

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5950909号  
(P5950909)

(45) 発行日 平成28年7月13日(2016. 7. 13)

(24) 登録日 平成28年6月17日(2016. 6. 17)

|                                 |                     |
|---------------------------------|---------------------|
| (51) Int. Cl.                   | F I                 |
| <b>H O 2 J 7/10 (2006. 01)</b>  | H O 2 J 7/10 B      |
| <b>G O 1 R 31/36 (2006. 01)</b> | G O 1 R 31/36 A     |
| <b>H O 1 M 10/44 (2006. 01)</b> | H O 1 M 10/44 A     |
| <b>H O 1 M 10/48 (2006. 01)</b> | H O 1 M 10/48 3 O 1 |
| <b>H O 2 J 7/00 (2006. 01)</b>  | H O 1 M 10/44 1 O 1 |
| 請求項の数 63 (全 65 頁) 最終頁に続く        |                     |

|               |                               |           |                     |
|---------------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2013-519851 (P2013-519851)  | (73) 特許権者 | 511232639           |
| (86) (22) 出願日 | 平成23年7月15日(2011. 7. 15)       |           | ゼットパワー, エルエルシー      |
| (65) 公表番号     | 特表2013-537792 (P2013-537792A) |           | アメリカ合衆国 カリフォルニア 930 |
| (43) 公表日      | 平成25年10月3日(2013. 10. 3)       |           | 12, キャマリロ, カーレ ケッツア |
| (86) 国際出願番号   | PCT/US2011/044212             |           | ル 4765              |
| (87) 国際公開番号   | W02012/009652                 | (74) 代理人  | 100078282           |
| (87) 国際公開日    | 平成24年1月19日(2012. 1. 19)       |           | 弁理士 山本 秀策           |
| 審査請求日         | 平成26年7月14日(2014. 7. 14)       | (74) 代理人  | 230113332           |
| (31) 優先権主張番号  | 61/364, 563                   |           | 弁護士 山本 健策           |
| (32) 優先日      | 平成22年7月15日(2010. 7. 15)       | (74) 代理人  | 100113413           |
| (33) 優先権主張国   | 米国 (US)                       |           | 弁理士 森下 夏樹           |
| (31) 優先権主張番号  | 61/417, 037                   | (74) 代理人  | 100181674           |
| (32) 優先日      | 平成22年11月24日(2010. 11. 24)     |           | 弁理士 飯田 貴敏           |
| (33) 優先権主張国   | 米国 (US)                       | (74) 代理人  | 100181641           |
|               |                               |           | 弁理士 石川 大輔           |
|               |                               | 最終頁に続く    |                     |

(54) 【発明の名称】 バッテリーを再充電するための方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーを充電する方法であって、該再充電可能バッテリーは、該再充電可能バッテリーの最高電圧プラトーよりも小さい電圧  $V_{Batt}$  を有し、

該方法は、

第1の充電電流  $I_1$  を用いて該再充電可能バッテリーを充電することであって、該第1の充電電流  $I_1$  は、該再充電可能バッテリーが電圧  $V_1$  に充電されるまで印加され、電圧  $V_1$  は、電圧プラトー  $V_p$  に関連付けられた電圧  $V_{pp}$  よりも小さく、 $V_p$  は、 $V_{Batt}$  よりも高く、 $V_1$  は、該電圧プラトー  $V_p$  よりも大きく、 $V_{pp}$  は、電圧の急上昇が該電圧プラトー  $V_p$  に先行して生じたときのピーク電圧値を指す、ことと、

該再充電可能バッテリーの電圧が  $V_1$  であるときに、該第1の充電電流  $I_1$  を制御することであって、該制御することにより、該再充電可能バッテリーの電圧が  $V_1$  の  $\pm 20\%$  の値の範囲内に維持される、ことと

を含む、方法。

【請求項 2】

第2の充電電流  $I_2$  を用いて前記再充電可能バッテリーを充電することであって、該第2の充電電流  $I_2$  は、前記第1の充電電流  $I_1$  の後に、該再充電可能バッテリーの電圧が電圧  $V_2$  に到達するまで印加され、該電圧  $V_2$  は、 $V_p$  よりも大きく、 $V_{pp}$  よりも小さい、ことと、

10

20

該再充電可能バッテリーの電圧が電圧  $V_2$  に到達すると、該第 2 の充電電流  $I_2$  を制御することであって、該制御することにより、該再充電可能バッテリーの電圧が、 $V_2$  の  $\pm 20\%$  以下の偏差を伴う  $V_2$  に維持される、ことと

をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 2 の充電電流  $I_2$  は、少なくとも前記再充電可能バッテリーが該再充電可能バッテリーの定格容量の  $80\%$  から  $150\%$  までの SOC に充電されるまで、印加される、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

$I_1$  は、前記再充電可能バッテリーが電圧  $V_1$  に充電されるまで、実質的に一定である、請求項 1－3 のうちのいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 5】

$I_2$  は、前記再充電可能バッテリーが電圧  $V_2$  に充電されるまで、実質的に一定である、請求項 2 または 3 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記第 1 の充電電流  $I_1$  は、前記再充電可能バッテリーの初期 SOC がその定格容量の  $40\%$  未満であるときに、1 分間から 300 分間までの期間で、該再充電可能バッテリーを電圧  $V_1$  に充電することに十分である、請求項 1－5 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 1 の充電電流  $I_1$  は、前記再充電可能バッテリーを、その定格容量の  $30\%$  未満の SOC から、その定格容量の  $30\%$  から  $40\%$  までの SOC まで、240 分間以下で充電することに十分である、請求項 3 に記載の方法。

20

【請求項 8】

前記第 1 の充電電流  $I_1$  は、前記再充電可能バッテリーを、その定格容量の  $30\%$  未満の SOC から、その定格容量の  $40\%$  の SOC まで、240 分間未満で充電することに十分である、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 9】

前記第 1 の充電電流  $I_1$  は、前記再充電可能バッテリーの前記電圧が  $V_1$  であるときに、該再充電可能バッテリーの該電圧が、6 秒間から 1500 秒間までの期間の間、 $V_1$  の  $\pm 20\%$  の値の範囲内に維持されるように、制御される、請求項 1－8 のうちのいずれか一項に記載の方法。

30

【請求項 10】

前記再充電可能バッテリーの前記電圧が、6 秒間から 1200 秒間までの期間の間、 $V_1$  の  $\pm 20\%$  以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持された後に、前記第 1 の充電電流  $I_1$  を終了させることと、

該第 1 の充電電流  $I_1$  が終了すると、第 2 の充電電流  $I_2$  を印加することと

をさらに含む、請求項 2－3、5、または 7－8 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 11】

$I_1$  は、前記再充電可能バッテリーが  $V_1$  の電圧に充電される前の期間の間、 $I_2$  以上である、請求項 5 に記載の方法。

40

【請求項 12】

$V_1$  は、 $V_2$  以上である、請求項 2、3、5、7－8、または 10－11 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 13】

$V_{Bat}$  は、前記電圧  $V_1$  の  $50\%$  から  $87\%$  までである、請求項 1－12 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 14】

$I_1$  は、500 アンペア以下である、請求項 1－13 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 15】

50

$I_1$  は、100mA から 500 アンペアまでである、請求項 1－14 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 16】

