

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5770169号
(P5770169)

(45) 発行日 平成27年8月26日 (2015. 8. 26)

(24) 登録日 平成27年7月3日 (2015. 7. 3)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 M 6/16 (2006. 01)	HO 1 M 6/16 D
HO 1 M 4/58 (2010. 01)	HO 1 M 4/58
HO 1 M 4/06 (2006. 01)	HO 1 M 4/06 K
	HO 1 M 6/16 A

請求項の数 10 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2012-513967 (P2012-513967)	(73) 特許権者	397043422
(86) (22) 出願日	平成22年5月19日 (2010. 5. 19)		エバレダイ バッテリ カンパニー イン
(65) 公表番号	特表2012-529726 (P2012-529726A)		コーポレーテッド
(43) 公表日	平成24年11月22日 (2012. 11. 22)		アメリカ合衆国 ミズーリ州 63141
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/035380		セントルイス メアリービル ユニバー
(87) 国際公開番号	W02010/144222		シテイ ドライブ 533
(87) 国際公開日	平成22年12月16日 (2010. 12. 16)	(74) 代理人	100092093
審査請求日	平成25年5月17日 (2013. 5. 17)		弁理士 辻居 幸一
(31) 優先権主張番号	12/480, 015	(74) 代理人	100082005
(32) 優先日	平成21年6月8日 (2009. 6. 8)		弁理士 熊倉 禎男
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100067013
			弁理士 大塚 文昭
		(74) 代理人	100086771
			弁理士 西島 孝喜

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リチウム-二硫化鉄電池の設計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

容器と、

i) 1.6 ミクロンと 2.5 ミクロンの間の厚みを有するセパレータと、
 ii) 少なくとも 2.25 ミクロンの厚みを有するリチウム又はリチウムベースの合金から構成されたアノードと、
 iii) 金属箔集電体上に被覆された少なくとも 9.6 質量パーセントのパイライトを有し、5.8% から 70% の最終固体充填比及び該集電体の各側面上の混合物の少なくとも 2.8 mg / cm² の装填量を有する混合物を含むカソードとを有するゼリーロール型電極組立体と、

溶剤の全容積に基づいて 1 つ又はそれよりも多くのエーテルの少なくとも 5.0 体積パーセントを有してどの炭酸塩も含有しない 1 つ又はそれよりも多くの溶剤中に解離された少なくとも 1 つのリチウムベースの塩を含む電解質と、

を含み、

前記混合物は、前記集電体の各側面上に混合物の少なくとも 3.0 mg / cm² の装填量を有することを特徴とする電気化学電池。

【請求項 2】

「デジタルスチルカメラ試験」中に放電の 6.6% の深さで 2.0% を超える R10 抵抗の低下を受けることを特徴とする請求項 1 に記載の電気化学電池。

【請求項 3】

前記ゼリーロール型電極組立体は、1.00 未満である前記アノードの理論的界面イン

プット容量比対前記カソードの理論的界面インプット比を有することを特徴とする請求項 1 に記載の電気化学電池。

【請求項 4】

前記電解質は、前記 1 つ又はそれよりも多くの溶剤中に解離された I^- を更に含むことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の電気化学電池。

【請求項 5】

前記 1 つ又はそれよりも多くの溶剤は、1 つ又はそれよりも多くのエーテルの 90 体積パーセントよりも大きい容積を有することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の電気化学電池。

【請求項 6】

前記容器は、50.5 mm よりも大きくない高さ及び 14.5 mm よりも大きくない直径を有する R6 サイズの容器であり、

前記ゼリーロール型電極組立体は、前記アノードと前記カソードの間の界面面積の 200 cm^2 未満を有する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の電気化学電池。

【請求項 7】

前記混合物は、少なくとも 96 質量パーセントのパイライトを有することを特徴とする請求項 6 に記載の電気化学電池。

【請求項 8】

前記電解質は、前記 1 つ又はそれよりも多くの溶剤中に解離された I^- を更に含むことを特徴とする請求項 6 に記載の電気化学電池。

【請求項 9】

前記 1 つ又はそれよりも多くの溶剤は、1 つ又はそれよりも多くのエーテルの 90 体積パーセントよりも大きい容積を有することを特徴とする請求項 6 に記載の電気化学電池。

【請求項 10】

「デジタルスチルカメラ試験」に対して 21 mWh/cm^2 を超える界面面積の単位当たりのエネルギーを有することを特徴とする請求項 6 に記載の電気化学電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、リチウムベースの負極、集電体上に堆積した二硫化鉄を含むコーティングを有する正極、及びポリマーのセパレータを含むゼリーロール型電極組立体を有する 1 次電気化学電池に関する。より具体的には、本発明は、電解質の賢明な選択、より厚いリチウムアノード、及び電解質と協働するように選択された特定の特性を有するカソードに依存する電池設計に関する。得られる電池は、アノードとカソードの間の界面表面積を低減するが、驚くほど優れた高いドレーンレート機能を維持する。

【背景技術】

【0002】

電気化学電池は、現在、費用効果の高い携帯可能な電力を幅広い種類の消費者向けデバイスに提供する好ましい方法である。消費者向けデバイスの市場では、僅かに一握りの標準化された電池のサイズ（例えば、AA 又は AAA）及び特定の公称電圧（典型的には 1.5 V）を提供することが要求される。更に、デジタルスチルカメラのような益々多くの消費者向け電子デバイスは、比較的高電力の作動要件で設計されている。市場での慣例であるが、消費者は、多くの場合に現在入手可能な充電式（すなわち、2 次）バッテリーと比較した時に 1 次バッテリーをそれらの利便性、信頼性、持続的な保管寿命、及びより経済的なユニット当たり価格のために好み、これを使用する傾向がある。

【0003】

この状況の中で、1 次（つまり再充電不能）バッテリーの製造業者に対して設計の選択肢が非常に制限されることが容易に明らかである。例えば、特定の公称電圧を使用する必要性により、潜在的な電気化学材料の選択肢が大幅に制限され、標準化された電池サイズを

10

20

30

40

50

使用することにより、活物質、安全デバイス、及びこのような消費者向け製品に典型的に期待される他の要素に対して利用可能な全体的な利用可能内部容積が制限される。更に、消費者向けデバイスの種類及びこれらのデバイスの作動電圧範囲は、典型的に2次バッテリーに関連するより高い電圧の電気化学的ペアリングと比較して、より小さい公称電圧の電池（別々に又はシリーズで提供することができ、それによってデバイス製造業者により多くの設計の選択肢を与える）をより多様にする。従って、アルカリ又はリチウム - 二硫化鉄電池システムのような1.5Vシステムは、3.0V及びより高いリチウム - 二酸化マンガンのような他のものよりも遥かに有望である。

【0004】

1.5Vシステムの領域においては、リチウム - 二硫化鉄バッテリー（LiFeS₂、リチウムパイライト、又は黄鉄鉱リチウムとも呼ばれる）は、アルカリ、炭化亜鉛、又は他のシステムと比較すると、特に高いドレーンレートでより高いエネルギー密度を示している。しかし、リチウム（アノードにおける好ましい電気化学的に活性な材料）の量に対する現在の法的な制限は、FR03（AAAのLiFeS₂電池）及びFR6（AAのLiFeS₂電池）のサイズを消費者市場におけるその化学的性質に対して最も重要な電池サイズにしている。

【0005】

1.5V電気化学システム（例えば、アルカリ対リチウム - 二硫化鉄、その他）に関する設計考慮事項は、有意に異なっている。例えば、アルカリ及びオキシ水酸化ニッケルシステムは、気体膨脹及び/又は漏出傾向を有する水性で高苛性の電解質に依存し、内部材料の選択、及び/又は容器及び閉鎖部との適合性の点で非常に異なる手法をもたらす。充電式の1.5Vシステム（リチウム - 二硫化鉄システムは、消費者ベースの充電システムに適するとは現在考えられていない点に注意すべきである）においては、様々な非常に特化された電気化学的及び/又は電解質の組成物を使用して、リチウムイオン充電/放電サイクルに最も適合させることができる。ここで、こうした高額な構成要素は、2次システムが典型的にこれらの1次バッテリーの均等物よりも高い小売価格で販売されるために、主要な設計問題ではない。更に、放電機構、電池の設計、及び安全性の考慮事項は、概して1次システムには重要でなく、及び/又は適用できない。

【0006】

高電力デバイスに対するリチウム - 二硫化鉄電池の固有の利点があっても（1次アルカリ電池と比較した時に）、LiFeS₂電池の設計は、使用する材料の費用、必要な安全デバイスの組み込みと、全体的な信頼性、設計された電池の供給容量、及び意図する用途との間の均衡を取る必要がある。通常、低電力設計は、活物質の量を重要視するが、高電力設計は、放電効率を高めるための構成により焦点をあてる。例えば、ゼリーロール型設計は、電極間の表面積を最大にし、より大きい放電効率を可能にするが、その際に、このような設計は、セパレータ及び集電体のようなより多くの不活物質を使用するために低電力及び低率放電における容量を犠牲にする可能性がある（両方とも内部容積を占有し、それによって活物質を電池の設計から除去することが必要になる）。

【0007】

容量の改善に加えて、電池の設計者はまた、安全性及び信頼性のような他の重要な特性を考慮すべきである。安全デバイスは、通常、通気機構及び正の熱回路（PTC）のような熱作動式「遮断」要素を含む。信頼性に対する改善は、主として、内部短絡を防ぐことに焦点をあてる。いずれの場合も、これらの特性は、内部容積を占める要素及び/又は電池の内部抵抗、効率、及び放電容量には通常逆効果である設計考慮事項を最後に必要とする。更に、運送規則によりリチウムバッテリーが熱サイクル中に損失する可能性がある重量のパーセント量が制限されるために付加的な課題があり、AA及びAAAのようなより小さい容器サイズの電池の設計は、総電池重量のうちの数ミリグラムを損失する可能性があるに過ぎないことを意味する（典型的には、電解質の蒸発による）。更に、非水性有機電解質の反応性及び揮発性の性質により、他の電気化学システムと比較して、潜在的な利用可能材料の領域が大幅に制限される（特に、電解質及び電池の閉鎖部、電池内に設けられ

