·sから約3,500mPa·s、約500mPa·sから約3,000mPa·s、約1,000mPa·sから約6,000mPa·s、約1,000mPa·sから約5,500mPa·s、約1,000mPa·sから約5,000mPa·s、約1,000mPa·sから約4,500mPa·s、約1,000mPa·sから約4,000mPa·s、約1,000mPa·sから約3,500mPa·s、約1,000mPa·sから約3,000mPa·s、約1,000mPa·sから約2,500mPa·s、約1,000mPa·sから約2,000mPa·s、約1,500mPa·sから約4,000mPa·s、約1,500mPa·sから約3,500mPa·s、約1,500mPa·sから約3,000mPa·s、約2,000mPa·sから約4,000mPa·s、約2,000mPa·sから約3,500mPa·s、または、約2,000mPa·sから約3,000mPa·sの粘度を有する。

20

【0095】

30

ある実施形態では、アノードスラリーは、6,000mPa·s未満、5,500mPa·s未満、5,000mPa·s未満、4,500mPa·s未満、4,000mPa·s未満、3,500mPa·s未満、3,000mPa·s未満、2,500mPa·s未満、2,000mPa·s未満、または、1,000mPa·s未満の粘度を有する。いくつかの実施形態では、アノードスラリーは、1,000mPa·sより大きい、1,500mPa·sより大きい、2,000mPa·sより大きい、2,500mPa·sより大きい、3,000mPa·sより大きい、3,500mPa·sより大きい、4,000mPa·sより大きい、4,500mPa·sより大きい、5,000mPa·sより大きい、または、5,500mPa·sより大きい粘度を有する。

【0096】

40

スラリー中の固形分の量が少ないと、スラリー中の溶媒の量が多いために、乾燥時間が長くなる。いくつかの実施形態では、アノードスラリーの固形分は、アノードスラリーの総重量を基準にして、約20%から約80%、約20%から約70%、約20%から約60%、約20%から約50%、約20%から約40%、約30%から約70%、約30%から約60%、約30%から約50%、約30%から約40%、約40%から約70%、約40%から約60%、約40%から約50%、約25%から約60%、約35%から約60%、または、約45%から約60%の重量%である。

【0097】

50

ある実施形態では、アノードスラリーの固形分は、アノードスラリーの総重量を基準にして、80%未満、70%未満、60%未満、55%未満、50%未満、45%未満、40%未満、35%未満、30%未満、または、25%未満の重量%である。いくつかの実施形態では、アノードスラリーの固形分は、アノードスラリーの総重量を基準にして、少なくとも20%、少なくとも25%、少なくとも30%、少なくとも35%、少なくとも40%、少なくとも45%、少なくとも50%、少なくとも55%、または、少なくとも

60%の重量%である。ある実施形態では、アノードスラリーの固形分は、アノードスラリーの総重量を基準にして、約40%、約41%、約42%、約43%、約44%、約45%、約46%、約47%、約48%、約49%、約50%、約51%、約52%、約53%、約54%、約55%、約56%、約57%、約58%、約59%、または、約60%の重量%である。

【0098】

集電体上にコーティングされたフィルムを形成するために、均質化されたスラリーは、集電体上に塗布することができる。集電体は、電池電極活物質の電気化学反応により生成された電子を集め、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では、正極および負極の集電体のそれぞれは、箔、シートまたはフィルムの形態でもよく、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。ある実施形態では、正極の集電体はアルミニウム薄膜である。いくつかの実施形態では、負極の集電体は銅薄膜である。ある実施形態では、集電体の表面は前処理されない。

【0099】

いくつかの実施形態では、厚さは、電池内の集電体と電池電極活物質の量により占める体積したがって電池内の容量に、影響を及ぼすので、集電体は、約6μmから約100μmの厚さを有する。

【0100】

ある実施形態では、コーティング処理は、ドクターブレードコーティング、スロットダイコーティング、トランスファーコーティング、スプレーコーティング、ロールコーティング、ディップコーティング、または、カーテンコーティングを用いて行われる。いくつかの実施形態では、集電体上のコーティングされたフィルムの厚さは、約10μmから約300μm、または、約20μmから約100μmである。

【0101】

均質化したスラリーを集電体上に塗布した後、集電体上のコーティングされたフィルムを乾燥機で乾燥させて電池電極を得ることができる。本明細書では、集電体上のコーティングされたフィルムを乾燥させることができる任意の乾燥機を使用することができる。乾燥機のいくつかの限定しない例は、バッチ乾燥オープン、ボックス型乾燥オープン、ホットプレート、コンベア乾燥オープン、および、マイクロ波乾燥オープンである。コンベア乾燥オープンのいくつかの限定しない例には、コンベア熱風乾燥オープン、コンベア抵抗乾燥オープン、コンベア誘導乾燥オープン、および、コンベアマイクロ波乾燥オープンが含まれる。