$I_2$  は、500 アンペア以下である、請求項 2、3、5、7－8、または 10－12 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 17】

$I_2$  は、100mA から 500 アンペアまでである、請求項 2、3、5、7－8、10－12、または 16 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 18】

前記再充電可能バッテリーは、1Ah から 1000Ah までの定格容量を有する、請求項 1－17 のうちのいずれか一項に記載の方法。 10

【請求項 19】

$I_1$  は、500mA 以下である、請求項 1－13 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 20】

$I_1$  は、20mA から 500mA までである、請求項 1－13 または 19 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 21】

$I_2$  は、500mA 以下である、請求項 2、3、5、7－8、または 10－12 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 22】

20

$I_2$  は、20mA から 500mA までである、請求項 2、3、5、7－8、10－12、または 21 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 23】

前記再充電可能バッテリーは、200mAh から 1Ah までの定格容量を有する、請求項 2－13 または 19－22 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 24】

$I_1$  は、50mA 以下である、請求項 1－13 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 25】

$I_1$  は、5mA から 50mA までである、請求項 1－13 または 24 のうちのいずれか一項に記載の方法。 30

【請求項 26】

$I_2$  は、50mA 以下である、請求項 2、3、5、7－8、または 10－12 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 27】

$I_2$  は、5mA から 50mA までである、請求項 2、3、5、7－8、10－12、または 26 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 28】

前記再充電可能バッテリーは、50mAh から 200mAh までの定格容量を有する、請求項 1－13 または 24－27 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 29】

40

$I_1$  は、25mA 以下である、請求項 1－13 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 30】

$I_1$  は、4mA から 25mA までである、請求項 1－13 または 29 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 31】

$I_2$  は、25mA 以下である、請求項 2、3、5、7－8、または 10－12 のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項 32】

$I_2$  は、4mA から 25mA までである、請求項 2、3、5、7－8、10－12、または 31 のうちのいずれか一項に記載の方法。 50

## 【請求項 3 3】

前記再充電可能バッテリーは、4 mA h から 50 mA h までの定格容量を有する、請求項 1-1 3 または 2 9-3 2 のうちのいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 3 4】

$I_1$  は、2 mA 以下である、請求項 1-1 3 のうちのいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 3 5】

$I_1$  は、10  $\mu$ A から 2 mA までである、請求項 1-1 3 または 3 4 のうちのいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 3 6】

$I_2$  は、2 mA 以下である、請求項 2、3、5、7-8、または 10-1 2 のうちのいずれか一項に記載の方法。 10

## 【請求項 3 7】

$I_2$  は、10  $\mu$ A から 2 mA までである、請求項 2、3、5、7-8、10-1 2、または 3 6 のうちのいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 3 8】

前記再充電可能バッテリーは、1 mA h から 4 mA h までの定格容量を有する、請求項 2-1 3 または 3 4-3 7 のうちのいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 3 9】

前記電圧  $V_2$  は、 $V_1$  の 90 % から 100 % までである、請求項 2、3、5、7-8、10-1 2、1 6-1 7、2 1-2 2、2 6-2 7、3 1-3 2、または 3 6-3 7 のうちのいずれか一項に記載の方法。 20

## 【請求項 4 0】

$V_1$  は、2.04 V 以下である、請求項 1-3 9 のうちのいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 4 1】

$V_2$  は、2.03 V 以下である、請求項 2、3、5、7-8、10-1 2、1 6-1 7、2 1-2 2、2 6-2 7、3 1-3 2、3 6-3 7、または 3 9 のうちのいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 4 2】

前記方法は、クーロンをカウントすることを除外する、請求項 1-4 1 のうちのいずれか一項に記載の方法。 30

## 【請求項 4 3】

電気信号を生成することをさらに含み、該電気信号は、前記再充電可能バッテリーが  $V_2$  の電圧に充電された後、 $V_{Bat}$  が 1 秒間よりも長い期間の間、 $V_p$  よりも低い場合に、該再充電可能バッテリーにおける弱い短絡を示す、請求項 2、3、5、7-8、10-1 2、1 6-1 7、2 1-2 2、2 6-2 7、3 1-3 2、3 6-3 7、3 9、または 4 1 のうちのいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 4 4】

30 秒間未満の期間の間、診断充電電流  $I_{diag}$  を用いて前記再充電可能バッテリーを充電することと、該再充電可能バッテリーの前記電圧  $V_{Bat}$  を検出することと、 $V_{Bat}$  が 1.65 V 以下である場合に該再充電可能バッテリーの充電を終了させることとをさらに含む、請求項 1-4 3 のうちのいずれか一項に記載の方法。 40

## 【請求項 4 5】

$I_{diag}$  は、 $I_1$  以上である、請求項 4 4 に記載の方法。

## 【請求項 4 6】

10 秒未満の期間の間、 $I_1$  よりも 10 % から 200 % までだけ高い診断充電電流  $I_{diag}$  を用いて前記再充電可能バッテリーを充電することと、該再充電可能バッテリーの電圧  $V_{Bat}$  を検出することと、 $V_{Bat}$  が 1.60 V 以下である場合に該再充電可能バッテリーの充電を終了させることとをさらに含む、請求項 1-4 5 のうちのいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 4 7】

複数の電圧プラトローを有する再充電可能バッテリーを充電する方法であって、該再充電可能バッテリーは、第1の逐次電圧プラトローの電圧 $V_{P1}$ の80%未満であるOCVを有し、該方法は

充電バッテリーの電圧 $V_{Bat}$ が、 $V_{Bat}$ よりも大きい該第1の逐次電圧プラトローの電圧 $V_{P1}$ に到達した後、120分間以下の期間の間、実質的に一定である回復充電電流 $I_{recov}$ を用いて該再充電可能バッテリーを充電することと、

第1の充電電流 $I_1$ を用いて該再充電可能バッテリーを充電することであって、該第1の充電電流 $I_1$ は、該再充電可能バッテリーが電圧 $V_1$ に充電されるまで実質的に一定であり、電圧 $V_1$ は、電圧プラトロー $V_P$ に対する電圧 $V_{PP}$ よりも小さく、 $V_P$ は、 $V_{P1}$ よりも高く、 $V_1$ は、該電圧プラトロー $V_P$ よりも大きく、 $V_{PP}$ は、該再充電可能バッテリーの電圧の急上昇が該電圧プラトロー $V_P$ に先行して生じたときのピーク電圧値を指す、ことと、

該再充電可能バッテリーの電圧が電圧 $V_1$ に到達すると、該再充電可能バッテリーの該電圧が、6秒間から900秒間までの期間の間、 $V_1$ の±20%の値の範囲内に維持されるように、該第1の充電電流 $I_1$ を制御することと

を含む、方法。

【請求項48】

$I_{recov}$ は、 $I_1$ の5%から90%までである、請求項47に記載の方法。

【請求項49】

前記充電バッテリーの電圧 $V_{Bat}$ が、 $V_{Bat}$ よりも大きい前記第1の逐次電圧プラトローの電圧 $V_{P1}$ に到達した後、30分間以下の期間の間、実質的に一定である回復充電電流 $I_{recov}$ を用いて該再充電可能バッテリーを充電することと、