10

20

30

40

50

るセパレータ及び/又は集電体の間の相互作用に関して)。

【0008】

結局、特にカソードに関して最適の特性を維持しながら、リチウム - 二硫化鉄バッテリーの活物質の量を最大にすることは最も困難な課題であると考えられる。上述のように、ゼリーロール型電極組立体は、 LiFeS_2 システムにおいて好ましい構成である。最も効率的に二硫化鉄に適合するように、二硫化鉄は、導体及び結合剤と共にスラリに混合され、次に、金属箔集電体上に被覆されるが、リチウムは、集電体なしに最も効率的に提供される。最後に、セパレータは、薄いポリマーの膜であり、その厚みは、好ましくは、電池内への不活性インプットを低減するために最小にされる。

【0009】

反応最終生成物は、インプットよりも多くの容積を占めるために、電極組立体は、バッテリーが放電するのに伴って膨張する。次に、膨張により、電池容器に望ましくない隆起を生じさせる可能性がある半径方向の力、並びにセパレータが損なわれた場合には短絡をもたらす。従来のような問題に対処するための手段は、電池のハウジングに強力な(多くの場合、より厚い)材料を使用し、電池内に不活性成分を使用することを含む。しかし、不活物質をより厚くすることにより、利用可能な内部容積が制限され、電極をより厚く、より丈夫にすることは、ゼリーロールに巻くことができる数が減り、結果として電極間の表面積が減り、より高いドレーンレートでの性能が比較的低くなると予想されるので、以前は必ずしも望ましいとは言えないと見なされた。

【0010】

最適な内部容積の利用と、許容可能な LiFeS_2 電池の容量/性能との間の適切な均衡を取るために、多くの他の手法が取られている。例えば、米国特許第4,379,815号明細書に開示されている膨張により生じる問題に対する1つの可能な解決法は、1つ又はそれよりも多くの他の活物質(CuO 、 Bi_2O_3 、 $\text{Pb}_2\text{Bi}_2\text{O}_5$ 、 P_3O_4 、 CoS_2 など)をパイライトと混合することによりカソードの膨張とアノードの収縮との均衡を取ることであるが、これらの付加的な材料は、電池の放電特性に悪影響を与えかねず、電池全体の容量及び効率も悪影響を被ることがある。

【0011】

LiFeS_2 電池の放電容量を改善する他の手段は、米国特許公開第20050112462号明細書及び第20050233214号明細書に開示するように、より薄いセパレータ及び/又は特定のカソードコーティング混合物及びコーティング技術の使用を考えている。

【0012】

米国特許第6,849,360号明細書及び第7,157,185号明細書は、特定のカソードコーティング調製及びアノード集電体の必要性をなくすために、純リチウム(又はリチウム - アルミニウム合金)として提供されたアノードを開示している。次に、アノード及びカソードの量は、 LiFeS_2 電池の高レート性能を高めるために、アノード対カソードの界面活物質の特定の比率(すなわち、理論的界面充填容量比)で提供される。

【0013】

米国特許公開第20090074953号明細書、第20090070989号明細書、及び第20080050654号明細書、並びに中国特許出願第200410026754.0号明細書の全ては、 LiFeS_2 電池に関連する場合があるカソードを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0014】

【特許文献1】米国特許第4,379,815号明細書

【特許文献2】米国特許公開第20050112462号明細書

【特許文献3】米国特許公開第20050233214号明細書

【特許文献4】米国特許第6,849,360号明細書

10

20

30

40

50

- 【特許文献5】米国特許第7,157,185号明細書
- 【特許文献6】米国特許公開第20090074953号明細書
- 【特許文献7】米国特許公開第20090070989号明細書
- 【特許文献8】米国特許公開第20080050654号明細書
- 【特許文献9】中国特許出願第200410026754.0号明細書
- 【特許文献10】米国特許公開2009/0104520号明細書
- 【特許文献11】米国特許出願公報第2005/0244706号明細書
- 【特許文献12】米国特許出願公報第2008/0213651号明細書
- 【特許文献13】米国特許公開第2008/0226982号明細書
- 【特許文献14】米国特許公開第2005/0079404号明細書
- 【特許文献15】米国特許公開第2008/0026293号明細書
- 【特許文献16】米国特許公開第2007/0275298号明細書
- 【特許文献17】米国特許公開第2008/0254343号明細書
- 【特許文献18】米国特許第5,290,414号明細書
- 【特許文献19】米国特許公開第2008/0076022号明細書

10

【非特許文献】

【0015】

【非特許文献1】「バッテリー仕様15LF(AAリチウム-二硫化鉄電池)、デジタルカメラ試験」、「ANSI C18.3M, Part 1-2005」、「携帯型リチウム1次電池及びバッテリーのための米国国内規格-一般及び仕様(American National Standard for Portable Lithium Primary Cells and Batteries-General and Specifications)」発行

20

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0016】

容量の改善は、基本的に堅実なバッテリー設計を表すものである。すなわち、より大きい容量を供給するためには、放電中のリチウム-二硫化鉄バッテリーにおける半径方向膨張力及び作用する他の力学について慎重に考慮すべきである。例えば、設計によりアノード又はカソード集電体の厚みが不十分である場合には、放電中の半径方向の力は、一方又は両方の電極が切断されるほどまでゼリーロールを圧縮する場合があります、この切断が生じた状態で、バッテリーは、活物質が全て放電されたか否かに関わらず、容量の供給を停止する場合があります。同様の状況は、空隙容積(カソードコーティング及び全体として電池の内部の)、バッテリーを通しての電気接続、セパレータ、及びバッテリーの閉鎖/通気機構などに関して起こる。従って、LiFeS₂電池の容量は、特に、電池の設計者が標準サイズの消費者向けバッテリー(例えば、AA又はFR6、AAA又はFR03、その他)の使用に制限される時に、電池の設計の全体的な実行可能性及び堅牢性に対する重要な測定基準である。

30

【0017】

バッテリー設計に対する事実上の測定基準として作用する容量の結果として、当業者は、バッテリー全体を考慮して設計選択肢及び特に特定の構成要素の選択をする必要があることを認めるであろう。特定の組成物は、電池内の他の構成要素及び組成物に対して驚くべき予期しない又は意図しない影響を与える場合がある。同様に、標準サイズのバッテリーにおいて、特定の要素の選択は、そうでなければ他の要素に利用可能であった容器内の容積を占める。従って、設計選択のこの相互依存性は、容量のいずれの増加も、及び特に他の点でバッテリーの安全性又は性能に悪影響を与えないいずれの増加も、より多くの活物質を加える簡単な行為以上のものであることを必然的に意味する。

40

【0018】

例えば、本明細書に引用により組み込まれる米国特許公開2009/0104520号明細書は、LiFeS₂システムに対する電池の設計に「全体的な」手法を提供する。特

50

に、この特許出願は、効率的に予期した膨張に適合する方式で容器及びカソード形成を選択することを熟練技術者に教示している。その際、電池全体は、安全性又は信頼性にいかなる悪影響も与えることなく容量の増加を受ける。

【0019】

上述のように、より大きな電極の界面面積及びより効率的な電極は、高レート試験（例えば、ANSIデジタルスチルカメラ試験、その他）でより良好な性能のバッテリーをもたらすと期待された。より薄い電極は、より大きい電極界面表面積を提供するが、特に混合構成要素内で導体の使用が増加することで、電極効率が増大すると期待される。次に、これらの設計特徴の両方は、高レート試験で容量を増加させると期待される。

【0020】

LiFeS₂システムの電池の設計に関する更に別の重要な考慮事項は、電池の内部抵抗を最小にすることに関する。一般的に、内部抵抗は、電池を作るのに使用する構成要素によって生じ、以下のように表すことができる：

【0021】

$$R_{\text{電池}} = R_{\text{容器}} + R_{\text{電極組立体}}$$

【0022】

容器構成要素からの抵抗（ $R_{\text{容器}}$ ）は、缶（外部接触端子を含む）、内部電気接続（例えば、溶接又は圧力接触）、内部安全デバイス（例えば、PTC）などによって生じる抵抗を含む。典型的には、これらの容器構成要素からの抵抗は、比較的予測可能で制御しやすい方式で挙動することになり、それによってこの寄与を最小にするのを比較的簡単にする。

【0023】

しかし、電極組立体によって生じた抵抗（ $R_{\text{電極組立体}}$ ）は、この抵抗を予測して制御することが遥かに困難であるので、設計の全体の品質のインジケータとすることができる。更に、アノードが本質的に高導電性リチウム又はリチウムベースの合金から構成されるリチウム電池において、電極組立体の抵抗は、セパレータ及びカソードの選択に依存して殆ど完全に変わることになる。従って、適切なセパレータの選択と共に、カソード集電体上にどのように及び何を被覆するかは、電池の全体の抵抗に対する直接測定可能な効果を有すると見なすことができる。容器及びセパレータの構成要素が本質的に同一である一連の電池において、この概念を1段階更に拡張すると、電池の全体の抵抗は、これらの電池に対するカソードの望ましさにに関して比較上の優れた代用として機能することになる。

【0024】

本発明者は、ここで意外にも、一定のタイプのLiFeS₂電池について、電極間の界面表面積が実質的に減少した（すなわち、FR6電池において200cm²未満）ゼリーロールの使用により優れた電池全体の性能を維持することができることを見出した。特に、このような電池は、本質的に低レート試験でパリティを維持しながら、「デジタルスチルカメラ試験」（以下で定める）でより大きな界面表面積を有する電池をしのぐことになる。更に、このような電池は、同様の容器構成要素、電気接続、セパレータ材料、及びリチウムアノードを有する電池と比較すると、その内部抵抗の大幅な低下を受けることになる。すなわち、R10抵抗（以下で定めるような）の大幅な低下は、放電の約3分の2の深さにおける「デジタルスチルカメラ試験」中に起こる（これは、現在利用可能なFR6電池に対するDSC試験で175分から220分である）。本発明者は、DSC試験でのこのR10抵抗の低下が、以下で詳細に説明するアノード、カソード、及び電解質特徴の組合せのための優れたインジケータとして機能すると判断した。