【0102】

いくつかの実施形態では、集電体上のコーティングされたフィルムを乾燥するためのコンベア乾燥オープンは、1つ以上の加熱セクションを含み、加熱セクションのそれぞれは、個別に温度制御され、かつ、加熱セクションのそれぞれは、独立して制御される加熱ゾーンを含めてもよい。

【0103】

ある実施形態では、コンベア乾燥オープンは、コンベアの一方の側に配置された第1の加熱セクションと、第1の加熱セクションからコンベアの反対側に配置された第2の加熱セクションとを備え、第1および第2の加熱セクションのそれぞれは、独立して、1以上の加熱要素、及び、各加熱セクションの温度を監視し選択的に制御するように、第1の加熱セクションおよび第2の加熱セクションの加熱要素に接続された温度制御システムを備える。

【0104】

いくつかの実施形態では、アノードスラリーは、150未満の沸点を有する少なくとも1つの溶媒を備える。溶媒の選択と量は、硬化条件に影響する。より低い沸点を有する溶媒の選択は、より低い温度でのより速い乾燥を可能にする。より低い温度は、アノード電極層の亀裂または脆化を避けることができる。いくつかの実施形態では、集電体上のコ

10

20

30

40

50

ーティングされたフィルムを、約45から約100、約50から約100、約55から約100、約50から約90、約50から約80、約55から約75、約55から約70、約50から約80、約55から約80、約50から約70、約60から約100、約60から約90、約60から約80、約45から約90、約45から約80、または、約45から約70の温度で乾燥させることができる。ある実施形態では、集電体上のコーティングされたフィルムを、100未満、95未満、90未満、85未満、80未満、75未満、70未満、65未満、60未満、55未満、50未満、45未満、または、40未満の温度で乾燥させることができる。いくつかの実施形態では、集電体上のコーティングされたフィルムを、40を超える、45を超える、50を超える、55を超える、60を超える、65を超える、70を超える、75を超える、80を超える、85を超える、または、90を超える温度で乾燥させることができる。
10

【0105】

コーティングされたフィルムは、不均一なスラリー分布を引き起こし、次にコーティングされた電極の品質に影響を及ぼし得る風の強い条件下で、乾燥されるべきではない。いくつかの実施形態では、集電体上のコーティングされたフィルムは、静かな空気条件下で乾燥させることができる。ある実施形態では、集電体上のコーティングされたフィルムは、0.2m/sから1m/s、または、0.2m/sから0.7m/sの風速を有する環境下で乾燥させることができる。さらなる実施形態では、風速は、0.7m/s未満、0.5m/s未満、0.4m/s未満、0.3m/s未満、0.2m/s未満、または、0.1m/s未満である。ある実施形態では、風速は、0m/sである。
20

【0106】

低いまたは中程度の湿度で乾燥する間、溶媒は、コーティングをより急速に残し、それにより、より低い温度でより速い乾燥を可能にする。いくつかの実施形態では、集電体上のコーティングされたフィルムは、約0%から約60%、約10%から約50%、約20%から約50%、約20%から約40%、約25%から約40%、約15%から約50%、約15%から約40%、約15%から約30%、約15%から約25%、または、約20%から約30%の相対湿度を有する環境下で乾燥させることができる。ある実施形態では、相対湿度は、50%未満、45%未満、40%未満、35%未満、30%未満、25%未満、20%未満、15%未満、または、10%未満である。
30

【0107】

本明細書に開示されたアノードスラリーは、短時間で乾燥させることができる。いくつかの実施形態では、コーティングされたフィルムは、約1分から約15分、約1分から約10分、約1分から約8分、約1分から約5分、約1分から約4分、約1分から約3分、約1分から約2分、約1.5分から約5分、約1.5分から約4分、約1.5分から約3分、約2分から約10分、約2分から約5分、約2分から約4分、約2分から約3分、約3分から約5分、約3分から約4分、約4分から約5分、約2.5分から約5分、約2.5分から約4分、または、約3.5分から約5分の時間で乾燥させることができる。ある実施形態では、コーティングされたフィルムは、12時間未満、8時間未満、4時間未満、2時間未満、1時間未満、45分未満、30分未満、15分未満、13分未満、10分未満、9分未満、8分未満、7分未満、6分未満、5分未満、4.5分未満、4分未満、3.5分未満、3分未満、2.5分未満、2分未満、または、1.5分未満の時間で乾燥させることができる。乾燥速度が遅すぎると、製造効率が悪くなる。
40