該再充電可能バッテリーが該再充電可能バッテリーの定格容量の100-120%のSOCに充電されたときに、変調された第2の充電電流 $I_2$ を停止すること、または、

該第2の充電電流 $I_2$ を停止することであって、該第2の充電電流 $I_2$ が5分間以下の期間の間、1.0mAを下回るときに、停止することと、

をさらに含み、

該電圧 $V_{Bat}$ および $V_{P1}$ は、±1%の偏差を有し、電流アンペア数は、±2%の偏差を有し、温度測定精度は、±5℃以下の偏差を有し、計測時間は、±2%の偏差を有する、請求項48に記載の方法。

【請求項50】

30分間から2時間までの期間の間、 $I_{recov}$ を用いて充電された後に、前記再充電可能バッテリーの前記電圧 $V_{Bat}$ が、 $V_{Bat}$ よりも大きい前記第1の逐次電圧プラトローの電圧 $V_{P1}$ に到達できない場合に、電気信号を生成することをさらに含む、請求項49に記載の方法。

【請求項51】

請求項2-45のうちのいずれか一項に記載の前記再充電可能バッテリーを充電することをさらに含む、請求項49に記載の方法。

【請求項52】

前記再充電可能バッテリーは、ボタン電池、コイン電池、円筒電池、または角柱電池を備える、請求項1-51のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項53】

前記第2の充電電流 $I_2$ が終了すると、電気信号を生成することをさらに含む、請求項2、3、5、7-8、10-12、16-17、21-22、26-27、31-32、36-37、39、41、43、または49-51のうちのいずれか一項に記載の方法。

【請求項54】

前記第2の充電電流 $I_2$ が終了すると、視覚信号を起動すること、音声信号を起動すること、振動信号を起動すること、またはそれらの任意の組み合わせをさらに含む、請求項53に記載の方法。

【請求項55】

10

20

30

40

50

再充電可能バッテリーを充電する方法であって、該再充電可能バッテリーは、複数の電圧プラトー、およびその定格容量の50%よりも大きい初期SOCを有し、該再充電可能バッテリーは、該再充電可能バッテリーの最高電圧プラトー以下である電圧 $V_{Bat}$ を有しており、

該方法は、

該再充電可能バッテリーが電圧 $V_2$ に充電されるまで、実質的に一定の充電電流 $I_2$ を用いて該再充電可能バッテリーを充電することであって、電圧 $V_2$ は、電圧プラトーの電圧 $V_p$ よりも大きく、電圧 $V_{pp}$ よりも小さく、 $V_{pp}$ は、該再充電可能バッテリーの電圧の急上昇が該電圧プラトー $V_p$ に先行して生じたときのピーク電圧値を指す、ことと、

該再充電可能バッテリーの電圧が $V_2$ の±20%の値の範囲内に維持されるように、充電電流 $I_2$ を制御することと

を含む、方法。

#### 【請求項56】

前記充電電流 $I_2$ が $I_{ter}$ に到達すると、 $I_2$ を終了させることをさらに含み、 $I_{ter}$ は、前記再充電可能バッテリーが $V_2$ に充電されていた期間の間、 $I_2$ の85%以下である、請求項55に記載の方法。

#### 【請求項57】

前記充電電流 $I_2$ が $I_{ter}$ に到達すると、 $I_2$ を終了させることをさらに含み、 $I_{ter}$ は、前記再充電可能バッテリーが $V_2$ に充電されていた前記期間の間、 $I_2$ の75%以下である、請求項56に記載の方法。

#### 【請求項58】

前記充電電流 $I_2$ は、前記再充電可能バッテリーが $V_2$ に充電されているとき、6mAである、請求項57に記載の方法。

#### 【請求項59】

1. 65V未満のOCVを有する再充電可能銀亜鉛バッテリーを充電する方法であって、該方法は、

10mA以下のアンペア数を有する第1の充電電流 $I_1$ を用いて該再充電可能銀亜鉛バッテリーを充電することと、

該再充電可能銀亜鉛バッテリーが1.90Vの電圧に充電されると、時間を計測することと、

該再充電可能銀亜鉛バッテリーの電圧が2.03V以下に制限され、該第1の充電電流 $I_1$ が10.0mA以下の最大アンペア数を有するように、該第1の充電電流 $I_1$ を変調することと、

20分間が計測されると、該第1の充電電流 $I_1$ を用いた該再充電可能銀亜鉛バッテリーの該充電を停止することと、

第2の充電電流 $I_2$ を用いて該再充電可能銀亜鉛バッテリーを充電することであって、該第2の充電電流 $I_2$ は、該再充電可能銀亜鉛バッテリーの電圧が2.0V以下に制限され、該第2の充電電流 $I_2$ が10.0mA以下の最大アンペア数を有するように、変調される、ことと、

該変調された第2の充電電流 $I_2$ を停止することであって、該第2の充電電流 $I_2$ のアンペア数が、60秒間以下の連続期間の間、終了電流 $I_{2end}$ のアンペア数未満であると、該停止することが行われ、該再充電可能銀亜鉛バッテリーは、該再充電可能銀亜鉛バッテリーの定格容量の80-150%のSOCに充電され、ここで、

$I_{2end} = I_{chg} + I_{temp}$   
であり、 $I_{chg}$ は、充電補償電流であり、 $I_{temp}$ は、温度補償電流であり、 $I_{chg} = (T_2 \times I_1) / T_{chg}$ であり、 $T_2$ は、該第2の充電電流 $I_2$ が1.90Vに到達すると始まり、該第2の充電電流が $I_2$ 未満の値に変調し始めると終了する、時間単位の積分時間であり、 $T_{chg}$ は、各々の再充電可能銀亜鉛バッテリーサイズおよび構造について決定される電池時定数である、こと、

または、

10

20

30

40

50

該第2の充電電流  $I_2$  を停止することであって、該第2の充電電流  $I_2$  が5分間以下の期間の間、1.0 mAを下回ると停止する、ことと

を含み、

該電圧は、 $\pm 1\%$ の偏差を有し、電流アンペア数は、 $\pm 2\%$ の偏差を有し、温度測定精度は、 $\pm 5^\circ\text{C}$ 以下の偏差を有し、計測時間は、 $\pm 2\%$ の偏差を有する、方法。

【請求項60】

温度を測定することをさらに含み、前記温度測定精度は、 $\pm 2^\circ\text{C}$ の偏差を有する、請求項59に記載の方法。

【請求項61】

前記再充電可能銀亜鉛バッテリーの前記電圧は、充電前には1.25 Vよりも大きい、請求項59または60のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項62】

前記再充電可能銀亜鉛バッテリーの前記電圧は、充電前には1.25 V未満である、請求項59または60のいずれか一項に記載の方法。

【請求項63】

少なくとも30分間の期間の間、1.0 mAの回復充電電流  $I_{\text{recov}}$  を用いて前記再充電可能銀亜鉛バッテリーを充電することと、

該再充電可能銀亜鉛バッテリーが1.60 Vの電圧に充電されると、該回復充電電流  $I_{\text{recov}}$  を停止することと

をさらに含む、請求項62に記載の方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照)

本願は、米国仮特許出願第61/364,563号(2010年7月15日出願)および同第61/417,037号(2010年11月24日出願)の利益を主張する。これらの出願は、その全体が本明細書に参照することによって援用される。