【0025】

界面表面積の減少及び/又はDSC試験での改善は、通常よりも厚いリチウム合金アノード、特定のピライト重量パーセントのカソードコーティング、及び最終固体充填比と組み合わせた装填量の使用により生じる。一定量のエーテルを含有する電解質の使用も、殆どのエーテルが、カソードコーティングと相互作用するように十分に低い粘性を保有すると考えられる限りにおいて重要である。

10

20

30

40

50

【0026】

以上に鑑みて、本発明の1つの態様は、約50.5mmよりも大きくない高さ及び約14.5mmよりも大きくない直径を有するR6サイズの容器と、リチウム又はリチウムベースの合金から本質的に構成されたアノードと金属箔の集電体上に被覆されて少なくとも91重量パーセントのパイライト及び58%から79%の最終固体充填比を有する混合物を含むカソードとの間の界面面積のうちの200cm²未満を有するゼリーロール型電極組立体と、溶剤の全容量に基づいて1つ又はそれよりも多くのエーテルの少なくとも50体積パーセントを含んでどの炭酸塩ベースの溶剤も含まない1つ又はそれよりも多くの溶剤中に解離した1つ又はそれよりも多くの電解質塩から本質的に構成された電解質とを含む電気化学電池に関する。

10

【0027】

本発明の別の態様は、容器と、少なくとも200ミクロンのリチウム又はリチウムベースの合金から本質的に構成されたアノードと金属箔集電体上に被覆されて58%から70%の固体充填比及び箔集電体の各側面上の混合物の少なくとも28mg/cm²の装填量を有する混合物を含むカソードとの間に配置された25ミクロン又はそれ未満の厚みのセパレータを有するゼリーロール型電極組立体と、溶剤の全容量に基づいて1つ又はそれよりも多くのエーテルの少なくとも50体積パーセントを有する1つ又はそれよりも多くの溶剤に解離した少なくとも1つのリチウムベースの塩を含む電解質とを含むリチウム-二硫化鉄電気化学電池に関し、電池は、「デジタルスチルカメラ試験」中に放電の約66%の深さで20%を超えるR10抵抗のかなりの低下を受ける。

20

【0028】

本発明の更に別の態様は、容器と、i) 16ミクロンから25ミクロンの厚みのセパレータ、ii) 少なくとも175ミクロンの厚みのリチウム又はリチウムベースの合金から本質的に構成されたアノード、及びiii) 金属箔集電体上に被覆された少なくとも91重量パーセントのパイライトを有し、58%から70%の最終固体充填比及び集電体の各側面上の混合物の少なくとも24mg/cm²の装填量を有する混合物を含むカソードを有するゼリーロール型電極組立体とを含むリチウム-二硫化鉄電気化学電池に関する。1つのリチウムベースの塩と、溶剤の全容量に基づいて1つ又はそれよりも多くのエーテルの少なくとも50体積パーセントから構成された1つ又はそれよりも多くの溶剤とを含む電解質も使用される。

30

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】リチウム-二硫化鉄電気化学電池のための電池設計の一実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

別に定めない限り、本明細書で使用される場合、以下に列挙する用語は、本発明の開示全体にわたって以下のように定めて使用される。

【0031】

周囲温度又は室温 - 約20 から約25 であり、別に定めない限り、全ての例、データ及び他の性能、並びに製造情報は、周囲温度において行われた。

40

【0032】

アノード - 負極であり、より具体的には、リチウム-二硫化鉄電池において、それは、1次電気化学活物質として、リチウム又はリチウムベースの合金(すなわち、重量で少なくとも90%のリチウムを含有する合金)から本質的に構成される。

【0033】

容量 - 典型的には、ミリアンペア時(mAh)又はミリワット時(mWh)で又はデジタルスチルカメラ試験で撮影される画像数により表された指定の組の条件(例えば、ドレーンレート、温度、その他)において放電中に単一の電極又は電池全体によって供給される容量。

50

【0034】

カソード - 正極であり、より具体的には、リチウム - 二硫化鉄電池において、それは、金属集電体上に被覆された1つ又はそれよりも多くの流動性、ポリマー性、及び/又は導電性添加剤と共に1次電気化学活物質として二硫化鉄を含む。

【0035】

電池ハウジング - 完全に機能するバッテリーを含む全ての内部封入安全デバイス、不活性成分、及び接続材料を含む電極組立体を物理的に封入する構造であり、典型的には、これらは容器(カップの形状に形成され、「缶」とも呼ばれる)及び閉鎖部(容器の開口部上に備え付けられ、通常、電解質の侵出及び湿度/気体の侵入を妨げるための通気及び密封機構を含む)を含むことになり、状況に応じて、缶又は容器という用語と交換可能に使用することができる。

10

【0036】

円筒形電池サイズ - 円筒の高さが円筒の直径よりも大きい円筒形の円筒体を有するあらゆる電池のハウジングであり、この定義は、特に、ボタン電池、ミニチュア電池、又は実験的な「ホッケーパック」電池を除くものである。

【0037】

「デジタルスチルカメラ試験」(ANSI「デジタルスチルカメラ試験」とも呼ばれる) - 「携帯型リチウム1次電池及びバッテリーのための米国国内規格 - 一般及び仕様(American National Standard for Portable Lithium Primary Cells and Batteries - General and Specifications)」から発行され、「バッテリー仕様15LF(AAリチウム - 二硫化鉄電池)、デジタルカメラ試験」という名称の「ANSI C18.3M, Part 1 - 2005」に概説される試験手順に従ってバッテリー寿命がなくなるまで、カメラで毎分2枚の写真(画像)を撮影する。この試験は、AAサイズのリチウム - 二硫化鉄バッテリーを1500mWで2秒間放電した後、650mWで28秒間放電し、この30秒間のサイクルを5分の総サイクル(10サイクル)の間繰返し、この後55分間の休止期間(すなわち、0mW)を続けることから構成される。1時間当たりのサイクル全体を1日につき24時間、最後に1.05ボルト未満の電圧が記録されるまで繰り返す。各30秒間のサイクルは、1つのデジタルスチルカメラ画像を表すことを意図したものである。

20

30

【0038】

電気化学的活物質 - 電池の放電反応の一部であり、電池の放電容量に寄与し、不純物及び存在する少量の他の部分を含む1つ又はそれよりも多くの化合物である。

【0039】

電極組立体界面面積 - アノード、カソード、及びセパレータが全て電気化学的反応を可能にするように整列したゼリーロール型電極組立体の総面積である(例えば、円筒形に成形されたゼリーロール型電極組立体における電極組立体の界面高さは、アノード、カソード、及びセパレータがその軸上で互いに垂直に隣接する全ての点に沿った縦軸線により判断される)。

【0040】

FR6電池 - 2000年11月以降に「国際電気標準会議」により発行された「国際規格」IEC - 60086 - 1を参照すると、約50.5mmの最大外部高さ及び約14.5mmの最大外径を有する円筒形電池サイズのリチウム - 二硫化鉄電池バッテリー。

40

【0041】

FR03電池 - 2000年11月以降に「国際電気標準会議」により発行された「国際規格」IEC - 60086 - 1を参照すると、約44.5mmの最大外部高さ及び約10.5mmの最大外径を有する円筒形電池サイズのリチウム - 二硫化鉄電池バッテリー。

【0042】

「ゼリーロール」(又は「螺旋巻き」)電極組立体 - アノード及びカソードのストリップを適切なポリマーのセパレータと共にその長さ又は幅に沿って、例えば、マンドレル又

50

は中央コアの周りに巻き付けることにより組み合わせて組立体にしたものである。

【 0 0 4 3 】

装填量 - 箔集電体に被覆された最終乾燥及び高密度化カソード混合物に関して、典型的に、界面に整列したカソード集電体の1平方センチメートル部分の片面上に総カソード混合物（すなわち、パイライト、結合剤、導体、添加剤、その他）のミリグラムとして表された集電体の特定の区域の単一面に見出される特定の材料の量。

【 0 0 4 4 】

公称 - 典型的に製造業者により指定されてその特徴又は特性に何を期待することができるかを表す値である。

【 0 0 4 5 】

パイライト - 典型的にバッテリーで使用する時に少なくとも95%の電気化学的に活性な二硫化鉄を含有する二硫化鉄の鉱物形態である。

【 0 0 4 6 】

固体充填比 - 集電体を除外したコーティングにおいて、典型的には、百分率として表されると共にコーティングの孔隙率の逆数（すなわち、100%からコーティングの孔隙率百分率を差し引いたもの）としても表すことができるコーティングが乾燥して高密度化された後に測定したそのコーティングの全容積と比較した固体粒子（例えば、電気化学的に活性な材料、結合剤、導体、その他）によって占められるコーティングの容積比。

【 0 0 4 7 】

比エネルギー密度 - 一般的に、ワット時/キログラム (Wh/kg) 又はミリワット時/グラム (mWh/g) で表わされる電池又はバッテリー全体の総重量で割った上述の条件（例えば、200mAの連続ドレーンで放電、界面容量に対する総インプット、その他）による電極、電池、又はバッテリーの容量である。

【 0 0 4 8 】

理論的インプット容量 - 電極/電池を構成する材料の理論的に利用可能な電気化学容量に基づく単一の電極又は電池全体における電気化学材料の容量であり、電極における各活物質の重量にその活物質の理論的比容量を掛けることにより計算することができ、各活物質の理論的比容量は、 $[(96,487 \text{ アンペア秒/モル}) / (\text{活物質のグラム数/モル})] \times (\text{活物質の電子数/モル}) / (3600 \text{ 秒/時}) \times (1000 \text{ ミリアンペア時/アンペア時})$ により判断され、表1に、この公式により計算された例示的な理論的インプット容量の一覧を示している。

