

(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2022-520586
(P2022-520586A)

(43)公表日 令和4年3月31日(2022.3.31)

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
H O 1 M 10/6571 (2014.01)	H O 1 M 10/6571	5 H O 2 9
H O 1 M 10/615 (2014.01)	H O 1 M 10/615	5 H O 3 1
H O 1 M 4/505 (2010.01)	H O 1 M 4/505	5 H O 5 0
H O 1 M 4/525 (2010.01)	H O 1 M 4/525	
H O 1 M 4/36 (2006.01)	H O 1 M 4/36 C	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 23 頁) 最終頁に続く		

(21)出願番号 特願2021-547271(P2021-547271)	(71)出願人 515317215 イーシー パワー, エルエルシー アメリカ合衆国 1 6 8 0 3 ペンシルベ ニア州, ステイト カレッジ, サイエンス パーク ロード 3 4 1
(86)(22)出願日 令和2年2月12日(2020.2.12)	
(85)翻訳文提出日 令和3年9月13日(2021.9.13)	
(86)国際出願番号 PCT/US2020/017825	
(87)国際公開番号 W02020/167881	
(87)国際公開日 令和2年8月20日(2020.8.20)	(74)代理人 100092783 弁理士 小林 浩
(31)優先権主張番号 62/804,899	(74)代理人 100120134 弁理士 大森 規雄
(32)優先日 平成31年2月13日(2019.2.13)	(74)代理人 100187964 弁理士 新井 剛
(33)優先権主張国・地域又は機関 米国(US)	
最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 オンデマンドで高性能となる安定的な電池

(57)【要約】

電池セルによるパワーによって電池セルを少なくとも性能発揮状態の温度 (T_p) まで昇温させるように構成された内部抵抗器を有する電池セルが開示される。そのような電池セルは、電池セルの電荷移動抵抗を 1 以上の不動態化要素なしの電池セルに対して少なくとも 4 倍増加させる 1 以上の不動態化要素を含む。

【選択図】 図 4

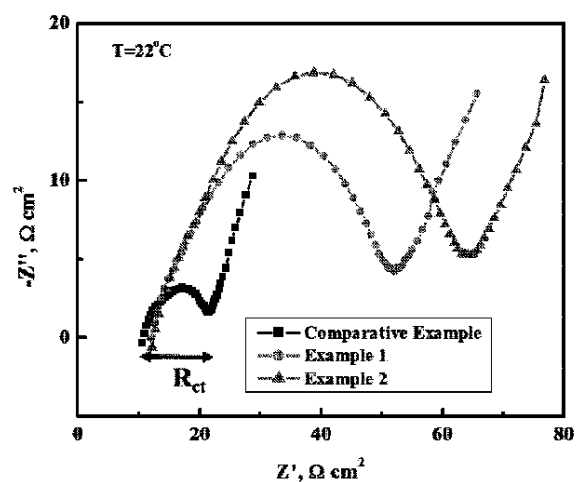


FIG. 4

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電池セルであって、前記電池セルによるパワーによって前記電池セルを少なくとも性能発揮状態の温度 (T_p) まで昇温させるように構成された内部抵抗器を有し且つ 1 以上の不動態化要素を有する前記電池セルにおいて、

前記 1 以上の不動態化要素は、前記電池セルの電荷移動抵抗を前記 1 以上の不動態化要素なしの電池セルに対して少なくとも 4 倍増加させ、前記電荷移動抵抗は、前記電池セルが 25℃ の場合の電気化学インピーダンス分光法によって特定される、前記電池セル。

【請求項 2】

前記 1 以上の不動態化要素は、(a) 20 μm 超の平均粒子サイズを有する 1 以上の電極活物質、(b) 0.25 m^2/g 以下の BET (Brunauer, Emmett 及び Teller) 表面積を有する 1 以上の電極活物質、(c) 1 以上の電極活物質上のコーティング、(d) ドーパントを有する 1 以上の電極活物質、(e) 1 以上の電極活物質を不動態化する 1 以上の電解質添加物、又はこれらの任意の組合せを含む、請求項 1 に記載の電池セル。

【請求項 3】

前記電池セルは、アノード活物質を有するアノード及びカソード活物質を有するカソードを備え、前記アノード活物質若しくは前記カソード活物質又はその両方は 20 μm 超の平均粒子サイズ D50 の粒子を有する、請求項 1 に記載の電池セル。

【請求項 4】

前記電池セルは、アノード活物質を有するアノード及びカソード活物質を有するカソードを備え、前記アノード活物質若しくは前記カソード活物質又はその両方は 0.25 m^2/g 以下の BET (Brunauer, Emmett 及び Teller) 表面積を有する、請求項 1 に記載の電池セル。

【請求項 5】

前記カソード活物質は NMC を含み、前記カソード活物質は 0.25 m^2/g 以下の BET 表面積を有する、請求項 4 に記載の電池セル。

【請求項 6】

前記アノード活物質は、グラファイトを含む、請求項 5 に記載の電池セル。

【請求項 7】

前記電池セルは、アノード活物質を有するアノード及びカソード活物質を有するカソードを備え、前記アノード活物質若しくは前記カソード活物質又はその両方は、副細孔を有さない滑らかな主粒子を有する、請求項 1 に記載の電池セル。

【請求項 8】

前記電池セルは、アノード活物質を有するアノード及びカソード活物質を有するカソードを備え、前記アノード活物質若しくは前記カソード活物質又はその両方は、その表面に、コーティングであって前記電池セルの前記電荷移動抵抗を前記コーティングのない電池セルに対して少なくとも 4 倍増加させるコーティングを有する、請求項 1 に記載の電池セル。

【請求項 9】

前記電池セルは、アノード活物質を有するアノード及びカソード活物質を有するカソード、並びに 1 以上の電解質添加物であって、電極活物質の表面に堆積して前記電池セルの前記電荷移動抵抗を前記 1 以上の電解質添加物なしの電池セルに対して少なくとも 4 倍増加させるのに十分な量の 1 以上の電解質添加物を備える、請求項 1 に記載の電池セル。

【請求項 10】

前記電解質添加物は TAP を含む、請求項 9 に記載の電池セル。

【請求項 11】

前記電池セルは、20 重量%未満の EC を含有する電解質を備える、請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載の電池セル。

【請求項 12】

前記電池セルは、4モル／リットルよりも高い濃度で塩を含有する電解質を備える、請求項1～10のいずれか一項に記載の電池セル。

【請求項13】

前記電池セルは、ポリマー電解質、硫化物電解質又は酸化物電解質を備える、請求項1～10のいずれか一項に記載の電池セル。

【請求項14】

前記電池セルは、イオン性の液体を含む電解質を備える、請求項1～10のいずれか一項に記載の電池セル。

【請求項15】

前記電池セルは、約25℃～約80℃の温度で固相－液相転移を経験する電解質を備える、請求項1～10のいずれか一項に記載の電池セル。 10

【請求項16】

前記内部抵抗器は、前記電池セルを少なくとも5℃／分の速度で昇温させるように構成された、請求項1～10のいずれか一項に記載の電池セル。

【請求項17】

T_p は少なくとも45℃である、請求項1～10のいずれか一項に記載の電池セル。

【請求項18】

請求項1～10のいずれか一項に記載の電池セルを動作させる方法であって、前記電池セルの温度が T_p 未満である場合に前記電池セルを T_p まで内部的に昇温させるステップと、
前記電池セルが T_p 以上である間に前記電池セルによって外部負荷に給電するステップとを備える方法。 20

【請求項19】

前記電池セルを少なくとも5℃／分の速度で内部的に昇温させるステップを備える請求項18に記載の方法。

【請求項20】

T_p は少なくとも45℃である、請求項18に記載の方法。

【請求項21】

前記電池セルが外部負荷に給電していない場合に前記電池セルを T_p 未満に冷却するステップをさらに備える請求項18に記載の方法。 30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、2019年2月13日に出願の米国仮出願第62／804899号の利益を主張し、その開示の全体がそれによりここに参照により取り込まれる。