【0002】

(発明の分野)

本開示は、バッテリーを再充電するためのシステム、装置、および方法に関する。具体的には、本発明の方法および装置は、銀亜鉛バッテリーを再充電するために有用である。

30

【背景技術】

【0003】

(背景)

再充電可能バッテリーが、当技術分野で公知であり、例えば、携帯用電子デバイスで一般的に使用されている。従来の再充電可能バッテリーが有用であるが、それでもなお、バッテリーを再充電するために使用されるシステムおよび方法は、それらの耐用年数、保存寿命、および/または性能を増進または向上させ得る改良の余地がある。したがって、バッテリーを再充電するための改良型装置および同バッテリーを充電するための方法の開発の必要性が当技術分野において存在する。

40

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明は、再充電可能バッテリーを充電するための新規の方法を提供する。本発明の方法は、再充電可能銀亜鉛バッテリーが使用中に非対称循環を受けているときに、一般的に観察される、容量の減衰を低減する。本発明の方法は、バッテリーを充電するために使用されてもよく、バッテリーの充電プロファイルは、銀亜鉛再充電可能バッテリーについて観察されるプロファイル等の1つ以上の分極ピークによって分離される1つ以上の電圧プラトーを備える。

【0005】

50

本発明の側面は、複数の電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーを充電する方法であって、バッテリーは、その最高電圧プラトーよりも小さい電圧  $V_{Batt}$  を有し、第1の充電電流  $I_1$  でバッテリーを充電するステップであって、第1の充電電流  $I_1$  は、バッテリーが電圧  $V_1$  に充電されるまで印加される、ステップと、バッテリーの電圧が、 $V_1$  の約±20%以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持されるように、バッテリーの電圧が  $V_1$  であるときに、第1の充電電流  $I_1$  を制御するステップとを含み、電圧  $V_1$  は、 $V_{Batt}$  よりも高い電圧プラトー  $V_p$  と関連付けられる自然分極ピークの電圧  $V_{pp}$  よりも小さく、 $V_1$  は、電圧プラトー  $V_p$  よりも大きい、方法を提供する。

#### 【0006】

いくつかの実施形態では、第1の充電電流  $I_1$  は、バッテリーの初期SOCが、その定格容量の40%未満（例えば、30%未満）であるときに、約1分から約300分間まで（例えば、約5分から約300分間まで、または約10分から約90分間まで）の期間で、バッテリーを電圧  $V_1$  に充電することに十分である。いくつかの実施例では、第1の充電電流  $I_1$  は、バッテリーの初期SOCが、その定格容量の40%未満である、すなわち、バッテリーが60%よりも大きいDODを有するときに、約10分から約260分間まで（例えば、約10分から約180分間まで）の期間で、バッテリーを  $V_1$  の電圧に充電することに十分である。他の実施例では、第1の充電電流  $I_1$  は、バッテリーの初期SOCが、その定格容量の40%未満であるときに、約75分間以下（例えば、約5分から約75分間まで）の期間で、バッテリーを  $V_1$  の電圧に充電することに十分である。他の実施例では、第1の充電電流  $I_1$  は、バッテリーの初期SOCが、その定格容量の40%未満であるときに、約15分間から約75分間までの期間で、バッテリーを  $V_1$  の電圧に充電することに十分である。代替実施例では、第1の充電電流  $I_1$  は、約240分間以下で、その定格容量の30%未満のSOCから、その定格容量の約30%から40%までのSOCまで、バッテリーを充電することに十分である。そして、いくつかの実施例では、第1の充電電流  $I_1$  は、約240分間以下で、その定格容量の30%未満のSOCから、その定格容量の約40%のSOCまで、バッテリーを充電することに十分である。いくつかの実施形態では、第1の充電電流  $I_1$  は、 $V_{Batt}$  が  $V_1$  よりも小さいときに実質的に一定である。

#### 【0007】

いくつかの実施形態では、バッテリーの電圧が  $V_1$  であるとき、第1の充電電流  $I_1$  は、バッテリーの電圧が、約6秒から約1500秒まで（例えば、約6秒から約1200秒まで、または約5秒から約600秒まで）の期間中、 $V_1$  の約±20%（例えば、±10%）以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持されるように、制御される。

#### 【0008】

この方法のいくつかの実装はさらに、第2の充電電流  $I_2$  でバッテリーを充電するステップであって、第2の充電電流  $I_2$  は、バッテリー電圧が電圧  $V_2$  に到達するまで、第1の充電電流  $I_1$  の後に印加され、電圧  $V_2$  は、 $V_p$  よりも大きく、 $V_{pp}$  よりも小さい、ステップと、バッテリーの前記電圧が  $V_2$  に到達すると、バッテリーの電圧が  $V_2$  の約±20%以下の偏差を伴う  $V_2$  に維持されるように、第2の充電電流  $I_2$  を制御するステップとを含む。この実装のいくつかの実施形態はさらに、バッテリーの電圧が、約6秒から約1200秒まで（例えば、約6秒から約900秒まで）の期間中、 $V_1$  の約±20%以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持された後に、第1の充電電流  $I_1$  を終了させるステップと、第1の充電電流  $I_1$  が終了するときに、第2の充電電流  $I_2$  を印加するステップとを含む。いくつかの実施例では、 $I_2$  は、バッテリーが電圧  $V_2$  に充電されるまで実質的に一定である。他の実施例では、充電電流  $I_2$  は、 $V_{Batt}$  が  $V_p$  以上であり、かつ  $V_2$  未満であるときに、実質的に一定である。

#### 【0009】

いくつかの実施形態では、第2の充電電流  $I_2$  は、少なくともバッテリーが、バッテリーの定格容量の約80%から約110%までのSOCに充電されるまで、印加される。

#### 【0010】

10

20

30

40

50

他の実施形態では、 $I_1$  は、バッテリーが  $V_1$  の電圧に充電される前の期間の間、 $I_2$  以上である。例えば、 $I_1$  は、バッテリーが  $V_1$  の電圧に充電される前の期間の間、 $I_2$  よりも大きい。他の実施例では、 $I_1$  は、バッテリーが  $V_1$  の電圧に充電される前の期間の間、 $I_2$  に等しい。

#### 【0011】

いくつかの実施形態では、 $V_1$  は、 $V_2$  以上である。例えば、 $V_1$  は、 $V_2$  よりも大きい。他の実施例では、 $V_1$  は、 $V_2$  に等しい。

#### 【0012】

代替実施形態では、 $V_{Bat}$  は、電圧  $V_1$  の約 50 % から約 87 % までである。

#### 【0013】

いくつかの実装はさらに、バッテリーの電圧が電圧  $V_1$  に到達すると、バッテリーの電圧が約 6 秒から約 1200 秒まで（例えば、約 6 秒から約 900 秒まで、または約 5 秒から約 600 秒まで）の期間中、 $V_1$  の約  $\pm 10\%$  以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持されるように、第 1 の充電電流  $I_1$  を制御するステップを含む。他の実装は、バッテリーの電圧が  $V_1$  に到達すると、バッテリーの電圧が約 550 秒から約 650 秒までの期間中、 $V_1$  の約  $\pm 10\%$  以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持されるように、第 1 の充電電流  $I_1$  を制御するステップを含む。

