

(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2017-525093
(P2017-525093A)

(43) 公表日 平成29年8月31日 (2017. 8. 31)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 6/08 (2006. 01)	HO 1 M 6/08 A	2 G 2 1 6
HO 1 M 4/06 (2006. 01)	HO 1 M 4/06 T	5 HO 2 1
HO 1 M 4/42 (2006. 01)	HO 1 M 4/42	5 HO 2 4
HO 1 M 4/50 (2010. 01)	HO 1 M 4/50	5 HO 5 0
HO 1 M 2/16 (2006. 01)	HO 1 M 2/16 L	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 24 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2016-574134 (P2016-574134)	(71) 出願人 315014051 デュラセル、ユーエス、オペレーションズ 、インコーポレーテッド アメリカ合衆国デラウェア州、ウィルミン トン、オレンジ ストリート、1 2 0 9
(86) (22) 出願日 平成27年6月16日 (2015. 6. 16)	
(85) 翻訳文提出日 平成28年12月19日 (2016. 12. 19)	
(86) 国際出願番号 PCT/US2015/035927	
(87) 国際公開番号 W02015/195600	
(87) 国際公開日 平成27年12月23日 (2015. 12. 23)	(74) 代理人 100091982 弁理士 永井 浩之
(31) 優先権主張番号 62/015, 276	(74) 代理人 100091487 弁理士 中村 行孝
(32) 優先日 平成26年6月20日 (2014. 6. 20)	(74) 代理人 100082991 弁理士 佐藤 泰和
(33) 優先権主張国 米国 (US)	(74) 代理人 100105153 弁理士 朝倉 悟
	(74) 代理人 100096921 弁理士 吉元 弘
	最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 統合されたセル内抵抗を有する一次アルカリ電池

(57) 【要約】

本発明は、一次AAサイズ・アルカリ電池を対象とする。一次AAサイズ・アルカリ電池は、アノードと、カソードと、電解質と、アノードとカソードとの間のセパレータとを含む。アノードは、電気化学的活性アノード材料を含む。カソードは、電気化学的活性カソード材料を含む。電解質は、水酸化カリウムを含む。一次AAサイズ・アルカリ電池は、22℃で約39mΩ未満の統合されたセル内イオン抵抗 (R_i) を有する。電気化学的活性カソード材料は電解二酸化マンガンを含む。電解二酸化マンガンは、約2.9g/cm³から約3.45g/cm³の固有のカソード・ローディングを有する。セパレータは、75%より大きい多孔率を有する。

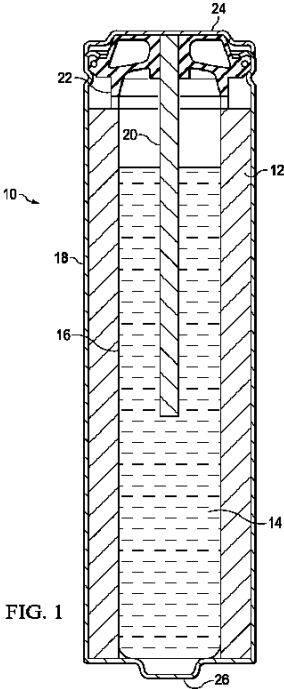


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一次 A A サイズ・アルカリ電池であって、
 電気化学的活性アノード材料を備えるアノードと、
 電気化学的活性カソード材料を備えるカソードと、
 水酸化カリウムを備える電解質と、
 前記アノードと前記カソードとの間のセパレータと
 22℃で約 39 mΩ 未満の統合されたセル内イオン抵抗 (R_i) と

を備え、

前記電気化学的活性カソード材料は電解二酸化マンガンを備え、前記電解二酸化マンガンは、約 2.9 g/cm³ から約 3.45 g/cm³ の固有のカソード・ローディングを有し、前記セパレータは、75% より大きい多孔率を有する、一次 A A サイズ・アルカリ電池。

10

【請求項 2】

22℃で約 22 mΩ 未満の統合されたセル内電子抵抗 (R_e) を更に備える、請求項 1 に記載の一次 A A サイズ・アルカリ電池。

【請求項 3】

22℃で約 57 mΩ 未満のオーム抵抗 (R_t) を更に備える、請求項 1 に記載の一次 A A サイズ・アルカリ電池。

【請求項 4】

前記電解二酸化マンガンは、約 22 m²/g から約 32 m²/g の B E T 表面積を有する、請求項 1 に記載の一次 A A サイズ・アルカリ電池。

20

【請求項 5】

前記カソードは炭素添加物を備え、前記炭素添加物は、前記カソードの約 3.25 重量パーセントから約 4.25 重量パーセントを備える、請求項 1 に記載の一次 A A サイズ・アルカリ電池。

【請求項 6】

前記セパレータは、約 1.33 g/cm³ から約 1.37 g/cm³ の密度を備える、請求項 1 に記載の一次 A A サイズ・アルカリ電池。

【請求項 7】

前記電気化学的活性アノード材料は亜鉛を備え、前記亜鉛は、約 10 μm から約 300 μm の粒子サイズを有する、請求項 1 に記載の一次 A A サイズ・アルカリ電池。

30

【請求項 8】

前記亜鉛は、約 0.045 g/cm² から約 0.055 g/cm² の B E T 表面積を有する、請求項 8 に記載の一次 A A サイズ・アルカリ電池。

【請求項 9】

電池の統合されたセル内抵抗を決定するための方法であって、
 電解質を用意するステップと、

温度 t_i における前記電解質の抵抗 $R_{el-te}(t_i)$ を測定するステップと、

温度 t_j における前記電解質の抵抗 $R_{el-te}(t_j)$ を測定するステップと、

前記温度 t_i における前記電解質の前記抵抗 $R_{el-te}(t_i)$ の、前記温度 t_j における前記電解質の前記抵抗 $R_{el-te}(t_j)$ に対する比率を、式 6 によって計算するステップと、

40

前記電解質を含む電池を用意するステップと、

前記温度 t_i における前記電池のオーム抵抗 R_i を測定するステップと、

前記温度 t_j における前記電池のオーム抵抗 R_j を測定するステップと、

前記電池の統合されたセル内電子抵抗 R_e を式 7 によって計算するステップと、

前記温度 t_i における前記電池の統合されたセル内イオン抵抗 $R_i(t_i)$ を式 8 によって計算するステップと、

前記温度 t_j における前記電池の統合されたセル内イオン抵抗 $R_i(t_j)$ を式 8 によ

50

って計算するステップと
を備える方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、統合されたセル内抵抗を有する一次アルカリ電池およびこのようなセル内の統合された抵抗を決定するための方法に関する。

【背景技術】

【0002】

電気化学的セルまたは電池は、電気エネルギー源として一般に使用されている。電池は、典型的にはアノードと呼ばれる負電極と、典型的にはカソードと呼ばれる正電極を含む。アノードは、酸化されることができる電気化学的活性アノード材料を含む。カソードは、還元されることができる電気化学的活性カソード材料を含む。電気化学的活性アノード材料は、電気化学的活性カソード材料を還元することができる。セパレータがアノードとカソードとの間に配置される。電池の構成要素は、典型的には金属から作られる缶または筐体内に配置される。

【0003】

電池が電子装置内で電気エネルギー源として使用されるとき、アノードおよびカソードへの電氣的接触がなされ、電子が装置を通して流れることを許容し、それぞれの酸化および還元反応が起こって電子装置に電力を供給することを可能にする。電解質は、アノード、カソード、およびセパレータと接触している。電解質は、放電中に電池全体の電荷のバランスを維持するために、アノードとカソードとの間のセパレータを通して流れるイオンを含む。

【0004】

玩具、リモコン、オーディオ装置、懐中電灯、デジタルカメラおよび周辺撮像機器、電子ゲーム、歯ブラシ、ラジオ、ならびに時計などの現代の電子装置への給電により適する電池を作成する必要性が高まってきている。この必要性に応えるために、電池は、容量および耐用寿命を増加させるために、電気化学的活性アノードおよび／またはカソード材料のより高いローディング (loading) を含むことができる。しかしながら、電池は、一定の外部寸法および制約された内部体積を有するAA、AAA、AAAA、C、およびDの電池サイズなどの共通サイズとしても供給される。より性能のよい電池を達成するために電気化学的活性材料のローディングだけを増加させることは、したがって限定されている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

給電能力および耐用寿命などの全体的な電池性能を実質的に上昇させるために最適化された統合されたセル内抵抗を有するアルカリ電池を提供する必要性が存在する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

一実施形態において、本発明は、一次AAサイズ・アルカリ電池を対象とする。一次AAサイズ・アルカリ電池は、アノードと、カソードと、電解質と、アノードとカソードとの間のセパレータとを含む。アノードは、電気化学的活性アノード材料を含む。カソードは、電気化学的活性カソード材料を含む。電解質は、水酸化カリウムを含む。一次AAサイズ・アルカリ電池は、22℃で約39mΩ未満の統合されたセル内イオン抵抗 (R_i) を有する。電気化学的活性カソード材料は電解二酸化マンガンを含む。電解二酸化マンガンは、約2.9g/cm³から約3.45g/cm³の固有のカソード・ローディングを有する。セパレータは、75%より大きい多孔率を有する。