【0002】

本開示は、概略として、再充電可能な電気化学エネルギー貯蔵セルに関する。特に、本開示は、高い安全性及び高い性能を両立するように構成されたりチウムイオン電池に向けられる。 40

【背景技術】

【0003】

再充電可能リチウムイオン電池は、電気自動車、家電製品及び定置型エネルギー貯蔵システムにおいて広範に用いられている。従来の電池は、性能、安全性及びカレンダー／サイクル寿命が全て常時存在するアノード／電解質の界面及びカソード／電解質の界面における電気化学反応に支配される受動デバイスである。電池材料及びそれゆえ結果として得られる電極／電解質界面の反応性と安定性の間には本来的な相反があり、反応性の高い電極／電解質材料によって高出力及び高性能となるが、電池未使用時であっても安全性が低くかつ劣化が大きくなってしまふ。安定性の高い（すなわち、反応性の低い）電極／電解質材料は、電池の安全性、少ない劣化、少ない自己放電及び長寿命化を促進するが、使用時 50

にそのような材料は低出力又は低性能をもたらす。結果として、電池のための材料の開発は、反応性が高過ぎないが安定性も高過ぎない電極及び電解質材料を見出すことのトレードオフに着目してきた。

【0004】

高い性能及び高い安全性の双方が、電池の科学及び技術の従来のパラダイムによって同時には得られることはない。しかし、増加し続ける電力要求を満たすために、電池材料は、現在のところ、安定性及びそれゆえ電池の安全性を犠牲にして設計されている。したがって、高い性能及び高い安全性の双方を有する再充電可能電池に対する継続的なニーズがある。

【発明の概要】

【0005】

本開示の電池の有利な効果は、高い安定性を有するが必要に応じて高い性能を発揮することである。これら及び他の有利な効果が、電池セルによるパワーによって電池セルを少なくとも性能発揮状態の温度 (T_p) まで昇温させるように構成された内部抵抗器を備える1以上のセルを有する電池によって、少なくともある程度充足される。有利なことに、1以上の電池セルは、1以上の不動態化要素なしの電池セルに対して電池セルの電荷移動抵抗を少なくとも4倍増加させる1以上の不動態化要素を有する。電荷移動抵抗は、電池セルが25℃の場合の電気化学インピーダンス分光法によって決定され得る。そのような電池セルは、例えば、(a) 20 μm 超の平均粒子サイズを有する1以上の電極活物質、(b) 0.25 m^2/g 以下のBET (Brunauer, Emmett 及び Teller) 表面積を有する1以上の電極活物質、(c) 1以上の電極活物質上のコーティング、(d) ドーパントを有する1以上の電極活物質、(e) 1以上の電極活物質を不動態化する1以上の電解質添加物、(f) 電解質に高濃度塩を採用すること、又はこれらの任意の組合せを含む1以上の不動態化要素で構成され得る。

【0006】

本開示の他の態様は、電池セルを電池セルによるパワーによって少なくとも T_p まで昇温させるように構成された内部抵抗器を備える1以上の電池セルを有する電池を動作させる方法を含む。その方法は、電池セルの温度が T_p 未満の場合に電池セルを T_p まで内部的に昇温させるステップと、電池セルの温度を T_p 以上としつつ電池セルによって外部負荷に給電するステップとを含む。その方法は、電池セルが外部負荷に給電していない場合に電池セルを T_p 未満に冷却するステップをさらに含み得る。

【0007】

本発明の追加の有利な効果は、当業者には以下の詳細な説明から直ちに明らかとなり、本発明の好適な実施形態のみが、単に、本発明を実施する際の考えられる最良の形態の例示として図示及び記載される。認識されるように、本発明は他の及び様々な実施形態を可能とし、その幾つかの詳細は全て本発明から逸脱することなく種々の自明な点において変形可能である。したがって、図面及び説明は、例示的な性質のものとしてみなされ、限定的なものとしてみなされるべきではない。

【0008】

添付図面が参照され、同一の符号の記載を有する要素は全体を通じて同様の要素を示す。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、電池材料の反応性と安定性の間のトレードオフを示すチャートである。

【図2】図2A及び図2Bは、従来の電池(図2B)と比較した、本開示の実施形態による安定的な電池(図2A)の反応性対時間の関係をグラフで説明するプロットである。

【図3】図3Aは、本開示の実施例による、電池セルを少なくとも温度 T

【図3】p

【図3】まで昇温させるように構成された内部抵抗器を有する電池セルを示す。図3Bは、本開示の実施形態による安定的な電池のための電気回路を示す。

【図4】図4は、比較例の電池並びに実施例1及び2によって準備された電池の測定電荷

10

20

30

40

50

移動抵抗のプロットである。

【図5】図5は、実施例2によって準備された電池セル（右側プロット）対比較例の電池セル（左側プロット）の釘刺し中のセル電圧及び温度上昇のプロットを示す。両セルは、パウチセルの形態で公称容量2.8Ahを有し、同じグラファイトアノード材料及びNMC622カソード材料を備える。比較例の電池セルは、標準的電解質：EC/EMC（3/7重量）+2%VCにおいて1MのLiPF

【図5】6

【図5】で準備された。実施例2の電池セルは、EC/EMC（1/9重量）+2%VC+3% FEC+1% TAPにおける1M LiPF

【図5】6

【図5】の電解質で準備された。

【図6】図6Aは、比較例並びに実施例1及び2についての電池セルの50%充電状態における放電の直流抵抗（DCR）を示すプロットである。図6Bは、比較例並びに実施例1及び2についての電池セルの50%充電状態における充電の直流抵抗（DCR）を示すプロットである。

【図7】図7は、60℃でのサイクル中の比較例の電池セル並びに実施例1及び2の電池セルの容量維持率のプロットである。サイクル条件は、4.2Vまで1Cの充電、C/20まで定電流定電圧（CCCV）、そして2.8Vまで1Cの放電とした。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本開示は、反応性が低く安定性の高い電極及び電解質材料を用いることによって電池の安全性及び低劣化性又は長寿命化が促進される一方で、外部負荷に給電する必要があるときに、すなわち、オンデマンドで、電池の高いパワーが熱的刺激によって電気化学活性を増加させることによって与えられる新たなクラスの電池に向けられる。すなわち、本開示による安定的な電池についての電池材料の開発は電池の安定性に着目しており、安定性が高いほど好適である。これは、従来の電池材料が、より高いパワー生成へのますます高まるニーズを満たすべく高い反応性を与えるように設計される点において、電池材料設計に対する従来のアプローチとは逆の方向性のものである。

【0011】

背景技術の章で説明したように、いずれの電池材料の反応性と安定性の間にも本来的な相反がある（図1参照）。高い反応性は高出力及び高性能をもたらすが、高い反応性は材料の大きな劣化をももたらす。一方、高い安定性は、高い安全性及び長いカレンダー寿命を促進する。従来の電池は、電池の安全性を犠牲にして高出力の要求を満たす。

【0012】

有利なことに、本開示の電池は、25℃などの雰囲気温度付近で低い反応性を有する材料を用いることによって高い安定性及び高い本質的安全性を有するように構成される。そのような設計は、従来の電池開発のパラダイムを完全に覆すものである。図2A及び2Bは、従来の電池と比較して、本開示の電池についての電池材料設計に対する異なるアプローチを示す。

【0013】

図2Aに示すように、本開示の安定的な電池は、低い電気化学反応性を有することで特徴付けられる基底状態、及び一層高い電気化学反応性を有することで特徴付けられる性能発揮状態を含むように構成される。比較として、従来の電池の電池材料は、図2Bに示すように、一層高い電気化学反応性を有する性能発揮状態に対して設計されるので、一層危険な電池になってしまう。