#### 【0014】

いくつかの実施形態では、 $I_1$  は、約 50 mA 以下である。例えば、 $I_1$  は、約 5 mA から約 50 mA までである。他の実施形態では、 $I_2$  は、約 50 mA 以下である。例えば、 $I_2$  は、約 50 mA 未満から約 1 mA までである。そして、これらの実施形態のうちのいくつかでは、バッテリーは、約 1 Ah から約 4 Ah までの定格容量を有する。

#### 【0015】

いくつかの実施形態では、 $I_1$  は、約 1 アンペア以下である。例えば、 $I_1$  は、約 80 mA から約 1 アンペアまで（例えば、約 80 mA から約 0.99 アンペアまで）である。他の実施形態では、 $I_2$  は、1 アンペア未満である。例えば、 $I_2$  は、約 80 mA から約 0.99 アンペアまでである。これらの実施形態のうちのいくつかでは、バッテリーは、約 100 mAh から約 1000 mAh までの定格容量を有する。

#### 【0016】

いくつかの実施形態では、 $I_1$  は、約 300 mA 以下である。例えば、 $I_1$  は、約 8 mA から約 299.99 mA までである。いくつかの実施形態では、 $I_2$  は、300 mA 未満である。例えば、 $I_2$  は、約 4 mA から約 299.99 mA までである。これらの実施形態のうちのいくつかでは、バッテリーは、約 15 mAh から約 150 mAh の定格容量を有する。

#### 【0017】

いくつかの実施形態では、 $I_1$  は、約 150 mA 以下である。例えば、 $I_1$  は、約 3 mA から約 60 mA までである。いくつかの実施形態では、 $I_2$  は、150 mA 未満である。例えば、 $I_2$  は、約 2 mA から約 149.00 mA まで（例えば、約 2 mA から約 59.99 mA まで）である。これらの実施形態のうちのいくつかでは、バッテリーは、約 4 mAh から約 150 mAh までの定格容量を有する。

#### 【0018】

いくつかの実施形態では、 $I_1$  は、約 15 mA 以下である。例えば、 $I_1$  は、約 0.1 mA から約 14.99 mA までである。いくつかの実施形態では、 $I_2$  は、15 mA 未満である。例えば、 $I_2$  は、約 0.1 mA から約 14.99 mA までである。

#### 【0019】

いくつかの実施形態では、電圧  $V_2$  は、 $V_1$  の約 90 % から約 99 % までである。例えば、電圧  $V_2$  は、 $V_1$  の約 96 % から約 98 % までである。

#### 【0020】

他の実施形態では、 $V_1$  は、約 2.04 V 以下である。例えば、 $V_1$  は、約 2.04 V から約 1.96 V までである。他の実施例では、 $V_1$  は、約 1.99 V から約 1.96 V

10

20

30

40

50

までである。

【0021】

いくつかの実施形態では、 $V_2$  は、約 2.03 V 以下である。例えば、 $V_2$  は、約 2.03 V から約 1.93 V までである。他の実施例では、 $V_2$  は、約 1.93 V から約 1.95 V までである。

【0022】

いくつかの実装は、クーロンをカウントするステップを除外する。

【0023】

他の実装はさらに、バッテリーの DOD が約 80 % 以下に到達する（例えば、DOD が約 20 % 以下である、または DOD が約 10 % 以下である）ときに、電気信号を生成するステップを含む。

10

【0024】

他の実装はさらに、バッテリーの電圧が 2 秒以上の期間中  $V_p$  よりも低い場合に、電気信号を生成するステップを含む。

【0025】

そして、いくつかの実装はさらに、約 60 秒未満（例えば、約 30 秒未満、約 20 秒未満、または約 10 秒未満、または約 7 秒未満）の期間中、診断充電電流  $I_{diag}$  でバッテリーを充電するステップと、バッテリーの電圧を検出するステップと、バッテリーの電圧  $V_{Bat}$  が、診断充電電流  $I_{diag}$  で充電される前のバッテリーの初期電圧より小さい場合に、バッテリーの充電を終了させるステップとを含む。いくつかの実施例はさらに、約 60 秒未満（例えば、約 20 秒未満、または約 10 秒未満、約 7 秒未満、または約 5 秒未満）の期間中、診断充電電流  $I_{diag}$  でバッテリーを充電するステップと、バッテリーの電圧を検出するステップと、バッテリーの電圧  $V_{Bat}$  が、約 1.65 V 未満（例えば、約 1.60 V 未満、または約 1.55 V 以下）である場合に、バッテリーの充電を終了させるステップとを含む。いくつかの実施例は、約 60 秒以下（例えば、約 30 秒以下、約 20 秒以下、約 10 秒以下、または約 3 秒）の期間の間、約 10 mA 未満（例えば、約 8 mA）の診断充電電流を用いてバッテリーを充電するステップと、バッテリーの電圧を検出するステップと、バッテリーの電圧が 1.55 V 以下である場合にバッテリーの充電を終了させるステップとを含む。そして、いくつかの実施例は、約 3 秒の期間の間、約 10 mA 未満（例えば、約 8 mA）の診断充電電流を用いてバッテリーを充電するステップと、バッテリーの電圧を検出するステップと、バッテリーの SOC の増加が 0.02 % 未満である場合にバッテリーの充電を終了させるステップとを含む。これらの実施形態のうちのいくつかは、任意で、上記で論議されるように、 $I_{diag}$  でのバッテリーの充電が終了させられたときに、視覚アラーム、音声アラーム、振動アラーム、またはそれらの任意の組み合わせを起動してもよい、電気信号を生成するステップを含む。

20

30

【0026】

いくつかの実施形態では、 $I_{diag}$  は、約 5 mA から約 25 mA までである。

【0027】

いくつかの実装は、約 10 秒未満（例えば、約 5 秒または約 3 秒）の期間の間、約 10 mA 未満（例えば、約 8 mA）の診断充電電流を用いてバッテリーを充電するステップと、バッテリーの電圧を検出するステップと、バッテリーの SOC の増加が 0.02 % 未満である場合にバッテリーの充電を終了させるステップとを含む。

40

【0028】

本発明の別の側面は、約 7 秒未満の期間の間、約 10 mA 未満（例えば、約 8 mA）の電流を用いてバッテリーを充電するステップと、バッテリーの電圧を検出するステップと、電池の電圧が約 1.65 V 未満である場合に電気信号を生成するステップとを含む、再充電可能銀亜鉛バッテリーを検出する方法を提供する。

【0029】

いくつかの実施形態では、電気信号は、音声アラームまたは視覚アラームを起動する。

【0030】

50

他の実施形態はさらに、約 3 秒の期間の間、約 8 mA の電流を用いてバッテリーを充電するステップを含む。

【0031】

本発明の別の側面は、バッテリーの SOC が約 0.02 % だけ増加させられるように、バッテリーを充電するステップと、バッテリーの電圧を検出するステップと、バッテリーの電圧が約 1.65 V 未満である場合に電気信号を生成するステップとを含む、再充電可能銀亜鉛バッテリーを検出する方法を提供する。