【 0 0 4 9 】

(表1)

選択された材料の理論的インプット容量	
材料	理論的インプット容量 (mAh/g)
Li	3862
S	1672
FeS ₂	893.6
CF _x	864.3
CuO	673.8
CuS	560.7
MnO ₂	308.3
FeCuS ₂	292.1

【 0 0 5 0 】

理論的界面インプット容量 - 全体的な電池放電反応機構及び反対電極における活物質に隣接する活物質混合物の部分内に含有される活物質の総量に基づく電極又は電池全体の容量であり、活物質の全てが完全に反応すると仮定し、電極ストリップの2つの主要表面の一方だけが反対電極において隣接する活物質である場合には、電極のその側面上の活物質

のみ、すなわち、固体の集電体シートの側面上の材料又は固体の集電体シートを持たない電極の半分の厚みのその材料のいずれかが界面容量の判断に含まれる。

【0051】

本発明は、図1を参照するとより良く理解されるであろう。図1において、電池10は、FR6(AA)型円筒形Li/FeS₂バッテリー電池の一実施形態であるが、本発明は、FR03(AAA)又は他の円筒形電池にも等しく適用可能である。一実施形態では、電池10は、閉鎖底部と、電池カバー14、及びガasket16により閉鎖された開放上端部とを有する缶12の形態の容器を含むハウジングを有する。缶12は、上端部の近くにリード又は直径を絞った段差を有し、ガasket16及びカバー14を支持する。ガasket16は、缶12とカバー14の間で圧縮され、アノード、すなわち、負極18、カソード、すなわち、正極20、及び電解質を電池10内に密封する。

10

【0052】

アノード18、カソード20、及びセパレータ26は、一緒に電極組立体に螺旋状に巻き付けられる。カソード20は、電極組立体の上端部から延びて接触バネ24によりカバー14の内面に接続された金属集電体22を有する。アノード18は、金属リード(又はタブ)36により缶12の内面に電氣的に接続される。リード36は、アノード18に締結され、電極組立体の底部から延び、電極組立体の底部にわたって及び側部に沿って上方に折り曲げられる。リード36は、缶12の側壁の内面と圧力接触する。電極組立体が巻き付けられた後に、電極組立体は、製造工程においてツールの挿入前に一緒に保持することができ、又は材料の外端(例えば、セパレータ又はポリマーフィルム外包38)は、例えば、ヒートシール、のり付け、又はテーピングにより留めることができる。

20

【0053】

一実施形態では、絶縁コーン46を電極組立体の上部の周囲の周りに位置決めし、カソードの集電体22が缶12と接触するのを防止し、かつカソード20の下縁と缶12の底部の間の接触が、内向きに折り曲げられたセパレータ26の延長部及び缶12の底部に位置決めされた電気絶縁底部ディスク44により防止される。

【0054】

一実施形態では、電池10は、個別の正極端子カバー40を有し、これは、内向きに圧着された缶12の上縁及びガasket16により所定位置に保持され、1つ又はそれよりも多くの通気開口(図示せず)を有する。缶12は、負極接触端子として機能する。粘着ラベル48のような絶縁ジャケットを缶12の側壁に適用することができる。

30

【0055】

一実施形態では、誤用電気条件下で電流の流れを実質的に制限する正の温度係数(PTC)デバイス42が、端子カバー140の周囲フランジと電池カバー14の間に配置される。別の実施形態では、電池10はまた、圧力逃し口を含むことができる。電池カバー14は、ウェル28の底部に通気孔30を備えた内向きに突出する中央通気ウェル28を含む開口を有する。開口は、通気孔ボール32と、通気ウェル28の垂直壁と通気孔ボール32の周囲部との間で圧縮された薄壁型熱可塑性ブッシュ34とによってシ密封される。電池の内圧が所定レベルを超えると、通気孔ボール32又はボール32及びブッシュ34の両方が、開口の外に押し出され、電池10から加圧されたガスを逃がす。他の実施形態では、圧力逃し口は、引用により組み込まれる米国特許出願公報第2005/0244706号明細書及び第2008/0213651号明細書に開示するようなラプチャ膜により閉鎖された開口とすることができ、又はシーリング板又は容器の壁のような電池の一部に通気開口を形成するために裂けるか又はそうでなければ破損することができる鑄造溝のような比較的薄い区域とすることができ、又はそうでなければ破損することができる。

40

【0056】

一実施形態では、電極組立体の側面と缶の側壁との間に配置された電極リード36の終端部分は、電極組立体を缶に挿入する前の形状、好ましくは、缶の側壁との電気接触を高め、バネ様の力を与えてリードを缶の側壁に対して付勢する非平面を有することができる。電池の製造中、成形されたリードの終端部分は、例えば、電極組立体の側面の方向に変

50

形し、缶へのその挿入を容易にすることができ、その後、リードの終端部分は、部分的に元の非平面形状にパネで戻ることができるが、少なくとも部分的に圧縮されたまま留まって缶の側壁の内面に力を印加し、それによって缶と良好な物理的及び電氣的な接触を行う。代替的に、この接続及び/又は電池内の他のものも、溶接により維持することができる。

【 0 0 5 7 】

電池容器は、多くの場合、図 1 の缶のような底部が閉鎖された金属缶である。缶の材料及び容器壁の厚みは、電池に使用する活物質及び電解質の一部に依存することになる。一般的な材料のタイプは鋼である。例えば、缶は、冷間圧延鋼 (C R S) で作ることができ、少なくとも外側をニッケルでメッキして缶の外側を腐食から保護することができる。典型的には、本発明による C R S 容器は、 F R 6 電池に対して約 7 から 1 0 ミル、又は F R 0 3 電池には 6 から 9 ミルの壁厚を有することができる。メッキのタイプは、様々な程度の耐食性を与えるために、接触抵抗を改善するために、又は望ましい外観を与えるために変えることができる。鋼のタイプは、容器が形成される方式に部分的に依存することになる。引抜缶に対して、鋼は、 A S T M 9 から 1 1 の粒径を有し、僅かに細長い粒形に等軸にされた拡散焼鈍、低炭素、アルミニウムキルドの S A E 1 0 0 6 又は同等の鋼とすることができる。ステンレス鋼のような他の鋼は、特別の必要性を満たすために使用することができる。例えば、缶がカソードと電気接触する場合には、カソード及び電解質による耐食性を改善するためにステンレス鋼を使用することができる。

【 0 0 5 8 】

電池カバーは、金属とすることができる。ニッケルメッキ鋼を使用することができるが、多くの場合、特に、閉鎖部及びカバーがカソードと電気接触している時には、ステンレス鋼が望ましい。カバー形状の複雑さも、材料選択における 1 つのファクタになる。電池カバーは、厚い平らなディスクのような簡単な形状を有してもよく、又は電池カバーは、図 1 に示すカバーのようなより複雑な形状を有してもよい。カバーが図 1 のカバーのように複雑な形状を有する時は、 A S T M 8 - 9 粒径のタイプ 3 0 4 の軟性焼鈍ステンレス鋼を使用し、望ましい耐食性を与えて金属形成を容易にすることができる。形成されたカバーも、例えば、ニッケルでメッキしてもよく、又はステンレス鋼又は他の公知の金属及びこれらの合金から作ることができる。

【 0 0 5 9 】

端子カバーは、周囲環境中の水による腐食又はバッテリー製造及び使用中に一般的に遭遇する他の腐食に対する良好な抵抗性を有し、良好な導電性、及び消費者向けバッテリー上で目に見える時に魅力的な外観を有するべきである。端子カバーは、多くの場合、ニッケルメッキ冷間圧延鋼又はカバーが形成された後でニッケルメッキされた鋼から作られる。端子が圧力逃し口上に位置決めされる場合に、端子カバーは、一般的に、電池の通気を容易にするために 1 つ又はそれよりも多くの孔を有する。

【 0 0 6 0 】

缶と閉鎖/端子カバーとの間でシールを仕上げるのに使用するガスケットは、望ましいシール特性を与えるあらゆる適切な熱可塑性材料から作ることができる。材料の選択は、部分的に、電解質の組成に基づいている。適切な材料の例は、ポリプロピレン、硫化ポリフェニレン、四フッ化 - ペルフルオロアルキルビニルエーテルコポリマー、ポリブチレンテレフタレート、及びその組合せを含む。好ましいガスケット材料は、ポリプロピレン (例えば、米国デラウェア州のウィルミントン所在の「 B a s e l l P o l y o l e f i n s 」からの P R O - F A X (登録商標) 6 5 2 4)、及び硫化ポリフェニレン (米国テキサス州のザウドラズ所在の「 C h e v r o n P h i l l i p s 」からの X T E L (登録商標) X E 3 0 3 5 又は X E 5 0 3 0) を含む。少量の他のポリマー、強化無機充填物、及び/又は有機化合物も、ガスケットのベースの樹脂に加えてもよい。適切な材料の例は、引用により組み込まれる米国特許公開第 2 0 0 8 / 0 2 2 6 9 8 2 号明細書及び第 2 0 0 5 / 0 0 7 9 4 0 4 号明細書に見出すことができる。

【 0 0 6 1 】

ガasketは、シーラントで被覆して最良のシールを設けることができる。エチレンプロピレンジエンターポリマー（EPDM）が適切なシーラントであるが、他の適切な材料を使用することができる。

【0062】

アノードは、時にリチウム箔と呼ばれるリチウム金属のストリップを含む。リチウムの組成は、様々であるとしてすることができるが、バッテリー等級のリチウムについては、純度は常に高い。リチウムは、アルミニウムのような他の金属と合金にして望ましい電池の電気性能を与え、又は取り扱いを容易にすることができるが、あらゆる合金のリチウム量をそれでもなお最大にすべきであり、高温（すなわち、純リチウムの融点を超える）用途に対して設計された合金は考えていない。0.5重量パーセントのアルミニウムを含有する適切なバッテリー等級のリチウム-アルミニウム箔は、米国ノースカロライナ州のキングスマウンテン所在の「Chemetal Foot Co.」から入手可能である。本質的に、リチウム又はリチウム合金（例えば、0.5重量パーセントのアルミニウム及び99+重量パーセントのリチウム）から構成されたアノードが好ましく、いずれのこのような合金においても活物質（すなわち、リチウム）の量を最大にすることに重点が置かれる。