【0014】

したがって、本開示の電池及び電池セルの態様によると、電池材料は、従来の電池設計のように性能発揮状態に対してではなく、原則として基底状態に対して設計される。基底状態は性能発揮状態よりも大幅に低い電気化学反応性を有するので、基底状態に応じて選択される電池材料は電池を一層安定的なものとし、高い安全性、少ない劣化及び少ない自己

10

20

30

40

50

放電をもたらす。一方、本開示による安定的な電池は、要求に応じて、熱的刺激によって活性化されることにより、従来の高い反応性の電池に匹敵する電気化学反応性に達し、したがって十分なパワー出力を外部負荷に供給する（図2A）。すなわち、本開示による電池及び電池セルは、従来の電池よりも一層安定的でかつ低反応の電極及び電解質材料で構成され、それにより、より高い安全性をもたらす。

【0015】

本開示の実施例では、電池セルは、雰囲気温度で安定的な材料、及び少なくとも性能発揮状態の温度（ T_p ）以上まで電池セルを昇温させるように構成された内部抵抗器で構成される。本開示の安定的な電池は、これに限定されないが、リチウムイオン電池、リチウムポリマー電池、ニッケル・マンガン・コバルト電池、ニッケル水素電池、リチウム硫黄電池、リチウム空気電池及び固体電池などの種々の電池化学特性を含み得る。そのような電池は、家電製品、輸送、宇宙、軍事及び定置型エネルギー貯蔵の用途に有用である。

10

【0016】

本開示の電池セルの基本要素は、電極活物質（アノード及びカソード活物質）を有する電極、セパレータ、電解質、筐体及び端子を含む。例えば、本開示の電池セルは、集電体上にコーティングされたアノード電極、セパレータ、他の集電体上にコーティングされたカソード電極、並びに1以上の塩及び／又は1以上の添加物を有する電解質を含み得る。

【0017】

リチウムイオン電池及びセルは、本開示のアプローチから有利に利益を受けることができる。リチウムイオン電池は、シートの形態をとり、ゼリーロールに積層され又は巻かれてパウチカバー又はハードケースなどの筐体に封入され得るアノード電極、セパレータ及びカソード電極の1つ以上を含む。筐体は、1以上の塩及び／又は1以上の添加物を有する電解質を含み得る。

20

【0018】

本開示の電池セルに有用なカソード活物質は、例えば、コバルト酸リチウム、リン酸鉄リチウム、マンガン酸リチウム、ニッケル・コバルト・マンガン系リチウム酸化物、リチウムリッチ層状酸化物又はその混合物などを含み得る。

【0019】

本開示の電池セルに有用なアノード活物質は、例えば、グラファイト、シリコン、シリコン合金、リチウム金属、チタン酸リチウムなどのリチウム合金、それらの混合物などを含み得る。

30

【0020】

広範な溶媒媒体が、例えば、カーボネート、エーテル及びアセテートなど、本開示の電池セルの電解質として使用され得る。本開示の一態様では、電解質は、炭酸ジメチル（DMC）、炭酸ジエチル（DEC）、炭酸エチルメチル（EMC）、炭酸エチレン（EC）、炭酸プロピレン（PC）、炭酸ビニレン（VC）、炭酸フルオロエチレン（FEC）などの1以上の炭酸溶媒を含む。電解質は、電池の安定性を向上するように活性電極材料上のコーティングなどの堆積物を形成するのに有用な添加物も含み得る。そのような添加物は、例えば、炭酸ビニレン（VC）、炭酸フルオロエチレン（FEC）、リン酸トリアルルなどを含む。

40

【0021】

リチウムイオン電池セルについて、ヘキサフルオロリン酸リチウム（ LiPF_6 ）、テトラフルオロホウ酸リチウム（ LiBF_4 ）、過塩素酸リチウム（ LiClO_4 ）、ヘキサフルオロアルセン酸リチウム（ LiAsF_6 ）、トリフラートリチウム（ LiSO_3CF_3 ）、ビスパーフルオロエタンスルホンイミド（BETI）リチウム（ $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_2\text{F}_5)_2$ ）など、これらの混合物など、種々のリチウム塩が電解質に添加され得る。

【0022】

カソード若しくはアノード活物質及び／又は電解質材料の1以上は、事実上、特定条件下では安定的でない場合もあるが、アノード及びカソード並びに電解質のための活物質を含む材料は、反応性を低くするために構成されるので、無負荷期間中では安定かつ安全とな

50

る。

【0023】

本開示の態様によると、電池セルは、雰囲気温度において安定的な材料で構成される。本開示の実施例による電池は、電池セルによるパワーによって電池セルを少なくとも性能発揮状態の温度 (T_p) まで昇温させるように構成された内部抵抗器を有する1以上の電池セルを含む。内部抵抗器は、要求に応じて電池セルを少なくとも T_p まで昇温させ、その温度では、セルの電気化学反応性は、例えば、温度 25°C での基底状態の温度 (T_b) での電池セルの電気化学活性と比較した場合に T_p において、少なくとも4の倍数で高く、例えば、少なくとも4~5倍高くなる。電池セルの電気化学活性は、電荷移動抵抗を測定することによってなど、離散的な温度で電池セルの内部抵抗を測定することによって決定可能である。電荷移動抵抗は、電池セルが 25°C であるときの電気化学インピーダンス分光法における半円のサイズとして決定可能である。そのような決定の一例として、A. J. Bard 及び L. R. Faulkner、Electrochemical Methods、p. 386、Wiley & Sons、2001が参照される。

10

【0024】

特定の実施形態では、本開示の電池セルは1以上の不動態化要素を有し、その1以上の不動態化要素は、電池セルの電荷移動抵抗を1以上の不動態化要素なしの電池セルに対して少なくとも4倍増加させる。他の実施形態では、本開示の電池セルは1以上の不動態化要素を有し、その1以上の不動態化要素は、電池セルの直流抵抗 (DCR) を1以上の不動態化要素なしの電池セルに対して50%超増加させる。

20

【0025】

更なる実施形態では、本開示の電池セルは、電池セルが温度 T_p にある場合の直流抵抗値と比較して、電池セルが温度 25°C である場合に高い直流抵抗値 (充電又は放電の値) を有する。

【0026】

本開示の安定的な電池セルは、電池セルの少なくとも性能発揮状態の温度 (T_p) 以上までの温度に電池セルを昇温させるように構成された内部抵抗器で構成される。本開示の電池セルの性能発揮状態の温度 (T_p) は、少なくとも 45°C 、例えば、少なくとも 50°C 、 55°C 、 60°C 、 65°C 、 70°C 、 75°C 、 80°C などの通常の雰囲気条件より高い温度に優先的に設定される。本開示の実施形態では、 T_p は、 50°C 以上 60°C 以下の温度など、 45°C 以上 65°C 以下の温度である。

30

【0027】

本開示の電池セルによると、電池パワーは、電池の使用に応じて、例えば 45°C 以上までセルを内部的に自己発熱することによって出力されるので、パワー生成のために電気化学反応性を数倍増加させる。したがって、本開示の電池セルと従来のセルとの間の大きな相違は、自己発熱による電気化学反応性の変調によって、電池材料によって生成される高い電池安全性及び低い劣化性が高い電池パワーから分離されていることである。他の相違は、本開示の安定的な電池における電気化学界面の反応性が分単位から秒単位の期間内で能動的に変調可能であるが、従来の電池における反応性は受動的に進行するだけであるということである。

40

【0028】

本開示の安定的な電池セルは、本来的に電気化学反応性の低い材料若しくは反応の少ない活物質の形態を使用すること、電気化学反応性を低下させる1以上の不動態化添加物の使用、又はこれらの組合せによるなど、多数の態様で構成され得る。ここで、これらの電気化学反応性の低い材料及び不動態化添加物又は添加剤を1以上の不動態化要素という。