【0032】

本発明の別の側面は、複数の電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーを充電する方法であって、バッテリーは、第 1 の逐次電圧プラトーの電圧  $V_{P1}$  の電圧の約 80 % 未満（例えば、約 70 % 未満）である電圧（例えば、OCV） $V_{Batt}$  を有し、バッテリーを充電する電圧が、 $V_{Batt}$  よりも大きい第 1 の逐次電圧プラトー  $V_{P1}$  に到達した後に、30 分間以下の期間の間、実質的に一定である回復充電電流  $I_{recov}$  でバッテリーを充電するステップと、第 1 の充電電流  $I_1$  でバッテリーを充電するステップであって、第 1 の充電電流  $I_1$  は、バッテリーが電圧  $V_1$  に充電されるまで実質的に一定である、ステップと、バッテリーの電圧が、約 6 秒から約 900 秒までの期間の間、 $V_1$  の約  $\pm 20$  % 以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持されるように、バッテリーの電圧が電圧  $V_1$  に到達すると、第 1 の充電電流  $I_1$  を制御するステップとを含み、電圧  $V_1$  は、 $V_{P1}$  よりも高い電圧プラトー  $V_P$  に対する自然分極ピークの電圧  $V_{PP}$  よりも小さく、 $V_1$  は、電圧プラトー  $V_P$  よりも大きい、方法を提供する。

【0033】

いくつかの実施形態はさらに、バッテリーを充電する電圧が、 $V_{Batt}$  よりも大きい第 1 の逐次電圧プラトー  $V_{P1}$  に到達した後に、15 分間以下の期間の間実質的に一定である回復充電電流  $I_{recov}$  でバッテリーを充電するステップを含む。

【0034】

いくつかの実施形態はさらに、約 30 分間から約 2 時間（例えば、約 1 時間から約 2 時間）までの期間の間  $I_{recov}$  で充電された後に、バッテリーの電圧  $V_{Batt}$  が、 $V_{Batt}$  よりも大きい第 1 の逐次電圧プラトー  $V_{P1}$  に到達できなかった場合に、電気信号を生成するステップを含む。

【0035】

いくつかの実施形態は、第 2 の充電電流  $I_2$  を用いてバッテリーを充電するステップであって、第 2 の充電電流  $I_2$  は、バッテリー電圧が電圧  $V_2$  に到達するまで実質的に一定であり、電圧  $V_2$  は、電圧  $V_1$  よりも小さく、かつ第 1 の逐次電圧プラトー  $V_{P1}$  よりも大きい、ステップと、バッテリーの電圧が、 $V_2$  の約  $\pm 20$  % 以下の偏差を伴う  $V_2$  に維持されるように、バッテリーの電圧が電圧  $V_2$  に到達すると、第 2 の充電電流  $I_2$  を制御するステップとを含む。

【0036】

代替実施形態は、バッテリーがバッテリーの定格容量の約 80 % から約 150 % までの容量に充電された時点から、約 10 分間以下の期間後に、第 2 の充電電流  $I_2$  を終了させるステップを含む。

【0037】

いくつかの実施形態は、クーロンをカウントするステップを除外する。

【0038】

そして、いくつかの実施形態では、再充電可能バッテリーは、亜鉛材料を含む、アノードを備える。他の実施形態では、再充電可能バッテリーは、銀材料を含む、カソードを備える。いくつかの実施形態では、再充電可能バッテリーは、ボタン電池、コイン電池、円筒電池、または角柱電池を備える。

【0039】

いくつかの実施形態はさらに、第 2 の充電電流  $I_2$  が終了するときに、電気信号を生成するステップを含む。

## 【0040】

いくつかの実施形態はさらに、第2の充電電流  $I_2$  が終了するときに、視覚信号を起動するステップを含む。

## 【0041】

本発明の別の側面は、複数の電圧プラトーを有する再充電可能ボタン電池を充電する方法であって、電池は、約1.10Vより大きく、約1.70V未満の電圧を有し、第1の充電電流  $I_1$  で電池を充電するステップであって、第1の充電電流  $I_1$  は、電池が、1.70Vよりも大きく、2.04V未満である電圧  $V_1$  に充電されるまで、実質的に一定である、ステップと、電池の電圧が、約6秒から約900秒までの期間の間、 $V_1$  の約±10%以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持されるように、電池の電圧が電圧  $V_1$  に到達すると、第1の充電電流  $I_1$  を制御するステップとを含む、方法を提供する。

10

## 【0042】

いくつかの実施形態はさらに、第2の充電電流  $I_2$  で電池を充電するステップであって、第2の充電電流  $I_2$  は、電池電圧が電圧  $V_2$  に到達するまで実質的に一定であり、電圧  $V_2$  は、電圧  $V_1$  よりも小さく、かつ1.7Vよりも大きい、ステップと、電池の電圧が、電圧  $V_2$  の約±10%以下の偏差を伴う  $V_2$  に維持されるように、電池の電圧が電圧  $V_2$  に到達すると、第2の充電電流  $I_2$  を制御するステップとを含む。

## 【0043】

他の実施形態は、電池が電池の定格容量の約80%から約150%（例えば、約80%から約110%）までの容量に充電された時点から、5分間以下の後に、第2の充電電流  $I_2$  を終了させるステップを含む。

20

## 【0044】

いくつかの実施形態では、第1の充電電流  $I_1$  は、約30分間から約180分間までの期間で、バッテリーを電圧  $V_1$  に充電することに十分である。

## 【0045】

いくつかの実施形態はさらに、バッテリーの電圧が、約550秒から約650秒までの期間の間、 $V_1$  の約±10%以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持されるように、電池の電圧が電圧  $V_1$  に到達すると、第1の充電電流  $I_1$  を制御するステップを含む。

## 【0046】

いくつかの実施形態では、 $I_1$  は、約50mA以下である。例えば、 $I_1$  は、約5mAから約50mAまでである。他の実施形態では、 $I_2$  は、約50mA未満である。例えば、 $I_2$  は、約50mA未満から約1mAである。そして、これらの実施形態のうちのいくつかでは、バッテリーは、約1Ahから約4Ahまでの定格容量を有する。

30

## 【0047】

いくつかの実施形態では、 $I_1$  は、約1アンペア以下である。例えば、 $I_1$  は、約80mAから約1アンペア（例えば、約80mAから約0.99アンペア）までである。他の実施形態では、 $I_2$  は、1アンペア未満である。例えば、 $I_2$  は、約80mAから約0.99アンペアまでである。これらの実施形態のうちのいくつかでは、バッテリーは、約100mAhから約1000mAhまでの定格容量を有する。

## 【0048】

いくつかの実施形態は、 $I_1$  は、約300mA以下である。例えば、 $I_1$  は、約8mAから約299.99mAまでである。いくつかの実施形態では、 $I_2$  は、300mA未満である。例えば、 $I_2$  は、約4mAから約299.99mAまでである。これらの実施形態のうちのいくつかでは、バッテリーは、約15mAhから約150mAhまでの定格容量を有する。

40

## 【0049】

いくつかの実施形態では、 $I_1$  は、約150mA以下である。例えば、 $I_1$  は、約3mAから約60mAまでである。いくつかの実施形態では、 $I_2$  は、150mA未満である。例えば、 $I_2$  は、約2mAから約149.00mA（例えば、約2mAから約59.99mA）までである。これらの実施形態のうちのいくつかでは、バッテリーは、約4mAh