【0108】

乾燥後、溶媒は、コーティングされたフィルムから除去される。予め決められた時間乾燥させたコーティングされた電極と長時間乾燥させたコーティングされた電極との質量の比較が、乾燥の延長の測定に用いられる。長時間の乾燥中、予め決められた時間乾燥させたコーティングされた電極から除去することができる溶媒の量は、予め決められた時間乾燥させたことを含むコーティングされた電極の総重量を基準として、2重量%未満である。
50

【0109】

集電体上のコーティングされたフィルムを乾燥させた後、電池電極が形成される。いくつかの実施形態では、電池電極は、電極の密度を高めるために機械的に圧縮される。

【0110】

別の態様では、カソード、アノード、および、カソードとアノードとの間に挿入されたセパレータを含むリチウムイオン電池が本明細書に提供され、少なくとも1つのアノードは、本明細書に開示された方法により作製される負極である。

【0111】

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が、記載された特定の実施形態に本発明を限定するものではない。反対の指示がない限り、全ての部及びパーセンテージは重量による。すべての数値は近似値である。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疇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。

10

例

【0112】

風速は、市販の風速計を用いてコーティングされたフィルムの上面から1cm上の位置で風速を測定することにより決定した。

【0113】

粒度は、MicroBook 2000 LD粒度分析計（ブルックヘブン・インスツルメンツ・コーポレーション(Brookhaven Instruments Cooperation)、米国から入手）を使用して分析した。

20

【0114】

スラリー粘度は、NDJ-5S粘度計（上海・ホンピン・サイエンティフィック・インスツルメント社(Shanghai Hengping Scientific Instrument Co.)、中国から入手）を用いて決定した。

例1

A) 負極スラリーの作製

【0115】

粒子状グラファイトアノード活物質（AGP-1）（ルイフート・テクノロジー社(Rui fute Technology Ltd.)、シンセン、広東省、中国から入手）は、約19μmの粒度D50を有する。50重量%の脱イオン水および50重量%のアセトン（純度99%、シグマ-アルドリッヂ(Sigma-Aldrich)、米国）を含有する混合溶媒中で、90重量%の粒子状グラファイトアノード活物質と、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混合して、固形分50重量%を有するスラリーを形成することにより、負極スラリーが作製された。スラリーを遊星型攪拌ミキサーで均質化した。負極スラリーの粘度は、985mPa·sであった。

30

B) 負極の作製

【0116】

ギャップ幅100μmでトランスファーコーター（ZY-TSF6-6518、ジン・ファン・ジャンユー・ニューエナジー・テクノロジー社(Jin Fan Zhanyu New Energy Technology Co. Ltd.)、中国から入手）を使用して、スラリーは、厚さ9μmの銅箔の両面にコーティングされた。銅箔上のコーティングされたフィルムを、約8メートル/分のコンベア速度で作動させた長さ24メートルのコンベア熱風乾燥オーブン（TH-1A、南京・トンハオ・ドライイング・イクイップメント社、中国から入手）により、75で約3分乾燥させて、負極を得た。乾燥オーブン内で0.1m/sから0.4m/sの風速が検出された。オーブン内の湿度は20-40%であった。

40

C) 正極スラリーの作製

【0117】

92重量%のLiMn₂O₄カソード活物質（ファグワン・ハンユエン・リテック社(HuaGuan HengYuan LiTech Co. Ltd.)、青島、中国から入手）と、導電剤として4重量%のカーボ

50

ンブラック (Super P ; ティンカル社(Timcal Ltd)、ボディオ、スイスから入手)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、ソルベイ S.A. (Solvay S.A.)、ベルギーから入手)とを混合して、50重量%のN-メチル-2-ピロリドン (NMP ; 純度 99%、シグマ-アルドリッヂ(Sigma-Aldrich)、米国) および50重量%のアセトン (純度 99%、シグマ-アルドリッヂ(Sigma-Aldrich)、米国) を含有する混合溶媒中にこれらを分散させて、固形分50重量%を有するスラリーを形成することにより、正極スラリーが作製された。スラリーを遊星型攪拌ミキサーで均質化した。

D) 正極の作製

【0118】

均質化されたスラリーは、ギャップ幅100μmのドクターブレードコーティングを使用して、集電体として厚さ20μmのアルミニウム箔の片面にコーティングされた。アルミニウム箔上のコーティングされたフィルムを電気加熱式コンベアオーブンにより85℃で約8メートル/分のコンベア速度で乾燥させた。乾燥時間は約3分であった。