【0029】

本開示の実施例による電池セルの安全性は、1以上の不動態化要素に由来する。電池によるパワーは、内部加熱によって反応速度及びイオン移送を一時的に上昇させることに起因する。特定の態様では、1以上の不動態化要素は、例えば、(a) 1以上の電極活物質、例えば、 $20\text{ }\mu\text{m}$ より大きな平均粒子サイズを有するカソード又はアノード電気活物質、

50

(b) $0.25 \text{ m}^2/\text{g}$ 以下のBET (Brunauer、Emmett及びTeller) 表面積を有する1以上の電極活物質、(c) 1以上の電極活物質上のコーティング、(d) ドーパントを有する1以上の電極活物質、(e) 1以上の電極活物質を不動態化する1以上の電解質添加物、又はこれらの任意の組合せを含み得る。

【0030】

例えば、本開示による安定的な電池セルを構成する1つの態様は、アノード活物質を有するアノード及びカソード活物質を有するカソードを形成することであり、アノード活物質若しくはカソード活物質又はその両方は、比較的大きな平均粒子サイズD50の粒子を有する。活物質又は大きな平均粒子の材料は、より低い電気活性を有する。例えば、アノード若しくはカソード活物質又はその両方についての平均粒子サイズ、すなわち、D50は、 $20 \mu\text{m}$ 超又は $30 \mu\text{m}$ 超など、 $15 \mu\text{m}$ 超のものであり得る。約 $15 \sim 30 \mu\text{m}$ の範囲は、従来の電池に使用される活物質の平均サイズの約2倍である。活物質の粒子が大きいほど、電極のタップ密度及びそれゆえ電池セルのエネルギー密度も増加する。

【0031】

本開示による安定的な電池セルを構成する他の態様は、 $0.5 \text{ m}^2/\text{g}$ 以下の表面積などの比較的小さなBET (Brunauer、Emmett及びTeller) 表面積を有するアノード電極若しくはカソード電極又はその両方を形成することである。例えば、本開示の電池セルは、 $0.5 \text{ m}^2/\text{g}$ 未満、例えば、 $0.25 \text{ m}^2/\text{g}$ 以下のBETを有するグラファイト材料を含むアノード、及び／又は $0.25 \text{ m}^2/\text{g}$ 若しくは $0.25 \text{ m}^2/\text{g}$ 未満のBETを有するNMC材料などのカソード材料で構成され得る。

【0032】

本開示の安定的な電池セルを実施する更に他の態様では、副細孔のない滑らかな主粒子をアノード及びカソード活物質が有する電池セルを構成することができる。そのような活物質の単一サイズの粉末は、低BET表面積ともなる。低BET面積及び／又は大きなサイズのアノード及びカソード粉末は、電極-電解質界面反応性を低減するので、結果として得られる電池に、より高い安定性及び安全性を与える。

【0033】

本開示の安定的な電池セルを実施する更に他の態様では、アノード活物質若しくはカソード活物質又はその両方が活物質を安定化するようにドーピングされた電池セルが構成可能となる。そのようなドーパントは、例えば、Al、Mg、Mn、Coなどを含み得る。Al、Mg、Mn及びCoによるNiの部分的な置換は、 Ni^{2+} と Li^+ の間のカチオン混合を阻害するとともに充放電中に複数の相転移を抑制することによって高容量層状酸化物の構造的安定化及び熱的安定性を向上し得る。層状酸化物は、Niリッチ酸化物及びLiリッチ酸化物を含む。

【0034】

本開示の安定的な電池セルを実施する他の態様では、アノード活物質若しくはカソード活物質又はその両方が表面反応性を減少させ、それにより表面安定性を増加させるように表面コーティングを有する電池セルが構成可能となる。例えば、電池セルの電解質は、電極活物質を堆積又はコーティングすることができる1以上の不動態化添加物を含み得る。そのような溶媒添加物は、例えば、リン酸トリアリル (TAP)、FEC及びVCを含む。そのような塩添加物は、ビス (シュウ酸) ホウ酸リチウム (LiBOB)、ジフルオロロシュウ酸ホウ酸リチウム (LiDFOB) 及び他の好適なホウ素含有不動態化有機塩を含む。

【0035】

本開示の実施形態では、電池セルは、TAP、FEC、VCなどの1以上又はこれらの組合せを含有する電解質を含む。そのような添加物は、約0.5重量%～約5重量%の量で電解質とともに含有され得る。そのような添加物は、厚く強固な表面膜を形成してアノード及びカソード活物質を保護し、すなわち、材料の安定性を高めるように添加可能である。有利なことに、本開示の電解質は、20重量%未満のECを含有して高温化学安定性をさらに高める。

【0036】

本開示の他の実施形態では、電池セル、例えば、1以上の電池セルは、約室温（すなわち、 25°C ）より高い温度、例えば、約 30°C 、 35°C 、 40°C 、 45°C 、 50°C より高い温度において、固相－液相転移を経験する電解質を含む。好ましくは、そのような単数又は複数の電池セルは、約 25°C よりも高いが単数又は複数の電池セルの性能発揮状態の温度（ T_p ）よりも低い温度において固相－液相転移を経験する電解質を含む。例えば、電池の1以上のセル又は全てのセルにおける電解質は、約 25°C 、 30°C 、 35°C 、又は 40°C ～約 45°C 、 50°C 、 60°C 、 65°C 、 70°C 、 75°C 、又は 80°C 及びこれらの間の値など、約 25°C ～約 65°C の温度において固相－液相転移を経験し得る。例えば、炭酸エチレン（EC）は、 35°C 程度の融点を有する。高い割合のECを有する電解質は、室温において固体となり得るものであり、高い物理的安定性のための低いイオン伝導性を示すが、セルの動作温度、例えば、 60°C 以上において液体に変化し得るので、高いパワー出力のための高いイオン伝導性を示す。

10

【0037】

さらに、電解質とともに使用される塩の量は、電池セルの安定性を高めるように調整可能である。例えば、電解質は、4モル／リットル（4M）より高い塩濃度で高濃度に濃縮され得る。高濃度に（例えば、約4Mより高く）濃縮された電解質では、リチウムイオンとの反応に利用可能な溶媒分子がほとんど又は全くなく、このように、これらの高濃度に濃縮された電解質は、1又は1.2Mの塩での希釈電解質よりも大幅に熱的に安定となる。

【0038】

本開示の他の態様では、電解質は、ポリマー電解質、硫化物電解質又は酸化物電解質である。もう一つの実施形態では、電解質は、イオン性の液体である。

20

【0039】

本開示の安定的な電池の高いパワー出力は、熱的刺激によって電池の電気化学活性を増加させることによって与えられる。図3Aは、本開示の一実施例による電池セルを加熱するように構成された内部抵抗器を模式的に示す。図3Aの特定の実施例に示すように、電池セルは、電極セパレータアセンブリの中央に挿入された2つのタブを有する抵抗シート（例えば、ニッケル箔）で構成される。抵抗シートの方のタブは負極端子に電氣的に接続される一方、他方のタブは、正極端子に同様に電氣的に接続されたスイッチに同様に電氣的に接続された活性端子に電氣的に接続される。さらに、スイッチは、電池セル内部に加

30

【0040】

熱要素とともに配置され得る。電池セルは、正極端子に電氣的に接続されたカソード電極、負極端子に電氣的に接続されたアノード電極、及び筐体に収容された電解質をさらに含む。セルは、説明の便宜上不図示のセパレータを電極間にさらに含む。図3Aの電池セルの構成の電気回路を図3Bに模式的に示す。