50

から約 150 mA h までの定格容量を有する。

【0050】

いくつかの実施形態では、 $I_1$  は、約 15 mA 以下である。例えば、 $I_1$  は、約 0.1 mA から約 14.99 mA までである。いくつかの実施形態では、 $I_2$  は、15 mA 未満である。例えば、 $I_2$  は、約 0.1 mA から約 14.99 mA までである。

【0051】

いくつかの実施形態では、電圧  $V_2$  は、 $V_1$  の約 90% から約 99% までである。例えば、電圧  $V_2$  は、 $V_1$  の約 96% から約 98% までである。

【0052】

他の実施形態では、 $V_1$  は、約 2.04 V 以下である。例えば、 $V_1$  は、約 2.04 V から約 1.96 V までである。他の実施例では、 $V_1$  は、約 1.99 V から約 1.96 V までである。

10

【0053】

いくつかの実施形態では、 $V_2$  は、約 2.03 V 以下である。例えば、 $V_2$  は、約 2.03 V から約 1.93 V までである。他の実施例では、 $V_2$  は、約 1.93 V から約 1.95 V までである。

【0054】

いくつかの実施形態では、第 1 の充電電流  $I_1$  は、約 550 秒から約 650 秒の期間の間変調される。

【0055】

他の実施形態は、クーロンをカウントするステップを除外する。

20

【0056】

いくつかの実施形態では、電池は、亜鉛材料を含む、アノードを備える。

【0057】

他の実施形態では、電池は、銀材料を含む、カソードを備える。

【0058】

いくつかの実施形態はさらに、第 2 の充電電流  $I_2$  が終了させられたときに、電気信号を生成するステップを含む。

【0059】

いくつかの実施形態はさらに、第 2 の充電電流  $I_2$  が終了させられたときに、視覚信号を起動するステップを含む。

30

【0060】

本発明の別の側面は、複数の電圧プラトー、およびその定格容量の 50% よりも大きい初期 SOC を有する再充電可能バッテリーを充電する方法であって、バッテリーは、その最高電圧プラトー以下である電圧  $V_{Bat}$  を有し、バッテリーが電圧  $V_2$  に充電されるまで実質的に一定の充電電流  $I_2$  でバッテリーを充電するステップと、バッテリーの電圧が、 $V_2$  の約  $\pm 20\%$  以下の偏差を伴う  $V_2$  に維持されるように、 $I_2$  を制御するステップとを含み、電圧  $V_2$  は、電圧プラトーの電圧  $V_p$  以上であり（例えば、それよりも大きい）、自然分極ピークの電圧  $V_{pp}$  よりも小さい、方法を提供する。

【0061】

いくつかの実施形態はさらに、 $I_2$  が最小閾値電流  $I_{ter}$  に到達すると、充電電流  $I_2$  を終了させるステップを含む。場合によっては、 $I_{ter}$  は、バッテリーが  $V_2$  に充電されているときの期間の間に、 $I_2$  の約 95% 以下（例えば、約 85% 以下）である。例えば、温度が約 25°C よりも高いとき、充電電流を終了させるステップであって、 $I_2$  が  $I_{ter}$  に到達し、 $I_{ter}$  は、 $I_2$  の約 80% から約 95% までである。

40

【0062】

他の実施形態はさらに、バッテリーが  $V_2$  に充電されている期間の間、 $I_2$  が、 $I_{ter}$  に到達し、 $I_{ter}$  が  $I_2$  の約 75% 以下であるとき、充電電流  $I_2$  を終了させるステップを含む。

【0063】

50

いくつかの実施形態では、 $V_2$  は、約 2.03 V 以下（例えば、約 2 V 以下）である。

【0064】

いくつかの実施形態では、 $I_2$  は、約 6 mA である。

【0065】

いくつかの実施形態では、 $I_{ter}$  は、約 4.5 mA である。

【0066】

本発明の別の側面は、再充電可能な 2.0 V 銀亜鉛バッテリーを充電する方法であって、約 10 mA 以下（例えば、約 6 mA 以下）の最大アンペア数  $I_{max}$  を有する充電電流  $I_2$  でバッテリーを充電するステップであって、充電電流  $I_2$  は、バッテリーの電圧が 2.03 V 以下に制限されるように変調される、ステップと、第 2 の充電電流  $I_2$  での充電が始まった 60 秒後に時間を計測するステップと、時間が計測されているときに充電電流  $I_2$  の最低アンペア数  $I_{low}$  を測定するステップと、いったんバッテリーが、充電電流  $I_2$  を用いて、その定格容量の約 40 % から約 60 % まで（例えば、約 50 %）に充電されると、充電電流  $I_2$  を停止するステップであって、バッテリーに充電される容量は、時間が計測されている間、充電電流  $I_2$  を積分することによって決定される、ステップとを含み、電圧は、 $\pm 0.5\%$  の偏差を有し、電流アンペア数は、 $\pm 2\%$  の偏差を有し、計測時間は、 $\pm 2\%$  の偏差を有する、方法を提供する。

10

【0067】

いくつかの実施形態では、バッテリーは、その放電状態で、すなわち、充電直前に、約 1.6 V よりも大きい（例えば、約 1.65 V よりも大きい）OCV を有する。

20

【0068】

本発明の別の側面は、再充電可能な 2.0 V 銀亜鉛バッテリーを充電する方法であって、約 10 mA 以下（例えば、約 6 mA 以下）の最大アンペア数  $I_{max}$  を有する、充電電流  $I_2$  でバッテリーを充電するステップであって、充電電流  $I_2$  は、バッテリーの電圧が 2.03 V 以下に制限されるように、変調される、ステップと、第 2 の充電電流  $I_2$  での充電が始まった 60 秒後に時間を計測するステップと、時間が計測されているときに充電電流  $I_2$  の最低アンペア数  $I_{low}$  を測定するステップと、時間が計測されている間に、連続 2 秒の期間中、 $I_2$  のアンペア数が  $I_{max}$  である場合、 $I_2$  のアンペア数が連続 60 秒の期間中  $I_{end}$  を下回るときに充電電流  $I_2$  を停止するステップ、または、20 分間が計測された後に、 $I_{low}$  が充電電流  $I_2$  のアンペア数よりも小さい場合、いったんバッテリーが、充電電流  $I_2$  を用いて、その定格容量の約 40 % から 60 %（例えば、約 50 %）で充電されると、充電電流  $I_2$  を停止するステップであって、バッテリーに充電される容量は、時間が計測されている間に充電電流  $I_2$  を積分することによって決定される、ステップ、または、20 分間が計測された後に、 $I_{low}$  が  $I_2$  のアンペア数以上である場合、 $I_2$  のアンペア数が連続 60 秒の期間中  $I_{end}$  を下回るときに充電電流  $I_2$  を停止するステップ、または、 $I_2$  のアンペア数が、約 5 分間以下の期間中 1.0 V を下回るときに、充電電流  $I_2$  を停止するステップとを含み、 $I_{end} = I_{chg} + I_{temp}$  であり、 $I_{chg} = (T_2 \times I_{max}) / T_{chg}$  であり、 $I_{temp}$  は、温度補償電流であり、 $T_2$  は、約 1.9 V の電圧から約 2.0 V の電圧にバッテリーを充電するために必要な時間であり、 $I_{max}$  は、バッテリーに充電される最大電流であり、 $T_{chg}$  は、電池時定数であり、電圧は、 $\pm 0.5\%$  の偏差を有し、電流アンペア数は、 $\pm 2\%$  の偏差を有し、計測時間は、 $\pm 2\%$  の偏差を有する、方法を提供する。

