

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6581974号  
(P6581974)

(45) 発行日 令和1年9月25日(2019.9.25)

(24) 登録日 令和1年9月6日(2019.9.6)

(51) Int. Cl.	F 1		
HO 1 M 10/615 (2014.01)	HO 1 M 10/615		
HO 1 M 10/04 (2006.01)	HO 1 M 10/04	Z	
HO 1 M 2/30 (2006.01)	HO 1 M 2/30	B	
HO 1 M 10/654 (2014.01)	HO 1 M 2/30	A	
HO 1 M 10/653 (2014.01)	HO 1 M 10/654		

請求項の数 20 (全 27 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2016-521719 (P2016-521719)	(73) 特許権者	515317215
(86) (22) 出願日	平成26年10月8日 (2014.10.8)		イーシー パワー, エルエルシー
(65) 公表番号	特表2016-538683 (P2016-538683A)		アメリカ合衆国 16803 ペンシルベ
(43) 公表日	平成28年12月8日 (2016.12.8)		ニア州, ステイト カレッジ, サイエンス
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/059726		パーク ロード 341
(87) 国際公開番号	W02015/102708	(74) 代理人	100092783
(87) 国際公開日	平成27年7月9日 (2015.7.9)		弁理士 小林 浩
審査請求日	平成29年9月19日 (2017.9.19)	(74) 代理人	100120134
(31) 優先権主張番号	61/890,012		弁理士 大森 規雄
(32) 優先日	平成25年10月11日 (2013.10.11)	(74) 代理人	100187964
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		弁理士 新井 剛
(31) 優先権主張番号	14/255,780	(74) 代理人	100104282
(32) 優先日	平成26年4月17日 (2014.4.17)		弁理士 鈴木 康仁
(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】 全天候型バッテリー並びにその製造および使用

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

再充電可能バッテリーであって、  
 第1の温度 ( $T_1$ ) から第2の温度 ( $T_2$ ) の間の前記バッテリーの温度範囲にわたる1つのレベルの内部抵抗 ( $R_1$ ) で、前記バッテリーを動作させるための少なくとも1つの負端子および少なくとも1つの正端子と、  
 第2のレベルの内部抵抗 ( $R_2$ ) で、前記バッテリーを動作させるための少なくとも1つの高抵抗端子であって、前記バッテリーのセル内または前記バッテリーのセル間の少なくとも1つの抵抗器シートに電気接続される前記少なくとも1つの高抵抗端子と、  
 前記バッテリーの温度が  $T_1$  よりも低いときに、 $R_2$  を能動化するために、前記少なくとも1つの正端子または前記少なくとも1つの負端子のいずれかと、前記少なくとも1つの高抵抗端子とを電気接続しまたは接続解除するよう構成されたスイッチと  
 を備えた前記再充電可能バッテリー。

【請求項2】

$R_2$  の値が  $T_1$  よりも2 低い温度で決定されかつ  $R_1$  が  $T_1$  で決定される場合、 $R_2 / R_1$  の値が、2 以上100 以下の間の値である、請求項1に記載の再充電可能バッテリー。

【請求項3】

前記少なくとも1つの抵抗器シートが、黒鉛、高配向熱分解黒鉛 (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、またはこれらの組合

せで作製されている、請求項 1 または 2 に記載の再充電可能バッテリー。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つの抵抗器シートが、1 ~ 150 マイクロメートルの厚さを有する、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

【請求項 5】

前記少なくとも 1 つの抵抗器シートが、その表面上に、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、P V D F、P T F E、ナイロン、またはこれらのコポリマーから選択される保護コーティングを有する、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

【請求項 6】

前記少なくとも 1 つの抵抗器シートが、前記バッテリーのセル内で均等に熱を発生させるように前記バッテリーのセル内で位置決めされる、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つの抵抗器シートが、前記バッテリー内で均等に熱を発生させるように前記バッテリーのセル間に位置決めされる、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

【請求項 8】

前記少なくとも 1 つの抵抗器シートが、2 つのタブを有するように構成され、一方のタブが、前記バッテリー内のその他の電極タブに電気接続されて低抵抗端子を形成し、前記少なくとも 1 つの抵抗器シートの他方のタブが、前記少なくとも 1 つの高抵抗端子を形成している、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

【請求項 9】

前記少なくとも 1 つの抵抗器シートが、ニッケル、銅、またはアルミで作製されている、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

【請求項 10】

前記少なくとも 1 つの抵抗器シートが、0.1 から 5 の間の数値をアンペア・時 (A h) を単位とするバッテリーの容量で割った値に等しい、オームを単位とする抵抗を有する、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

【請求項 11】

前記少なくとも 1 つの高抵抗端子が、追加の負端子である、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

【請求項 12】

前記少なくとも 1 つの高抵抗端子が、追加の正端子である、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

【請求項 13】

前記スイッチは、熱によって自己能動化し、前記バッテリーの温度が  $T_1$  よりも低いときに、 $R_2$  を能動化するために、前記少なくとも 1 つの正端子または前記少なくとも 1 つの負端子のいずれかと、前記少なくとも 1 つの高抵抗端子とを電気接続しまたは接続解除するよう構成されている、請求項 1 に記載の再充電可能バッテリー。

【請求項 14】

前記スイッチが、電気化学的継電器および温度制御器、温度センサーを備えた固体継電器、温度センサーを備えた P O W E R M O S F E T、温度センサーを備えた高電流スイッチ、または、バイメタルスイッチで構成される、請求項 1 に記載の再充電可能バッテリー。

【請求項 15】

ニッケル - 金属水素化物バッテリーである請求項 1 ~ 14 のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

【請求項 16】

リチウムイオンバッテリーである請求項 1 ~ 14 のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

10

20

30

40

50

## 【請求項 17】

請求項 1 ~ 16 のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリーと、 $R_1$  での前記バッテリーの動作と  $R_2$  での前記バッテリーの動作との間で切り換わることができる制御器とを含むバッテリーシステム。

## 【請求項 18】

前記バッテリーの温度が  $T_1$  よりも低いときに、前記スイッチを能動化することによって、請求項 1 ~ 16 のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリーを動作させるステップを具備する方法。

## 【請求項 19】

$R_2$  で前記バッテリーを動作させるステップをさらに具備し、

$R_2$  で前記バッテリーを動作させる前記ステップは、前記バッテリーの内部温度を上昇させるために定電圧 - 定電流 (CVCC) サイクルを適用するステップを含む、請求項 18 に記載の方法。

## 【請求項 20】

前記 CVCC サイクルの定電圧が 0.2 から 1V の間に設定され、電流限界が 1C から 10C の間に設定される、請求項 19 に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本出願は、参照によりその両方の開示全体が本明細書に組み込まれる、2013年10月11日に提出された米国仮出願第61/890,012号の利益を主張する2014年4月17日に提出された米国出願第14/255,780号の利益を主張するものである。

## 【0002】

本発明は、一般に、再充電可能バッテリーに関し、より詳細には、氷点下の温度で高い電力およびエネルギーを送出する再充電可能バッテリーに関する。そのようなバッテリーは、車両、グリッドエネルギー貯蔵用のリチウムイオンバッテリーおよび屋外電力バックアップシステムを含む。

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0003】

電子工学、輸送、およびグリッドエネルギー貯蔵用の、再充電可能なバッテリーには、通常、低い性能と、極端な温度での安全性への懸念の問題とがある。低温、特に氷点下の温度では、再充電可能なバッテリー、特にリチウムイオンバッテリーは、バッテリーセル内で生じる緩慢な電気化学動態および輸送プロセスに起因した、非常に低い電力性能および低いエネルギーを示す。高温では、リチウムイオンバッテリーは、安全上の問題となる。全ての周囲温度で高い性能を効率的にかつ安全に提供する全天候型バッテリー (ACB: all climate batteries) が、強く求められている。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0004】

本開示の利点は、リチウムイオンバッテリーなどの再充電可能バッテリーであって、第1の温度 ( $T_1$ ) から第2の温度 ( $T_2$ ) の間のバッテリーの温度範囲全体にわたる1つのレベルの内部抵抗 ( $R_1$ ) を有し、 $T_1$  または  $T_2$  のいずれかの外側での第2のレベルの内部抵抗 ( $R_2$ ) を有し、かつバッテリーの温度が  $T_1$  または  $T_2$  のいずれかの外側にあるときに、 $R_2$  を能動化 (activate) するスイッチを有するバッテリーである。そのような再充電可能バッテリーは、ある温度範囲に全体にわたって1つの内部抵抗レベルで動作することができ、例えば、バッテリーは、通常の動作温度全体にわたってバッテリーの通常の動作中は低レベルの内部抵抗で、および他の温度または範囲全体にわたって別の内部抵抗レベルで、動作することができる。例えば、再充電可能バッテリーは、有利には氷

10

20

30

40

50

点下の温度で異常に高い内部抵抗を示すことができ、その結果、 $R_2$ でバッテリーを動作させることによって発生した内部熱が十分増強されてバッテリーを急速に温め、かつその後、低い周囲温度環境で動作するにも関わらずバッテリーが高い電力およびエネルギーを出力することができるようになる。

**【0005】**

これらおよびその他の利点は、少なくとも部分的には、第1の温度( $T_1$ )から第2の温度( $T_2$ )の間のバッテリーの温度範囲全体にわたる1つのレベルの内部抵抗( $R_1$ )でバッテリーを動作させるための少なくとも1つの負端子および少なくとも1つの正端子と; $T_1$ または $T_2$ のいずれかの外側での第2のレベルの内部抵抗( $R_2$ )でバッテリーを動作させるための少なくとも1つの高抵抗端子と;バッテリーの温度が $T_1$ または $T_2$ のいずれかの外側にあるときに、 $R_2$ を能動化するスイッチとを含む、再充電可能バッテリーによって満たされる。本開示の実施形態では、 $R_2$ の値が $T_1$ よりも約2倍低い温度で決定されかつ $R_1$ が $T_1$ で決定される場合、 $R_2/R_1$ の値は2から500の間およびこれらの値を含み、例えば $R_2/R_1$ の値は2から100の間およびこれらの値を含み、または2から50の間およびこれらの値を含む。追加のまたは代替の実施形態では、 $R_2$ の値が $T_2$ よりも約2倍高い温度で決定されかつ $R_1$ が $T_2$ で決定される場合、 $R_2/R_1$ の値は2から500の間およびこれらの値を含み、例えば $R_2/R_1$ の値は2から100の間およびこれらの値を含み、または2から50の間およびこれらの値を含む。

10

**【0006】**

本開示のある態様では、再充電可能バッテリーは、少なくとも1つの高抵抗端子が、バッテリーのセル内もしくはバッテリーのセル間の少なくとも1つの抵抗器シートに電気接続され、または少なくとも1つの高抵抗端子が、バッテリーのセル内の少なくとも1つの抵抗器シートに電気接続されることを含み、あるいは少なくとも1つの抵抗器シートが、バッテリーのセルの電極の集電器の一体化部分であることを含み。例えば、再充電可能バッテリーは、従来のバッテリーの電極-セパレーターシートの積層体またはジェリーロール内に埋め込まれた1つまたは複数の抵抗器シートと、バッテリーを動作させるための3つの端子とを含むことができる。端子は、低抵抗レベル $R_1$ でまたは高抵抗レベル $R_2$ でバッテリーを動作させる。3つの端子は、1つの正端子および2つの負端子、または2つの正端子および1つの負端子の、いずれかを含むことができる。前者の構成が好ましい。2つの同じ極性の端子は、バッテリー温度に応じて、 $R_1$ でバッテリーを動作させるための端子と $R_2$ でバッテリーを動作させるための端子との間でバッテリーが切り換わるように、熱により自己能動化されまたは温度制御器により駆動されるスイッチによってさらに接続することができる。