10

【0063】

図1の電池におけるように、リチウムは高い導電性を有するので、アノードには、個別の集電体（すなわち、アノードが溶接又は被覆された金属箔のような導電性部材、又は集電体がゼリーロール内で螺旋状に巻き付けられるようにアノードの長さの大部分に沿って延びる導電性ストリップ）は必要ない。このような集電体を利用しないことにより、活物質のような他の構成要素に対してより多くの空間が容器内で利用可能になる。使用する場合、アノード集電体は、電池の他の内部構成要素（例えば、電解質）に露出された時に安定である銅及び/又は他の適切な高導電性金属で作ることができる。

20

【0064】

電気接続は、電極の各々と、ハウジングに近接するか又はハウジングと一体の対向する外部バッテリー端子との間で維持される。電気リード36は、アノード又は負極を電池端子の一方（図1に示すFR6電池の場合の缶）に接続する薄い金属ストリップから作ることができる。これは、アノードの一部分の中にリードの端部を埋め込むことにより、又はリードの端部のような一部分を単にリチウム箔の表面上に押しあてることによって達成することができる。リチウム又はリチウム合金は、粘着特性を有し、一般的に、リードと電極の間の少なくとも僅かで十分な圧力又は接触により、構成要素を互いに溶接することになる。負極には、ゼリーロール構成に巻き付けられる前にリードを設けることができる。リードも、適切な溶接により接続することができる。

30

【0065】

リード36を含む金属ストリップは、多くの場合、リードを通して十分な電流の伝達を可能にするために十分に低い抵抗（例えば、ほぼ15mΩ/cm未満、好ましくは、4.5mΩ/cm未満）のニッケル又はニッケルメッキ鋼から作られる。適切な負極リード材料の例は、以下に限定されるわけではないが、銅、銅合金、例えば、銅合金7025（約3%のニッケル、約0.65%のシリコン、及び約0.15%のマグネシウムを含む銅とニッケルの合金であり、残りは、銅及び微量の不純物である）、及び銅合金110、並びにステンレス鋼を含む。リード材料は、組成物が非水性電解質を含む電気化学電池内で安定であるように選択すべきである。

40

【0066】

カソードは、集電体と、通常は微粒子の形態の1つ又はそれよりも多くの電気化学的活物質を含む混合物とを含むストリップの形態である。二硫化鉄（FeS₂）は1次活物質である。カソードも、望ましい電池電気特性及び放電特性に応じて、少量の1つ又はそれよりも多くの付加的な活物質を含有することができる。付加的な活性カソード材料は、あらゆる適切な活性カソード材料とすることができる。その例には、金属酸化物であるBi₂O₃、C₂F、CF_x、(CF)_n、CoS₂、CuO、CuS、FeS、FeCuS₂、

50

MnO₂、Pb₂Bi₂O₅、及びSが含まれる。好ましくは、Li/FeS₂電池のカソードの活物質は、少なくとも約95重量パーセントのFeS₂を含み、最も好ましくは、FeS₂は唯一の活性カソード材料である。少なくとも95重量パーセントのFeS₂の純度レベルを有するパイライトは、米国マサチューセッツ州のノースグラフトン所在の「Washington Mills」、オーストリア国のウィーン所在の「Chemetal GmbH」、及び米国バージニア州のディルウィン所在の「Kyanite Mining Corp.」から入手可能である。FeS₂の「純度」に関する説明は、パイライトがFeS₂の特定の及び好ましい鉱物形態であることを認めていることに注意されたい。しかし、パイライトは、多くの場合、低いレベルの不純物（典型的には酸化珪素）を有し、FeS₂だけがパイライトにおいて電気化学的に活性であるために、FeS₂の純度百分率に対する参照は、パイライトの総量に関して通常は重量百分率に基づいて行われる。すなわち、パイライト及びFeS₂は、適正な関連で読む時に同意語ではない場合がある。カソード、カソードの調製、及びカソードの製造方法に関するより網羅的な説明は、以下に提供される。

【0067】

カソード混合物は、カソード集電体として機能する薄い金属ストリップの片側又は両側に被覆される。アルミニウムは、一般的に使用する材料であるが、チタン、銅、鋼、他の金属箔、及びこれらの合金も可能である。集電体は、カソード混合物を含有するカソードの部分を超えて延びることができる。集電体のこの拡張部分は、正端子に、好ましくは、リード及び/又は溶接接触の必要性をなくすバネ又は圧力接触を通じて接続した電気リードと接触するのに好都合な区域を提供することができる。電池の内部容積の多くを活物質及び電解質に利用可能にするために集電体の拡張部分の容積を最小に保つことが望ましい。カソードに対する典型的なコーティング構成の例は、引用により組み込まれる米国特許公開第2008/0026293号明細書に見出すことができる。

【0068】

カソードは、電池の正端子に電氣的に接続される。これは、図1に示すように、多くの場合、薄い金属ストリップ又はバネの形態の電気リードによって達成することができるが、溶接による接続も可能である。使用する場合、このリードは、ニッケルメッキステンレス鋼又は他の適切な材料から作ることができる。その場合には、標準PTCのような任意的な減流デバイスが安全機構として利用され、電池の迷走放電/加熱を防ぎ、適切なPTCは、米国カリフォルニア州のメンローパーク所在の「Tyco Electronics」により販売されている。典型的な標準PTCデバイスは、一般的に、約36m/cmの抵抗を含む。約18m/cmのより低い抵抗デバイスを含む他の代替形態も利用可能である。代替の減流デバイスは、引用により組み込まれる米国特許公開第2007/0275298号明細書及び第2008/0254343号明細書に見出すことができる。

【0069】

セパレータは、イオン透過性及び非導電性の薄い微小孔性膜である。それは、セパレータの孔隙の中に少なくとも何らかの電解質を保持することができる。セパレータは、アノードとカソードの隣接する面の間に配置されて電極を互いに電氣的に分離する。セパレータの各部分はまた、電池端子と電氣的に接触した他の構成要素を絶縁して内部短絡を防止することができる。セパレータの縁部は、多くの場合、少なくとも1つの電極の縁部を超えて延び、アノード及びカソードが、互いに完全に整列していない場合であっても電氣的に接触しないことを保証する。しかし、電極を超えて延びるセパレータの量を最小にすることが望ましい。

【0070】

良好な高電力放電性能を提供するために、セパレータは、本明細書において引用により組み込まれている1994年3月1日に付与された米国特許第5,290,414号明細書に開示された特徴（少なくとも約0.005µmの最小寸法と約5µm直径よりも大きくない最大寸法を有する孔隙、約30パーセントから70パーセントの範囲の空隙率、2から15ohm-cm²までの面積比抵抗、及び2.5未満の掠れ）を有することが望ま

10

20

30

40

50

しい。他の望ましいセパレータの特性は、本明細書において引用により組み込まれている米国特許公開第2008/0076022号明細書に説明されている。

【0071】

セパレータは、多くの場合、ポリプロピレン、ポリエチレン、又はその両方で作られる。セパレータは、二軸配向微小孔性膜の単層とすることができ、又は2つ又はそれよりも多くの層を互いに積層し、直交する方向に望ましい引張強度を与えることができる。費用を最小にするには単層が好ましい。膜は、本明細書に開示するカソード調製及び容器強度に関する制約に応じて16ミクロンと25ミクロンの間の厚みを有すべきである。適切なセパレータは、「Tonen Chemical Corp.」、米国ニューヨーク州のマケドニア所在の「EXXON Mobile Chemical Co.」、及び米国オレゴン州のレバノン所在の「Entek Membranes」から入手可能である。

10

【0072】

不純物として非常に少量（例えば、使用される電解質塩に応じて、重量で約500ppmよりも多くない）の水のみを含有する非水性電解質は、本発明のバッテリー電池に使用される。電解質は、1つ又はそれよりも多くの有機溶剤中に解離した1つ又はそれよりも多くのリチウムベースの電解質塩を含有する。適切な塩は、臭化リチウム、過塩素酸リチウム、ヘキサフルオロリン酸リチウム、ヘキサフルオロリン酸カリウム、ヘキサフルオロヒ酸リチウム、トリフルオロメタンスルホン酸リチウム、及びヨウ化リチウムのうちの1つ又はそれよりも多くを含むが、塩は、好ましくは、 I^- （例えば、溶剤混合物中の LiI の解離による）を含む。適切な有機溶剤は、ギ酸メチル、 γ -ブチロラクトン、スルホラン、アセトニトリル、3,5-ジメチルイソキサゾール、 n, n -ジメチルホルムアミド、及びエーテルのうちの1つ又はそれよりも多くを含むが、全溶剤のうちの少なくとも50体積パーセントは、エーテルの低い粘性及び湿潤機能が以下に説明するより厚い電極構造に良い影響を与えると考えられるのでエーテルでなければならない。好ましいエーテルは、非環式（例えば、1,2-ジメトキシエタン、1,2-ジエトキシエタン、ジ（メトキシエチル）エーテル、トリグリム、テトラグリム、及びジエチル）、及び/又は環式（例えば、1,3-ジオキサラン、テトラヒドロフラン、2-メチルテトラヒドロフラン、及び3-メチル-2-オキサゾリジノン）とすることができる。1,3-ジオキサラン及び1,2-ジメトキシエタンは、好ましい溶剤であり、一方、ヨウ化リチウムは好ましい塩であるが、ヨウ化リチウムは、リチウムトリフレート、リチウムイミド、又は過塩素酸リチウムと共に使用することができる。溶剤混合物中に解離した I^- の生成をもたらす添加剤を使用することができる。