【0007】

別の実施形態において、本発明は、電池の統合されたセル内抵抗を決定するための方法

10

20

30

40

50

を対象とする。この方法は、電解質を用意するステップを含む。この方法は、温度 t_i における電解質の抵抗 $R_{e1-t_e(t_i)}$ を測定するステップも含む。この方法は、温度 t_j における電解質の抵抗 $R_{e1-t_e(t_j)}$ を測定するステップを更に含む。この方法は、温度 t_i における電解質の抵抗 $R_{e1-t_e(t_i)}$ の、温度 t_j における電解質の抵抗 $R_{e1-t_e(t_j)}$ に対する比率を、式 6 によって計算するステップも含む。この方法は、電解質を含む電池を用意するステップを更に含む。この方法は、温度 t_i における電池のオーム抵抗 R_i を測定するステップも含む。この方法は、温度 t_j における電池のオーム抵抗 R_j を測定するステップを含む。更に、この方法は、電池の統合されたセル内電子抵抗 R_e を式 7 によって計算するステップを含む。この方法は、温度 t_i における電池の統合されたセル内イオン抵抗 $R_i(t_i)$ を式 8 によって計算するステップも含む。この方法は、温度 t_j における電池の統合されたセル内イオン抵抗 $R_i(t_j)$ を式 8 によって計算するステップを含む。

10

【0008】

本明細書は、本発明を形成すると考えられる主題を詳しく指摘して明瞭に請求する特許請求の範囲によって結ばれるが、本発明は、添付の図面と併せてなされる下記の説明によって、よりよく理解されると確信される。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】本発明の統合されたセル内抵抗を有する一次アルカリ電池の断面図である。

【図 2】本発明の統合されたセル内抵抗を計算するための方法の実施形態のプロセスフロー図である。

20

【図 3】本発明の電圧インジケータを含み統合されたセル内抵抗を有する一次アルカリ電池の透視図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

電気化学的セルまたは電池は、一次または二次であってよい。一次電池は、例えば空になるまで 1 回だけ放電し、その後に廃棄されると意味される。一次電池は、例えば、David Linden, Handbook of Batteries (4th ed., 2011) に説明されている。二次電池は、再充電されるように意図される。二次電池は、多数回、例えば、50 回以上、100 回以上、またはそれ以上の放電および再充電が可能である。二次電池は、例えば、David Linden, Handbook of Batteries (4th ed., 2011) に説明されている。したがって、電池は、様々な電気化学的対および電解質の組み合わせを含むことができる。本明細書において提供される説明および実施例は、概して、一次アルカリ電気化学的セル、または電池を対象とするが、本発明は、水性系、非水性系、イオン液体系または固体系の一次電池および二次電池の両方に適用されることを理解されたい。したがって、前述の系の一次電池および二次電池は、本出願の範囲内にあり、本発明は、任意の特定の実施形態に限定されない。

30

【0011】

図 1 を参照すると、カソード 12 と、アノード 14 と、セパレータ 16 と、ハウジング 18 と含む一次アルカリ電気化学的セルまたは電池 10 が図示されている。電池 10 は、集電体 20 と、シール 22 と、端部キャップ 24 とも含む。端部キャップ 24 は、電池 10 の負端子として機能する。正ピップ (positive pip) 26 が、電池 10 の端部キャップ 24 とは他端に位置している。正ピップ 26 は、電池 10 の正端子として機能することができる。電解質溶液が、電池 10 の全体に分散されている。カソード 12、アノード 14、セパレータ 16、電解質、集電体 20、およびシール 22 は、ハウジング 18 内に収容されている。電池 10 は、例えば AA、AAA、AAAA、C、または D サイズのアルカリ電池であってよい。

40

【0012】

ハウジング 18 は、一次アルカリ電池において広く使用されている任意の従来の種類の

50

ハウジングであってよく、例えば、冷間圧延鋼またはニッケルめっき冷間圧延鋼などの任意の適切な母材で作られてよい。ハウジング 18 は、円筒形状を有してよい。ハウジング 18 は、任意の他の適切な非円筒形状であってよい。例えば、ハウジング 18 は、長方形、正方形または角柱形状などの少なくとも 2 つの平行な板部を備える形状を有してよい。ハウジング 18 は、冷間圧延鋼またはニッケルめっき鋼などの母材のシートから、例えば、深絞りされてよい。ハウジング 18 は、例えば、円筒形状に絞られてよい。ハウジング 18 は、少なくとも 1 つの開放端部を有してよい。ハウジング 18 は、それらの間に側壁を有する閉鎖端部および開放端部を有してよい。ハウジング 18 の側壁の内面は、ハウジング 18 の側壁の内面とカソード 12 などの電極との間に低電気接触抵抗を提供する材料により処理されてよい。ハウジング 18 の側壁の内面は、例えばハウジング 18 の側壁の内側面とカソード 12 との間の接触抵抗を減少させるように、例えば、ニッケル、コバルトでめっきされてもよく、および／または炭素含有塗料で塗布されてもよい。

10

【0013】

集電体 20 は、当技術分野における任意の既知の方法によって特定の電池設計のための任意の適切な形状に作られてよい。集電体 20 は、例えば、爪のような形状を有してよい。集電体 20 は、柱状本体と柱状本体の一方の端部に位置するヘッドとを有してよい。集電体 20 は、金属、例えば亜鉛、銅、真ちゅう、銀、または任意のその他の適切な材料で作られてよい。集電体 20 は、任意に、集電体 20 と例えばアノード 14 との間に低電気接触抵抗を提供する、スズ、亜鉛、ビスマス、インジウム、または別の適切な材料でめっきされてよい。めっき材料は、集電体 20 がアノード 14 によって接触されたときにガス形成を抑制する能力を呈してもよい。

20

【0014】

シール 22 は、ポリアミド、ポリプロピレン、ポリエーテルウレタンなどのポリマー、ポリマー複合体、およびこれらの混合物を所定の寸法の形状に射出成形することによって作成されてよい。シール 22 は、例えば、ナイロン 6, 6、ナイロン 6, 10、ナイロン 6, 12、ナイロン 11、ポリプロピレン、ポリエーテルウレタン、コポリマー、複合体、およびこれらの混合物から作られてよい。例示的な射出成形方法は、コールドランナー法およびホットランナー法の両方を含む。シール 22 は、可塑剤、結晶性核剤、酸化防止剤、離型剤、潤滑剤、および帯電防止剤などの他の既知の機能材料を含有してよい。シール 22 はまた、シーラントで被覆されてもよい。シール 22 は、電池 10 内での使用前に加湿されてよい。シール 22 は、例えば、シール材料に応じて約 1.0 重量パーセントから約 9.0 重量パーセントの湿分含量を有してよい。集電体 20 は、シール 22 に挿入され、シール 22 を貫通してよい。

30

【0015】

端部キャップ 24 は、それぞれの電池を閉鎖するのに十分な任意の形状に形成されてよい。端部キャップ 24 は、例えば、円筒形状または角柱形状を有してよい。端部キャップ 24 は、適切な寸法を有した所望の形状に材料をプレス加工することによって形成されてよい。端部キャップ 24 は、電池 10 の放電中に電子を伝導するであろう任意の適切な材料から作られてよい。端部キャップ 24 は、例えば、ニッケルめっき鋼またはスズめっき鋼から作られてよい。端部キャップ 24 は、集電体 20 に電氣的に接続されてよい。端部キャップ 24 は、例えば、集電体 20 に溶接されることによって、集電体 20 に電氣的に接続することができる。端部キャップ 24 は、例えば、装置内の電池 10 の深放電または逆転中などに通気口の断裂をもたらすことのある電池 10 内でのガス発生イベント中に端部キャップ 24 の下で起こる可能性がある任意のガス圧力を排出させるために、穴などの 1 つまたは複数の開口も含んでよい。

40

【0016】

カソード 12 は、1 つまたは複数の電気化学的活性カソード材料を含む。電気化学的活性カソード材料として、酸化マンガン、二酸化マンガン、電解二酸化マンガン (EMD)、化学二酸化マンガン (CMD)、ハイパワー電解二酸化マンガン (HP-EMD)、ラムダ二酸化マンガン、ガンマ二酸化マンガン、ベータ二酸化マンガンおよびこれらの混合物

50

を挙げることができる。他の電気化学的活性カソード材料として、酸化銀、酸化ニッケル、オキシ水酸化ニッケル、酸化銅、ヨウ素酸銅などの銅塩、酸化ビスマス、高原子価ニッケル化合物、高原子価鉄化合物、酸素、およびこれらの混合物が挙げられるが、これらに限定されない。酸化ニッケルは、水酸化ニッケル、オキシ水酸化ニッケル、オキシ水酸化コバルトでコーティングされたオキシ水酸化ニッケル、脱リチウム化（*delithiated*）された層状リチウムニッケル酸化物、部分的に脱リチウム化された層状酸化ニッケル、およびこれらの組み合わせを含んでよい。水酸化ニッケルまたはオキシ水酸化ニッケルは、ベーターオキシ水酸化ニッケル、ガンマーオキシ水酸化ニッケル、ならびに／またはベーターオキシ水酸化ニッケルおよび／もしくはガンマーオキシ水酸化ニッケルの連晶（*intergrowth*）を含んでよい。オキシ水酸化コバルトでコーティングされたオキシ水酸化ニッケルは、オキシ水酸化コバルトでコーティングされたベーターオキシ水酸化ニッケル、オキシ水酸化コバルトでコーティングされたガンマーオキシ水酸化ニッケル、ならびに／またはオキシ水酸化コバルトでコーティングされたベーターオキシ水酸化ニッケルおよびガンマーオキシ水酸化ニッケルの連晶を含んでよい。高原子価ニッケル化合物は、例えば、四価ニッケルを含んでよい。高原子価鉄化合物は、例えば、六価鉄を含んでよい。