40

【0041】

本開示の実施形態では、加熱要素は、（電解質に露出した）電池セル内部の1以上の抵抗シートを備える。抵抗シートは、好ましくは、0.1～5をアンペア時間（Ah）単位の電池容量で除した数値、例えば、約0.5～2をAh単位の電池容量で除した数値に等しいオームの単位での抵抗値を有する。例えば、20Ah電池に対する抵抗シートは、好ましくは、約0.005オーム（ $0.1 \div 20$ ）～約0.25オーム（ $5 \div 20$ ）、例えば

50

、約0.025オーム(0.5÷20)～約0.1オーム(2÷20)である。

【0042】

本開示の抵抗シートは、例えば、グラファイト、高配向性熱分解黒鉛(HOPG)、ステンレス鋼、ニッケル、クロム、ニクロム、銅、アルミニウム、チタン、又はこれらの組合せからなり得る。特定の実施形態では、本開示の抵抗シートは、好ましくは、電池構成要素との良好な熱伝達を有することができるように大きな表面積で平坦である。本開示の抵抗シートは、約5～100マイクロメートルの好適な範囲で、約1マイクロメートル～約200マイクロメートルの厚さを有し得る。高い電気抵抗、高い熱伝導性及び低コストの抵抗シートは、本開示の特定の実施形態に有用である。

【0043】

抵抗シートの抵抗値は、シートをパターニングすること、すなわち、抵抗シートから材料を除去することによって調整可能である。パターニングによって抵抗シートが機械的強度及び溶接性のための十分な厚さを有しつつも低下した抵抗値を有することが可能となる。丸みを帯びた角を有するパターンは、パターンの角において温度上昇を低減する効果を有する。パターニングされた抵抗シートは、フォトリソグラフィ、電気放電加工、ウォータージェット切削加工、レーザ切削加工、プレス加工などによって製造可能である。

【0044】

ある実施形態では、抵抗シートの表面の大部分は、電解質との望まれない化学反応又は電氣的接触を最小化するようにコーティングされ得る。保護コーティングは、熱伝導性であり、電気絶縁性であり、及び電池セル内で化学的に安定であるべきである。そのようなコーティングは、ポリマー、金属酸化物及びその他を含み得る。保護コーティングのためのポリマー材料の例は、ポリエチレン、ポリプロピレン、塩素化ポリプロピレン、ポリエステル、ポリイミド、PVDF、PTFE、ナイロン若しくはそれらの重合体又はそれらの組合せを含む。保護コーティングのための金属酸化物材料の例は、Mg、Al、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn及びこれらの組合せの酸化物を含む。保護コーティングは、高い誘電率を有することが好ましい。ある実施形態では、抵抗シートと保護コーティングの間に接着剤が使用されてもよい。保護コーティングの厚さは、10nm～100μm、好ましくは10nm～50μmの間であり得る。コーティングは、良好な伝熱を可能とするほどに充分に薄くても抵抗シートを電池セル内部の電解質との接触から保護するように不浸透性であるべきである。保護コーティングは、テーピング、積層、浸漬コーティング、スピンコーティング、スプレーコーティング、化学蒸着、原子層堆積、溶液流延、電気メッキ、自己組織化単分子膜、ステレオリソグラフィ、表面酸化、及びその他などの方法によって抵抗シート上に塗布され得る。

【0045】

電池セルによるパワーによって電池セルを加熱するように構成された内部抵抗器は、電気機械リレー及び温度コントローラ、又は温度センサ付き半導体リレー、温度センサ付きパワーMOSFET(金属酸化物半導体電界効果トランジスタ)、温度センサ付き大電流スイッチ若しくはIGBT(絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ)で構成可能なスイッチを含み得る。本開示のスイッチは、電池セルの内部又は外部に配置され得る。スイッチが電池セルの内部に位置する場合、スイッチ、例えば、MOSFETは、抵抗シートに一体化されて、電池セルの外部からスイッチを制御するように電池セルから引き出されるゲートワイヤと平坦な基板を形成する。

【0046】

本開示のスイッチは、まず、室温から電池セルを予熱するように作動され得る。これは、より安定的な電極及び電解質材料の使用と併せて好適である。これは、低い反応性の安定的な電池材料が高温で増強されることで十分なパワー生成のための高い反応性をもたらすことができるからである。

【0047】

電池セルによるパワーによって電池セルを加熱するように構成された内部抵抗器の昇温速度は、少なくとも20、40、50、100及び200℃/分のように、少なくとも5℃

10

20

30

40

50

／分であることが好ましく、少なくとも $10^{\circ}\text{C}/\text{分}$ であることがより好ましい。例えば、使用前における 20°C の温度上昇に対して、内部抵抗器が $5^{\circ}\text{C}/\text{分}$ の昇温速度で構成されれば4分未満の加熱しか要さない。そのような期間は、一般に、多数の用途に対してそのような電池を使用する際の利便性に最小限の影響しか与えない。

【0048】

本開示の他の態様は、安定的な電池セルを使用する方法を伴う。そのような方法は、電池セルによるパワーによって電池セルを加熱するように構成された内部抵抗器、及び電池セルが性能発揮状態の温度(T_p)未満である場合にそのような電池セルを少なくとも T_p まで昇温させる動作を有する電池セルを含む。そのような動作は、例えば、図3Aに示すようにスイッチを作動させることによって実現され得る。この構成では、電池セルは、電池セル自体によるパワーによって抵抗シートに給電して電池セルを加熱する。

10

【0049】

本開示の方法の他の動作は、電池セルの温度が少なくとも T_p 以上である間は、電池セルに電氣的に接続された外部負荷に電池セルを介して給電することを含む。電池セルを動作させることで熱を発生させ、この熱は電池の温度を T_p 以上に維持するのに使用され得る。したがって、本開示の電池セルを動作させる追加の方法は、電池セルの温度が T_p 以上である場合に電池セルを加熱するように構成された内部抵抗器を作動停止させることをさらに含み得る。そのような動作は、電池セルを T_p 未満に冷却し、電池セルが外部負荷に給電していない場合に実施される。

【0050】

本開示の電池セルの特定の実施例では、電池セルは、 T_p 未満である場合を除いて外部負荷に給電するには十分な電気化学活性を有さない。このように、本開示の電池セルは、不使用時に本来的により安全である。先に説明したように、本開示の電池セルは、温度約 25°C における電池セルの電気化学活性と比較して温度 T_p において少なくとも4倍高い電気化学活性を有する。

20

【0051】

特定の実施形態では、本開示の電池セルの性能発揮温度は、少なくとも 45°C 、例えば、少なくとも 50°C 、 55°C 、 60°C 、 65°C など、通常の雰囲気条件より高い温度に優先的に設定される。本開示の実施形態では、 T_p は、 50°C 以上 60°C 以下の温度などの 45°C 以上 65°C 以下の温度である。

30

【0052】

以下、本発明を以下の実施例及び試験実施例によってより詳細に説明する。以下の実施例及び試験実施例は、本発明をさらに説明するものであり、本発明の範囲はこれらによってどのようにも限定され得ない。

【実施例】

【0053】

約 2.8Ah の容量の幾つかのパウチセルを $\text{LiNi}_{0.6}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}\text{O}_2$ (NMC622)をカソード活物質として、グラファイトをアノード活物質として用いて組み立てた。負電極-正電極容量比、すなわち、NP比を1.2に維持した。各 2.8Ah パウチセルは、21層のアノード層及び20層のカソード層の積層体を含んでいた。厚さ $25\mu\text{m}$ のCelgard-2325セパレータを電極層間に用いた。正電極におけるNMC622及び負電極におけるグラファイトの含有量をそれぞれ $10.5\text{mg}/\text{cm}^2$ 及び $6.6\text{mg}/\text{cm}^2$ とした。カソードを、N-メチルピロリドン(NMP)溶媒を含有するスラリーを $15\mu\text{m}$ 厚のAl箔上にコーティングすることによって準備した。スラリーは、乾燥重量単位で、NCM622(91.5重量%)、Super-P(Timcal)(4.1重量%)及びフッ化ポリビニリデン(PVdF、Arkemaから入手可能)(4.4重量%)をバインダとして含有した。アノードを、脱イオン(DI)水系スラリーを $10\mu\text{m}$ 厚のCu箔上にコーティングすることによって準備し、その乾燥材料はグラファイト(95.4重量%)、Super-P(1.0重量%)、スチレンブタジエンゴムSBR(Zeon)(2.2重量%)及びCMC(第一工業製薬)(1.4重量%)