20

30

**【0007】**

本開示の実施形態は、少なくとも1つの抵抗器シートが2つのタブを有するように構成されて、一方のタブがバッテリー内のその他の電極タブに電気接続されて低抵抗端子を形成し、かつ少なくとも1つの抵抗器シートの他方のタブが少なくとも1つの高抵抗端子を形成することを含み、あるいは少なくとも1つの抵抗器シートは、バッテリーセルで使用される2つの金属集電器のいずれかもしくは両方または2つの金属集電器の一部と同じであることを含み。

40

**【0008】**

開示の追加の実施形態は、抵抗器シートがバッテリー電解質(electrolyte)と直接接触しないように、モジュール内のバッテリーセルの外側および間に1つまたは複数の抵抗器シートまたは箔を含む、再充電可能バッテリーを含み、バッテリーセルは修正を必要としない。抵抗器シートは、バッテリーセルと直列に接続され、その間には熱により能動化されるスイッチが設けられる。そのような構成は、温度の関数としてバッテリーモジュールの抵抗レベルを変化させるように作用することができる。

**【0009】**

本開示の別の態様は、再充電可能バッテリーを動作させる方法である。方法は、第1の温度( $T_1$ )から第2の温度( $T_2$ )の間のバッテリーの温度範囲で1つのレベルの内部

50

抵抗 ( $R_1$ ) を含むバッテリーを動作させるステップと、バッテリーの温度が  $T_1$  または  $T_2$  のいずれかの外側にあるときに、 $R_2$  を能動化するスイッチを能動化することによって、 $T_1$  または  $T_2$  のいずれかの外側での第2のレベルの内部抵抗 ( $R_2$ ) でバッテリーを動作させるステップとを含む。

【0010】

本開示の別の態様は、高い電力およびエネルギーの出力のために、非常に低い周囲温度、例えば -40 から、再充電可能バッテリーを能動化する方法である。そのような低温環境では、バッテリーは、最初は高抵抗レベルにあり、能動化プロセスは、定電圧、定電流 (CVCC: constant-voltage, constant-current) サイクルによってバッテリーを放電するステップを含み、定電圧は例えば 0.2 から 1V の間に設定され、電流限界は 1C から 10C の範囲に設定される。次いで定電流は限界に達する。この能動化プロセスは、バッテリー内で著しい内部熱の発生をもたらし、非常に短い時間、例えば 30 秒でバッテリー温度をさらに高く上昇させる。より高いバッテリー温度では、全天候型バッテリーは、低抵抗モードに自動的に切り換わり、室温の場合と同等の高い電力およびエネルギーの出力が可能になる。

10

【0011】

方法の実施形態は、本開示の再充電可能バッテリーの様々な特徴および構成の、任意の 1 つ 1 つまたは組合せを含む。いくつかの実施形態では、例えば、 $R_2$  の値が  $T_1$  よりも約 2 低い温度で決定されかつ  $R_1$  が  $T_1$  で決定される場合、 $R_2 / R_1$  の値は 2 から 500 の間およびこれらの値を含み、例えば  $R_2 / R_1$  の値は 2 から 100 の間およびこれらの値を含み、または 2 から 50 の間およびこれらの値を含む。追加のまたは代替の実施形態では、 $R_2$  の値が  $T_2$  よりも約 2 高い温度で決定されかつ  $R_1$  が  $T_2$  で決定される場合、 $R_2 / R_1$  の値は 2 から 500 の間およびこれらの値を含み、例えば、 $R_2 / R_1$  の値は 2 から 100 の間およびこれらの値を含み、または 2 から 50 の間およびこれらの値を含む。

20

【0012】

本発明の追加の利点は、本発明を実施するのに企図される最良の態様の単なる例示として、本発明の好ましい実施形態だけが示され記述される下記の詳細な記述から、当業者に容易に明らかになるであろう。理解されるように、本発明は、全て本発明から逸脱することなく、その他のおよび異なる実施形態が可能であり、そのいくつかの詳細は、様々な明白な点で修正することが可能である。したがって、図面および記述は本質的に例示と見なされ、限定するものではない。

30

【0013】

同じ参照符号の表示を有する要素が全体を通して同様の要素を表している、添付図面を参照する。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本開示の実施形態による、電極 - セパレーターアセンブリの積層体内に埋め込まれたいくつかの抵抗器シート / 箔と、1つの高抵抗負端子  $H_i R (-)$  および1つの低抵抗負端子  $L_o R (-)$  と、1つの正端子 (+) と、 $H_i R (-)$  および  $L_o R (-)$  端子を接続する熱により能動化 (activate) されるスイッチとを有する全天候型バッテリー (ACB) の構成を示す概略図である。

40

【図2】本開示の実施形態による、電極 - セパレーターアセンブリの積層体の中間に埋め込まれた1つの抵抗器シート / 箔で構成された、全天候型バッテリーの構成を示す図である。

【図3 - 1】図3A ~ 3Fは、本開示の実施形態による、2つのタブを持つ抵抗器シート / 箔の6つのデザインを示す図である。一方のタブは、負電極シートの全てのタブに電気接続されまたは溶接されて、 $L_o R (-)$  端子を形成し、他方のタブは、 $H_i R (-)$  端子に接続される。図3Aは、2つのタブの間の抵抗経路を制御するために、中間の小さな切断部により分離された、シートの同じ側に位置付けられた2つのタブを示す図である。

50

図3 Bは、2つのタブが対向する側に位置付けられた状態を示す図である。図3 Cは、2つのタブが、同じ側に外縁に向かって位置付けられた状態を示す図である。図3 Dは、対向する側にある2つのタブが外縁に向けられた状態を示す図である。

【図3 - 2】図3 Eは、パターンニングされた抵抗器シートを示す図である。図3 Fは、選択的コーティングを持つ抵抗器シートを示す図である。

【図4】本開示の実施形態による、1つの抵抗器シート/箔が2つのセルの間にあるツインセルバッテリーモジュールの構成、即ち、各セルケーシングの外側がバッテリーの電解質と直接接触していない構成を示す図である。

【図5】本開示の実施形態による、ハードケース内に挿入する前のまたはパウチセルにパックする前の、1つの抵抗器シート/箔を挟む1対のジェリーロールを示す図である。 10

【図6】本開示の実施形態による、パウチセル内に含有された展開状態のジェリーロールを示す概略図であり、正電極シートは、正端子(+)が形成されるように、一緒に溶接されたいくつかの密接配置されたタブを有し、負電極シートは、低抵抗端子L o R (-)が形成されるように、一緒に溶接されたいくつかの密接配置されたタブ、ならびに高抵抗端子H i R (-)を形成する遠位タブを有する。L o R (-)端子は、熱により能動化されるスイッチによって、H i R (-)端子と接続される。

【図7】本開示の実施形態による、展開状態のジェリーロールの異なるデザインであって、いくつかの密接配置されたタブと遠位タブとをそれぞれ特徴とする正電極シートおよび負電極シートの両方を持つデザインを示す図である。このデザインは、セルケーシングの外側に4つの端子、即ち、2つの正端子、L o R (+)およびH i R (+)と、2つの負端子、L o R (-)およびH i R (-)とを有する。両側にある2つのスイッチは、バッテリー温度および切換えアルゴリズムに応じて内部抵抗の3つ以上のレベルを提供する。 20

【図8】本開示の実施形態による、1つまたは複数の抵抗器シートを有する平らなジェリーロール電極アセンブリを示す図である。

【図9】本開示の実施形態による、1つまたは複数の抵抗器シートを有する平らなジェリーロール電極アセンブリを示す図である。

【図10】本開示の実施形態による、1つまたは複数の抵抗器シートを有する平らなジェリーロール電極アセンブリを示す図である。

【図11】図11 A ~ 11 Bは、本開示の実施形態による、26 Ah全天候型バッテリー(ACB: all climate battery)の、-30 からの1C放電挙動を示す、一連のグラフである。図11 Aは、ACBの1C放電曲線を従来のLiイオンバッテリー(LiB)と-30 で比較した図である。図11 Bは、ACBと従来のLiBとの間で、時間に対するバッテリー温度の進展を比較した図である。 30

【図12】図12 A ~ 12 Bはそれぞれ、ACBおよび従来のLiBの両方に関し、周囲温度の関数としてバッテリー容量およびエネルギーを示す図である。

【図13】図13 A ~ 13 Cは、ハイブリッド電力パルス特徴付け(HPPC: hybrid power pulse characterization)試験下の、-30 でのACBの電力性能を示す、一連のグラフである。図13 Aは、ハイブリッド電力パルス特徴付け(HPPC)試験の電流プロファイルを示す図である。図13 Bは、HPPC試験での、ACBの26 Ahの電圧応答を示す図である。図13 Cは、-30 での26 Ah ACBの、放電および充電電力を示す図である。 40

【発明を実施するための形態】

【0015】

本開示は、従来の再充電可能バッテリーに比べ、氷点下の温度で、改善された電力およびエネルギーを提供することができる、再充電可能バッテリーに関する。そのようなバッテリーを、本明細書では全天候型バッテリー(以下「ACB」とも称する。)と呼ぶ。本明細書で使用されるバッテリーという用語は、1つまたは複数の電気化学セルを含有する任意の再充電可能な電気化学エネルギー貯蔵デバイスを表す。バッテリーセルの基本要素には、集電器(current collector)上にコーティングされたアノード電極、セパレーター、別の集電器上にコーティングされたカソード電極、および電解質(electrolyte)が 50

含まれる。

【0016】

本開示の一態様では、再充電可能バッテリーは、バッテリー性能を制御する電気化学的および輸送プロセスを大幅に改善することができるように、低い周囲温度でバッテリーセル内での内部加熱を増幅することができる。バッテリーの内部加熱は、部分的には、バッテリーのセルの1つまたは複数を加熱するための1つまたは複数の抵抗器シートと、バッテリー温度に応じて高抵抗または低抵抗でバッテリーを動作可能にするスイッチとを用いて、バッテリーを構成することにより対処することができる。

【0017】

本開示のバッテリー構成は、これらに限定されないが、リチウムイオン、リチウム - ポリマー、鉛 - 酸、ニッケル - 金属水素化物、ニッケル - マンガン - コバルト、リチウム - 硫黄、リチウム - 空気、および全ての固体バッテリーなど、様々なバッテリーに適用することができる。再充電可能バッテリーは、例えば、パウチ、円筒状、プリズム状、または角のある形の形態をとることができる。そのようなバッテリーは、輸送、航空宇宙、軍事、および固定エネルギー貯蔵の適用例に有用である。

【0018】

本開示の全天候型バッテリーの利点は、バッテリーの内部抵抗が、通常の動作温度よりも低い温度、例えば5 未満または氷点下の温度（約0 未満、例えば約 - 10 、 - 20 、 - 30 、または - 40 未満の温度）で非常に高くなることである。バッテリーの高い内部抵抗は、バッテリー内で熱を生成し、この熱を、バッテリーを温めるのに使用することができる。好ましくは、バッテリーの内部抵抗は、数秒以内にまたは最長で数分以内に、摂氏数十度だけバッテリーを急速に温めるのに十分高くなる。バッテリー温度が、0 からバッテリーの通常の動作温度、典型的には約5 またはそれ以上の間の範囲に到達した後、高内部抵抗は非能動化（deactivate）され、ACBを低い内部抵抗モードで、従来のバッテリーと同程度に低い状態で動作させ、それによってバッテリーは、非常に低い周囲温度環境にあるにも関わらず、高い電力およびエネルギーを提供することが可能になる。有利には、本開示の再充電可能バッテリーは、温度と共にバッテリーの内部抵抗を変化させる電圧ブースターを必要としない。例えば、本開示の再充電可能バッテリーは、実施形態として、温度と共にバッテリーの内部抵抗を変化させるよう抵抗器に電力を送るための変圧器もDC / DC変換器も含まない。