10

【0017】

カソード12は、炭素粒子などの導電性添加物およびバインダーを含んでよい。炭素粒子がカソードに含まれることで、電子がカソード中を流れることが可能になる。炭素粒子は、膨張黒鉛および天然黒鉛などの黒鉛、グラフェン、単層ナノチューブ、多層ナノチューブ、炭素繊維、炭素ナノ繊維、およびこれらの混合物であってよい。カソード内の炭素粒子の量は比較的少ない、例えば、約10%未満、約7.0%未満、約4.25%未満、約3.75%未満、約3.5%未満、または更には約3.25%未満、例えば約2.0%から約3.25%であることが好ましい。炭素レベルが低いほど、カソード12の体積を増やすことなく、または完成品の電池10の空隙の体積（セル内でガスが生成されたときに内圧が過度に上昇することを防止するために、特定のレベル以上に維持されなければならない）を減らすことなく、カソード12内の電気化学的活性材料のより高いローディングを含むことができる。適切な膨張黒鉛は、例えば、TIMCAL Carbon & Graphite（ボディオ、スイス）から入手できるBNB-90黒鉛でよい。

20

【0018】

カソード12内で使用されることができバインダーの例として、ポリエチレン、ポリアクリル酸、またはPVDFもしくはPTFEなどのフッ化炭素樹脂が挙げられる。ポリエチレン・バインダーの例が、CATHYLENE HA-1681（HoechstまたはDuPontから入手可能）という商標名で販売されている。その他のカソード添加剤の例は、例えば、米国特許第5,698,315号、米国特許第5,919,598号、米国特許第5,997,775号、および米国特許第7,351,499号に記載されている。

30

【0019】

カソード12内の電気化学的活性カソード材料の量は、カソード・ローディングと称されることができる。カソード12のローディングは、電池10内で使用される電気化学的活性カソード材料および電池10のセル・サイズに応じて、変化してよい。例えば、EMD電気化学的活性カソード材料を有するAAサイズ電池は、少なくとも約9.0グラムのEMDのカソード・ローディングを有することができる。カソード・ローディングは、例えば少なくとも約9.5グラムのEMDであってよい。カソード・ローディングは、例えば約9.7グラムから約11.5グラムのEMDであってよい。カソード・ローディングは、約9.7グラムから約11.0グラムのEMDであってよい。カソード・ローディングは、約9.8グラムから約11.2グラムのEMDであってよい。カソード・ローディングは、約9.9グラムから約11.5グラムのEMDであってよい。カソード・ローディングは、約10.4グラムから約11.5グラムのEMDであってよい。AAAサイズ電池については、カソード・ローディングは、約4.0グラムから約6.0グラムのEM

40

50

Dであってよい。A A A Aサイズ電池については、カソード・ローディングは、約2.0グラムから約3.0グラムのEMDであってよい。Cサイズ電池については、カソード・ローディングは、約25.0グラムから約29.0グラムのEMDであってよい。Dサイズ電池については、カソード・ローディングは、約54.0グラムから約70.0グラムのEMDであってよい。

【0020】

電気化学的活性カソード材料などのカソード成分、炭素粒子、およびバインダーは、水性水酸化カリウム電解質などの液体と組み合わせられ、ブレンドされ、完成品の電池の製造において使用するペレットにプレス加工されてよい。最適なカソードペレット処理のためには、概して、カソード材料が、約2.5%から約5%、より好ましくは約2.8%から約4.6%の範囲の水分レベルを有することが好ましい。ペレットは、電池製造プロセス中にハウジング内に配置された後で、典型的には、均一なカソードを形成するために再圧縮される。

10

【0021】

概して、カソード12は、非膨張黒鉛を実質的に含まないことが好ましい。非膨張黒鉛粒子は、カソードペレット形成機器に潤滑性を提供することができる。しかしながら、非膨張黒鉛は、膨張黒鉛よりも著しく導電性が低く、膨張黒鉛を含有するカソードと同じカソード導電性を得るために、より多くの非膨張黒鉛を使用する必要がある可能性がある。好ましくはないが、カソードは、低レベルの非膨張黒鉛を含んでもよいが、これは、特定のカソード導電性を保ちつつ得ることができる黒鉛の濃度の低減を損なうであろう。

20

【0022】

カソード12は、カソードの製造時点において計算されることができる多孔率を有するであろう。電池10内のカソード12の多孔率は、とりわけカソードの電解質湿潤および電池放電に関連するカソードの膨潤に起因して時間とともに変化するため、カソードの多孔率は、製造時点において、例えば、カソードペレット処理の後で、計算されてよい。カソードの多孔率は、以下のようにして計算されることができる。各固体カソード成分の実密度は、参考図書、例えば、Lange's Handbook of Chemistry (16th ed., 2005) から得ることができる。固体カソード成分それぞれの固体重量は、電池設計によって規定される。各カソード成分の固体重量を各カソード成分の実密度で除算することでカソードの固体体積を求めることができる。電池内においてカソードによって占められる体積もまた、電池設計によって規定される。カソードによって占められる体積は、コンピュータ支援設計(CAD)プログラムによって計算されることができる。多孔率は、下記の式によって求められることができる。

30

【0023】

カソード多孔率 = $[1 - (\text{カソード固体体積} \div \text{カソード体積})] \times 100$

例えば、A Aサイズ電池のカソード12は、カソード12内の固体として、約10.90グラムの二酸化マンガンおよび約0.401グラムの黒鉛(BNB-90)を含むことができる。二酸化マンガンおよび黒鉛の実密度は、それぞれ、約4.45 g/cm³および約2.15 g/cm³であってよい。固体の重量をそれぞれの実密度で除算すると、二酸化マンガンによって占められる体積約2.45 cm³および黒鉛によって占められる体積約0.19 cm³が得られる。総固体体積は約2.64 cm³である。設計者は、カソード12によって占められる体積を、約3.473 cm³となるように選択することができる。上記の式 $[1 - (2.64 \text{ cm}^3 \div 3.473 \text{ cm}^3)]$ によってカソード多孔率を計算すると、約0.24すなわち24%のカソード多孔率が得られる。カソード多孔率は、約15%から約45%でよく、好ましくは約22%から約35%の間である。

40

【0024】

所与の体積のカソード12内の電気化学的活性カソード材料の量は、固有のカソード・ローディングと称されることができる。電池10内のカソード12によって占められる体積は、上述のように、電池設計によって規定されてよい。カソード12によって占められる体積は、コンピュータ支援設計(CAD)プログラムによって計算されることができる

50

。固有のカソード・ローディングは、例えば、カソード体積の立方センチメートルあたり約 2.9 グラムの EMD より大きくてよい。固有のカソード・ローディングは、例えば、カソード体積の立方センチメートルあたり約 2.9 グラムの EMD からカソード体積の立方センチメートルあたり約 3.45 グラムの EMD であってよい。固有のカソード・ローディングは、例えば、カソード体積の立方センチメートルあたり約 3.0 グラムの EMD からカソード体積の立方センチメートルあたり約 3.36 グラムの EMD であってよい。固有のカソード・ローディングは、例えば、カソード体積の立方センチメートルあたり約 3.10 グラムの EMD からカソード体積の立方センチメートルあたり約 3.25 グラムの EMD であってよい。

【0025】

電気化学的活性カソード材料は、粒子から構成されることができる。電気化学的活性カソード材料の粒子は、表面積を有することができる。電気化学的活性カソード材料の粒子の表面積は、当技術分野において既知の任意の方法で決定されてよい。例えば、電気化学的活性カソード材料の粒子の表面積は、Brauner-Emmet-Teller (BET) 法を使用して決定されてよい。電気化学的活性カソード材料の粒子の BET 表面積は、例えば、 $15 \text{ m}^2/\text{g}$ よりも大きくてよい。電気化学的活性カソード材料の粒子の BET 表面積は、例えば、約 $15 \text{ m}^2/\text{g}$ から約 $35 \text{ m}^2/\text{g}$ でよい。電気化学的活性カソード材料の粒子の BET 表面積は、例えば、約 $18 \text{ m}^2/\text{g}$ から約 $28 \text{ m}^2/\text{g}$ でよい。電気化学的活性カソード材料の粒子の BET 表面積は、例えば、約 $20 \text{ m}^2/\text{g}$ から約 $25 \text{ m}^2/\text{g}$ でよい。

【0026】

アノード 14 は、少なくとも 1 つの電気化学的活性アノード材料、ゲル化剤、およびガス発生防止剤などの微量の添加剤で形成されることができる。電気化学的活性アノード材料は、亜鉛、カドミウム、鉄、金属水素化物、例えば AB_5 、 AB_2 、および A_2B_7 など、これらの合金、ならびにこれらの混合物を含むことができる。

【0027】

アノード 14 内の電気化学的活性アノード材料の量は、アノード・ローディングと称されることができる。アノード 14 のローディングは、電池 10 内で使用される電気化学的活性アノード材料および電池 10 のセル・サイズに応じて、変化してよい。例えば、亜鉛の電気化学的活性アノード材料を有する AA サイズ電池は、少なくとも約 3.3 グラムの亜鉛のアノード・ローディングを有することができる。アノード・ローディングは、例えば、少なくとも約 4.0、約 4.3、約 4.6 グラム、約 5.0 グラム、または約 5.5 グラムの亜鉛であってよい。例えば、亜鉛の電気化学的活性アノード材料を有する AAA サイズ電池は、少なくとも約 1.9 グラムの亜鉛のアノード・ローディングを有することができる。例えば、アノード・ローディングは、少なくとも約 2.0 または約 2.1 グラムの亜鉛を有することができる。例えば、亜鉛の電気化学的活性アノード材料を有する AAA サイズ電池は、少なくとも約 0.6 グラムの亜鉛のアノード・ローディングを有することができる。例えば、アノード・ローディングは、少なくとも約 0.7 から約 1.0 グラムの亜鉛を有することができる。例えば、亜鉛の電気化学的活性アノード材料を有する C サイズ電池は、少なくとも約 9.5 グラムの亜鉛のアノード・ローディングを有することができる。例えば、アノード・ローディングは、少なくとも約 10.0 から約 15.0 グラムの亜鉛を有することができる。例えば、亜鉛の電気化学的活性アノード材料を有する D サイズ電池は、少なくとも約 19.5 グラムの亜鉛のアノード・ローディングを有することができる。例えば、アノード・ローディングは、少なくとも約 20.0 から約 30.0 グラムの亜鉛を有することができる。