E) パウチ型電池の組立て

【0119】

乾燥後、例1の得られたカソードフィルムおよびアノードフィルムは、個々の電極板を切断することによりそれぞれカソードおよびアノードを作製するために使用された。カソード電極板およびアノード電極板を交互に積層して、アルミニウム-プラスチックのラミネートフィルムで作られたケース内にパッケージされることにより、パウチセルが組立てられた。カソード電極板とアノード電極板をセパレータにより離して保持し、ケースを予備成形した。次いで、水分および酸素含有<1ppm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(1M)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、標準的な四角形のパンチツールを用いて機械的にプレスした。

例1の電気化学的測定

I) 公称容量

【0120】

セルを3.0Vと4.2Vの間の電池テスターで25℃で電流密度C/2で定電流で試験した。公称容量は、約9.8Ahであった。

II) サイクル性能

【0121】

パウチセルのサイクル性能は、3.0Vから4.2Vの間の1Cの定電流レートで充電および放電することにより試験された。速乾能力を有するアノードスラリーは、コーティング品質に影響を与えることなく処理効率を向上させる。

例2

A) 負極スラリーの作製

【0122】

粒子状グラファイトアノード活物質 (YXG-30) (イエンシン・グラファイト・プロダクツ社(Yanxin Graphite Products Co. Ltd.)、青島、中国から入手)は、約30μmの粒度D50を有する。90重量%のグラファイトアノード活物質と、5重量%のカーボンブラックと、5重量%のポリフッ化ビニリデン (PVDF ; Solef (登録商標) 5130、ソルベイ S.A. (Solvay S.A.)、ベルギーから入手)とを脱イオン水の中で混合して、固形分50重量%を有するスラリーを形成することにより、負極スラリーが作製された。スラリーを遊星型攪拌ミキサーで均質化した。負極スラリーの粘度は、1,040mPa·sであった。

B) 負極の作製

【0123】

ギャップ幅100μmでトランスファーコーティング (ZY-TSF6-6518、ジン・

10

20

30

40

50

ファン・ジャンユー・ニューエナジー・テクノロジー社(Jin Fan Zhanyu New Energy Technology Co. Ltd.)、中国から入手)を使用して、スラリーは、厚さ 9 μm の銅箔の両面にコーティングされた。銅箔上のコーティングされたフィルムを、約 1.5 メートル / 分のコンベア速度で作動させた長さ 2.4 メートルのコンベア熱風乾燥オープン (TH-1A、南京・トンハオ・ドライイング・イクイップメント社、中国から入手) により、約 70 で約 1.6 分乾燥させて、負極を得た。乾燥オープン内で 0.3 m / s から 0.5 m / s の風速が検出された。オープン内の湿度は 20 - 40 % であった。

例 3

A) 負極スラリーの作製

【0124】

粒子状メソカーボンアノード活物質 (CMB-H) (BTR ニューエナジーマテリアルズ社(BTR New Energy Materials Inc.)、シンセン、中国から入手) は、約 2.6 μm の粒度 D50 を有する。50 重量 % の脱イオン水および 50 重量 % のエタノール (純度 99 %、シグマ - アルドリッヂ(Sigma-Aldrich)、米国) を含有する混合溶媒中で、9.3 重量 % のメソカーボンアノード活物質と、4 重量 % のカーボンブラックと、3 重量 % の水溶性バインダー LA133 (成都インディゴ・パワーソース社(Chengdu Indigo Power Sources Co., Ltd.)、中国から入手) とを混合して、固形分 5.5 重量 % を有するスラリーを形成することにより、負極スラリーが作製された。スラリーを遊星型搅拌ミキサーで均質化した。負極スラリーの粘度は、850 mPa · s であった。

B) 負極の作製

【0125】

ギャップ幅 100 μm でトランスファーコーター (ZY-TSF6-6518、ジン・ファン・ジャンユー・ニューエナジー・テクノロジー社(Jin Fan Zhanyu New Energy Technology Co. Ltd.)、中国から入手) を使用して、スラリーは、厚さ 9 μm の銅箔の両面にコーティングされた。銅箔上のコーティングされたフィルムを、約 1.0 メートル / 分のコンベア速度で作動させた長さ 2.4 メートルのコンベア熱風乾燥オープン (TH-1A、南京・トンハオ・ドライイング・イクイップメント社、中国から入手) により、約 8.5 で約 2.4 分乾燥させて、負極を得た。乾燥オープン内で 0.2 m / s から 0.45 m / s の風速が検出された。オープン内の湿度は 20 - 40 % であった。