【0019】

本開示の態様では、再充電可能バッテリーは、第1の温度（ $T_1$ ）から第2の温度（ $T_2$ ）の間のバッテリーの温度範囲全体にわたる1つのレベルの内部抵抗（ $R_1$ ）と、 $T_1$ または $T_2$ のいずれかの外側での第2のレベルの内部抵抗（ $R_2$ ）とを含む。いくつかの実施形態では、 $R_2$ の値が $T_1$ よりも約2 低い温度で決定されかつ $R_1$ が $T_1$ で決定される場合、 $R_2 / R_1$ の値は2 から500の間でありかつこれらの値を含み、例えば $R_2 / R_1$ の値は、2 から100の間または2 から50の間でありかつこれらの値を含む。追加のまたは代替の実施形態では、 $R_2$ の値が $T_2$ よりも約2 高い温度で決定されかつ $R_1$ が $T_2$ で決定される場合、 $R_2 / R_1$ の値は2 から500の間でありかつこれらの値を含み、例えば $R_2 / R_1$ の値は、2 から100の間または2 から50の間でありかつこれらの値を含む。追加のまたは代替の実施形態では、 $T_1$ は約5 未満であり、例えば、好ましくは約0 、 - 10 、 - 20 、 - 30 、または - 40 未満であり； $T_2$ は、所与の再充電可能バッテリーのおよそ通常のまたは最適な動作温度よりも高い温度、例えば約50 超である。

【0020】

そのようなバッテリーの例としては、 $T_1$ から $T_2$ の間で、 $R_1$ で、例えば低内部抵抗レベル（LoR）でバッテリーを動作させるための、少なくとも1つの負端子および少なくとも1つの正端子と、バッテリー温度が $T_1$ または $T_2$ のいずれかの外側にあるときに、 $R_2$ で、例えば高内部抵抗レベル（HiR）でバッテリーを動作させるための、少なくとも1つの高抵抗端子とを含む再充電可能バッテリーなどがある。高抵抗端子は、追加の

10

20

30

40

50

負端子（即ち、H i R（-））または追加の正端子（即ち、H i R（+））のいずれかであり得る。

【0021】

そのような再充電可能なバッテリーは、バッテリーの抵抗レベルを切り換えるスイッチを含むことができる。例えばスイッチは、バッテリーの温度が $T_1$ から $T_2$ の間にあるときにバッテリーを動作させるように、バッテリーの低抵抗端子、例えばL o R（-）および/またはL o R（+）に係合することができ、バッテリー温度が $T_1$ または $T_2$ のいずれかの外側にあるときに、1つまたは複数の高抵抗端子、例えばH i R（-）および/またはH i R（+）に係合することができる。

【0022】

本開示のスイッチは、例えば、凍結によって膨張しかつスイッチを押して開放するグリコール-水の液体カプセル、 $T_1$ もしくは $T_2$ でまたはその両方で相転移および目に見えるほどの体積変化を受ける相変化材料、またはパイメタルスイッチ、またはその体積が温度 $T_1$ もしくは $T_2$ でまたはその両方で目に見えるほど膨張する固体材料などの、感熱式デバイスによって能動化されたものを含むことができる。

【0023】

本開示のスイッチは、電気化学的継電器および温度制御器で、または温度センサーを備えた固体継電器、温度センサーを備えたパワーM O S F E T、または温度センサーを備えた高電流スイッチで構成することができる。あるいは、L o R（-）およびH i R（-）端子を接続するスイッチは、バッテリー管理システム内に電気回路およびセル温度センサーを有する制御器によって実行することができる。

【0024】

本開示の実施形態では、再充電可能なバッテリーは、高抵抗端子に電気接続される少なくとも1つの抵抗器シートを含む。少なくとも1つの抵抗器シートは、バッテリーセルの内側（電解質に曝される）もしくは2つのバッテリーセルの外側および間に位置付けることができ、またはいくつかの抵抗器シートの組合せをセルの内側に、またいくつかの抵抗器シートをセルの外側に位置付けることができる。さらに、バッテリーのセルと共に構成された抵抗器シートは、バッテリーのセルの電極の集電器の一体化部分であり得る。

【0025】

本明細書で使用される抵抗器シートは、バッテリーの電極の非変性集電箔（unmodified current-collecting foil）に類似のまたはより低い電気伝導度を有するが、バッテリー動作中に能動化された場合にはバッテリーの内部電気抵抗の著しい増大を引き起こす材料である。抵抗器シートは、好ましくは、0.1から5の間の数値を、アンペア・時（Ah）を単位とするバッテリーの容量で割った値に等しい、オームを単位とする抵抗を有し、例えば、約0.5から2の間の値を、Ahを単位とするバッテリーの容量で割った値を有する。例えば、20Ahバッテリーに関する抵抗器シートは、好ましくは約0.005オーム（0.1を20で割った値）から約0.25オーム（5を20で割った値）の間、例えば約0.025オーム（0.5を20で割った値）から約0.1オーム（2を20で割った値）の間である。

【0026】

本開示の抵抗器シートは、バッテリー電解質に曝されたときに安定であり、かつ抵抗器シートがそのような環境に曝されたときに全天候型バッテリーの電気化学的電圧窓の範囲内にある、任意の十分に伝導性のある材料であり得る。そのような抵抗器シートは、例えば、黒鉛、高配向熱分解黒鉛（H O P G : highly ordered pyrolytic graphite）、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、またはこれらの組合せで作製することができる。バッテリーセルの外側で、およびモジュール内の2つの隣接するセルの間で使用される場合、抵抗器シートは耐腐食性である必要はなく、したがって、本開示の抵抗器シートとして使用される追加の材料が利用可能である。ある実施形態では、本開示の抵抗器シートは、好ましくは平らで表面積が広く、したがって隣接するバッテリー構成要素と良好な接触を持つことができる。本開示の抵抗器シートは、約1マイ

10

20

30

40

50

クロメートルから約150マイクロメートルの間の厚さを有することができ、好ましい範囲は約5から約60マイクロメートルである。大きい電気抵抗、高い熱伝導度、および小さい熱容量を有する抵抗器シートは、本開示のある実施形態に有用である。

【0027】

抵抗器シートの抵抗は、シートをパターンングすることによって、即ち、抵抗器シートから材料を除去することによって、調節することができる。パターンングによって、抵抗器シートは、機械的強度および溶接可能性に十分なしかし低抵抗になる厚さを有することが可能になる。丸みの付いた角を持つパターンには、パターンの角での温度蓄積が低減するという利点がある。パターンングされた抵抗器シートは、フォトエッチング、放電加工、ウォータージェット切断、レーザー切断、スタンピングなどによって製造することができる。

10

【0028】

いくつかの実施形態では、抵抗器シートの表面のかなりの部分をコーティングして、電解質との望ましくない化学反応または電気接続を回避することができる。例えば、抵抗器シートは選択的にコーティングされてもよく、それらの表面の一部はその他のタブまたは端子との電気接続用にコーティングされずかつその表面の残りの部分はコーティングされ、したがって電気的および化学的に隔離される。保護コーティングは、開始時に抵抗器シートの全面を完全に覆うように付着させることができ、次いでである領域のコーティングを選択的に除去して、その他のタブまたは端子との必要な電気接続を可能にすることができる。保護コーティングは、バッテリーセル内では熱伝導性、電気絶縁性、および化学的安定性にすべきである。このコーティングは、ポリマー、金属酸化物などで作製することができる。保護コーティングに関するポリマー材料の例には：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、またはこれらのコポリマーが含まれる。保護コーティングに関する金属酸化物材料の例には、Mg、Al、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、およびこれらの組合せの酸化物が含まれる。保護コーティングは、高誘電率を有することが好ましい。いくつかの実施形態では、接着剤を、抵抗器シートと保護コーティングとの間に使用してもよい。保護コーティングの厚さは、10nmから100μmの間であってもよく、好ましくは10nmから50μmの間である。コーティングは、良好な熱伝達が可能になるよう十分薄くするべきであるが、抵抗器シートをバッテリーセル内での電解質との接触から保護するのに影響を受けないものにすべきである。保護コーティングは、テーピング、ラミネート、浸漬コーティング、スピンコーティング、噴霧コーティング、化学気相成長、原子層堆積、溶液流延、電着、自己組織化単層、立体リソグラフィ、表面酸化などの方法によって、抵抗器シート上に付着させてもよい。

20

30

【0029】

本開示のある構成では、再充電可能なバッテリーは、1つまたは複数の高抵抗タブまたは端子と、1つまたは複数の低抵抗タブまたは端子を含む。高抵抗端子は、1つまたは複数の抵抗シートを電気接続し、低抵抗タブまたは端子は、低内部抵抗モードでバッテリーを動作させるように構成される。

【0030】

有利には、本開示の再充電可能バッテリーは、ある実施形態では、従来の再充電可能バッテリーの構成要素を用いて、修正を最小限に抑えて、容易に構成することができる。大まかに言えば、リチウムイオンバッテリーなどの従来のバッテリーは、積層されまたはジェリーロール(jelly roll)状に巻かれ且つパウチカバーまたはハードケースにパックされることができるアノード電極、セパレーターおよびカソード電極のうちの1つまたは複数のシートを含む。次いでパウチまたはケースは電解質で満たされる。カソード活物質(cathode active materials)は、例えば、リチウムコバルト酸化物、リチウム鉄ホスフェート(phosphate)、リチウムマンガン酸化物、リチウムニッケル-コバルト-マンガン酸化物、リチウム過剰層状化酸化物、またはこれらの混合物などを含むことができる。アノード活物質(anode active materials)は、例えば、黒鉛、ケイ素、ケイ素合金、リチ

40

50

ウム金属、チタン酸リチウムなどのリチウム合金、これらの混合物などを含むことができる。

【0031】

例えば、従来のリチウムイオンバッテリーは、正電極、負電極、セパレーター、正電極集電器、負電極集電器、電解質、およびバッテリーカバーまたはカンを含む。1つの集電箔（例えば、A1箔）上にコーティングされた正電極、および別の集電箔（例えば、Cu箔）上にコーティングされた負電極は、それらの間に介在させたセパレーターと共に積層されまたは巻かれ、電解質が溶媒に溶解している電解質溶液が、セパレーターおよび2つの多孔質電極に含浸される。

【0032】

正電極および負電極は共に、必要に応じて前述の活物質、結合剤、および伝導剤を含む。共通の結合剤は、P V D F（ポリフッ化ビニリデン（Polyvinylidene fluoride））、およびスチレン-ブタジエンゴム（S B R）、並びにカルボキシメチルセルロース（C M C）のナトリウム塩を含む。伝導剤は、通常、炭素をベースにしており、活物質と混合されて電極伝導度を増大させる。

【0033】

$\text{LiPF}_6$ 、 $\text{LiBF}_4$ などのリチウム塩は、単独でまたは組み合わせて、電解質として使用することができる。鎖状カーボネート（chained carbonate）、環状カーボネート（annular carbonate）、環状エステル、およびニトリル化合物などを、リチウム塩を溶解するのに使用される溶媒として使用することができる。それらの具体的な例には、エチレンカーボネート（E C）、エチルメチルカーボネート（E M C）、ジメチルカーボネート（D M C）、プロピレンカーボネート（P C）、ジエチルカーボネート、ジメトキシエタンなどが含まれる。さらに、ポリマー-ゲル電解質または固体電解質を電解質として使用することができる。

【0034】

本開示の再充電可能バッテリーは、再充電可能バッテリーの従来の構成要素を含むことができ、さらに、例えば1つまたは複数の抵抗器シートに接続された1つまたは複数の高抵抗端子を含むことができる。1つまたは複数の抵抗器シートは、バッテリー内で熱が発生するように、バッテリーのセル内またはバッテリーのセル間に、またはそれらのいくつかの組合せで位置決めすることができる。下記の図は、本開示のある実施形態を例示する。