【0028】

電気化学的活性アノード材料は、粒子から構成されることができる。電気化学的活性アノード材料の粒子は、表面積を有することができる。電気化学的活性アノード材料の粒子の表面積は、当技術分野において既知の任意の方法で求められてよい。例えば、電気化学的活性アノード材料の粒子の表面積は、Brauner-Emmet-Teller (B

10

20

30

40

50

ET)法を使用して求められてよい。電気化学的活性アノード材料の粒子のBET表面積は、例えば、 $0.040\text{ m}^2/\text{g}$ よりも大きくてよい。電気化学的活性アノード材料の粒子のBET表面積は、例えば、 $0.0410\text{ m}^2/\text{g}$ から約 $0.0600\text{ m}^2/\text{g}$ でよい。電気化学的活性アノード材料の粒子のBET表面積は、例えば、 $0.0450\text{ m}^2/\text{g}$ から約 $0.0550\text{ m}^2/\text{g}$ でよい。電気化学的活性アノード材料の粒子のBET表面積は、例えば、 $0.0490\text{ m}^2/\text{g}$ から約 $0.0510\text{ m}^2/\text{g}$ でよい。

【0029】

電気化学的活性アノード材料の粒子は、粒子サイズを有することができる。電気化学的活性アノード材料は、粒子サイズのガウス分布を備えてよい。例えば、電気化学的活性アノード材料の平均粒子サイズは、約 $10\text{ }\mu\text{m}$ より大きく約 $300\text{ }\mu\text{m}$ 未満でよい。電気化学的活性アノード材料の平均粒子サイズは、約 $50\text{ }\mu\text{m}$ より大きく約 $300\text{ }\mu\text{m}$ 未満でよい。電気化学的活性アノード材料の平均粒子サイズは、約 $60\text{ }\mu\text{m}$ より大きく約 $250\text{ }\mu\text{m}$ 未満でよい。電気化学的活性アノード材料の平均粒子サイズは、約 $75\text{ }\mu\text{m}$ より大きく約 $150\text{ }\mu\text{m}$ 未満でよい。電気化学的活性アノード材料の平均粒子サイズは、約 $10\text{ }\mu\text{m}$ より大きく約 $70\text{ }\mu\text{m}$ 未満でよい。電気化学的活性アノード材料の平均粒子サイズは、約 $20\text{ }\mu\text{m}$ より大きく約 $60\text{ }\mu\text{m}$ 未満でよい。電気化学的活性アノード材料の平均粒子サイズは、約 $30\text{ }\mu\text{m}$ より大きく約 $50\text{ }\mu\text{m}$ 未満でよい。電気化学的活性アノード材料は、粒子サイズのマルチモーダル分布、例えば、粒子サイズのバイモーダル分布またはトリモーダル分布を備えてよい。マルチモーダル分布とは、少なくとも2つの明白なピークを有する分布のことをいう。したがって、粒子サイズのマルチモーダル分布を有する電気化学的活性アノード材料についての粒子サイズの関数としての粒子の相対的割合の線図は、少なくとも2つの明白なピークを有するであろう。粒子サイズ分布の1つのモードは、このモードにおける約 $10\text{ }\mu\text{m}$ から約 $70\text{ }\mu\text{m}$ の範囲の平均粒子サイズを有する約10%から約90%のサンプルを備えてよい。粒子サイズ分布の第2のモードは、このモードにおける約 $50\text{ }\mu\text{m}$ から約 $300\text{ }\mu\text{m}$ の範囲の平均粒子サイズを有する約10%から約90%の同一のサンプルを備えてよい。電気化学的活性アノード材料粒子サイズ分布としての垂鉛についての例示的マルチモーダルは、バイモーダル分布であってよく、そこでは、約10%から約35%の混合物は約 $10\text{ }\mu\text{m}$ から約 $70\text{ }\mu\text{m}$ の間の平均粒子サイズを有してよく、残りの約65%から約90%の混合物は約 $50\text{ }\mu\text{m}$ から約 $300\text{ }\mu\text{m}$ の間の平均粒子サイズ分布を有してよい。

【0030】

使用可能なゲル化剤の例として、ポリアクリル酸、グラフト化デンプン材料、ポリアクリル酸の塩、カルボキシメチルセルロース、カルボキシメチルセルロースの塩（例えば、カルボキシメチルセルロースナトリウム）、またはこれらの組み合わせを挙げることができる。アノードは、ビスマス、スズ、またはインジウムなどの無機材料を含むことができる。または、ガス発生防止剤として、リン酸エステル、イオン性界面活性剤、または非イオン性界面活性剤などの有機化合物を挙げることができる。

【0031】

電解質は、カソード12、アノード14およびセパレータ16の全体に分散されてよい。電解質は、水溶液中にイオン伝導性成分を備える。イオン伝導性成分は、水酸化物であってよい。水酸化物は、例えば、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、水酸化リチウム、水酸化セシウム、およびこれらの混合物であってよい。イオン伝導性成分は、塩を含むこともできる。塩は、例えば、塩化亜鉛、塩化アンモニウム、過塩素酸マグネシウム、臭化マグネシウム、およびこれらの混合物であってよい。イオン伝導性成分の濃度は、電池設計およびその所望の性能に応じて選択されることができる。水性アルカリ電解質は、水を有する溶液において水酸化物をイオン伝導性成分として含むことができる。電解質内の水酸化物の濃度は、電池10内の全電解質の重量に基づいて約0.25から約0.40すなわち約25%から約40%であってよい。例えば、電解質の水酸化物の濃度は、電池10内の全電解質の重量に基づいて約0.25から約0.32すなわち約25%から約32%

であってよい。水性アルカリ電解質はまた、その中に溶解された酸化亜鉛（ ZnO ）も含むことができる。 ZnO は、アノード内の亜鉛の腐食を抑えるように機能することができる。電解質に含まれる ZnO の濃度は、電池10内の全電解質の約3重量%未満であってよい。例えば、 ZnO 濃度は、電池10内の全電解質の約1重量%から約3重量%であってよい。

【0032】

AAサイズ・アルカリ電池内の水性アルカリ電解質の総重量は、例えば、約3.0グラムから約4.0グラムであってよい。AAサイズ電池内の電解質の総重量は、好ましくは、例えば、約3.3グラムから約3.8グラムであってよい。AAサイズ電池内の電解質の総重量は、例えば、約3.4グラムから約3.65グラムであってよい。AAAサイズ・アルカリ電池内の水性アルカリ電解質の総重量は、例えば、約1.0グラムから約2.0グラムであってよい。AAAサイズ電池内の電解質の総重量は、例えば、約1.2グラムから約1.8グラムであってよい。AAAサイズ電池内の電解質の総重量は、例えば約1.4グラムから約1.6グラムであってよい。

【0033】

セパレータ16は、電解質によって濡らすことができるまたは電解質によって濡らされた材料を備える。材料は、液体と表面との間の接触角度が 90° 未満である場合、または液体が自発的に表面全体に広がる傾向がある場合に、液体によって濡らされると言われ、これら両条件は通常は共存する。セパレータ16は、織られた紙もしくは布または不織の紙もしくは布を備えてよい。セパレータ16は、例えば、不織布材料の層と組み合わせられたセロハンの層を含んでよい。セパレータは、更なる不織布材料の層を含んでもよい。セパレータの材料は、薄くてよい。セパレータは、例えば、150マイクロメートル（ミクロン）未満の乾燥厚さを有してよい。セパレータは、例えば、100ミクロン未満の乾燥厚さを有してよい。セパレータは、好ましくは、約70ミクロンから約90ミクロン、より好ましくは、約70ミクロンから約75ミクロンの乾燥厚さを有する。セパレータは、例えば、185マイクロメートル（ミクロン）未満の湿潤厚さを有してよい。セパレータは、例えば、約90ミクロンから約180ミクロンの湿潤厚さを有してよい。セパレータは、例えば、約100ミクロンから約170ミクロンの湿潤厚さを有してよい。セパレータは、例えば、約110ミクロンから約130ミクロンの湿潤厚さを有してよい。セパレータは、40 g/m^2 以下の坪量（basis weight）を有する。セパレータは、好ましくは、約15 g/m^2 から約40 g/m^2 、より好ましくは約20 g/m^2 から約30 g/m^2 の坪量を有する。セパレータは、例えば、約1.30 g/cm^3 より大きい密度を有してよい。セパレータは、約1.32 g/cm^3 から約1.40 g/cm^3 の密度を有してよい。セパレータは、約1.34 g/cm^3 から約1.38 g/cm^3 の密度を有してよい。セパレータは、例えば、約70%より大きい多孔率を有してよい。セパレータは、約71%から約85%の多孔率を有してよい。セパレータは、約73%から約80%の多孔率を有してよい。セパレータは、約75%から約79%の多孔率を有してよい。