40

50

）を含んでいた。各パウチセルは、 $110\text{ mm} \times 56\text{ mm}$ のフットプリント面積を有し、重量は 68 g であり、 150 Wh/kg の比エネルギーの 2.8 Ah 公称容量及び 310 Wh/L のエネルギー密度を有していた。

【0054】

比較例：比較例として、上述のパウチセルの幾つかを、電解質として、電気自動車の電池で現在使用されている一般的な電解質であるEC/EMC（重量で3：7）+2%VCに溶解した1MのLiPF₆で満たした。

【0055】

実施例1及び2は、EC/FEC/EMC+2%VCと、添加物として添加された1～2重量%のリン酸トリアリル（TAP）との混合物に溶解した1MのLiPF₆を用いる。具体的には、実施例1の電池セルをEC/EMC（1/9重量）+2%VC+1%TAPにおける1MのLiPF₆で準備し、実施例2の電池セルをEC/EMC（1/9重量）+2%VC+3%FEC+1%TAPにおける1MのLiPF₆で準備した。高温では格子酸素がNMCカソード材料から放出し、ECと反応してCO₂、CO及びH₂Oを生成する傾向にあるため、実施例1及び2の双方とも、電解質をより高温耐性化するように20%未満のECを含有する。一方、所定量のECは強固な固体電解質界面相（SEI）の層をグラファイト上に形成してアノード活物質を保護する必要がある。ECの量は、好ましくは、10重量%以下である。FECは、帯電した電極への熱的安定性を増加させることが知られており、アノード/電解質界面をさらに安定化させるように復元力のあるSEI層をグラファイトアノード上に形成することが好適である。電解質添加物としてのリン酸トリアリルの重合化は、NMC正電極の表面において厚い固体電解質界面相膜を形成し、溶媒がNMC材料に接触するのを阻止するので界面安定性を高める。

【0056】

比較例並びに実施例1及び2におけるセルの性能及び診断試験を様々な温度及び種々のCレートで実施した。パウチセルのサイクルエージング試験を、LAND電池試験システムを用いて実行した。強制送風オーブンをを用いて様々な雰囲気温度を制御した。各エージングサイクルについて、セルを、2Aの定電流で4.2Vまで充電し（1Cレート）、その後、電流が0.1Aに減少するまで4.2Vの定電圧で充電した（C/20）。5分間休止後、セルを2Aの定電流で2.8Vまで放電した（1Cレート）。その後、さらに5分間休止した。エージングサイクル数が指定値（例えば、400、1000サイクル）に達すると、セルをC/3の充放電レートで反復させてセルの容量を特定した（C/3容量として示す）。様々な温度におけるインピーダンス試験について、セルを完全に充電してからC/3レートで90%SOCまで放電した。インピーダンス試験は、50kHz～0.005Hzの周波数範囲で5mVのAC電圧振幅で実行した。DCR試験について、セルを完全に充電してからC/3レートで50%SOCまで放電した。5Cの放電レート及び3.75Cの充電レートを用いて放電中のDCR_{dis}及び充電中のDCR_{ch}の直流抵抗の値を特定した。

【0057】

カレンダーエージング試験を、様々な雰囲気温度及び充電状態（SOC）で実行した。強制送風オーブンをを用いて様々な雰囲気温度を制御した。セル電圧を、LAND機器電池試験システムによって一定に維持した。電圧は、SOCに関係した。カレンダーエージング時間が指定値（例えば、25、60、100日）に達すると、セルをC/3の充放電レートで反復させてセルの容量を特定した。その後、パウチセルのインピーダンス試験を室温において50kHz～0.005Hzの周波数範囲で5mVのAC電圧振幅で実行した。カレンダーエージングされたセルに対するDCR試験は、サイクルエージングされたセルに対するものと同じであった。

【0058】

図4は、新規の電池の電荷移動抵抗を示す。電荷移動抵抗は、電池セルの電気化学活性の逆数に等しい。図面で確認されるように、実施例1及び2のセルの電荷移動抵抗は、比較例について準備されたセルの約4～5倍であった。具体的には、実施例1及び2は、40

～55オーム×cm²、すなわち、等価的に0.085～0.13オーム×Ahの範囲に電荷移動抵抗を有する。比較例の電池セルは、10オーム×cm²の電荷移動抵抗を有していた。これは、新規の電池である実施例1及び2は室温においてより一層安定的であることを示す。

【0059】

結果として、図5から明らかな比較例及び実施例2の釘刺し試験の結果は、セル温度が比較例では約1000℃に達したが実施例2では100℃未満であった点で全く異なる。これらの釘刺しの結果は、本開示の態様、すなわち、実施例2による安定的な電池が従来の例よりも大幅に安全であることを明示するものである。

【0060】

図6A及び6Bは、温度の関数として、比較例、実施例1及び実施例2の電池について50%充電状態における放電及び充電の直流抵抗(DCR)を比較する。比較例についての放電のDCRは、室温25℃の近傍となる22℃の動作温度において31オーム×cm²である。比較として、実施例2についてのDCRは、60℃の動作温度において18オーム×cm²である。放電パワーはDCRに反比例するので、実施例2の放電パワーは比較例の放電パワーの172%となる。同様に、実施例2の充電パワーは、比較例の約152%である。(すなわち、比較例の充電のDCRは22℃の動作温度において28オーム×cm²であるのに対し、実施例2のDCRは60℃の動作温度において18.5オーム×cm²である。)これらの結果は、実施例2の電池を60℃の高温で動作させることによって、放電及び充電の両パワーは室温で動作される比較例のものよりも高くなることを明示する。

【0061】

図7は、比較例と実施例1及び2との、4.2Vまで1C充電、C/20まで定電流定電圧(CCCV)、そして2.8Vまで1C放電の60℃でのサイクル中の容量維持率を比較する。明らかなこととして、比較例は、500サイクル未満で20%の容量喪失となるのに対して、実施例2は20%容量喪失に達するまでに2000サイクル超を達成することができる。したがって、本発明の実施例2の電池の安定性及び長いサイクル寿命が、明示されている。

【0062】

まとめると、本発明、すなわち、図6A及び6Bに示すような実施例1及び2の安定的な電池は、従来技術の比較例よりも、放電及び充電中にそれぞれ72%及び52%多いパワーを出力することができる。同時に、実施例1及び2の安全性及びサイクル性は、それぞれ図5及び7に示すように、従来の電池セルの比較例よりも大幅に良好となる。

【0063】

本発明の好適な実施形態及びその汎用性の実施例が、本開示において図示及び説明されている。本発明は、種々の他の組合せ及び環境において使用可能であり、ここに表現されるような進歩的な概念の範囲内で変更又は変形可能であることが理解されるべきである。したがって、例えば、当業者であれば、ルーチン的な実験以上のことを行うことなく、ここに記載される具体的な物質、手順及び構成に対する多数の均等物を認識し、又は確かめることができる。そのような均等物は、本発明の範囲内のものとみなされ、以下の特許請求の範囲に包含される。