20

30

【0073】

アノード、カソード、及びセパレータのストリップは、電極組立体に互いに組み合わされる。電極組立体は、巻き付けが完了する時に電極組立体から取り出されるマンドレルの周りにカソード、セパレータ、アノード、及びセパレータのストリップを交互に巻き付けることによって作られる図1に示すような螺旋巻き設計とすることができる。少なくともセパレータの1層及び/又は少なくとも電気絶縁フィルム（例えば、ポリプロピレン）は、一般的に、電極組立体の外側の周りに巻かれる。これは、組立体を互いに保持する助けになり、組立体の幅又は直径を望ましい寸法に調節するのに使用することができるなどの多くの目的を果たす。セパレータの最外端部又は他の外側フィルム層は、1枚の粘着テープ又はヒートシールで押さえ付けることもできる。図1に示すように、アノードを最外電極としてもよく、又はカソードを最外電極とすることもできる。いずれの電極も電池容器と電気接触状態にすることができるが、最外電極と容器の側壁の間の内部短絡は、電極組立体の最外巻線の極性を缶の極性に適合させることによって回避することができる。

40

【0074】

電池は、あらゆる適切な工程を使用して閉鎖して密封することができる。このような工程は、以下に限定されるわけではないが、圧着、再絞り、収集、及びこれらの組合せを含むことができる。例えば、図1の電池については、電極及び絶縁コーンが挿入された後、

50

缶の中にビードが形成され、ガスケット及びカバー組立体（電池カバー、接触バネ、及び通気孔ブッシュを含む）が缶の開放端に設けられる。電池は、ガスケット及びカバー組立体がビードに対して押し下げられる間、ビードにおいて支持される。ビードの上の缶の上部の直径は、セグメント化されたコレットを使用して絞られ、ガスケット及びカバー組立体を電池内の所定位置に保持する。電解質が、通気孔ブッシュ及びカバーの開口を通して電池内に分配された後で、通気孔ボールをブッシュに挿入し、電池カバーの開口を密封する。PTCデバイス及び端子カバーが、電池カバー上の電池の上に設けられ、缶の上縁に圧着ダイで内向きに曲げられ、ガスケット、カバー組立体、PTCデバイス、及び端子カバーを保持及び維持し、ガスケットによって缶の開放端のシールが完成する。

【0075】

カソードに関しては、カソードは、金属箔集電体、典型的には約16 μmから20 μmの厚みのアルミニウム箔の上に被覆される。カソードは、コーティングの加工性、導電性、及び全体的な効率の均衡を取るよう慎重に選択する必要があるいくつかの材料を含有する混合物として形成される。これらの成分は、トリクロロエチレンのような溶剤の存在下でスラリー中に混合され、次に、集電体上に被覆される。得られるコーティングは、好ましくは、コーティング後に乾燥して高密度化され、かつコーティングは、主として、二硫化鉄（及びその不純物）、粒子状物質と一緒に保持し、混合物を集電体に接着するのに使用する結合剤、混合物に改善された導電性を提供する金属、グラファイト及びカーボンブラック粉末のような1つ又はそれよりも多くの導体材料、並びにヒュームドシリカ及び/又は過塩基性スルホン酸カルシウム錯体のような様々な加工又は流動助剤から構成される。好ましいカソード調製は、引用により組み込まれる米国特許公開2009/0104520号明細書に開示されている。更に、高レート用途向きのリチウム-二硫化鉄バッテリーは、本明細書に引用により組み込まれる米国特許第7,157,185号明細書に説明するように、それに関連するアノードの理論的界面インプット容量と比較してカソードにおける過度の理論的界面インプット容量を提供することによって効力の恩典があることが判断されている。従って、一実施形態では、本発明の電池は、1.00未満の界面アノード対カソードインプット比を有する。

【0076】

以下は、94重量パーセントから99重量パーセントのパイライト、0.1~3.0重量パーセントの導体、約0.1~3.0重量パーセントの結合剤、及び約0~1.0重量パーセントの加工助剤の好ましいカソード調製に利用する代表的な材料である。約95~98重量パーセントのパイライト、約0.5~2.0重量パーセントの導体、0.5~2.0重量パーセントの結合剤、及び約0.1~0.5重量パーセントの加工助剤のカソード混合物を有することがより望ましい。約96~97重量パーセントのパイライト、約1.0~2.0重量パーセントの導体、約1.0~1.5重量パーセントの結合剤、及び約0.3~0.5重量パーセントの加工助剤のカソード混合物を有することがなお一層望ましい。導体は、米国イリノイ州のシカゴ所在の「Superior Graphite」からのPure Black（登録商標）（カーボンブラック）205-110、及び/又は米国オハイオ州所在の「Timcal Westlake」からのMX15を含むことができる。結合剤/加工助剤は、米国テキサス州のヒューストン所在の「Kraton Polymers」からのg1651、及びオランダ国のヘーレンフェーン所在のCibaから以前に入手可能であったEFKA（登録商標）6950過塩基性スルホン酸カルシウム錯体、又は独国のエッセン所在の「Evonik Industries AG」からのAEROSIL（登録商標）200ヒュームドシリカのようなスチレン-エチレン/ブチレン-スチレン（SEBS）ブロックコポリマーを含むポリマーの結合剤を含むことができる。

【0077】

小さい粒径のカソード材料を使用して、セパレータに穴を開ける危険を最小にすることも望ましい。例えば、FeS₂は、少なくとも230メッシュ（62 μm）スクリーン又はそれ未満のメッシュのスクリーンでフィルタリングすることができる。より好ましくは

10

20

30

40

50

、 FeS_2 は、本明細書に引用により組み込まれる米国特許公開第2005/0233214号明細書で上述のように、 $10\ \mu\text{m}$ 未満の平均 d_{50} 粒径を有するように粉碎又は加工することができる。

【0078】

カソード混合物は、スリーロールリバース、コンマコーティング、又はスロットダイコーティングなどのようなあらゆる数の適切な工程を使用して、箔導体に付加される。あらゆる不要な溶剤を除去するための乾燥後又は乾燥と同時に、得られるカソードストリップは、カレンダ加工などにより高密度化され、正極全体を更に圧密する。このストリップは、次に、セパレータと同様の（必ずしも同一である必要はない）サイズのアノードストリップと共に螺旋状に巻き付けられ、ゼリーロール型電極組立体を形成することになるという事実

10

に照らし合わせて、この高密度化は、ゼリーロール型電極組立体における電気化学材料の装填量を最大にする。特別の利点は、以下の例で示すように、カソードの装填量、集電体の一方の面（すなわち、片側）上で混合物の少なくとも $28\ \text{mg}/\text{cm}^2$ を超え、より好ましく $30\ \text{mg}/\text{cm}^2$ を超え、最も好ましくは、 $32\ \text{mg}/\text{cm}^2$ を超える時に本発明の一実施形態において立証されている。

【0079】

しかし、一部の内部カソード空隙は、放電中の二硫化鉄の膨張及び有機電解質による二硫化鉄の湿潤化を可能にするのに必要であるので、カソードを過度に高密度化することはできない。より具体的には、コーティングを高密度に圧密するために印加することができる力の量のような作動的限界もあり、このような力によって生成される集電体上の応力は、コーティングの不用な延伸及び/又は実際に層間剥離をもたらす可能性がある。従って、最終高密度化カソードにおける固体充填比百分率は、電気化学反応が進行するのを可能にするのに十分であることが好ましい。好ましくは、最終固体充填比は、約58%から70%でなければならない。

20

【0080】

電気化学電池の改良は、様々な異なる高レート試験の下で電気化学電池の性能に基づいて測定することができる。最後に、本発明者に既知の最高性能の従来技術のFR6電池は、約330分のDSC性能を有した。この従来技術の電池も、両面のカソード集電体のうちの片面上の cm^2 当たり92重量パーセントのパイライトと、電極間の $220\ \text{cm}^2$ の総界面表面積とを含む約22mgのカソード混合物を有し、DSC試験で約 $18\ \text{mWh}/\text{cm}^2$ の界面表面積をもたらした。他の公知のFR6電池は、カソードの片面の混合物の約 $18\ \text{mg}$ から $25\ \text{mg}/\text{cm}^2$ と界面表面積の $200\ \text{cm}^2$ から $220\ \text{cm}^2$ との間で変化した

30

が、これらの電池は、DSC試験で有意に悪化し、典型的には、約260分から285分及び約 $15\ \text{mWh}/\text{cm}^2$ から $17\ \text{mWh}/\text{cm}^2$ をもたらしたに過ぎない。極端な場合には、電池は、混合物の $28\ \text{mg}$ 又はそれよりも多く/ cm^2 の装填量を有することが観察されたが、これらの電池は、電解質、固体充填比、及び/又は比較的低重量パーセントのパイライトのそれらの選択によって説明することが可能なDSC試験で全ての公知の従来技術のうちの最悪の性能であった（例えば、通常は250分未満、時にサービス不能も）。いかなる場合も、全ての公知の従来技術のFR6電池は、約165ミクロン又はそれ未満の厚みの少なくとも99.5重量パーセントのリチウムから構成されたアノードと

40

、93重量パーセントのパイライトを有するカソードコーティングとを有した。同様に、これらの電池の全ては、放電の3分の2（すなわち、66%）の深さでDSC中にR10抵抗の20%未満の減少を示している。注意すべき点は、放電の3分の2の深さは、この抵抗の最大減少が観察される範囲である。

【0081】

このデータは、電極間の界面表面積を最大にし、DSC試験のような高レート用途に対する電池の性能を最適にすべきであるという当業技術における考えを反映している。FR6缶のような固定空間において、電極の厚みは、界面表面積の量に影響を与える。電極をより厚くすることにより、ゼリーロール内の巻線をより少なくし、拡張により、内面積の減少及びDSC性能の低下の期待をもたらすことになる。付加的な加工及び製造の難しさ