【0034】

セパレータ16は、透気度値を有することができる。セパレータの透気度値は、ISO 2965に定められるようにSodim透気度試験器によって、その特性を示されることができる。Sodim透気度試験器は、紙および不織材料の透気度を測定するように設計されている。試験器は、1 kPaの圧力において1分間に材料の所定の断面を通過するガスの体積を測定する。セパレータ16の透気度値は、約2000 $cm^3/cm^2 \cdot min$ @ 1 kPaから約5000 $cm^3/cm^2 \cdot min$ @ 1 kPaであってよい。セパレータ16の透気度値は、約3000 $cm^3/cm^2 \cdot min$ @ 1 kPaから約4000 $cm^3/cm^2 \cdot min$ @ 1 kPaであってよい。セパレータ16の透気度値は、約3500 $cm^3/cm^2 \cdot min$ @ 1 kPaから約3800 $cm^3/cm^2 \cdot min$ @ 1 kPaであってよい。

【0035】

面積比抵抗 (area-specific resistance) は、組み合わせられたセパレータと電解質との測定された特性であり、組成、厚さ、透気度、坪量、および湿潤性などのセパレータ特性、ならびに水酸化物および亜鉛酸塩の濃度などの電解質特性に影響される。アルカリ電解質内のセパレータの組み合わせの面積比抵抗は、約 $100 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ から約 $800 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ であってよい。面積比抵抗は、約 $200 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ から約 $500 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ であってよい。

【0036】

電池放電性能は、概して、いくつかの要因に依存する。1つの重要な要因は、電池のオーム抵抗であり、これは他の要因とともに、電池の放電率能力および放電効率に影響を与えることができる。電池のオーム抵抗 R は、電池内の統合されたセル内イオン抵抗 R_i および統合されたセル内電子抵抗 R_e の組み合わせである。統合されたセル内イオン抵抗 R_i は、セパレータの孔内の電解質のイオン抵抗 R_{is} およびセパレータに近接するカソードおよびアノードの孔内の電解質の抵抗 R_{ip} を含むことができる。カソードおよびアノードの多孔質母材 (porous matrix) 内に配置されたカソードおよびアノードの電極材料の孔内の電解質の抵抗は、統合されたセル内イオン抵抗 R_i に影響を与えることができる。統合されたセル内イオン抵抗 R_i は、セパレータの孔内およびカソードおよびアノードの多孔質母材の孔内の電解質の有効イオン抵抗を表すことができる。カソードおよびアノードの孔内の電解質の抵抗 R_{ip} は、カソードおよびアノードの多孔率、孔の湿潤性、孔の分布、粒子サイズ、モフォロジ (morphology)、湿潤表面積、および電解質の導電性に依存する。統合されたセル内イオン抵抗 R_i 、統合されたセル内電子抵抗 R_e 、オーム抵抗 R は、特に高ドレイン状態において、電池放電性能に影響する。電池の放電性能は、例えば、電池の統合されたセル内イオン抵抗 R_i 、統合されたセル内電子抵抗 R_e 、およびオーム抵抗 R を最小化することによって、向上されることができる。

【0037】

例えば、アノードとカソードとの間の静圧はセパレータの両側に力を及ぼすことができ、その結果として厚さが圧縮されるので、組み立てられた電池内のセパレータの実際の厚さは不明である。更に、電池放電に伴ってカソード活性材料およびアノード活性材料の密度が変化するので、アノードとカソードとの間の静圧は、電池放電の間に変化する。また、カソード成分およびアノード成分の粒子サイズおよび粒子サイズ分布も組み立てられた電池内のセパレータの厚さに影響することがある。更に、カソード成分およびアノード成分の粒子は、このような状態で、セパレータ内に埋め込まれることがある。セパレータの湿潤性および圧縮性もまた、組み立てられた電池内のセパレータの厚さに影響する。このような状態を考慮して、有効セパレータ厚さ T_{cel} は、統合されたセル内イオン抵抗 R_i およびセパレータの孔内の電解質の抵抗 R_{is} における差を反映する。有効セパレータ厚さ T_{cel} は、電池内でアノードがいかに有効に分配されるか、およびアノード分配プロセスの間にアノード内にどのくらいの空間が生成されるかを反映することもできる。有効セパレータ厚さは、カソードおよびアノードの孔内の電解質の抵抗 R_{ip} も備える。有効セパレータ厚さ T_{cel} は、特に高ドレイン状態において、電池放電性能に影響する。電池の放電性能は、例えば、有効セパレータ厚さ T_{cel} を最小化することによって、向上されることができる。

【0038】

統合されたセル内イオン抵抗 R_i は、電池 10 内の成分および電池 10 のサイズに応じて変化することができる。統合されたセル内イオン抵抗 R_i は、温度に伴って変化することもできる。例えば、一次アルカリ AA サイズ電池は、 22°C で約 $39 \text{ m}\Omega$ 未満の統合されたセル内イオン抵抗 R_i を有してよい。 22°C における統合されたセル内イオン抵抗 R_i は、約 $15 \text{ m}\Omega$ から約 $39 \text{ m}\Omega$ であってよい。 22°C における統合されたセル内イオン抵抗 R_i は、約 $20 \text{ m}\Omega$ から約 $36.5 \text{ m}\Omega$ であってよい。

【0039】

統合されたセル内電子抵抗 R_e は、電池 10 内の成分および電池 10 のサイズに応じて

変化することができる。統合されたセル内電子抵抗 R_e は、温度に伴って変化することもできる。例えば、一次アルカリ A A サイズ電池は、 22°C で約 $22\text{ m}\Omega$ 未満の統合されたセル内電子抵抗 R_e を有してよい。 22°C における統合されたセル内電子抵抗 R_e は、約 $10\text{ m}\Omega$ から約 $19\text{ m}\Omega$ であってよい。

【0040】

オーム抵抗 R は、電池 10 内の成分および電池 10 のサイズに応じて変化することができる。オーム抵抗 R は、温度に伴って変化することもできる。例えば、一次アルカリ A A サイズ電池は、 22°C で約 $57\text{ m}\Omega$ 未満のオーム抵抗 R を有してよい。 22°C におけるオーム抵抗 R は、約 $25\text{ m}\Omega$ から約 $56\text{ m}\Omega$ であってよい。

【0041】

セパレータの孔内の電解質のイオン抵抗 R_{is} は、電池内で使用される特定の電解質に含浸されたセパレータの面積比抵抗を測定し、電池内のセパレータの界面面積に対する面積比抵抗を調整することによって推定されることができる。しかしながら、カソードおよびアノードの孔内の電解質の抵抗 R_{is} を測定する方法は、存在することを知られていない。同様に、有効セパレータ厚さ T_{cel} を求める方法もまた、存在することを知られていない。

【0042】

電池の統合されたセル内電子抵抗 R_e は、電池の放電中に電子が流れることのできる組み合わせられた電流路の電子抵抗を含むことができる。電流路は、電池の内部および外部両方の全ての金属-金属接触、ハウジング、任意の金属基板、ハウジングと電気的に接触する任意の導線、例えば黒鉛または亜鉛の粒子-粒子接触、などを含むことができる。

【0043】

場合によっては、様々な電池の構成要素の電子抵抗が推定されることができる。例えば、集電体の電子抵抗が測定されることができる。他の電池の構成要素の電子抵抗は、容易には求められない。例えば、カソードおよびアノードの電子抵抗の測定は、困難で不正確である。カソードおよびアノードの電子抵抗は、カソードおよびアノードにわたる電圧低下の 2 つまたは 4 つの電極プローブ測定を使用して完了されることができる。しかしながら、この技法は、測定値の大きなばらつきを含み、このばらつきは、例えば、測定値における約 20 % から約 30 % の間の誤差を含むことがある。したがって、この技法は、この技法が適用される電池の構成要素の電子抵抗の推定のためにのみ使用されることができる。

【0044】

電池のオーム抵抗 R は、短期間の直流電流 (DC) パルスを電池に印加し、DC 電流の印加に対応する電池電圧の低下を測定することによって測定されることができる。電池の内部抵抗 R は、オームの法則に従って印加された電流に対応する電池の電圧を計算することによって求められることができる。電池の内部抵抗 R の全体的な値は、一般に電気化学的インピーダンスと呼ばれるものを利用して測定されることができる。しかしながら、どちらの技法も、電池の全体的なインピーダンス R を求めることができるだけであり、様々な電池の構成要素に関連づけられた固有の抵抗を区別することはできない。

【0045】

電池の統合されたセル内イオン抵抗 R_i および統合されたセル内電子抵抗 R_e を個別に測定する必要性が存在する。カソードおよびアノードの孔内の電解質の抵抗 R_{ip} を抽出する必要性もまた存在する。更に、組み立てられた電池内のセパレータの有効厚さ T_{cel} を推定する必要性も存在する。電池内のこれらのパラメータの個別の特性測定は、最適化された電池設計および向上された電池放電性能をもたらすことができる。

【0046】

上述のように、電池のオーム抵抗 R は、統合されたセル内イオン抵抗成分 R_i および統合されたセル内電子抵抗成分 R_e を含む。電池の統合されたセル内イオン抵抗 R_i および統合されたセル内電子抵抗 R_e は、温度に影響されることがある。電池の動作範囲は、約 0°C から約 45°C であってよい。この動作範囲内での電池の統合されたセル内イオン抵抗

10

20

30

40

50

R_i は、温度における変化によって大きく影響されることがある。しかしながら、電池のこの動作範囲内での電池の統合されたセル内電子抵抗 R_e は温度における変化によって大きく影響されることはない。