10

20

30

40

【図 1】

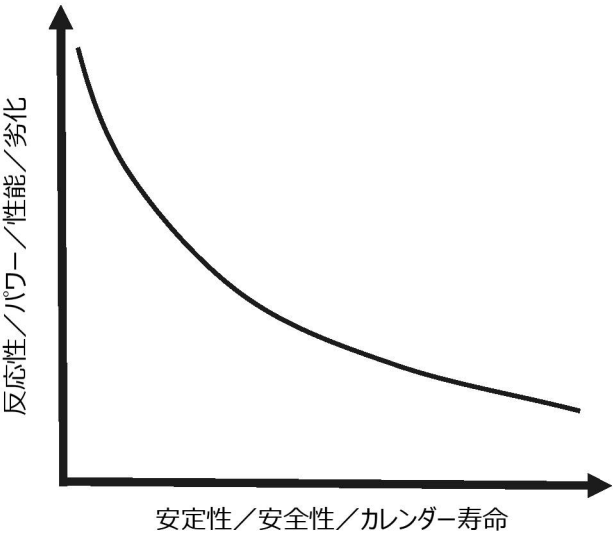


図 1

【図 2】

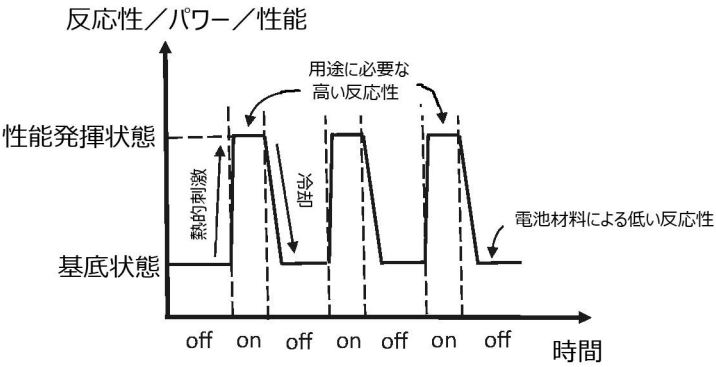


図 2 A

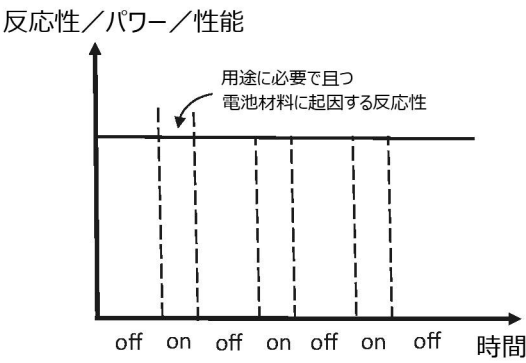


図 2 B

【図 3】

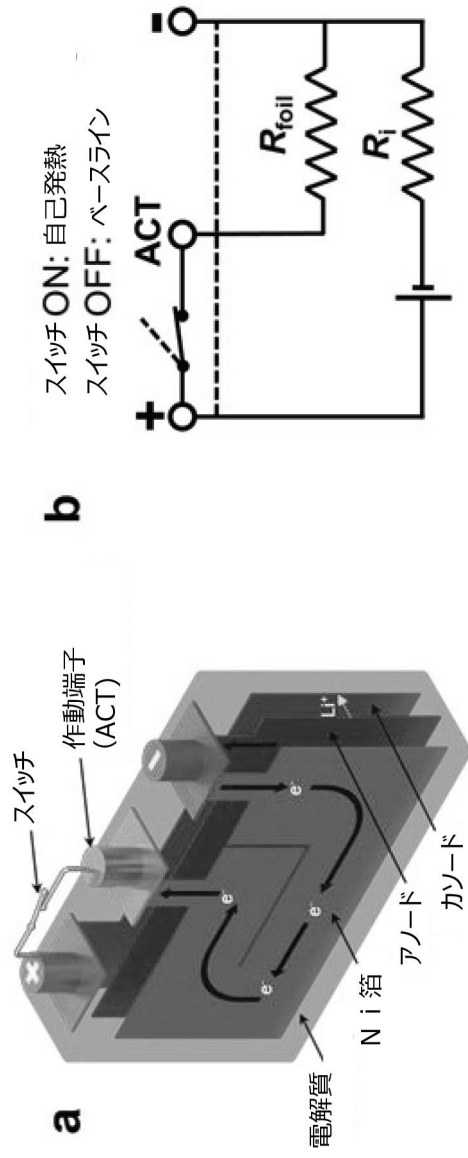


図 3 B

図 3 A

10

20

30

40

50

【図 4】

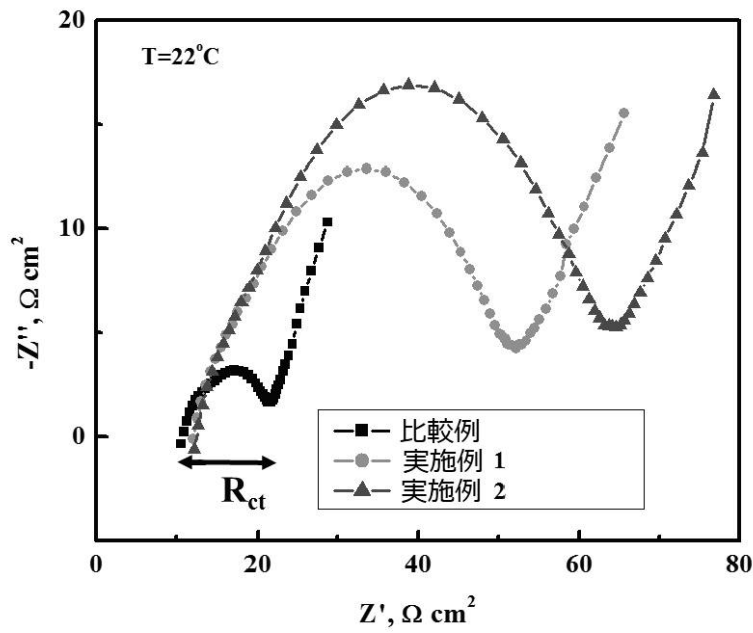


図 4

【図 5】

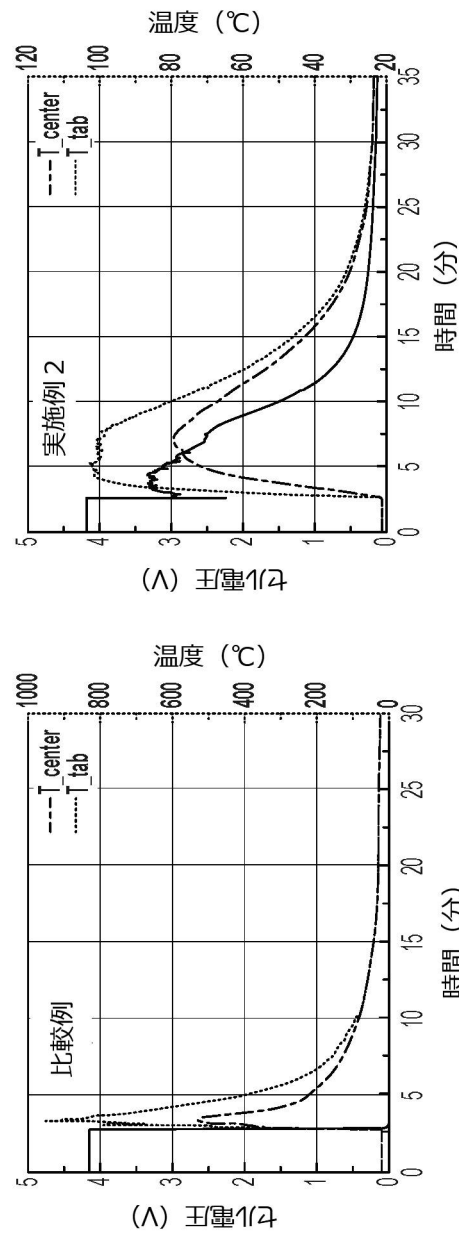


図 5

10

20

30

40

50

【図 6】

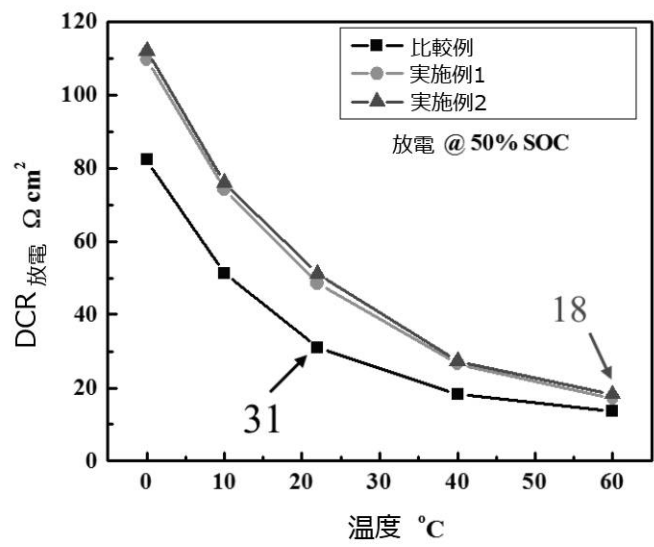


図 6 A

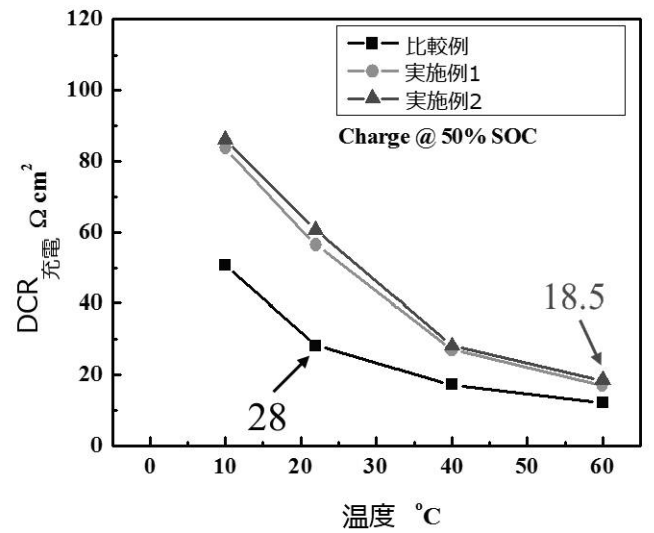


図 6 B

【図 7】

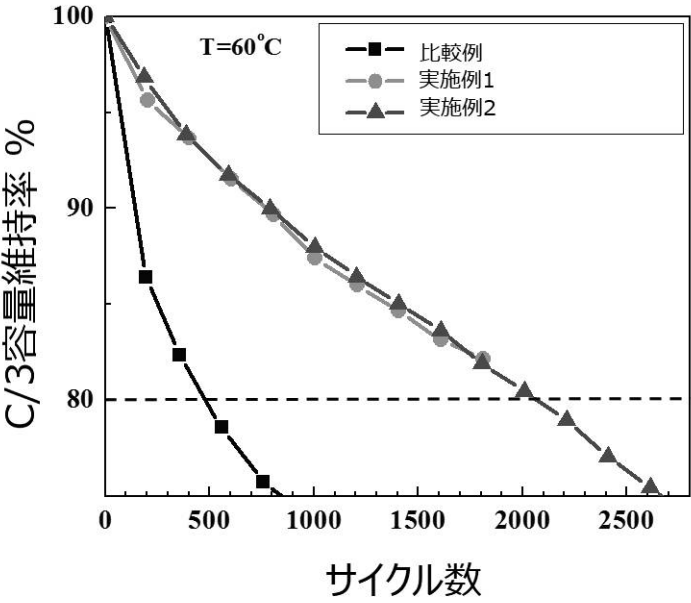


図 7

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2020/017825
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01M 10/637(2014.01)i, H01M 10/615(2014.01)i, H01M 4/525(2010.01)i, H01M 4/587(2010.01)i, H01M 10/0567(2010.01)i, H01M 10/0562(2010.01)i, H01M 10/0525(2010.01)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 10/637; B22F 1/00; B22F 1/02; B60L 11/18; H01M 10/615; H01M 10/6571; H05B 1/02; H01M 4/525; H01M 4/587; H01M 10/0567; H01M 10/0562; H01M 10/0525 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: battery, internal resistor, passivating element, temperature, charge-transfer resistance		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	XIA, J. et al., "Study of triallyl phosphate as an electrolyte additive for high voltage lithium-ion cells", Journal of Power Sources, 2015, Vol. 295, pages 203-211(Online publication date, 2015.07.12.) abstract; pages 204, 207-209	1-21
Y	US 2016-0156081 A1 (EC POWER, LLC) 02 June 2016 paragraph [0013]	1-21
A	WANG, CHAO-YANG et al., "Lithium-ion battery structure that self-heats at low temperatures", Nature, 2016, Vol. 529, pages 515-518 (Online publication date, 2016.01.28.) the whole document	1-21
A	US 2019-0009330 A1 (FORGE NANO, INC.) 10 January 2019 the whole document	1-21
A	US 2015-0188204 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 02 July 2015 the whole document	1-21