【0035】

図1および2は、本開示の実施形態を示す。図1に示されるように、再充電可能なバッテリー110は、電極-セパレーターアセンブリの積層体内に埋め込まれたいくつかの抵抗器シート112を有する。電極-セパレーターアセンブリは、アノードタブ114aを有するアノード電極114、セパレーター116、およびカソードタブ118aを有するカソード電極118を含む。バッテリー110は、1つの低抵抗負端子L o R（-）120および1つの高抵抗負端子H i R（-）122、スイッチ124、および正端子（+）126をさらに含む。

【0036】

この実施形態では、各抵抗器シートは、溶接によって取着することができる2つのタブ（112a、112b）を有する。抵抗器タブ112aおよびアノード電極114のアノードタブ114aは、低抵抗負端子L o R（-）120に電気接続されて、低電気抵抗回路を形成する。抵抗器タブ112bは、高抵抗負端子H i R（-）122に電気接続されて、スイッチ124によって能動化される高電気抵抗レベル回路を形成する。カソード電極118のカソードタブ118aは、一緒に正端子126に電気接続される。この特定の例では、スイッチ124は、L o R（-）端子120およびH i R（-）端子122を電気接続しまたは接続解除することができる、熱により能動化されるスイッチである。

【0037】

アノード-セパレーター-カソード-抵抗器シートアセンブリは、適切なパッケージ内

10

20

30

40

50

に、例えばパウチセルのケーシング内に配置し、電解質で満たすことができる。この実施形態では、アノード - セパレーター - カソード - 抵抗器シートアセンブリは、ケーシング 140 に収容される。負および正端子は、外部回路 128 a および 128 b に電気接続することができる。

#### 【0038】

まとめると、図 1 に示される再充電可能なバッテリーは、ケーシング 140 の外側の 3 つの端子、2 つの負端子 L o R ( - ) および H i R ( - ) と 1 つの正端子 ( + ) とを特徴とする。2 つの負端子 L o R ( - ) および H i R ( - ) は、バッテリーのすぐ外側の温度感受性スイッチによって、さらに接続される。動作中、バッテリー温度が、第 1 の温度  $T_1$  から第 2 の温度  $T_2$  の間と定義される通常の動作範囲内にある場合、スイッチは C L O S E D 状態にあり、バッテリー電流は、電流が低抵抗回路内を流れることを好むことから抵抗器シートをバイパスする。この場合、バッテリーは、端子 ( + ) と L o R ( - ) との間で動作し、低内部抵抗を示す。バッテリー温度が  $T_1$  および  $T_2$  の通常範囲外に達した場合、スイッチは O P E N 状態になり、端子 ( + ) および H i R ( - ) を動作可能なままにする。これにより、バッテリー電流は抵抗器シート内を強制的に流れ、したがって高内部抵抗を示す。例えば、バッテリー温度が通常範囲よりも低く、例えば約 5 よりも低い場合または氷点下環境で、バッテリーの内部抵抗は、電流流路における抵抗器シートの存在に起因して数倍高くなる。動作しまたは能動化した後は、強力な内部加熱が存在し (バッテリーの発熱がその内部抵抗に比例するため)、温度感受性スイッチが C L O S E D になる点まで、バッテリー温度の急速な上昇をもたらす。C L O S E D スイッチは、L o R ( - ) 端子を即座に動作させることができ、バッテリーの内部抵抗を低下させる。低内部抵抗と高内部温度との組合せは、氷点下環境での動作にも関わらず、バッテリーの電力およびエネルギー出力を実質的に改善する。

#### 【0039】

図 2 は、バッテリー内部で熱を発生させるために、少なくとも 1 つの抵抗器シートが電極 - セパレーターアセンブリの積層体の間に挿入されている、再充電可能なバッテリーの別の構成を示す。この実施形態では、再充電可能なバッテリー 210 は、2 つの電極 - セパレーターアセンブリ 213 a および 213 b の間に位置決めされた抵抗器シート 212 を含む。抵抗器シートは、好ましくは、より均一な加熱のために電極の積層体の中間に位置決めされ、セパレーター 216 と同じまたは異なってもよいセパレーター 217 によって挟むことができる。各電極 - セパレーターアセンブリは、アノード電極 214、セパレーター 216、およびカソード電極 218 を含む。バッテリー 210 は、1 つの低抵抗負端子 L o R ( - ) 220、1 つの高抵抗負端子 H i R ( - ) 222、スイッチ 224、および正端子 ( + ) 226 をさらに含む。

#### 【0040】

この実施形態では、抵抗器シート 212 は、溶接によって取着することができる 2 つのタブ ( 212 a、212 b ) を有する。抵抗器タブ 212 a およびアノード電極 214 のアノードタブ 214 a は、低抵抗負端子 L o R ( - ) 220 に電気接続されて低電気抵抗回路を形成する。抵抗器タブ 212 b は、高抵抗負端子 H i R ( - ) 222 に電気接続されて、スイッチ 224 により能動化される高電気抵抗レベル回路を形成する。カソード電極 218 のカソードタブ 218 a は、一緒に正端子 226 に電気接続される。この特定の例において、スイッチ 224 は、L o R ( - ) 端子 220 および H i R ( - ) 端子 222 を電気接続しまたは接続解除することができるスイッチであって、熱により能動化されるスイッチである。

#### 【0041】

アノード - セパレーター - カソード - 抵抗器シートアセンブリは、適切なパッケージ内に、例えばパウチセルのケーシング内に配置し、電解質で満たすことができる。この実施形態では、アノード - セパレーター - カソード - 抵抗器シートアセンブリは、ケーシング 240 内に収容される。負および正端子は、外部回路 228 a および 228 b に電気接続することができる。図 2 の再充電可能なバッテリー 210 は、図 1 に関して記述されたも

10

20

30

40

50

のと同じ手法で動作することができる。

【0042】

図3は、図1および2で示した構成を含めた、本開示の再充電可能なバッテリーで使用する事ができる、種々の抵抗器シート構成を示す。各抵抗器シート、310、320、330、340、350、360は、溶接によって取付ける事ができる2つのタブを有する。様々な抵抗器シート上のタブは、図3に示されるように様々な構成で位置決めすることができる。これらの構成は：(a)切断部314によって切り離された、同じ側にある2つのタブ(311、312)；(b)抵抗器シートの反対側にありかつ縁部のほぼ中間に位置付けられた2つのタブ(321、322)；(c)および(e)同じ側にあるが、抵抗器シートの外縁上にあり、切断部334により切り離された、2つのタブ(331、332)；ならびに(d)および(f)抵抗器シートの反対側にあるが、外縁上にある2つのタブ(341、342)を含む。

10

【0043】

いくつかの実施形態では、抵抗器シートの抵抗は、パターニングを通して調節することができる。そのようなパターニングは、シートをより薄くすることでシートの抵抗を調節した結果その他のタブを備えた抵抗器シートの機械的強度または溶接可能性に悪影響を与える可能性がある場合よりも、厚い抵抗器シートを可能にする。パターニングする場合、ホットスポットが最小限に抑えられるように、真っ直ぐな角よりも丸みの付いた角が好ましい。パターニングされた抵抗器シートは、フォトエッチング、放電加工、ウォータージェット切断、レーザー切断、スタンピングなどによって製造することができる。図3Eは、本開示の再充電可能なバッテリーで使用する事ができる、パターニングされた抵抗器シートを示す。図3Eは、同じ側にあるが抵抗器シートの外縁上にある2つのタブ(331、332)であって、シートの内部から材料も除去されており(即ち、概略パターン352)丸みの付いた角(354)を有するタブを示す。その他の実施形態では、またはその他の実施形態との組合せでは、抵抗器シートに、バッテリーセル内で熱伝導性、電気絶縁性、および化学的安定性であるポリマーまたは酸化物の薄層をコーティングすることができる。図3Fは、シートの両方の長辺側にコーティングを有する抵抗器シートを示す。この特定の実施形態では、コーティングは、抵抗器シート(364)を完全に取り囲むが、タブ(341、342)を露出させるラミネート(362)である。

20

【0044】

本開示の一実施形態では、図3に示される抵抗器シートの1つまたは複数、図1または2の構成に使用することができる。例えば、図3における任意の抵抗器シートの場合、Tab1と標識されたタブは、バッテリー内のアノード電極シートの全てのタブと接続(例えば、溶接)することができる。一緒にすると、それらは図1または図2における低抵抗端子LoR(-)を形成する。図3に示されるTab2は、一緒に溶接して、図1または図2のいずれかにおける高抵抗端子HiR(-)を形成することができる。

30

【0045】

本開示のその他の実施形態では、再充電可能なバッテリーは、バッテリーのセルの外側に1つまたは複数の抵抗器シートを配置することによって構成することができる。例えば、多数のセルを含むバッテリーモジュールにより、1つまたは複数の抵抗器シートを、バッテリーモジュール内の2つの隣接するセルの間に挟むことができる。図4は、そのような実施形態を示す。

40

【0046】

図4に示されるように、バッテリーモジュール410は、2つのセル413aおよび413bの間に位置決めされた抵抗器シート412を含む。抵抗器シートは、好ましくは、2つのセルの間に緊密に介在させるなど、セルの均一な加熱をもたらすためにセルおよびバッテリーモジュールの間に位置決めされる。各セルは、アノード電極414、セパレーター416、およびカソード電極418を含む。バッテリーモジュール410は、モジュールの各セルに電気接続された1つの低抵抗負端子LoR(-)420と、抵抗器シートに電気接続された1つの高抵抗負端子HiR(-)422とをさらに含む。バッテリーモ

50

ジュールは、スイッチ424と、正端子(+)426aおよび426bも含む。負および正端子は、外部回路428aおよび428bに電気接続することができる。図4の再充電可能なバッテリーのモジュール410は、図1に関して記述されたものと同じ手法で動作することができる。

【0047】

図4におけるバッテリーモジュール410は、1つの抵抗器シートが2つのセルの間にあるツインセルモジュールとして示されるが、本開示のバッテリーモジュールは、3つ以上のセルおよび/またはセルモジュールの中間に位置決めされた複数の抵抗器シートを有することができる。例えば、バッテリーモジュールは、4、5、または6個のセルを有することができ、1つまたは複数の抵抗器シートがセルの間およびセル付近のその他の位置の周りに位置決めされている。

10

【0048】

本開示の一実施形態では、図3に示される抵抗器シートの1つまたは複数、図4の構成で使用することができる。例えば、図3における任意の抵抗器シートの場合、Tab1と標識されたタブをセルの負端子に接続することができ、バッテリーモジュール用の低抵抗端子LoR(-)が形成される。図3に示される抵抗器シートのいずれかのTab2と一緒に溶接して、バッテリーモジュールの高抵抗端子HiR(-)を形成することができる。このようなバッテリーモジュールの能動化および動作は、既に述べた単一セルの場合と同じである。

【0049】

20

本開示の別の実施形態では、1つまたは複数の抵抗器シートを、再充電可能なバッテリーの電極-セパレーターアセンブリの2つのジェリーロール(jelly rolls)の間に挟むことができる。図5は、そのような実施形態を示す。図5に示されるように、抵抗器シート512は、2つのジェリーロール(513a、513b)の間に挟まれる。この実施形態におけるデザインは、ジェリーロール電極アセンブリを含有する任意の従来の再充電可能なバッテリーと共に使用することができる。図5にさらに示されるように、電気的抵抗器シート512は、溶接によって取着することができる2つのタブ(512a、512b)を有する。抵抗器タブ512aは、ジェリーロールのアノード電極(例示を簡便にするために図示していない)のアノードタブ514aに、および低抵抗負端子LoR(-)(図示せず)に電気接続されて、低電気抵抗回路を形成する。抵抗器タブ512bは、高抵抗負端子HiR(-)(図示せず)に電気接続されて、高電気抵抗レベル回路を形成する。ジェリーロールのカソード電極のカソードタブ518aは、一緒に正端子(例示を簡便にするために図示していない)に電気接続される。この実施形態における再充電可能なバッテリーは、LoR(-)端子およびHiR(-)端子を電気接続しまたは接続解除することができるスイッチを、バッテリーの外側に含んでいてもよい。図5の再充電可能なバッテリー510は、図1に関して記述したものと同じ手法で動作することができる。