【0047】

統合されたセル内イオン抵抗の温度への依存性は、電池内の統合されたセル内イオン抵抗 R_i を評価するために利用されることができる。所与の温度範囲内での電池の統合されたセル内電子抵抗 R_e は、以下の式 1 に従って、一定のままであると仮定されることができ、

$$R_{e(t_i)} = R_{e(t_j)} = R_e(1)$$

ここで、 $R_{e(t_i)}$ は、摂氏温度 (°C) での温度 t_i におけるオーム単位 (Ω) での電池の統合されたセル内電子抵抗であり、 $R_{e(t_j)}$ は、摂氏温度 (°C) での異なる温度 t_j におけるオーム単位 (Ω) での電池の統合されたセル内電子抵抗であり、 R_e は、 t_i から t_j の範囲での任意の温度におけるオーム単位 (Ω) での電池の一定の統合されたセル内電子抵抗である。

【0048】

また、異なる温度における電池の統合されたセル内イオン抵抗の比率は、以下の式 2 に従って、2つの異なる温度における電池の2つの電解質の抵抗の比率に等しいと仮定されることができ、

【数 1】

$$\frac{R_{el-te(ti)}}{R_{el-te(tj)}} = \frac{R_i(ti)}{R_i(tj)} \quad (2)$$

ここで、 $R_{el-te(t_i)}$ は、摂氏温度 (°C) での温度 t_i におけるオーム単位 (Ω) での電池内の電解質の固有抵抗 (resistivity) であり、 $R_{el-te(t_j)}$ は、摂氏温度 (°C) での異なる温度 t_j におけるオーム単位 (Ω) での電池内の電解質の固有抵抗であり、 $R_{i(t_i)}$ は、摂氏温度 (°C) での温度 t_i におけるオーム単位 (Ω) での電池の統合されたセル内イオン抵抗であり、 $R_{i(t_j)}$ は、摂氏温度 (°C) での異なる温度 t_j におけるオーム単位 (Ω) での電池の統合されたセル内イオン抵抗である。

【0049】

温度 t_i および t_j それぞれにおける電池のオーム抵抗 R は、以下の式 3 および式 4 に従って表されることができ、

$$R_{t_i} = R_{e(t_i)} + R_{i(t_i)} \quad (3)$$

$$R_{t_j} = R_{e(t_j)} + R_{i(t_j)} \quad (4)$$

ここで、 R_{t_i} は、摂氏温度 (°C) での温度 t_i におけるオーム単位 (Ω) での電池内のオーム抵抗であり、 R_{t_j} は、摂氏温度 (°C) での異なる温度 t_j におけるオーム単位 (Ω) での電池内のオーム抵抗である。

【0050】

式 2 は、式 1、式 3 および式 4 を利用して、以下の式 5 のように書き換えられることができる。

【数 2】

$$\frac{R_{el-te(ti)}}{R_{el-te(tj)}} = \frac{R_{ti}-R_e}{R_{tj}-R_e} \quad (5)$$

【0051】

温度 t_i における電池内の電解質の固有抵抗の、温度 t_j における電池内の電解質の固有抵抗に対する比率は、 X と定義され、以下の式6のように記述されることができる。

【数3】

$$X = \frac{R_{el-te}(t_i)}{R_{el-te}(t_j)} \quad (6)$$

【0052】

式5は、式6を利用して、以下の式7のように書き換えられることができる。

10

【数4】

$$R_e = \frac{R_{ti} - X \cdot R_{tj}}{1 - X} \quad (7)$$

【0053】

電池のオーム・インピーダンスは、所与の温度範囲内の特定温度において、例えばSolartron Impedance Analyzerを使用して測定されてよい。更に、所与の温度における電解質の固有抵抗は、例えば導電率セル (conductivity cell) を使用して、実験的に求められることができる。特定温度における電池の統合されたセル内電子抵抗は、上記の式(7)を、実験的に求められた特定温度における電池のオーム・インピーダンスおよび固有抵抗とともに使用することによって求められることができる。所与の温度範囲内の特定温度における電池の統合されたセル内イオン抵抗は、以下の式(8)のように記述されることができる。

20

$$R_{i(t_i)} = R_{t_i} - R_e \quad (8)$$

【0054】

所与の温度における電池の容量 C_p もまた、上記の分析に含まれることができる。所与の温度における電池の容量 C_p は、例えばSolartron Impedance Analyzerを使用して測定されてよい。所与の温度における電池の容量は、このような分析からもたらされたナイキスト線図から抽出されてよい。所与の温度における電池の容量 C_p は、カソードおよびアノードの電気化学的活性表面積に比例する。所与の温度における電池の容量 C_p は、セパレータに近接するカソードおよびアノードの孔内の電解質の抵抗を補完するものとして取り扱われてよい。

30

【0055】

式8を使用して計算された電池の統合されたセル内イオン抵抗 R_i は、電池のアノードーカソード間界面面積に対して正規化されたセパレータ／電解質の組み合わせの面積比抵抗と比較されることができる。電池の統合されたセル内イオン抵抗 R_i と、セパレータ／電解質の組み合わせの正規化された面積比抵抗との間の差は、セパレータに近接するカソードおよびアノードの孔内の電解質の抵抗 R_{ip} の特性測定のための情報、または電池内のセパレータの有効厚さ T_{cell} を求めるための情報を提供することができる。電池の設計者は、統合されたセル内電子抵抗 R_e 、統合されたセル内イオン抵抗 R_i 、セパレータの孔内の電解質の統合されたセル内イオン抵抗 R_{is} または面積比抵抗、セパレータに近接するカソードおよびアノードの孔内の電解質の抵抗 R_{ip} 、電池設計のセパレータの有効厚さ T_{cell} 、および電池の容量を、個別にまたは組み合わせて測定および調整することで、電池設計および組み立て電池組み立てプロセスを最適化して、その後、電池の放電性能を向上させ、またはアノード分配プロセスの効率を求めることができる。

40

【0056】

電池の設計を評価および最適化するための上記の技法は、電池の放電または充電の様々な状態において完了されてよい。上記の技法は、貯蔵の様々な状態において電池の設計を

50

評価および最適化するためにも適用される。上述された様々なパラメータを、電池放電、電池充電および電池貯蔵の様々な状態において求めることは、電池放電性能および電池の信頼性を最適化することを助けることもできる。

【0057】

図2を参照すると、電池の統合されたセル内抵抗を決定するための方法(200)が示されている。この方法は、電解質を用意するステップ(205)を含む。この方法は、温度 t_i における電解質の抵抗 $R_{e1-t_e(t_i)}$ を測定するステップ(210)も含む。この方法は、温度 t_j における電解質の抵抗 $R_{e1-t_e(t_j)}$ を測定するステップ(215)も含む。この方法は、温度 t_i における電解質の抵抗 $R_{e1-t_e(t_i)}$ の、温度 t_j における電解質の抵抗 $R_{e1-t_e(t_j)}$ に対する比率を、式6によって計算するステップ(220)も含む。この方法は、電解質を含む電池を用意するステップ(225)も含む。この方法は、温度 t_i における電池のオーム抵抗 R_i を測定するステップ(230)も含む。この方法は、温度 t_j における電池のオーム抵抗 R_j を測定するステップ(235)も含む。この方法は、電池の統合されたセル内電子抵抗 R_e を式7によって計算するステップ(240)も含む。この方法は、温度 t_i における電池の統合されたセル内イオン抵抗 $R_{i(t_i)}$ を式8によって計算するステップ(245)も含む。この方法は、温度 t_j における電池の統合されたセル内イオン抵抗 $R_{i(t_j)}$ を式8によって計算するステップ(250)も含む。

【0058】

図3を参照すると、電池310は、その内部に組み込まれた電圧インジケータまたはテスト330を有するラベル320を含んで示されている。ラベル320は、透明または半透明な層がラベルの図柄およびテキストを載せた積層多層フィルムであってよい。ラベル320は、ポリ塩化ビニル(PVC)、ポリエチレンテレフタレート(PET)、および他の同様のポリマー材料から作られてよい。電池に配置される既知の種類の電圧テストとして、サーモクロミック(thermochromic)およびエレクトロクロミック(electrochromic)インジケータを挙げることができる。サーモクロミック電池テストにおいては、インジケータは、電池のアノード電極とカソード電極との間に配置されてよい。消費者は、スイッチを手で押すことによってインジケータを作動させる。ひとたびスイッチが押されると、消費者が電池のアノードをサーモクロミック・テストを介して電池のカソードに接続したことになる。サーモクロミック・テストは、幅が可変の銀導体を含むことができ、したがって導体の抵抗もその長さに沿って変化する。電流は、銀導体を通して流れるときに、銀導体の上のサーモクロミック・インク・ディスプレイの色を変化させる熱を生成する。サーモクロミック・インク・ディスプレイは、電池の相対容量を示すためのゲージとして配置されることができる。電流が大きいほど、生成される熱も多くなり、ゲージがより大きく変化して、電池が良好であることを知らせる。

【0059】

実験試験

電解質抵抗の測定

電解質の抵抗の測定は、ポテンシオスタットおよび周波数応答分析器に結合された抵抗セル(resistivity cell)内で、様々な温度において行われる。抵抗セルは、YSI Incorporatedから入手できるModel 3403であり、約1.0のセル定数Kを有している。抵抗セルのセル定数は、例えば、G. Jones and B. C. Bradshaw, J. Am. Chem. Sec., 55, 1780 (1933)に従って求められてよい。周波数応答分析器は、Solartron Groupから入手できるSolartron 1287 Electrochemical Interfaceソフトウェアを有したSolartron 1260である。電解質は、水に溶解した、水溶液の31重量%の水酸化カリウム(KOH)および水溶液の2重量%の酸化亜鉛(ZnO)からなる水性アルカリ電解液である。電解質は、温度調節室内で抵抗セル内に配置され、およそ1時間にわたって測定温度に到達することが可能となっている。約100kHzから約0.01Hzのインピーダンス掃引が、温度において電解質を有