例 4

A) 負極スラリーの作製

【0126】

粒子状グラファイトアノード活物質 (モデル 818) (BTR ニューエナジーマテリアルズ社(BTR New Energy Materials Inc.)、シンセン、中国から入手) は、約 1.7 μm の粒度 D50 を有する。9.1 重量 % のグラファイトアノード活物質と、5 重量 % のカーボンブラックと、4 重量 % の水溶性バインダー (LA133、成都インディゴ・パワーソース社(Chengdu Indigo Power Sources Co., Ltd.)) とを脱イオン水の中で混合して、固形分 5.0 重量 % を有するスラリーを形成することにより、負極スラリーが作製された。スラリーを遊星型搅拌ミキサーで均質化した。負極スラリーの粘度は、1250 mPa · s であった。

B) 負極の作製

【0127】

ギャップ幅 100 μm でトランスファーコーター (ZY-TSF6-6518、ジン・ファン・ジャンユー・ニューエナジー・テクノロジー社(Jin Fan Zhanyu New Energy Technology Co. Ltd.)、中国から入手) を使用して、スラリーは、厚さ 9 μm の銅箔の両面にコーティングされた。銅箔上のコーティングされたフィルムを、約 6.7 メートル / 分のコンベア速度で作動させた長さ 2.4 メートルのコンベア熱風乾燥オープン (TH-1A、南京・トンハオ・ドライイング・イクイップメント社、中国から入手) により、約 8.0 で約 3.6 分乾燥させて、負極を得た。乾燥オープン内で 0.15 m / s から 0.4 m / s の風速が検出された。オープン内の湿度は 20 - 40 % であった。

10

20

30

40

50

例 5負極の作製【 0 1 2 8 】

例 5 のアノードは、表 1, 2 に記載された異なるパラメーターが使用されたことを除いて、例 1 に記載された方法により作製された。

例 2 - 5 についてのカソードの作製【 0 1 2 9 】

例 2 - 5 のカソードは、例 1 に記載された方法により作製された。

例 2 - 5 についてのパウチセルの組立て【 0 1 3 0 】

例 2 - 5 のパウチセルは、例 1 に記載された方法により組立てられた。

例 2 - 5 についてのパウチセルの電気化学的測定【 0 1 3 1 】

例 2 - 5 のパウチセルの電気化学的性能は、例 1 に記載された方法により行われた。例 3, 4 のサイクル性能の試験結果をそれぞれ表 1, 2 に示す。

【 0 1 3 2 】

例 1 - 5 のアノードスラリーの配合を下記の表 1 に示す。例 1 - 5 のコーティングされたアノードフィルムの乾燥条件を下記の表 2 に示す。例 1 - 5 のパウチセルの電気化学的性能を下記の表 3 に示す。

比較例 1A) 負極物質の作製【 0 1 3 3 】

粒子状グラファイトアノード活物質 (A G P - 1) (ルイフート・テクノロジー社 (Rufute Technology Ltd.)、シンセン、広東省、中国から入手) は、約 19 μm の粒度 D 50 を有する。約 7 μm の粒度 D 50 を有するアノード活物質を得るために、粒子状グラファイトアノード活物質をジェットミル (L N J - 6 A、メンヨウ・リウネン・パウダー・イクイップメント社 (Mianyang Liuneng Powder Equipment Co., Ltd.)、四川省、中国から入手) で約 2.5 時間粉碎した後、1250 メッシュのこしきを通過させた。

B) 負極スラリーの作製【 0 1 3 4 】

比較例 1 に記載された方法で得られた小さい粒度を有するアノード活物質を用いたこと以外は、例 1 と同様に、負極スラリーを作製した。負極スラリーの粘度は、1, 100 mPa · s であった。

C) 負極の作製【 0 1 3 5 】

比較例 1 に記載された方法により得られた負極物質を備える負極は、銅箔上のコーティングされたフィルムを 85 °で乾燥させ、乾燥時間を約 5.5 分としたこと以外は、例 1 と同様に作製された。

【 0 1 3 6 】

例 1 の負極スラリーは、比較例 1 の負極スラリーよりも早く乾燥することが明らかである。アノード活物質の粒度は、粒子が小さくなるにつれて表面積の対体積比が増加するため、乾燥速度に影響を与える。表面積が大きいと溶媒との相互作用が大きくなり、乾燥が遅くなる。したがって、本発明のアノードスラリーは、より効率的な乾燥プロセスおよび改善された生産性をもたらし得る。

比較例 2A) 負極物質の作製【 0 1 3 7 】

粒子状グラファイトアノード活物質 (Y X G - 30) (イエンシン・グラファイト・プロダクツ社 (Yanxin Graphite Products Co. Ltd.)、青島、中国から入手) は、約 30 μm の粒度 D 50 を有する。約 5.5 μm の粒度 D 50 を有するアノード活物質を得るため