30

【0050】

図5におけるバッテリー構成は、1つの抵抗器シートが2つのジェリーロールの間にあるものとして示されるが、本開示の再充電可能なバッテリーは、3つ以上のジェリーロール、および/またはジェリーロールの中間に位置決めされた複数の抵抗器シートを有することができる。さらに、1つまたは複数の抵抗器シートを、ポリマーまたは酸化物の薄層でコーティングして、このシートをバッテリー内の電解質から隔離することができる。例えばバッテリーは、3つ以上のジェリーロールを有することができ、1つまたは複数の抵抗器シートが、1対のジェリーロールの間および/またはジェリーロールのそれぞれもしくはいくつかの付近のその他の位置の周りに位置決めされる。

40

【0051】

本開示の一実施形態では、図3に示される抵抗器シートの1つまたは複数、図5の構成に使用することができる。例えば、図3における任意の抵抗器シートの場合、Tab1と標識されたタブをセルの負端子に接続し、バッテリー用の低抵抗端子LoR(-)を形成することができる。図3に示される抵抗器シートのいずれかのTab2は、一緒に溶接

50

して、バッテリーの高抵抗端子  $H i R (-)$  を形成することができる。そのようなバッテリーの能動化および動作は、図 1 のバッテリーに関して記述されたものと同じである。

【 0 0 5 2 】

本開示の実施形態では、再充電可能なバッテリーは、バッテリーの高い電気内部抵抗レベルを生成するのに個別の抵抗器シートを使用せずに構築することができる。例えば、高電気抵抗回路は、バッテリーのセルの電極の集電器の一体的部分になるよう構成することができる。本開示の一実施形態では、再充電可能なバッテリーは、 $T_1$  から  $T_2$  上の  $R_1$  で、バッテリーを動作させるための少なくとも 1 つの負端子および少なくとも 1 つの正端子と； $T_1$  または  $T_2$  のいずれかの外側の  $R_2$  でバッテリーを動作させるための、少なくとも 1 つの高抵抗端子（例えば、追加の負または正端子）と；バッテリーの温度が  $T_1$  または  $T_2$  のいずれかの外側であるときに、 $R_2$  を能動化するスイッチとを含み、少なくとも 1 つの高抵抗端子は、バッテリーのセル内の少なくとも 1 つの抵抗器シートに電気接続され、少なくとも 1 つの抵抗器シートは、バッテリーのセルの電極の集電器の一体化部分である。

10

【 0 0 5 3 】

図 6 は、そのような実施形態を示す。図 6 は、アノード電極 6 1 4、セパレーター 6 1 6、およびカソード電極 6 1 8 を含むアセンブリを示す。このアセンブリは、セルケーシング内のジェリーロールのデザインなど、広く様々な再充電可能なバッテリー構成に適用可能である。この実施形態では、カソード（正）電極 6 1 8 は、端子（+）6 2 6 が形成されるように電気接続される（一緒に溶接される）、いくつかの密接配置されたタブ 6 1 8 a を含む。一方、アノード（負）電極 6 1 4 は、端子  $L o R (-)$  6 2 0 が形成されるように一緒に電気接続された、数個の密接配置されたタブ（6 1 4 a）と、最近接のタブ 6 1 4 a から少し離れたタブ 6 1 4 b とを含む。タブ 6 1 4 b は、高電気抵抗端子に電気接続することができる。この例では、タブ 6 1 4 b は、高電気抵抗端子  $H i R (-)$  を形成する。

20

【 0 0 5 4 】

このデザインでは、タブ 6 1 4 b（遠位タブ）と、密接配置されたタブの最も近接したもの（タブ 6 1 4 a）との間の負電極箔、即ち  $C u$  箔の部分は、バッテリー温度が通常範囲よりも低いとき、即ち  $T_1$  よりも低いときに動作可能となるように、大きい抵抗として作用する。言い換えれば、タブ 6 1 4 a と 6 1 4 b との間の材料（6 3 0 と示される）は、このバッテリーのデザインでは抵抗器シートとして作用する。セルケーシングの外側では、端子  $L o R (-)$  および  $H i R (-)$  を、スイッチ 6 2 4、例えば温度感受性スイッチを介して電気接続し接続解除することができる。図 6 に示される構成を持つバッテリーの能動化および動作は、図 1 におけるバッテリーに関して記述されたものと同じ手法で行うことができる。

30

【 0 0 5 5 】

要素 6 3 0 の電気抵抗は、とりわけ、タブ 6 1 4 b と最近接タブ 6 1 4 a との間の距離と、集電器を形成するのに使用される材料、例えば箔の組成、および 2 つのタブの間の箔上の任意の材料、および高抵抗端子の所望の抵抗レベルとに依存することになる。再充電可能なバッテリーの電極は、典型的には、集電器上に、結合剤および/または伝導性希釈剤を用いてまたは用いずに、1 つまたは複数の電気化学的活物質をコーティングすることによって形成される。そのような材料は、要素 6 3 0 の電気抵抗にも影響を及ぼす可能性がある。

40

【 0 0 5 6 】

図 7 は、バッテリーのセルの電極の集電器の一体化部分である抵抗器シートを含む、本開示の再充電可能なバッテリーの、別の実施形態を示す。この実施形態では、アノード電極 7 1 4、セパレーター 7 1 6、およびカソード電極 7 1 8 を含むアセンブリが示される。図 6 の構成に関して記述したように、図 7 に示されるアセンブリは、広く様々な再充電可能なバッテリー構成に適用可能である。この例では、カソードおよびアノード電極は共に、端子  $L o R (+)$  および  $L o R (-)$  が形成されるよう電気接続された、いくつかの

50

密接配置されたタブ、ならびにH i R ( + ) およびH i R ( - ) を形成するための遠位タブを有する。詳細には、カソード ( 正 ) 電極 7 1 8 は、端子 ( + ) 7 2 6 が形成されるように電気接続された、いくつかの密接配置されたタブ 7 1 8 a と、高電気抵抗端子 H i R ( + ) を形成するための最近接タブ 7 1 8 a からある距離に在るタブ 7 1 8 b とを含む。アノード ( 負 ) 電極 7 1 4 は、端子 L o R ( - ) 7 2 0 が形成されるように一緒に電気接続された、数個の密接配置されたタブ ( 7 1 4 a ) と、高電気抵抗端子 H i R ( - ) を形成するための最近接タブ 7 1 4 a からある距離に在るタブ 7 1 4 b とを含む。

【 0 0 5 7 】

このデザインにおいて、密接配置されたタブ群と遠位タブとの間の、負電極箔 ( 即ち、C u ) および正電極箔 ( 即ち、A l ) の部分は、バッテリー温度が通常範囲よりも低いとき、即ち  $T_1$  よりも低いときに動作可能になるように、大きい抵抗として作用する。言い換えれば、タブ 7 1 4 a と 7 1 4 b との間の材料 ( 7 3 0 a で示す ) と、タブ 7 1 8 a と 7 1 8 b との間の材料 ( 7 3 0 b で示す ) は、このバッテリーデザインに関する抵抗器シートとして作用する。

10

【 0 0 5 8 】

セルケーシング 7 4 0 の外側では、2つの独立したスイッチ ( 7 2 4 a 、 7 2 4 b ) を使用して、端子 L o R ( + ) を H i R ( + ) と、また L o R ( - ) を H i R ( - ) とそれぞれ接続することができる。2つのスイッチは、同時にもしくは互いに独立して、またはバッテリー温度の関数としてアルゴリズムに従い動作することができる。そうでない場合には、図 7 に示される構成を持つバッテリーの能動化および動作は、図 1 におけるバッテリーに関して記述されたものと同じ手法で行うことができる。

20

【 0 0 5 9 】

タブの一方の群が低抵抗を提供しかつタブの他方の群が高抵抗を提供する限り、再充電可能なバッテリーのジェリーロール構成に対してより多くのタブのデザインが可能である。

【 0 0 6 0 】

本開示の別の実施形態では、1つまたは複数の抵抗器シートは、再充電可能なバッテリーのロール状電極アセンブリと共に含むことができる。図 8 、 9 、 および 1 0 は、1つまたは複数の抵抗器シートを有するジェリーロール状電極アセンブリの実施形態を示す。図 8 に示されるように、抵抗器シート 8 1 2 は、ジェリーロールアセンブリのほぼ中心の内部に含まれる。この実施形態では、抵抗器は、任意の電極に直接接触せず、セルの容量に悪影響を及ぼすべきでない。抵抗器シートは、ジェリーロールが組み立てられた後にまたはジェリーロールを組み立てる最中に挿入することができる。抵抗器シートは、ジェリーロールアセンブリの構造支持体として、有利に作用することもできる。この実施形態におけるデザインは、ジェリーロール電極アセンブリを含有する任意の従来の再充電可能なバッテリーと共に使用することができる。図 8 にさらに示されるように、ジェリーロールアセンブリ 8 1 3 は、集電器 8 1 5 上のアノード電極 8 1 4 、例えば銅箔と、第 1 のセパレーター 8 1 6 a と、集電器 8 1 9 上のカソード電極 8 1 8 、例えばアルミ箔と、第 2 のセパレーター 8 1 6 b とをさらに含む。ジェリーロールアセンブリの多かれ少なかれ中心に抵抗器シートを有することに加え、抵抗器シートを、ジェリーロールの最外層上に含めることができる。ジェリーロールは、図 8 に示されるように、その形状を平らにすることができ、または円筒形にすることができる。

30

40

【 0 0 6 1 】

図 9 は、抵抗器シートを有するジェリーロール電極アセンブリの別の実施形態を示す。この実施形態では、一連の抵抗器シートが一連のジェリーロールアセンブリに巻き付けられる。図 9 に示されるように、抵抗器シート 9 1 2 a および 9 1 2 b は、ジェリーロールアセンブリ 9 1 3 a および 9 1 3 b に巻き付けられる。図 9 は、その外周に抵抗器シートをそれぞれ有する2つのジェリーロールアセンブリを示す。この構成は、追加のジェリーロールアセンブリにまで拡張することができ、その一部または全ては、その外周に抵抗器シートを有しており、その結果、一連のジェリーロールアセンブリに一連の抵抗器シート

50

が巻き付けられたジェリーロールアセンブリが形成される。そのようなアセンブリは、ジェリーロールアセンブリを巻き、次いでその外周に抵抗器シートを巻き付け、その後、表面に抵抗器シートを持つまたは持たない状態で追加のジェリーロールアセンブリを巻き付けることによって製作することができる。

【0062】

ジェリーロールアセンブリのそれぞれは、アノード電極、カソード電極、およびセパレーターを含む。例えば、ジェリーロールアセンブリ913aおよび913bは、集電器915上のアノード電極914、例えば銅箔と、第1のセパレーター916aと、集電器919上のカソード電極918、例えばアルミ箔とを含む。第2のセパレーターは、集電器919の後に含ませることができるが、これは図に示していない。抵抗器シートがジェリーロールの最外層に巻き付けられたことに加え、抵抗器シートを、最内ジェリーロールアセンブリの多かれ少なかれ中心に含めることができる。

10

【0063】

図10は、抵抗器シートを有するジェリーロール電極アセンブリの別の実施形態を示す。この実施形態では、1つまたは複数のジェリーロールアセンブリを保持する容器は、シートの形状でない場合であっても抵抗器シートとして作用することができる。図10に示されるように、抵抗器シート1012は、2つのジェリーロールアセンブリ1013aおよび1013bを取り囲む。抵抗器シート1012は、ジェリーロールアセンブリの最外層のかなりの部分に接触する内面1012aを有する。抵抗器シートは、アセンブリを保持する容器、例えばスチール缶であり得る。この実施形態では、抵抗器シート1012は、2つのジェリーロールアセンブリを保持する2つの区画を有するように成形されるが、この実施形態は、抵抗器シート1012の内面がジェリーロールアセンブリの少なくとも1つのかなりの部分に接触し、この抵抗器シートが本開示で記述されるように機能することができる限り、そのような形状に限定するものではない。さらに、図10の構成は、その一部または全てが1つもしくは複数の区画内に位置決めされまたは抵抗器シートに接触している追加のジェリーロールアセンブリにまで拡張することができる。