する抵抗セルに行われる。インピーダンス掃引からもたらされたデータは、Scribner Associates, Inc. から入手できる Z-Plot / Z-View Electrochemical Interface Software によって分析される。電解質抵抗の測定は、約 5℃ の温度 t_1 、約 15℃ の温度 t_2 、約 30℃ の温度 t_3 、および約 40℃ の温度 t_4 において完了される。電解質抵抗の測定の結果である $R_{e1-t}(t_1)$ 、 $R_{e1-t}(t_2)$ 、 $R_{e1-t}(t_3)$ 、および $R_{e1-t}(t_4)$ は、以下の表 1 に含まれている。

【0060】

オーム抵抗の測定

オーム抵抗の測定は、異なる設計の組み立てられた電池上で、様々な温度において行われる。4 点電池接点固定具 (four-point battery contact fixture) がポテンシオスタットおよび周波数応答分析器に結合される。周波数応答分析器は、Solartron Group から入手できる Solartron 1287 Electrochemical Interface Software を有した Solartron 1260 である。電池は、温度調節室内で 4 点電池接点固定具に挿入され、およそ 1 時間にわたって測定温度に到達することが可能となっている。約 60 kHz から約 0.1 Hz のインピーダンス掃引が、温度において電池を含む固定具に行われる。インピーダンス掃引からもたらされたデータは、Scribner Associates, Inc. から入手できる Z-Plot / Z-View Electrochemical Interface Software によって分析される。電池のオーム抵抗の測定は、AC 電位を電池に印加し、次いで電池内の電流を測定することによって測定される。次いで、インピーダンスが、実部と虚部とからなる複素数として表される。ナイキスト線図は、測定されたインピーダンスの実部を X 軸に、虚部を Y 軸に含む。インピーダンスの X 軸の切片が電池のオーム抵抗の値である。オーム抵抗の測定は、約 5℃ の温度 t_1 、約 15℃ の温度 t_2 、約 30℃ の温度 t_3 、および約 40℃ の温度 t_4 において完了される。固定具のバックグラウンド抵抗 (background resistance) が、得られたオーム抵抗値から減算される。オーム抵抗の測定の結果である R_{t1} 、 R_{t2} 、 R_{t3} 、および R_{t4} は、以下の表 1 に含まれている。

【0061】

組み立てられた AA サイズ・アルカリ一次電池の試験

表 1 中で電池 A と称される電池は、本発明の効果を評価するために組み立てられている。アノードは、4.65 グラムの亜鉛、水に溶解した約 31 重量% の KOH および 2 重量% の ZnO を有する 1.35 立方センチメートルの水酸化カリウムアルカリ電解質、0.027 グラムのポリアクリル酸ゲル化剤、および 0.02 グラムの腐食防止剤を含有するアノード・スラリーを含む。カソードは、EMD、黒鉛、および水酸化カリウム水性電解液の混合物を含む。カソードは、10.74 グラムの EMD のローディング、および 0.4 グラムの Timcal BNB-90 黒鉛のローディングを含む。電池 A はまた、カソード・アノード間界面面積を有する。電池 A のカソード・アノード間界面面積は 11.253 cm² である。セパレータは、外側層と内側層とを有し、アノードとカソードとの間に挿入される。セパレータの外側層は、約 57 g/m² の坪量と約 90 ミクロンの厚さ（乾燥）とを有する不織布材料に積層されたセロハンを含む。セパレータの内側層は、約 25 g/m² の坪量と約 110 ミクロンの厚さ（乾燥）とを有する不織布材料である。アノード、カソード、およびセパレータは、円筒形状のハウジングに挿入される。次いで、ハウジングは、シールされて電池組み立てプロセスを終了する。次いで電池 A のオーム抵抗が、上述されたように測定される。電池 A についてのオーム抵抗の測定の結果である R_{t1} 、 R_{t2} 、 R_{t3} 、および R_{t4} は、以下の表 1 に含まれている。

【0062】

表 1 中で電池 B と称される別の電池は、本発明の効果を評価するために組み立てられている。アノードは、4.8 グラムの亜鉛、水に溶解した約 31 重量% の KOH および 2 重量% の ZnO を有する 1.39 立方センチメートルの水酸化カリウムアルカリ電解質、0

． 0.27 グラムのポリアクリル酸ゲル化剤、および 0.02 グラムの腐食防止剤を含有するアノード・スラリーを含む。カソードは、EMD、黒鉛、および水酸化カリウム水性電解液の混合物を含む。カソードは、10.92 グラムの EMD のローディング、および 0.4 グラムの Timcal BNB-90 黒鉛のローディングを含む。電池 B はまた、カソード・アノード間界面面積を有する。電池 B のカソード・アノード間界面面積は 11.352 cm^2 である。セパレータは、外側層と内側層とを有し、アノードとカソードとの間に挿入される。セパレータの外側層および内側層は両方とも、約 23 g/m^2 の坪量と約 75 ミクロンの厚さ（乾燥）とを有する不織布材料セパレータを含む。アノード、カソード、およびセパレータは、円筒形状のハウジングに挿入される。次いで、ハウジングは、シールされて電池組み立てプロセスを終了する。次いで電池 B のオーム抵抗が、上述されたように測定される。電池 B についてのオーム抵抗の測定の結果である R_{t1} 、 R_{t2} 、 R_{t3} 、および R_{t4} は、以下の表 1 に含まれている。

10

【0063】

電池 A および電池 B について、全ての選択された温度の組み合わせについての電解質の抵抗の比率が式 6 によって計算される。電池 A および電池 B について、統合されたセル内電子抵抗 R_e が、全ての選択された温度の組み合わせについて式 7 によって計算される。各統合されたセル内電子抵抗 R_e の平均は、以下の表 1 に含まれている。電池 A および電池 B について、統合されたセル内イオン抵抗 $R_{i(t1)}$ 、 $R_{i(t2)}$ 、 $R_{i(t3)}$ 、および $R_{i(t4)}$ が式 8 によって計算される。計算された統合されたセル内イオン抵抗は、以下の表 1 に含まれている。

20

【0064】

面積比抵抗の測定

面積比抵抗の測定は、抵抗セル内で、室温、例えば約 21°C において行われる。抵抗セルは、Teflon（登録商標）に入れられた 2 つのステンレス鋼電極からなる。下側電極は、電解質の小さな液だめがセル内に維持されることができるよう構成される。上部電極組立体は、取り外し可能で、2 つの金属ピンを介して下部組立体に位置合わせされている。上部電極組立体は、分析されている材料サンプルの上部に力（およそ 4 から 5 ポンド）が印加されることができるようバネ負荷をかけられる。下側電極組立体は固定具ベースにねじ留めされ、各電極に導線が取り付けられる。次いで、この導線は、Solartron Impedance Analyzer などのインピーダンス分析器の導線に接続され、インピーダンス分析器はセルまたはサンプル材料の抵抗を決定するためのインピーダンス掃引を完了するために使用される。

30

【0065】

抵抗セルのバックグラウンド抵抗が、電極を短絡されたときの電解質で満たされた固定具にインピーダンス掃引を行うことによって決定される。掃引は、計測器を制御するために Scribner Instruments によるソフトウェア・プログラム ZPlot を使用し、10 mV の振幅を使用して 100,000 kHz で開始され、100 Hz で終了する。固定具の抵抗 (R_{CELL}) は、ステンレス鋼電極の状態に応じて、10 から 150 mΩ の間の標準値 (typical value) を有することができる。得られる値が比較的一定になることを保証するために、何回かの掃引が完了されることができ

40

【0066】

セパレータおよび電解質の組み合わせの抵抗は、セパレータ・サンプルにインピーダンス掃引を行うことによって求められる。固定具は、セパレータ・サンプルが配置されることが出来る中央ディスクを含む。電解質は、1 分間にわたってセパレータ・サンプルの両側が十分に湿潤されることを保証するようなレベルまで抵抗セルの空隙内に配置される。上述されたものと同一のインピーダンス掃引が行われる。得られる値が比較的一貫したものになることを保証するために、ここでも、何回かの掃引が完了されることが出来る。掃引から得られたデータは、ナイキスト線図上にプロットされる。セパレータおよび電解質の組み合わせのオーム抵抗 (R_{REAL}) は、ナイキスト線図上の $Z'' = 0$ の位置にお

50

いて求められる。しかしながら、この値は、抵抗セルの抵抗を含む。抵抗セル・インピーダンスを含むセパレータおよび電解質の組み合わせサンプルについて求められた抵抗 (R_{REAL}) から、抵抗セルの抵抗値 (R_{CELL}) を減算することで、セパレータおよび電解質の組み合わせについての調整された抵抗値 [$R_{REAL} (ADJ)$] を計算することができる。

【0067】

セパレータ／電解質の組み合わせの面積比抵抗 (ASR) は、抵抗セルの作用電極の幾何学的な表面積に調整されたセパレータ－電解質の組み合わせの抵抗値を乗算することによって求められる。これらの実験において使用された抵抗セルの作用電極の表面積は、 3.83 cm^2 である。 ASR の単位は、 $\text{mOhm} \cdot \text{cm}^2$ である。

10

【0068】

上述された、電池 A および電池 B の、セパレータおよび電解質の組み合わせについての面積比抵抗が測定される。まず、室温における抵抗セルのインピーダンスが、上述されたように各特定の電解質によって求められる。次いで、室温におけるセパレータ／電解質の組み合わせのインピーダンスが、それぞれの特定の電解質によって求められる。次いで、セパレータ／電解質の組み合わせの調整された抵抗が求められ、 ASR の計算において使用される。電池 A および電池 B についての ASR は表 1 に含まれている。