10

20

30

40

50

に、粒子状グラファイトアノード活物質を ZrO_2 ミリングボールを使用するボールミル（M S K - S F M - 1、シンセン・ケイジン・スター・テクノロジー社(Shenzhen Kejing Star Technology Ltd.)、中国から入手）で約1時間粉碎した後、1,250メッシュのこしきを通過させた。

B) 負極スラリーの作製

【0138】

比較例2に記載された方法で得られた小さい粒度を有するアノード活物質を用いたこと以外は、例2と同様に、負極スラリーを作製した。負極スラリーの粘度は、1,300mPa·sであった。

C) 負極の作製

【0139】

比較例2に記載された方法により得られた負極物質を備える負極は、銅箔上のコーティングされたフィルムを85で乾燥させ、乾燥時間を約7.8分としたこと以外は、例2と同様に作製された。

【0140】

例2の負極スラリーは、比較例2の負極スラリーよりも早く乾燥することが明らかである。アノード活物質の粒度は、粒子が小さくなるにつれて表面積の対体積比が増加するため、乾燥速度に影響を与える。表面積が大きいと溶媒との相互作用が大きくなり、乾燥が遅くなる。したがって、本発明のアノードスラリーは、より効率的な乾燥プロセスおよび改善された生産性をもたらし得る。

比較例1-2についてのカソードスラリーの作製

【0141】

比較例1-2のカソードスラリーは、例1に記載された方法により作製された。

比較例3-5

【0142】

比較例3-5のアノードスラリーは、下記の表1に記載された異なるパラメーターが使用されたことを除いて、例1に記載された方法により作製された。比較例3-5のコーティングされたアノードフィルムは、下記の表2に記載された異なる乾燥条件が使用されたことを除いて、例2に記載された方法により乾燥させた。比較例3-5のカソードスラリーは、例1に記載の方法で作製された。

比較例1-5についてのパウチセルの組立て

【0143】

比較例1-5のパウチセルは、例1に記載された方法で組立てられた。

比較例1-5についてのパウチセルの電気化学的測定

【0144】

比較例1-5のパウチセルの電気化学的性能は、例1に記載された方法で行われた。

【0145】

比較例1-5のアノードスラリーの配合を下記の表1に示す。比較例1-5のコーティングされたアノードフィルムの乾燥条件を下記の表2に示す。比較例1-5のパウチセルの電気化学的性能を下記の表3に示す。

10

20

30

40

【表1】

表1
アノードスラリーの配合

アノード 活物質	D50の アノード 活物質 (μm)	構成要素の重量パーセンテージ(wt.%)			アノードスラリーの配合		乾燥温度に おける溶媒の 蒸気圧(kPa)	pH	粘度 (mPa·s)	固形分 (wt.%)
		アノード 活物質	導電剤	バインダー 材料	溶媒					
例1	グラファイト	19	45	2.5	2.5	水+アセトン	113	7.3	985	50
例2	グラファイト	30	45	2.5	2.5	水	31.4	7.8	1,040	50
例3	メソカーボン	26	51.15	2.2	1.65	水+エタノール	96.2	8	850	55
例4	グラファイト	17	45.5	2.5	2	水	46.4	7.7	1,250	50
例5	LTO	25	45	2.5	2.5	水	57.9	8.4	1,650	50
比較例1	グラファイト	7	45	2.5	2.5	水+アセトン	151.5	8.1	1,100	50
比較例2	グラファイト	5.5	45	2.5	2.5	水	57.9	7.9	1,300	50
比較例3	グラファイト	30	45	2.5	2.5	NMP	0.79	/	970	50
比較例4	グラファイト	70	45	2.5	2.5	水	31.4	7.5	855	50
比較例5	グラファイト	30	45	2.5	2.5	水	101	7.6	1,040	50

【表2】

表2

コーティングされたカソードフィルムの乾燥条件				
	温度 (°C)	風速 (m/s)	相対湿度 (%)	乾燥時間 (分)
例1	65	0.1 - 0.2	25 - 35	3
例2	60	0.3 - 0.5	25 - 40	4.5
例3	75	0.1 - 0.3	25 - 40	3
例4	65	0.3 - 0.5	20 - 40	3.5
例5	70	0.1 - 0.3	30 - 40	3.5
例6	75	0.3 - 0.5	30 - 45	4
例7	60	0.1 - 0.3	20 - 40	3
比較例1	85	0.1 - 0.2	25 - 35	10
比較例2	75	0.3 - 0.5	25 - 40	9.5
比較例3	70	0.1 - 0.3	30 - 40	13
比較例4	75	0.3 - 0.5	30 - 45	12
比較例5	60	0.1 - 0.3	20 - 40	6
比較例6	75	0.1 - 0.3	25 - 40	3
比較例7	100	0.1 - 0.2	25 - 40	3