50

も起こる可能性があり、例えば、カソード混合調製、コーティング、及び高密度化操作は、電極厚みが変化する時のゼリーロール巻き付けのようにカソード厚みが増加すると全てが影響を受けることになる。その結果、140ミクロンから165ミクロンのアノード厚み、16ミクロンから25ミクロンのセパレータ厚み、及び180ミクロンから220ミクロンのカソード厚み（集電体を含めて）に対応するFR6電池において約200cm²から220cm²のゼリーロールの界面面積を維持することが望ましいと考えられていた。

【0082】

本発明者は、ここで意外にも、特定の範囲のコーティング固体充填比を維持しながら、混合物中の重量パーセントのパイライトの増加及び/又は集電体の混合物の装填量を組み合わせてアノードの厚みを増加させることで、これらの変化が電極組立体における界面表面積全体を必然的に低減するという事実にも関わらず、電池の他の性能特性に殆ど影響を与えないか又は全く与えない状態で次第に高レート性能の改善をもたらすことを見出した。特に、200cm²未満の界面表面積が考えられており、これは、FR6電池において少なくとも175ミクロンの厚みのアノードに対応する。カソードの最終固体充填比は、58%から70%である必要があるが、カソードコーティングは、集電体の片面当たりの混合物の少なくとも24mg、及び/又はより好ましくは、28mgを超え、及び/又はパイライトの少なくとも91重量パーセント、より好ましくは、93重量パーセントを超える。各々の場合に、少なくとも50%のエーテルを有して実質的に炭酸塩を含まない電解質が必要である。好ましくは、電解質溶液は、その解離した電解質塩のうちの1つとして、又は電解質添加剤としてI⁻を有することになる。I⁻は、好ましくは、1つ又はそれよりも多くのエーテルの少なくとも90重量パーセント（溶剤の総容積に基づいて）を有する溶剤混合物中に解離されているリチウムベースの塩のヨウ化リチウムの使用によって形成することができる。しかし、炭酸塩は、通常混合物中で使用することはできない。どのような特定の理論にも拘束されるものではないが、炭酸塩は、上述の好ましいカソードと有益に相互作用するような比較的高い粘性の湿潤特性を保有すると考えられる。

【0083】

カソードコーティング中のFeS₂の量は、バッテリーの製作前に混合物を分析することにより、又は調製後の鉄含有量を判断して、鉄の検出レベルをカソード中のパイライトの重量パーセントに関連付けることにより判断することができる。製作後の鉄含有量を試験する方法は、既知の量（質量及び容積/面積を単位として）のカソードを酸に溶解することにより行うことができ、次に、誘導結合プラズマ原子発光分析又は原子吸光分析のような一般的な定量分析技術を使用してその溶解試料中の鉄の総量について試験する。この方法により既知の被覆カソード調製を試験することで、鉄の総量が電池中のFeS₂を表すことが検証された（特に、カソードコーティングにおけるFeS₂の純度を最大にすることが望ましいという点で）。ピクノメータを使用してカソード密度を判断することができる場合があるが、ある一定の結合剤は、リチウム-二硫化鉄電池の内部環境に露出される時に容積変化を受けることがあるために、このような方法により確立された密度は、カソードの乾燥混合密度に達するように更に調節することが必要になる。

【0084】

注意すべき点は、試料中のアルミニウム量の試験は、同様の方式（例えば、ICP-AES又はAA分光法）で集電体（導体がアルミニウムである時の）の厚みの計算を可能にすることになる。他の同様の分析技術は、これらの成分の原子及び/又は分子組成に応じて結合剤、加工助剤などの試験に使用することができ、かつアノード及び/又はセパレータの分析は、同様の分析及び定量/定性技術を使用して可能である。

【0085】

カソードの単位面積当たりの重量が製作後から判断される限り、カソードは、あらゆる電解質残遺物を除去するために濯いで溶剤が測定重量に寄与しないことを保証するように完全に乾燥すべきである。次に、集電体からの重量寄与は、上述の導体の適切な経験的分析によるこの測定値から差し引くことができる。

10

20

30

40

50

【0086】

R10抵抗は、本明細書を通して使用される場合に電流遮断法を使用する特定の電池抵抗測定技術である。R10抵抗は、主として電池のオーム抵抗（すなわち、「オーム」の法則に従う電流に対する抵抗）を反映する。

【0087】

R10抵抗は、あらゆるサービス試験中に測定することができるが、本明細書で使用される場合、R10抵抗は、「デジタルスチルカメラ試験」中に測定される。特に、二重パルス技術は、DSC試験の各サイクルにおける10番目の高電力パルス段階（例えば、FR6DSC試験の10番目の1500mWパルス）、及び同じくその同じサイクル（例えば、650Wパルス）の対応する低電力段階の100ミリ秒間隔において最初に観察される測定電圧及び電流データで使用される。同様の測定値は、DSC試験全体に対して各サイクルの10番目のパルス上に記録される。次に、第1の測定値（すなわち、試験中約5分経過した時に取ったもの）は、放電様式中に所定点における別の測定値と比較することができる。本明細書を通して使用される場合、第1のサイクルのR10抵抗は、DSC試験中に放電点の約3分の2の深さにおける第2の測定値と比較されることになる。

10

【0088】

2つの比較測定値（すなわち、第1のサイクルの10番目のパルスである第1の間隔、及び放電点の3分の2の深さに最も近いサイクルの10番目のパルスである第2の間隔）の正確な計算は、以下の通りであり、 V_{hp} 及び I_{hp} は、放電サイクル（例えば、放電の5分又は66%の深さ）の10番目のパルスの端部における高電力段階の電圧及び電流であり、 V_{lp} 及び I_{lp} は、それぞれ、上述の高電力段階の直後に低電力パルスへの電圧及び電流100ミリ秒である。

20

【0089】

$$R10_{\text{間隔}} = |V_{hp} - V_{lp}(t=100ms) / I_{hp} - I_{lp}(t=100ms)|$$

【0090】

データが、放電点の3分の2の深さで正確に記録することができない範囲で、必要値を正確にかつ有効に判断するために2つの最も近いデータ点の間で補完することができる。DSC試験は、本明細書で企図したR10抵抗測定値に固有の比較点を確実に確立するためにその完了に達する必要があることも明らかであるべきである。同様に、FR03電池のR10抵抗（又はあらゆる他のサイズ）は、結果的としてFR6に対して同じ方法を使用するが、「ANSI C18.3M, Part 1 2005」規格（又は適切規格）によりAAAサイズに対して調節された高及び低電力パルスによって判断することができる。

30

【0091】

上記説明の全体は、特にFR6及びFR3電池に関するものである。しかし、本発明はまた、側壁の高さが容器の直径を超える他の円筒形電池サイズ、他のカソードコーティング手法、及び/又はシール及び/又は圧力逃し口の設計を有する電池に適用させることができる。

【0092】

本発明の特徴及びその利点は、本発明を実施する者により更に認められるであろう。更に、上述のように組み立てられた電池の構成要素及び性能のある一定の実施形態が実現されるであろう。開示した概念の教示から逸脱することなく本発明に様々な変更及び改良を加えることができることは、本発明を実施する者及び当業者により理解されるであろう。与えられる保護の範囲は、特許請求の範囲及び法律によって許される解釈の幅により判断すべきである。

40

【0093】

ここで、以下の非限定な実施例を参照して本発明を説明する。

【実施例1】

【0094】

実施例

50

一連のFR6電池は、以下の表1a及び表1bに示すように構成される。ロット1～8に対して、リチウムの厚み、カソードの固体充填比、及び装填量、並びにセパレータ製造業者のみをかなり変更するように、同一の電池ハウジング、電解質溶液、及びセパレータ厚みが使用された。ロット1及びロット3は、本発明者によって生成された比較例を表すが（すなわち、これらの電池は、従来技術の例を表さない）、ロット2は、本発明者に既知の最高の性能の従来技術のFR6電池を表す（上述のように）。ロット4、5、6、7、及びロット8は、本発明の様々な実施形態である。このようにして、ロット1～8に対してアノード厚み及びカソード調製の影響に関して直接比較することができる。

【0095】

付加的な比較の例は、ロットA、B、及びロットCに示されている。ロットA～Cは、従来技術からの他のFR6電池である。ロットA～Cに対して電池ハウジング材料及びアノードを含む構成要素の多くは、ロット1～8に使用するものと実質的に類似していると考えられるが、ロットA～Cは、異なる/未知の電解質調製（場合によっては、全てのエーテル溶剤中に溶解されたリチウムトリフラート、リチウムイミド、及び/又は過塩素酸リチウム塩に基づくもの）、より厚いセパレータ、及び異なるカソード調製を有する。このようにして、これらの点の更に別の比較は、ロット4～8、並びにロットA及びロットB間で行うことができる。

【0096】

(表1a)

ロット	1	2	3	A	B	C
総混合物のうちの パイライト重量 パーセント	96.5	92	85.7	～80から 85	～80から 88	～85から 88
カソード装填量 (mg混合物/ cm ²)	14.6	21.8	31.9	～20から 22	～22から 24	～22から 24
カソード固体充 填比%	70	64	70	～63から 67	～60から 69	～58から 64
Li厚み(μm)	102	152	203	～150	～145	～155
リチウム幅(cm)	3.899	3.899	3.899	～3.900	～4.000	～3.990
界面面積(cm ²)	327	219	175	～215	～210	～201
電解質LiI(重量モル濃度)	0.75	0.75	0.75	該当なし	該当なし	該当なし
セパレータ厚み (μm)	20	20	20	25	25	25

【0097】

(表1b)

10

20

30

40

ロット	4	5	6	7	8
総混合物のうちの パイライト重量 パーセント	96.4	96.4	91	96.5	96.5
カソード装填量 (mg 混合物/ cm ²)	28.3	28.3	30.0	33.6	33.6
カソード固体充 填比%	58	70	64	60	60
Li 厚み (μm)	203	203	203	229	254
リチウム幅 (cm)	3.899	3.899	3.899	3.899	3.899
界面面積 (cm ²)	182	195	178	157	145
界面アノード対 カソードインプ ット比	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85
電解質 LiI (重 量モル濃度)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
セパレータ厚み (μm)	20	20	20	20	20