【0069】

結果考察

表 1 は、上述された全ての分析からもたらされるデータを含む。

20

【表 1】

抵抗	電池 A	電池 B
$R_{el-te(t1)}$ ($\Omega \cdot cm$)	3.153	3.006
$R_{el-te(t2)}$ ($\Omega \cdot cm$)	2.543	2.428
$R_{el-te(t3)}$ ($\Omega \cdot cm$)	1.948	1.837
$R_{el-te(t4)}$ ($\Omega \cdot cm$)	1.685	1.594
R_{t1} (Ω)	0.056	0.067
R_{t2} (Ω)	0.046	0.574
R_{t3} (Ω)	0.035	0.486
R_{t4} (Ω)	0.029	0.446
R_e (Ω)	0.017	0.019
$R_{i(t1)}$ (Ω)	0.056	0.047
$R_{i(t2)}$ (Ω)	0.046	0.038
$R_{i(t3)}$ (Ω)	0.035	0.029
$R_{i(t4)}$ (Ω)	0.029	0.025
ASR ($mOhm \cdot cm^2$)	428	326
カソード-アノード間界面面積 (cm^2)	11.253	11.352
R_{is} (Ω)	0.038	0.029

表 1:セパレータ/電解質の組み合わせについての面積比抵抗(ASR)

【0070】

電池 A および電池 B の両方の統合されたセル内イオン抵抗および統合されたセル内電子抵抗は、上記のデータから、0℃から40℃の範囲内の任意の温度について、外挿されることができる。例えば、電池 A の 22℃における統合されたセル内イオン抵抗および統合されたセル内電子抵抗は、それぞれ 0.041Ω および 0.017Ω である。更に、電池 B の 22℃における統合されたセル内イオン抵抗および統合されたセル内電子抵抗は、そ

れぞれ $0.034\ \Omega$ および $0.019\ \Omega$ である。電池 A および電池 B の両方について、 $22\ ^\circ\text{C}$ における統合されたセル内イオン抵抗は、セパレータの孔内の電解質の抵抗 R_{is} よりも大きい。これは、電池 A および電池 B の両方のアノード体積内での、界面内に空隙を生成する可能性があるアノード・スラリの不十分な分配を示すことができる。

【0071】

電池 A のセパレータの外側層の湿潤厚さは約 $200\ \mu\text{m}$ である。電池 A の内側セパレータの湿潤厚さは $160\ \mu\text{m}$ である。電池 A の $22\ ^\circ\text{C}$ におけるセパレータの有効厚さ T_{ce11} は $388\ \mu\text{m} [(0.041\ \Omega / 0.038\ \Omega) \cdot (0.200\ \mu\text{m} + 0.160\ \mu\text{m})]$ である。電池 B のセパレータの外側層の湿潤厚さは約 $120\ \mu\text{m}$ である。電池 B の内側セパレータの湿潤厚さは $120\ \mu\text{m}$ である。電池 B の $22\ ^\circ\text{C}$ におけるセパレータの有効厚さ T_{ce11} は $281\ \mu\text{m} [(0.034\ \Omega / 0.029\ \Omega) \cdot (0.120\ \mu\text{m} + 0.120\ \mu\text{m})]$ である。電池 A および電池 B のセパレータの有効厚さは、電池 A および電池 B のセパレータの湿潤厚さよりも大きい。これもまた、電池 A および電池 B の両方のアノード体積内での、界面内に空隙を生成する可能性があるアノード・スラリの不十分な分配を示すことができる。

10

【0072】

本明細書に開示された寸法および値は、記載された正確な数値に厳密に限定されるものとして理解されるべきではない。むしろ、特に指定されない限り、そのような各寸法は、記載された値およびその値の周辺の機能的に同等な範囲の両方を意味するように意図される。例えば、「 $40\ \text{mm}$ 」として開示される寸法は、「約 $40\ \text{mm}$ 」を意味すると意図される。

20

【0073】

任意の相互参照された、または関連した特許もしくは出願、および本出願がその優先権または利益を主張する任意の特許出願または特許を含む本明細書に引用される文献は全て、明らかに除外されるかまたは別の方法で限定されない限り、参照によってそれらの全体を本明細書に援用される。いずれの文献の引用も、こうした文献が本明細書で開示または特許請求される任意の発明に対する先行技術であることを容認するものではなく、または、こうした文献が、単独で、または任意の他の 1 つまたは複数の参照文献との任意の組み合わせにおいて、こうした発明のいずれかを教示、示唆または開示していることを容認するものでもない。更に、本文書内の用語のいずれかの意味または定義が、参照によって援用される文書内の同じ用語のいずれかの意味または定義と矛盾する場合、本文書においてその用語に付与される意味または定義が優先するものとする。

30

【0074】

本発明の特定の実施形態が示され説明されたが、様々な他の変更および修正が本発明の趣旨および範囲から逸脱することなくなされることができ、当業者にとって自明であろう。したがって、本発明の範囲内にある全てのそのような変更および修正を添付の特許請求の範囲に含むと意図される。

【図 1】

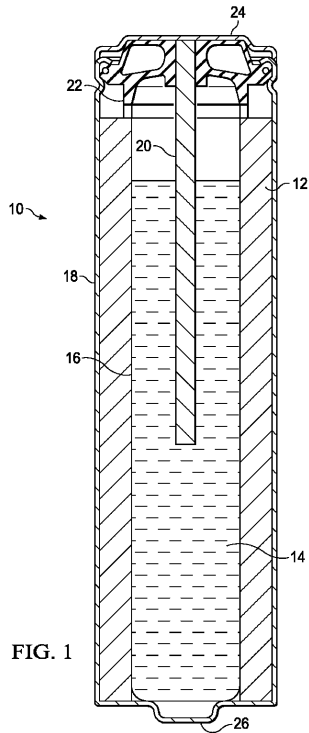
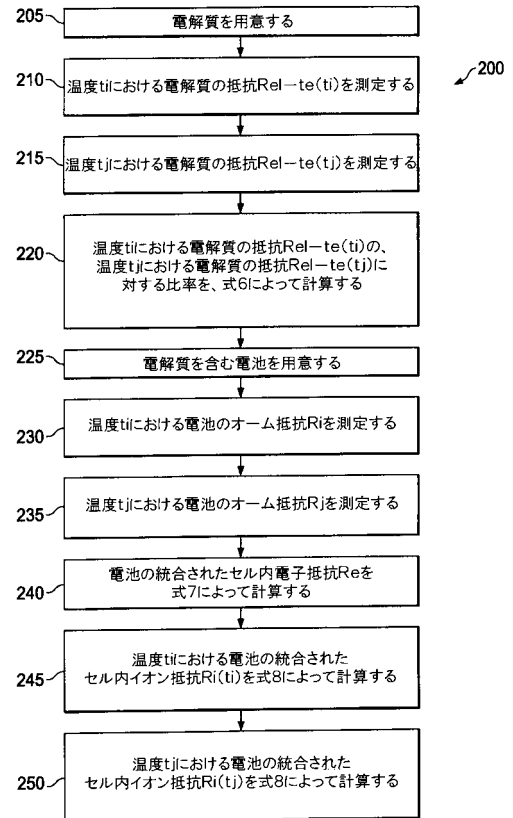


FIG. 1

【図 2】



【図 3】

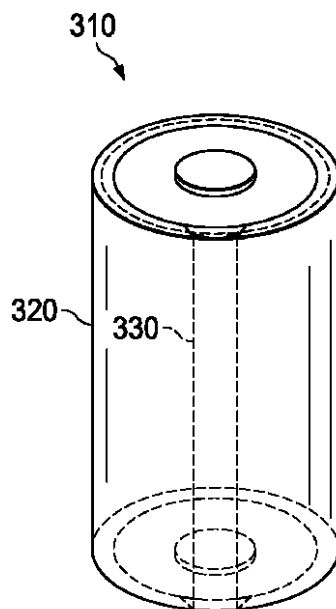


FIG. 3

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2015/035927

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H01M4/42 H01M4/50 H01M6/06 ADD.		
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) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2014/154542 A1 (ISSAEV NKOLAI N [US] ET AL) 5 June 2014 (2014-06-05) paragraphs [0057], [0058]; table 1 -----	1-8
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.		
☒ 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 "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		Date of mailing of the international search report
25 August 2015		02/09/2015
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Möller, Claudia

Information on patent family members

International application No

PCT/US2015/035927

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2014154542 A1	05-06-2014	CN 104813507 A	29-07-2015
		US 2014154542 A1	05-06-2014
		WO 2014089261 A1	12-06-2014

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I		テーマコード (参考)
H O 1 M 4/62 (2006.01)	H O 1 M	2/16	N
G O 1 R 31/36 (2006.01)	H O 1 M	4/06	E
	H O 1 M	4/62	C
	G O 1 R	31/36	A

(81)指定国 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 マイケル、ポジン

アメリカ合衆国コネチカット州、ベセル、パークシャー、コーポレート、パーク、リサーチ、ドレイブ、14、ベセル、ジーオー、アンド、テック、センター

(72)発明者 ブリアンナ、ローズ、デロイ

アメリカ合衆国マサチューセッツ州、ボストン、ワン、ジレット、パーク

(72)発明者 ニコライ、イサエブ

アメリカ合衆国デラウェア州、ウィルミントン、オレンジ、ストリート、1209

Fターム(参考) 2G216 BA53 BA59

5H021 AA06 CC02 CC04 EE02 EE11 HH02 HH05

5H024 AA03 AA14 BB05 BB13 BB18 CC02 CC07 DD01 DD09 EE03

FF09 FF31 GG01 HH01 HH11 HH13

5H050 AA12 BA04 CA05 CB13 DA02 DA03 DA10 DA19 EA08 FA07

GA03 GA08 GA27 GA28 HA05 HA07 HA08