<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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 "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 02 July 2020 (02.07.2020)		Date of mailing of the international search report 02 July 2020 (02.07.2020)
Name and mailing address of the ISA/KR International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Choongsu-ro, Seo-gu, Daejeon, 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer KANG MIN JEONG Telephone No. +82-42-481-8131

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2019)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2020/017825

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2016-0156081 A1	02/06/2016	CN 107431237 A	01/12/2017
		EP 3227950 A1	11/10/2017
		EP 3227950 B1	13/05/2020
		JP 2018-500727 A	11/01/2018
		KR 10-2017-0091133 A	08/08/2017
		US 10587021 B2	10/03/2020
		WO 2016-089698 A1	09/06/2016
		WO 2016-089698 A4	09/06/2016
US 2019-0009330 A1	10/01/2019	JP 2017-519349 A	13/07/2017
		US 10081865 B2	25/09/2018
		US 10569330 B2	25/02/2020
		US 2017-022608 A1	26/01/2017
		WO 2015-153584 A1	08/10/2015
US 2015-0188204 A1	02/07/2015	WO 2014-010252 A1	20/06/2016
		WO 2014-010252 A1	16/01/2014

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<i>H O 1 M 10/0567 (2010.01)</i>	H O 1 M 10/0567	
<i>H O 1 M 10/0569 (2010.01)</i>	H O 1 M 10/0569	
<i>H O 1 M 10/0565 (2010.01)</i>	H O 1 M 10/0565	
<i>H O 1 M 10/0562 (2010.01)</i>	H O 1 M 10/0562	
<i>H O 1 M 10/0568 (2010.01)</i>	H O 1 M 10/0568	
<i>H O 1 M 10/613 (2014.01)</i>	H O 1 M 10/613	

(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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ゲ, シャンハイ
アメリカ合衆国 16803 ペンシルベニア州, ステイト カレッジ, サイエンス パーク ロード 341, スイート 206, イーシー パワー, エルエルシー内

(72)発明者 ワン, チャオーヤン
アメリカ合衆国 16803 ペンシルベニア州, ステイト カレッジ, サイエンス パーク ロード 341, スイート 206, イーシー パワー, エルエルシー内

Fターム(参考) 5H029 AJ02 AJ06 AJ12 AK01 AK03 AL03 AL07 AL11 AL12 AM02
AM03 AM04 AM05 AM07 BJ22 HJ01 HJ05 HJ07 HJ10 HJ14
HJ20
5H031 HH01 HH03 HH06 HH08 HH09 KK03 KK06
5H050 AA02 AA12 AA15 BA17 CA01 CA08 CA09 CB03 CB08 CB11
CB12 FA18 HA01 HA05 HA07 HA10 HA14 HA17 HA20