20

【0064】

ジェリーロールアセンブリのそれぞれは、アノード電極、第1のセパレーター、カソード電極、および第2のセパレーターを含む。例えば、ジェリーロールアセンブリ1013aおよび1013bは、集電器1015上のアノード電極1014、例えば銅箔と、第1のセパレーター1016aと、集電器1019上のカソード電極1018、例えばアルミ箔とを含む。第2のセパレーターは、集電器919の後に含めることができるが、これは図に示されていない。抵抗器シート1012に加え、抵抗器シートを、この実施形態におけるジェリーロールアセンブリの1つまたは全ての、多かれ少なかれ中心に含めることができる。

30

【0065】

図8、9、および10におけるバッテリー構成は、非対称形状を有するジェリーロールとして示されるが、ジェリーロールおよび抵抗器シートは、対応する円筒状抵抗器シートを備えた円筒状ジェリーロールアセンブリのように、対称にすることができる。

【0066】

図8、9、および10に示される要素に加え、図8、9、および10の構成を備えた作用バッテリーを形成するのに、追加の要素が含まれるが、例示を簡便にするためにこれらは図示しなかった。これらの要素は、例えば、高電気抵抗レベル回路の一部として抵抗器シートに電気接続された高抵抗端子；低電気抵抗回路が形成されるよう、抵抗器シートおよび電極の1つ、例えばアノードまたはカソード電極に電気接続された低抵抗端子；低抵抗および高抵抗端子を電気接続しまたは接続解除することができるスイッチを含む。それぞれ図8、9、および10の再充電可能なバッテリー810、910、および1010は、例えば図1に関して記述されるものと同じ手法で動作することができる。

40

【0067】

本開示の別の実施形態では、図3に示される抵抗器シートの1つまたは複数、図8、

50

9、および10の構成に使用することができる。例えば、図3における任意の抵抗器シートの場合、Tab1と標識されたタブを、セルの負端子に接続し、バッテリー用低抵抗端子、LoR(-)を形成することができる。図3に示される抵抗器シートのいずれかのTab2を、一緒に溶接して、バッテリーの高抵抗端子、HiR(-)を形成することができる。そのようなバッテリーの能動化および動作は、図1のバッテリーに関して記述されたものと同じである。

#### 【0068】

前述のバッテリーデザインの全ては、Liイオン、ニッケル-金属水素化物、鉛-酸などの、再充電可能なバッテリーに適用可能である。有利には、本開示の再充電可能なバッテリーは、再充電可能なリチウムイオン、ニッケル-金属水素化物、または先進リチウムバッテリー、例えばリチウム-硫黄、リチウム-ポリマー、リチウム-空気バッテリー、または全ての固体バッテリーなど、全てのバッテリーの化学的性質に合わせて、かつ全ての形状因子、パウチ、円筒状、プリズム状、または角のある状態に合わせて、実施することができる。図1~10に関して上で述べたセルのデザインを使用して、ひと組の端子に関して低内部抵抗( $R_1$ )を有しかつ第2の組の端子に関して高内部抵抗( $R_2$ )を有する全天候型バッテリーを製作することができる。セル構造は、他のデザインの中でもとりわけロール状電極および積層状電極のデザインに適應することができる。

#### 【0069】

本開示の一態様では、再充電可能バッテリーは、バッテリーの温度が $T_1$ から $T_2$ の間にあるときは $R_1$ で動作し、バッテリーの温度が $T_1$ または $T_2$ のいずれかの外側にあるときは、 $R_2$ を能動化するスイッチを能動化することによって、 $T_1$ または $T_2$ のいずれかの外側の $R_2$ で動作する。高抵抗レベル( $R_2$ )でのバッテリーの動作は、バッテリーの内部温度を上昇させるための定電圧-定電流(CVC)サイクルを適用することを含むことができる。そのような能動化サイクルは、高抵抗モードでかつ低いセル電圧下でバッテリーを動作させることによって、大量の内部熱を発生させることができる。能動化サイクルは、定電圧下の後に定電流限界の下で、バッテリーを動作させることを含むことができる。ある実施形態では、定電圧は0.2から1Vの範囲に設定され、電流限界は1Cから10Cの範囲に設定される(本明細書で定義されるC率は、アンペアを単位とする電流と、バッテリーの公称容量との比であり; 10Ahバッテリーに関しては、1Cは10Aを意味する)。好ましくは、定電圧は0.4Vから1.0Vに及び、電流限界は2Cから5C、例えば4Cである。

#### 【実施例】

#### 【0070】

下記の実施例は、本発明のある好ましい実施形態をさらに示すものとし、本質的に限定するものではない。当業者なら、通常の実験方法を使用するだけで、本明細書に記述される特定の物質および手順の数多くの均等物を認識しまたは確認することができるであろう。

#### 【0071】

パウチセルの形態をとりかつリチウム-ニッケル-マンガン-コバルト(NMC)カソードおよび黒鉛アノードで作製された、26Ahのパイロット生産バッテリーを、図1に記述される構成に従い開発した。抵抗器シートは、長さ25cm、幅6cm、厚さ100 $\mu$ mのステンレス鋼箔である。その抵抗は、約0.05オームであり、その重量は約13グラムであり、これは全バッテリー重量の約2.3%である。LoR(-)端子とHiR(-)端子との間の切換えは、温度制御器により駆動される電気化学的継電器によって行われる。継電器は、約0で切り換わるように設定される。継電器は、約7グラムの重量である。試験前に、試験バッテリーを満充電し、次いで氷点下の温度に予め設定された熱チャンパー内に5~6時間浸漬する。26Ah全天候型バッテリーの試験中、いくつかの熱電対をバッテリー上に取り付け、電圧計に接続して、継電器を駆動させる平均のバッテリー温度を読み取る。抵抗器箔および温度感受性スイッチがないがその他の点では同一のままである、ベースラインのセルについても、比較研究のために試験をした。

## 【 0 0 7 2 】

- 3 0 からの1 C 放電に関する全天候型バッテリー（図 1 1 では A C B と標識される）およびベースラインのバッテリー（図 1 1 では、c o n v . L i B と標識される）の試験結果を、図 1 1 A に示す。A C B の場合、バッテリー試験は短い能動化期間から開始され、2 C に等しい定電流（即ち、5 2 A ）が高抵抗端子に約 1 4 2 秒間印加された。セル電圧は、0 . 6 から 1 . 3 V の間にあることが、図 1 1 A からわかる。この能動化期間において、セルの内側に埋め込まれた抵抗器シートは急速に加熱され、セルは、図 1 1 B に表示された平均バッテリー温度により示されるように、急速に温まる。バッテリー温度が、バッテリーが低内部抵抗に切り換わる設定点である約 0 に到達すると、能動化が完了し、バッテリーは、図 1 1 A に示されるように標準的な 1 C （即ち、2 6 A ）放電を行う。A C B の放電曲線を従来の L i B の場合と対比させると、A C B の場合には実質的に改善された電圧、容量、およびエネルギー出力が示される。様々な周囲温度からの A C B および従来の L i B の類似の 1 C 放電実験を実施した。容量および放電エネルギーを、それぞれ図 1 2 A および 1 2 B に示す。A C B は、- 3 0 の環境で、室温容量の > 9 0 % および室温エネルギーの > 8 2 % を送出することがわかる。比較では、従来の L i B は、- 3 0 で室温容量およびエネルギーのわずか 6 0 % および 5 0 % を出力する。- 4 0 での A C B 性能の改善は、さらにより実質的なものであり、室温容量およびエネルギーの 8 5 % および 7 0 % を保持し、それに対して従来の L i B は、同じ周囲条件下でほぼゼロの容量およびエネルギー出力を有する。2 C 放電実験も実施し、電力およびエネルギー出力は同様に優れたものである。

10

20

## 【 0 0 7 3 】

ハイブリッド電力パルス特徴付け（H P P C ）試験も実行して、2 6 A h A C B の電力容量を定量した。H P P C 試験は、所与の充電状態（S O C : state of charge）から開始し、3 C 放電パルスを 2 0 秒間、次いで 2 0 秒間の静止、その後、1 C 充電パルスを 2 0 秒間と進行させる。そのような H P P C 負荷に対する電圧応答を、図 1 3 B に示す。各 2 0 秒パルスの終わりに、放電 / 充電電流にセル電圧を乗じることにより計算された放電および充電電力を、図 1 3 C に示す。- 3 0 でのこの放電および充電電力は、従来の L i B による場合の約 6 ~ 7 倍である。

## 【 0 0 7 4 】

前述の試験結果は、普通の L i イオンバッテリーに関して示されるが、先進の L i イオンバッテリー、ニッケル - 金属水素化物（N i - M H ）、鉛 - 酸（P d - 酸）、およびその他のバッテリーの化学的性質をベースにした全天候型バッテリーには、同じ利点があることが予測される。

30

## 【 0 0 7 5 】

本発明の好ましい実施形態およびその多様性の例のみを、本開示で示し記述する。本発明は、様々なその他の組合せおよび環境で使用することが可能であり、本明細書で表されるような本発明の概念の範囲内で変更または修正することが可能であることを理解されたい。したがって例えば、当業者なら、通常の実験方法を使用するだけで、本明細書に記述される特定の物質、手順、および配置構成の数多くの均等物を認識しまたは確認することができるであろう。そのような均等物は、本発明の範囲内にあると見なされかつ下記の特許請求の範囲により包含される。

40

なお、本発明には以下の態様が含まれることを付記する。

## 〔 1 〕

再充電可能バッテリーであって、

第 1 の温度（ $T_1$ ）から第 2 の温度（ $T_2$ ）の間の前記バッテリーの温度範囲全体にわたる 1 つのレベルの内部抵抗（ $R_1$ ）で、前記バッテリーを動作させるための少なくとも 1 つの負端子および少なくとも 1 つの正端子と、

$T_1$  または  $T_2$  のいずれかの外側での第 2 のレベルの内部抵抗（ $R_2$ ）で、前記バッテリーを動作させるための、少なくとも 1 つの高抵抗端子と、

前記バッテリーの温度が  $T_1$  または  $T_2$  のいずれかの外側にあるときに、 $R_2$  を能動化

50

するスイッチと

を備えた前記再充電可能バッテリー。

〔 2 〕

前記少なくとも1つの高抵抗端子が、前記バッテリーのセル内または前記バッテリーのセル間の少なくとも1つの抵抗器シートに電気接続される、〔 1 〕に記載の再充電可能バッテリー。

〔 3 〕

前記少なくとも1つの高抵抗端子が、前記バッテリーのセル内の少なくとも1つの抵抗器シートに電気接続され、または前記少なくとも1つの抵抗器シートが、一体的に、前記バッテリーの前記セルの電極の一部である、〔 1 〕に記載の再充電可能バッテリー。

〔 4 〕

前記少なくとも1つの抵抗器シートが加熱要素として作用する、〔 2 〕または〔 3 〕のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

〔 5 〕

前記少なくとも1つの抵抗器シートが、黒鉛、高配向熱分解黒鉛（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、またはこれらの組合せで作製されている、〔 2 〕または〔 3 〕のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

。〃

〔 6 〕

前記少なくとも1つの抵抗器シートが、1～150マイクロメートルの厚さを有する、〔 2 〕または〔 3 〕のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

〔 7 〕

前記少なくとも1つの抵抗器シートが、電極 - セパレーター積層体またはジェリーロールの内側に挟まれ、前記少なくとも1つの抵抗器シートが、任意にポリマーまたは酸化物の薄層でコーティングされて、前記抵抗器シートを前記バッテリー内の電解質から隔離する、〔 2 〕に記載の再充電可能バッテリー。