10

【表3】

表3

20

パウチセルの電気化学的性能			
	使用電圧範囲(V)	サイクル回数	容量維持率 (%)
例1	3.0 - 4.2	1,000	91.7
例2	3.0 - 4.2	1,000	90.4
例3	3.0 - 4.2	1,000	88.2
例4	3.0 - 4.2	1,000	86.9
例5	1.8 - 3.0	1,000	95.8
比較例1	3.0 - 4.2	1,000	86.7
比較例2	3.0 - 4.2	1,000	85.9
比較例3	3.0 - 4.2	1,000	83.4
比較例4	3.0 - 4.2	1,000	84.1
比較例5	3.0 - 4.2	1,000	77.4

30

【0146】

本発明を限られた数の実施形態に関して説明したが、一実施形態の特定の特徴は、本発明の他の実施形態に起因するものではない。いくつかの実施形態では、方法は、本明細書に記載されていない多数のステップを含めてもよい。他の実施形態では、方法は、本明細書に列挙されていないステップを含まないか、または実質的に含まない。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括するものとする。

【図1】

図1

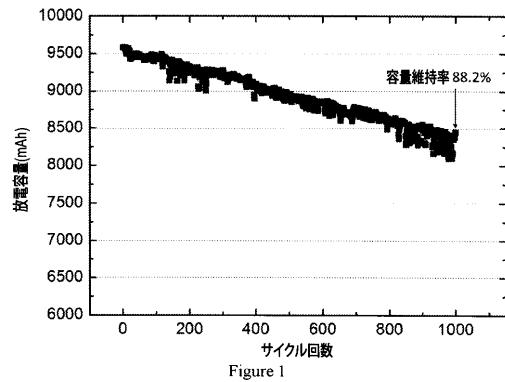


Figure 1

【図2】

図2

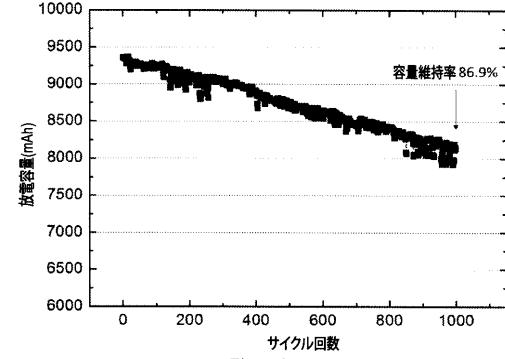


Figure 2

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/CN2017/104248																								
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01M 4/04(2006.01)i; H01M 4/58(2010.01)i; H01M 4/48(2010.01)i; H01M 4/62(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																										
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) DWPI, CNABS, CNTXT, EPODOC: anode, slurry, lithium ion, battery, particle size, d50, negative, active material, mum, micron, dry																										
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Category*</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;">CN 101499530 A (SHENZHEN SONGDING IND. CO., LTD.) 05 August 2009 (2009-08-05) description, page 2 line 9 to page 5 line 16</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-19</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;">CN 101651227 A (SHANDONG SHENGONG BATTERY NEW TECHNOLOGY CO., LTD.) 17 February 2010 (2010-02-17) description, page 4 line 13 to page 7 line 25</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-19</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;">CN 1819308 A (SHANGHAI NANDU BATTERY CO., LTD.) 16 August 2006 (2006-08-16) description, page 1 line 16 to page 2 line</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-19</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;">CN 101436654 A (SHENZHEN HUITONG TIANXIA SCI. & TECHNOLOGY) 20 May 2009 (2009-05-20) description, page 2 line 5 to page 3 line 6</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-19</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;">CN 101425605 A (SHENZHEN HUITONG TIANXIA SCI. & TECHNOLOGY) 06 May 2009 (2009-05-06) description, page 2 line 1 to page 3 line 1</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-19</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">A</td> <td style="padding: 2px;">JP 2003115298 A (YUASA BATTERY CO., LTD.) 18 April 2003 (2003-04-18) the whole document</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-19</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">A</td> <td style="padding: 2px;">WO 2016064474 A1 (BATELLE MEMORIAL INSTITUTE) 28 April 2016 (2016-04-28) the whole document</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-19</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	CN 101499530 A (SHENZHEN SONGDING IND. CO., LTD.) 05 August 2009 (2009-08-05) description, page 2 line 9 to page 5 line 16	1-19	X	CN 101651227 A (SHANDONG SHENGONG BATTERY NEW TECHNOLOGY CO., LTD.) 17 February 2010 (2010-02-17) description, page 4 line 13 to page 7 line 25	1-19	X	CN 1819308 A (SHANGHAI NANDU BATTERY CO., LTD.) 16 August 2006 (2006-08-16) description, page 1 line 16 to page 2 line	1-19	X	CN 101436654 A (SHENZHEN HUITONG TIANXIA SCI. & TECHNOLOGY) 20 May 2009 (2009-05-20) description, page 2 line 5 to page 3 line 6	1-19	X	CN 101425605 A (SHENZHEN HUITONG TIANXIA SCI. & TECHNOLOGY) 06 May 2009 (2009-05-06) description, page 2 line 1 to page 3 line 1	1-19	A	JP 2003115298 A (YUASA BATTERY CO., LTD.) 18 April 2003 (2003-04-18) the whole document	1-19	A	WO 2016064474 A1 (BATELLE MEMORIAL INSTITUTE) 28 April 2016 (2016-04-28) the whole document	1-19