10

20

【0098】

全ての電池は、1.00未満のアノードの理論的界面インプット容量比対カソードの理論的界面入力比で構成され、それによって高レート試験の公正な比較を可能にした。次に、これらの電池は、これらのR10抵抗をモニタしながら、「デジタルスチルカメラ」試験で試験された。これらの試験の結果は、表2a及び表2bに示されている。

【0099】

(表2a)

ロット	1	2	3	A	B	C
DSC性能(分)	328	333	303	275	264	285
DSC試験のエネルギー(mWh)	3866	3922	3565	3239	3109	3356
DSC試験の単位 界面面積当たりの エネルギー(mWh /cm ²)	11.8	17.9	20.4	15.1	14.8	16.7
R10 _{1st} (Ω)	0.102	0.103	0.097	0.066	0.146	0.118
2/3におけるD SCサービス(分)	219	222	202	183	176	203
DSCの2/3D ODにおけるR1 0 _{2nd} (Ω)	0.093	0.091	0.082	0.055	0.136	0.110
減少%	9%	12%	16%	17%	7%	7%

30

40

【0100】

(表2b)

ロット	4	5	6	7	8
DSC性能(分)	374	389	347	363	340
DSC試験のエネルギー(mWh)	4405	4581	4084	4275	3998
DSC試験の単位界面面積当たりのエネルギー(mWh/cm ²)	24.2	23.6	22.9	27.2	27.7
R10 _{1st} (Ω)	0.113	0.114	0.109	0.156	0.164
2/3におけるDSCサービス(分)	249	259	231	242	226
DSCの2/3DODにおけるR10 _{2nd} (Ω)	0.076	0.073	0.081	0.083	0.081
減少%	33%	36%	26%	47%	50%

10

【0101】

上述の結果を参照すると、ロット1の高界面表面積の設計は、ロット1が必要なカソード装填量を利用しない可能性が最も高いので、依然としてロット4～8よりも劣っている点に注意すべきである(DSC試験結果の点で)。同様に、ロット3は、比較的高いカソード装填量及び低界面表面積を保有するが、ロット3は、十分な重量パーセントのパイライトがないそのカソード混合物によりロット4～8よりも劣っている。ロット3のパイライトの代わりとして、グラファイト導体は、この特定の調製物の約12重量パーセントに起因したが、余分な導体から予期したカソード効率の改善の期待にも関わらず、ロット3は、ロット4～8の高レート結果に接近できなかった。このようにして、リチウム厚み、カソード最終固体充填比、カソード混合物中のパイライトの重量パーセント、及びカソード装填量の適切な組合せを保有する電池のみが、高レート性能特性の改良を達成することができる。

20

【0102】

以上に鑑みて、以下の特徴のあらゆる組合せを含む電気化学電池が考えられている。

- ・約50.5mmよりも大きくない高さ及び約14.5mmよりも大きくない直径を有するR6サイズの容器、

30

- ・リチウム又はリチウムベースの合金から本質的に構成されたアノードと、金属箔集電体上に被覆されて少なくとも91重量パーセントのパイライト及び58%から70%の最終固体充填比を有する混合物を含むカソードとの間に200cm²未満の界面面積を有するゼリーロール型電極組立体、

- ・溶剤の全容積に基づいて1つ又はそれよりも多くのエーテルの少なくとも50体積パーセントを含み、どの炭酸塩ベースの溶剤も含まない1つ又はそれよりも多くの溶剤に解離された1つ又はそれよりも多くの電解質塩から本質的に構成された電解質、

- ・電池は、「デジタルスチルカメラ試験」で21mWh/cm²を超える界面面積の単位当たりのエネルギーを有すること、

40

- ・「デジタルスチルカメラ試験」で23mWh/cm²を超える界面面積の単位当たりのエネルギーを有すること、

- ・電池は、「デジタルスチルカメラ試験」で27mWh/cm²を超える界面面積の単位当たりのエネルギーを有すること、

- ・界面面積が、185cm²未満であること、

- ・界面面積が、175cm²未満であること、

- ・混合物が、少なくとも93重量パーセントのパイライトを有すること、

- ・混合物が、少なくとも96重量パーセントのパイライトを有すること、

- ・1つ又はそれよりも多くの溶剤が、1つ又はそれよりも多くのエーテルの90体積パーセントよりも大きい部分を含むこと、及び/又は

50

・ 1つ又はそれよりも多くの溶剤中に解離された時に1つ又はそれよりも多くの電解質塩がI⁻を含むこと。

【0103】

更に、以下の特徴のあらゆる組合せを含む電気化学電池が考えられている。

・ 容器、

・ 少なくとも200ミクロンの厚みのリチウム又はリチウムベースの合金から本質的に構成されたアノードと、金属箔集電体上に被覆されて、58%から70%の間の最終固体充填比を含み、かつ集電体の両面のうちの各側面上の混合物の少なくとも28mg/cm²(すなわち、両面の導体の両側が考えられる時には56mg)の装填量を有する混合物を含むカソードとの間に配置された25ミクロン又はそれ未満の厚みのセパレータを有するゼリーロール型電極組立体、

10

・ 少なくとも1つのリチウムベースの塩と、溶剤の全容積に基づいて1つ又はそれよりも多くのエーテルの少なくとも50体積パーセントを有する1つ又はそれよりも多くの溶剤とを含む電解質、

・ 電池が、「デジタルスチルカメラ試験」中に放電の約66%の深さで20%を超えるR10抵抗のかなりの低下を受けること、

・ R10抵抗の低下が、30%を超えること、

・ R10抵抗の低下が、45%を超えること、

・ リチウムの厚みが、少なくとも225ミクロンであること、

・ リチウムの厚みが、少なくとも250ミクロンであること、

20

・ セパレータの厚みが、16ミクロンよりも大きいこと、

・ 混合物が、少なくとも30mg/cm²の装填量を有すること、

・ 1つ又はそれよりも多くの溶剤が、1つ又はそれよりも多くのエーテルの90体積パーセントよりも大きい部分を含むこと、

・ 1つ又はそれよりも多くの溶剤が、どの炭酸塩も含有しないこと、及び/又は

・ 電解質が、1つ又はそれよりも多くの溶剤中に解離されたI⁻を更に含むこと。

【0104】

最後に、以下の特徴のあらゆる組合せを含む電気化学電池が考えられている。

・ 容器、

・ i) 16ミクロンから25ミクロンの厚みのセパレータと、ii) 少なくとも175ミクロンの厚みのリチウム又はリチウムベースの合金から本質的に構成されたアノードと、iii) 金属箔集電体上に被覆された少なくとも91重量パーセントのパイライトを有し、58%から70%の最終固体充填比及び集電体の両面の各側面上の混合物の少なくとも24mg/cm²の装填量を有する混合物を含むカソードとを有するゼリーロール型電極組立体、

30

・ 少なくとも1つのリチウムベースの塩と、溶剤の全容積に基づいて1つ又はそれよりも多くのエーテルの少なくとも50体積パーセントを構成する1つ又はそれよりも多くの溶剤とを含む電解質、

・ ゼリーロール型電極組立体が、1.00未満のアノードの理論的界面インプット容量比対カソードの理論的界面インプット比を有すること、

40

・ ゼリーロール型電極組立体が、0.90未満又はそれに等しい比率を有すること、

・ ゼリーロール型電極組立体が、0.85未満又はそれに等しい比率を有すること、

・ アノードの厚みが、少なくとも200ミクロンであり、混合物が、少なくとも94重量パーセントのパイライトを含み、混合物が、少なくとも28mg/cm²の装填量を有すること、

・ アノードの厚みが、少なくとも225ミクロンであり、混合物が、少なくとも96重量パーセントのパイライトを含み、混合物が、少なくとも30mg/cm²の装填量を有すること、

・ 電池が、i) 放電の約66%の深さで20%を超えるR10抵抗のかなりの低下、及びii) 21mWh/cm²を超える界面面積の単位当たりのエネルギーから構成された群か

50

ら選択された「デジタルスチルカメラ」試験中の少なくとも1つを有すること、

- ・電池が、i) 放電の約66%の深さで30%を超えるR10抵抗のかなりの低下、及びii) 2.3 mWh/cm^2 を超える界面面積の単位当たりエネルギーから構成された群から選択された「デジタルスチルカメラ」試験中の少なくとも1つを有すること、
- ・1つ又はそれよりも多くの溶剤が、どの炭酸塩も含有せず、かつ1つ又はそれよりも多くのエーテルの90体積パーセントよりも大きい部分から構成され、及び/又は
- ・電解質が、1つ又はそれよりも多くの溶剤中に解離された I^- を更に含むこと。

【符号の説明】

【0105】

- 10 電池
- 12 缶
- 16 ガスケット
- 18 アノード、負極
- 20 カソード、正極
- 22 集電体

10

【図1】

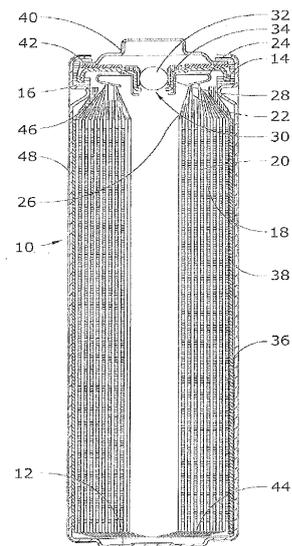


FIGURE 1

フロントページの続き

(74)代理人 100109070

弁理士 須田 洋之

(74)代理人 100109335

弁理士 上杉 浩

(72)発明者 フアン ウェイウェイ

アメリカ合衆国 オハイオ州 44145 ウェストレイク ブルースター ドライヴ 4066

(72)発明者 ウェンドリング マシュー ティー

アメリカ合衆国 オハイオ州 44011 エイボン ダービー ドライブ 4707

審査官 富士 美香

(56)参考文献 国際公開第2009/054912(WO, A2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 6/16

H01M 4/06

H01M 4/58