〔 8 〕

前記少なくとも1つの抵抗器シートが、前記バッテリーセル内で均等に熱を発生させるように前記バッテリーのセル内で位置決めされる、〔 2 〕に記載の再充電可能バッテリー。

。〃

〔 9 〕

前記少なくとも1つの抵抗器シートが、前記バッテリー内で均等に熱を発生させるように前記バッテリー内のセル間に位置決めされる、〔 2 〕に記載の再充電可能バッテリー。

〔 10 〕

前記少なくとも1つの抵抗器シートが、2つのタブを有するように構成され、一方のタブが、前記バッテリー内のその他の電極タブに電気接続されて低抵抗端子を形成し、前記少なくとも1つの抵抗器シートの他方のタブが、前記少なくとも1つの高抵抗端子を形成している、〔 3 〕に記載の再充電可能バッテリー。

〔 11 〕

前記少なくとも1つの抵抗器シートが、バッテリーセルで使用される2つの金属集電器のいずれか若しくは両方、または前記2つの金属集電器の一部と同じである、〔 2 〕に記載の再充電可能バッテリー。

〔 12 〕

前記少なくとも1つの抵抗器シートが、銅またはアルミ箔で作製されている、〔 2 〕または〔 3 〕のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

〔 13 〕

前記少なくとも1つの抵抗器シートが、0.1から5の間の数値をアンペア・時（Ah）を単位とするバッテリーの容量で割った値に等しい、オームを単位とする抵抗を有する、〔 2 〕または〔 3 〕のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

〔 14 〕

10

20

30

40

50

前記少なくとも1つの高抵抗端子が、追加の負端子である、〔1〕、〔2〕、または〔3〕のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

〔15〕

前記少なくとも1つの高抵抗端子が、追加の正端子である、〔1〕、〔2〕、または〔3〕のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

〔16〕

前記スイッチが、 $R_1$ で前記バッテリーを動作させるための前記端子と $R_2$ で前記バッテリーを動作させるための前記端子との間で切り換わるために、温度センサーによって駆動される、〔1〕に記載の再充電可能バッテリー。

〔17〕

前記スイッチが、 $R_1$ で前記バッテリーを動作させるための前記端子と $R_2$ で前記バッテリーを動作させるための前記端子との間を切り換えるために、熱によって自己能動化する、〔1〕に記載の再充電可能バッテリー。

〔18〕

前記自己能動化するスイッチが、凍結によって膨張しかつ前記スイッチを押して開放する水をベースにしたカプセル、 $T_1$ もしくは $T_2$ またはその両方で相転移および目に見えるほどの体積変化を受ける相変化材料、バイメタルスイッチ、または温度 $T_1$ もしくは $T_2$ もしくはその両方でその体積が目に見えるほど膨張する固体材料の中から選択されるスイッチである、〔17〕に記載の再充電可能バッテリー。

〔19〕

前記スイッチが、電気化学的継電器および温度制御器で構成されるか、または、温度センサーを備えた固体継電器、温度センサーを備えたパワーMOSFET、もしくは温度センサーを備えた高電流スイッチで構成される、〔1〕に記載の再充電可能バッテリー。

〔20〕

ニッケル-金属水素化物バッテリーである〔1〕、〔2〕、または〔3〕のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

〔21〕

リチウムイオンバッテリーである〔1〕、〔2〕、または〔3〕のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

〔22〕

パウチ、円筒状、プリズム状、または角のある形を有する〔1〕、〔2〕、または〔3〕のいずれか一項に記載の再充電可能バッテリー。

〔23〕

〔1〕に記載の再充電可能バッテリーと、 $R_1$ での前記バッテリーの動作と $R_2$ での前記バッテリーの動作との間で切り換えることができる制御器とを含むバッテリーシステム。

〔24〕

$T_1$ および $T_2$ の温度を決定するための温度センサーをさらに含む〔23〕に記載のバッテリーシステム。

〔25〕

少なくとも2つのレベルの内部抵抗を有する再充電可能バッテリーを動作させる方法であって、

第1の温度( $T_1$ )から第2の温度( $T_2$ )の間の前記バッテリーの温度範囲全体にわたる1つのレベルの内部抵抗( $R_1$ )で、前記バッテリーを動作させるステップと、

前記バッテリーの温度が $T_1$ または $T_2$ のいずれかの外側にあるときに、 $R_2$ を能動化するスイッチを能動化することによって、 $T_1$ または $T_2$ のいずれかの外側での第2のレベルの内部抵抗( $R_2$ )で、前記バッテリーを動作させるステップと

を具備する前記方法。

〔26〕

前記バッテリー温度が $R_2$ で前記バッテリーを動作させるのに $T_1$ よりも低くまたは $T$

10

20

30

40

50

2よりも高い場合、前記スイッチは開放される、〔25〕に記載の方法。

〔27〕

前記バッテリー温度が $R_1$ で前記バッテリーを動作させるのに $T_1$ から $T_2$ の間である場合、前記スイッチは閉鎖される、〔25〕に記載の方法。

〔28〕

少なくとも2つのレベルの内部抵抗を有する、再充電可能バッテリーを動作させる方法であって、

第1の温度( $T_1$ )から第2の温度( $T_2$ )の間の前記バッテリーの温度範囲全体にわたる1つのレベルの内部抵抗( $R_1$ )で、前記バッテリーを動作させるステップと、

$T_1$ または $T_2$ のいずれかの外側での第2のレベルの内部抵抗( $R_2$ )で、前記バッテリーを動作させるステップと

を具備し、

$R_2$ で前記バッテリーを動作させるステップは、前記バッテリーの内部温度を上昇させるために定電圧-定電流(CVC)サイクルを適用するステップを含む、前記方法。

〔29〕

前記定電圧が0.2から1Vの間に設定され、電流限界が1Cから10Cの間に設定される、〔28〕に記載の方法。

**【符号の説明】**

**【0076】**

- 110 再充電可能なバッテリー
- 112 抵抗器シート
- 112a 抵抗器タブ
- 112b 抵抗器タブ
- 114 アノード電極
- 114a アノードタブ
- 116 セパレーター
- 118 カソード電極
- 118a カソードタブ
- 120 低抵抗負端子(LoR(-))
- 122 高抵抗負端子(HiR(-))
- 124 スイッチ
- 126 正端子(+)
- 128a 外部回路
- 128b 外部回路
- 140 ケーシング

10

20

30

【 図 1 】

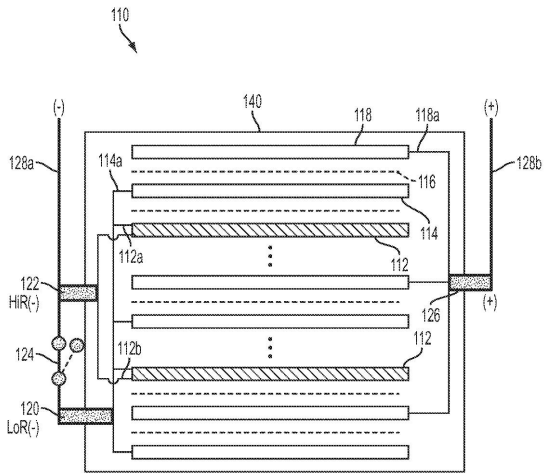


図 1

【 図 2 】

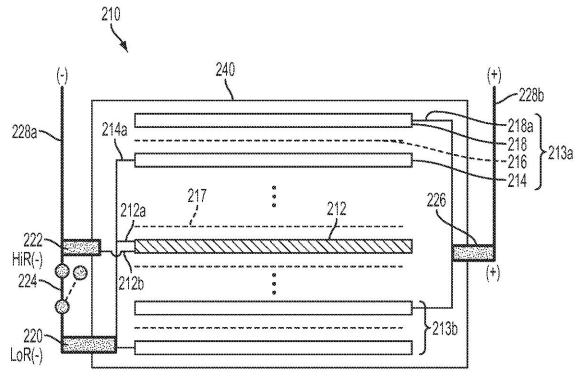
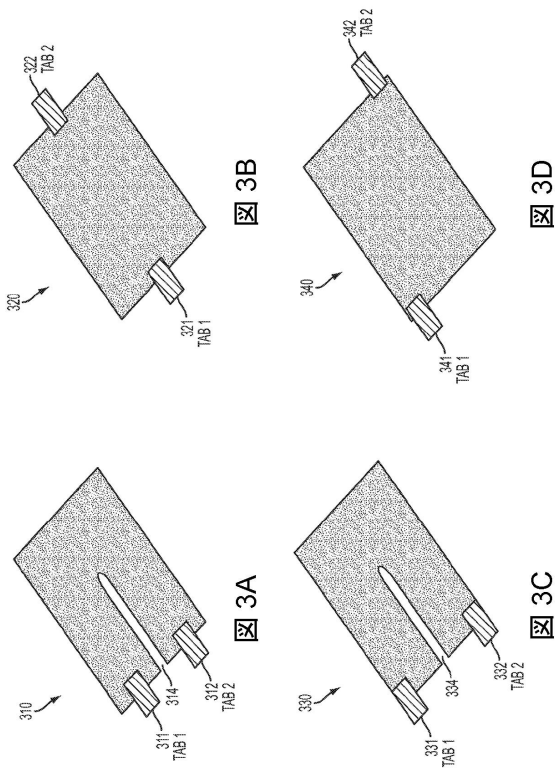