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																								
X	CN 101499530 A (SHENZHEN SONGDING IND. CO., LTD.) 05 August 2009 (2009-08-05) description, page 2 line 9 to page 5 line 16	1-19																								
X	CN 101651227 A (SHANDONG SHENGONG BATTERY NEW TECHNOLOGY CO., LTD.) 17 February 2010 (2010-02-17) description, page 4 line 13 to page 7 line 25	1-19																								
X	CN 1819308 A (SHANGHAI NANDU BATTERY CO., LTD.) 16 August 2006 (2006-08-16) description, page 1 line 16 to page 2 line	1-19																								
X	CN 101436654 A (SHENZHEN HUITONG TIANXIA SCI. & TECHNOLOGY) 20 May 2009 (2009-05-20) description, page 2 line 5 to page 3 line 6	1-19																								
X	CN 101425605 A (SHENZHEN HUITONG TIANXIA SCI. & TECHNOLOGY) 06 May 2009 (2009-05-06) description, page 2 line 1 to page 3 line 1	1-19																								
A	JP 2003115298 A (YUASA BATTERY CO., LTD.) 18 April 2003 (2003-04-18) the whole document	1-19																								
A	WO 2016064474 A1 (BATELLE MEMORIAL INSTITUTE) 28 April 2016 (2016-04-28) the whole document	1-19																								
<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) "O" 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																										
Date of the actual completion of the international search 14 December 2017		Date of mailing of the international search report 09 January 2018																								
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 WANG, Yan Telephone No. (86-10)62414261																								

INTERNATIONAL SEARCH REPORT Information on patent family members				International application No. PCT/CN2017/04248		
Patent document cited in search report		Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)	
CN	101499530	A	05 August 2009	CN	101499530	B
CN	101651227	A	17 February 2010		None	
CN	1819308	A	16 August 2006	CN	100492721	C
CN	101436654	A	20 May 2009	CN	101436654	B
CN	101425605	A	06 May 2009	CN	101425605	B
JP	2003115298	A	18 April 2003	JP	4135348	B2
WO	2016064474	A1	28 April 2016	US	2016118685	A1
						28 April 2016

フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F	I	テーマコード(参考)
H 01M 4/62 (2006.01)	H 01M	4/62	Z
H 01M 4/133 (2010.01)	H 01M	4/133	
H 01M 4/134 (2010.01)	H 01M	4/134	
H 01M 4/131 (2010.01)	H 01M	4/131	
H 01M 10/052 (2010.01)	H 01M	10/052	
H 01M 4/1395 (2010.01)	H 01M	4/1395	
H 01M 4/1391 (2010.01)	H 01M	4/1391	
H 01M 4/139 (2010.01)	H 01M	4/139	

(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,R0,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,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 P
ark East Avenue, Hong Kong Science Park, Shati
n, New Territories, Hong Kong, China

(74)代理人 110001737

特許業務法人スズ工国際特許事務所

(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 シエン、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) 5H029 AJ01 AJ14 AK03 AL02 AL03 AL06 AL07 AL11 AM03 AM07

BJ04 CJ02 CJ08 CJ22 CJ28 CJ30 DJ04 DJ07 EJ01 HJ01

HJ04 HJ05 HJ10 HJ14 HJ15

5H050 AA01 AA19 BA16 CA09 CB02 CB03 CB07 CB08 CB11 DA04

DA10 DA11 DA18 EA08 EA09 EA10 EA22 EA23 EA24 EA28

GA02 GA10 GA22 GA27 GA29 HA01 HA04 HA05 HA10 HA14

HA15 HA20