図 2

【 図 3 - 1 】



【 図 3 - 2 】

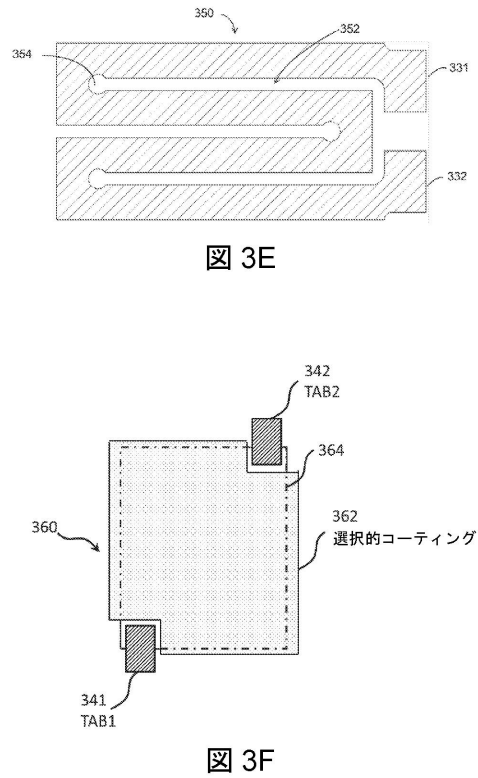


図 3F

【 図 4 】

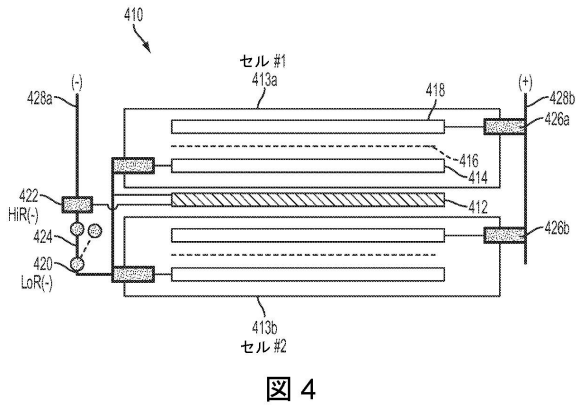


図 4

【 図 5 】

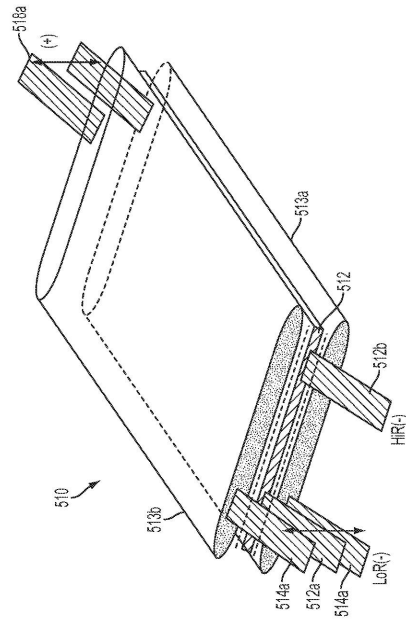


図 5

【 図 6 】

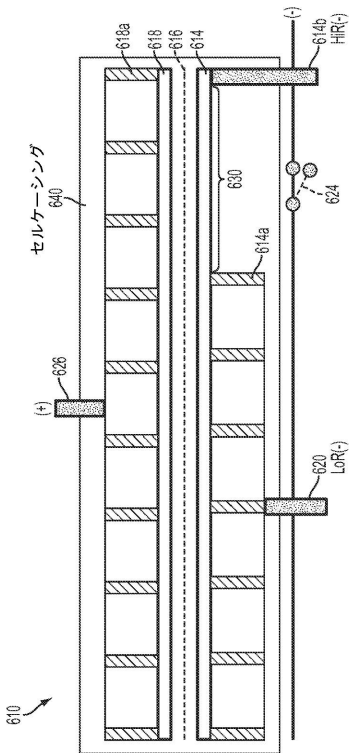


図 6

【 図 7 】

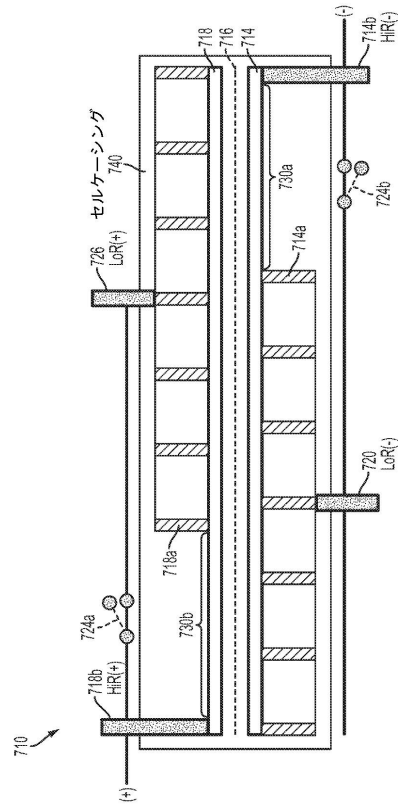


図 7

【 図 8 】

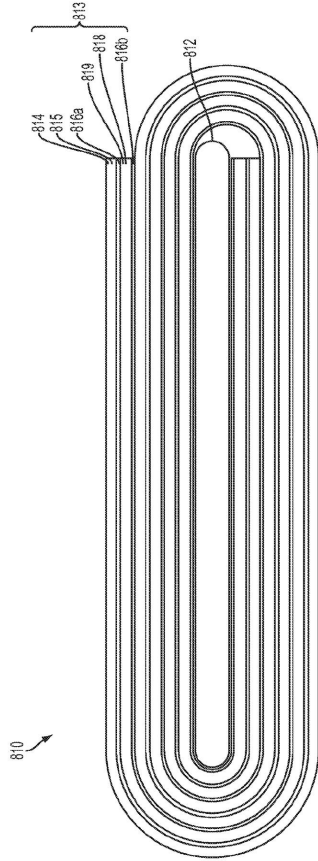


図 8

【 図 9 】

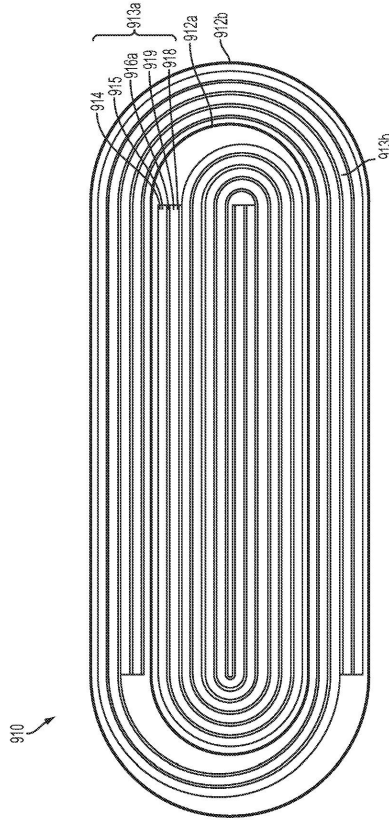


図 9

【 図 10 】

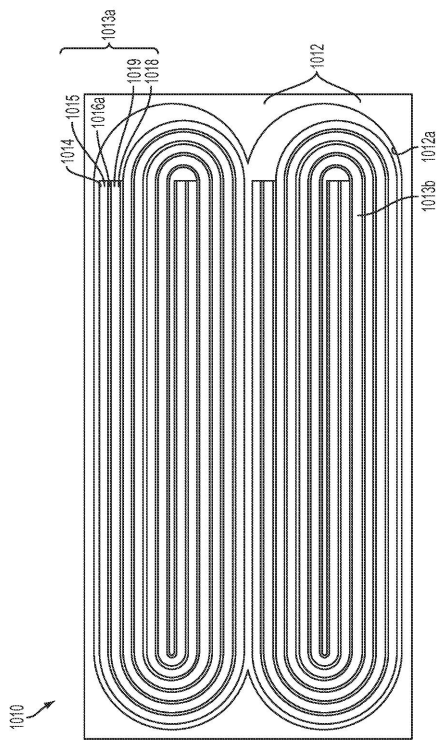


図 10

【 図 11 】

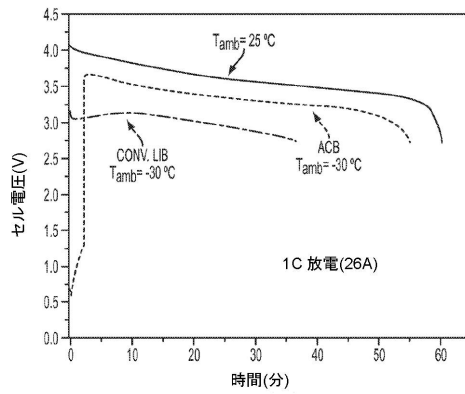


図 11A

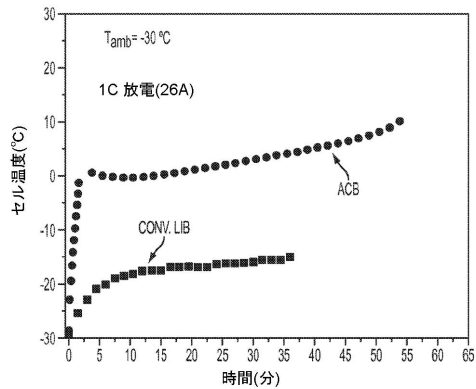


図 11B

【 図 1 2 】

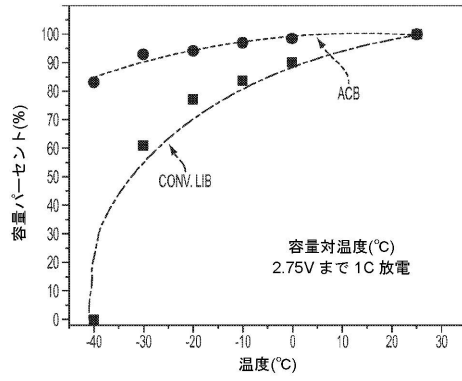


図 12A

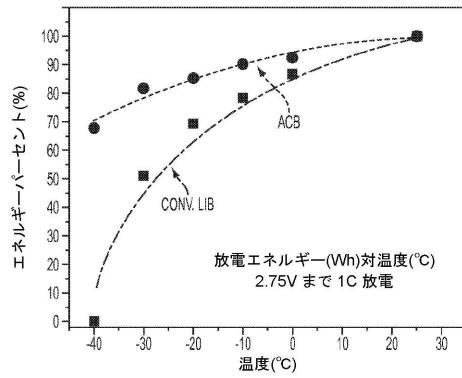


図 12B

【 図 1 3 】

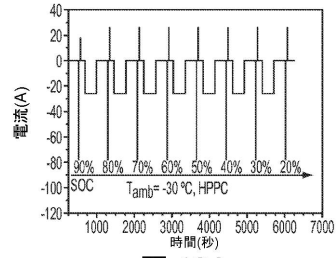


図 13A

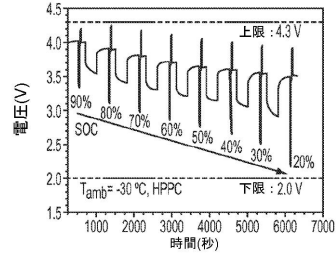


図 13B

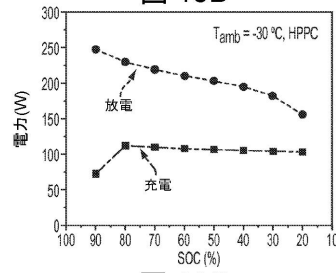


図 13C

## フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
H 0 1 M	10/637 (2014.01)	H 0 1 M	10/653
H 0 1 M	10/617 (2014.01)	H 0 1 M	10/637
H 0 1 M	10/6555 (2014.01)	H 0 1 M	10/617
H 0 1 M	4/64 (2006.01)	H 0 1 M	10/6555
H 0 1 M	10/44 (2006.01)	H 0 1 M	4/64 A
H 0 1 M	10/30 (2006.01)	H 0 1 M	10/44 1 0 1
H 0 1 M	10/052 (2010.01)	H 0 1 M	10/30 Z
H 0 1 M	2/34 (2006.01)	H 0 1 M	10/052
		H 0 1 M	2/34 A

(72)発明者 ワン, チャオ - ヤン  
 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, ノース サイエンス パーク ロード 3 4 1, スイート 2 0 6

(72)発明者 ゲ, シャンハイ  
 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, ノース サイエンス パーク ロード 3 4 1, スイート 2 0 6

(72)発明者 ジ, ヤン  
 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, ノース サイエンス パーク ロード 3 4 1, スイート 2 0 6

(72)発明者 シュー, ティアンレン  
 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, ノース サイエンス パーク ロード 3 4 1, スイート 2 0 6

審査官 坂東 博司

(56)参考文献 特開2009-118729(JP, A)  
 国際公開第2012/105636(WO, A1)  
 米国特許出願公開第2013/0307483(US, A1)  
 特開2012-069496(JP, A)  
 特開2010-067386(JP, A)  
 特開2010-205710(JP, A)  
 特開2001-035641(JP, A)  
 特開昭63-205049(JP, A)  
 特開平11-162310(JP, A)  
 特開2012-069280(JP, A)  
 米国特許出願公開第2011/0288704(US, A1)  
 米国特許出願公開第2006/0275653(US, A1)  
 米国特許出願公開第2010/0173179(US, A1)  
 米国特許出願公開第2003/0091892(US, A1)  
 再公表特許第2012/169063(JP, A1)  
 特開2014-26913(JP, A)  
 特開昭50-83745(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 M 1 0 / 6 1 5  
 H 0 1 M 2 / 3 0  
 H 0 1 M 2 / 3 4

H 0 1 M     4 / 6 4  
H 0 1 M     1 0 / 0 4  
H 0 1 M     1 0 / 0 5 2  
H 0 1 M     1 0 / 3 0  
H 0 1 M     1 0 / 4 4  
H 0 1 M     1 0 / 6 1 7  
H 0 1 M     1 0 / 6 3 7  
H 0 1 M     1 0 / 6 5 3  
H 0 1 M     1 0 / 6 5 4  
H 0 1 M     1 0 / 6 5 5 5