30

40

【0069】

いくつかの実施形態では、バッテリーは、その放電状態で、約 1.6 V よりも大きい（例えば、約 1.65 V よりも大きい）OCV を有する。

【0070】

いくつかの実施形態はさらに、温度を測定するステップを含み、温度測定は、約  $\pm 5^\circ\text{C}$ （例えば、 $\pm 2^\circ\text{C}$ ）の精度を有する。

【0071】

本発明の別の側面は、再充電可能な 2.0 V 銀亜鉛バッテリーを充電する方法であって、

50

約 10 mA 以下（例えば、約 6 mA 以下）の最大アンペア数  $I_{max}$  を有する、第 1 の充電電流  $I_1$  でバッテリーを充電するステップと、いったんバッテリーが 1.90 V の電圧に充電されると、時間を計測するステップと、バッテリーの電圧が約 2.03 V 以下に制限されるように、第 1 の充電電流  $I_1$  を変調するステップと、いったん約 10 分間から約 30 分間（例えば、約 20 分間）が計測されると、第 1 の充電電流  $I_1$  を停止するステップと、約 10 mA 以下（例えば、約 6 mA 以下）の最大アンペア数  $I_{max}$  を有する、第 2 の充電電流  $I_2$  でバッテリーを充電するステップであって、第 2 の充電電流  $I_2$  は、バッテリーの電圧が約 2.0 V 以下に制限されるように、変調される、ステップと、第 2 の充電電流  $I_2$  で充電が始まった 60 秒後に時間を計測するステップと、時間が計測されているときに充電電流  $I_2$  の最低アンペア数  $I_{low}$  を測定するステップと、時間が計測されている間に、連続 2 秒の期間中、 $I_2$  のアンペア数が  $I_{max}$  である場合、 $I_2$  のアンペア数が連続 60 秒の期間中  $I_{end}$  を下回るときに充電電流  $I_2$  を停止するステップ、または、20 分間が計測された後に、 $I_{low}$  が充電電流  $I_2$  のアンペア数よりも小さい場合、いったんバッテリーが、充電電流  $I_2$  を用いて、その定格容量の約 40 % から 60 % まで（例えば、約 50 %）で充電されると、充電電流  $I_2$  を停止するステップであって、バッテリーに充電される容量は、時間が計測されている間に充電電流  $I_2$  を積分することによって決定される、ステップ、または、20 分間が計測された後に、 $I_{low}$  が  $I_2$  のアンペア数以上である場合、 $I_2$  のアンペア数が連続 60 秒の期間中  $I_{end}$  を下回るときに充電電流  $I_2$  を停止するステップ、または、 $I_2$  のアンペア数が、約 5 分間以下の期間中 1.0 V を下回るときに、充電電流  $I_2$  を停止するステップとを含み、 $I_{end} = I_{chg} + I_{temp}$  であり、 $I_{chg} = (T_2 \times I_{max}) / T_{chg}$  であり、 $I_{temp}$  は、温度補償電流であり、 $T_2$  は、約 1.9 V の電圧から約 2.0 V の電圧にバッテリーを充電するために必要な時間であり、 $I_{max}$  は、バッテリーに充電される最大電流であり、 $T_{chg}$  は、電池時定数であり、電圧は、 $\pm 0.5\%$  の偏差を有し、電流アンペア数は、 $\pm 2\%$  の偏差を有し、計測時間は、 $\pm 2\%$  の偏差を有する、方法を提供する。

#### 【0072】

本発明の別の側面は、1.65 V 未満の OCV を有する再充電可能な 2.0 V 銀亜鉛バッテリーを充電する方法であって、約 10 mA 以下のアンペア数を有する、第 1 の充電電流  $I_1$  でバッテリーを充電するステップと、いったんバッテリーが 1.90 V の電圧に充電されると、時間を計測するステップと、バッテリーの電圧が 2.03 V 以下に制限され、第 1 の充電電流  $I_1$  が約 10.0 mA 以下の最大アンペア数を有するように、第 1 の充電電流  $I_1$  を変調するステップと、いったん 20 分間が計測されると、第 1 の充電電流  $I_1$  を停止するステップと、第 2 の充電電流  $I_2$  でバッテリーを充電するステップであって、充電電流  $I_2$  は、バッテリーの電圧が 2.0 V 以下に制限され、第 2 の充電電流が約 10.0 mA 以下の最大アンペア数  $I_{max}$  を有するように、変調される、ステップと、 $I_2$  のアンペア数が連続 60 秒以下の期間中  $I_{end}$  を下回るときに充電電流  $I_2$  を停止するステップであって、 $I_{end} = I_{chg} + I_{temp}$  であり、 $I_{chg}$  は、充電補償電流であり、 $I_{temp}$  は、温度補償電流であり、 $I_{chg} = (T_2 \times I_{max}) / T_{chg}$  であり、 $T_2$  は、バッテリー電圧が約 1.9 V であるときに始まり、 $I_2$  が  $I_{max}$  未満であるときに終了する、期間であり、 $T_{chg}$  は、電池時定数である、ステップ、または、 $I_2$  のアンペア数が約 5 分間以下の期間中 1.0 V を下回るときに充電電流  $I_2$  を停止するステップとを含み、電圧は、 $\pm 0.5\%$  の偏差を有し、電流アンペア数は、 $\pm 2\%$  の偏差を有し、温度測定精度は、 $\pm 5^\circ\text{C}$  以下の偏差を有し、計測時間は、 $\pm 2\%$  の偏差を有する、方法を提供する。

#### 【0073】

これらの方法のうちのいくつかはさらに、温度を測定するステップを含み、温度測定は、約  $\pm 2^\circ\text{C}$  の精度を有する。

#### 【0074】

いくつかの実施形態では、最大アンペア数  $I_{max}$  は、約 6 mA 以下である。例えば、 $I_{max}$  は、約 5.5 mA 以下である。

## 【0075】

他の実施形態では、バッテリーは、その放電状態で、約1.70V未満（例えば、約1.65V以下）のOCVを有する。

## 【0076】

いくつかの実施形態では、バッテリーのOCVは、充電前に1.25Vよりも大きい。

## 【0077】

他の実施形態では、バッテリーのOCVは、充電前に1.25V未満である。

## 【0078】

いくつかの実施形態はさらに、少なくとも20分間（例えば、少なくとも30分間）の期間中、1.0mAの回復充電電流を用いてバッテリーを充電するステップと、バッテリーが1.50V以上（例えば、約1.6V）の電圧に充電されたときに、回復充電電流を停止するステップとを含む。

10

## 【0079】

本発明のある側面が、添付図面を参照して、一例として説明される。

## (項目1)

複数の電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーを充電する方法であって、該バッテリーは、その最高電圧プラトーよりも小さい電圧 $V_{Batt}$ を有し、

該方法は、

第1の充電電流 $I_1$ を用いて該バッテリーを充電することであって、該第1の充電電流 $I_1$ は、該バッテリーが電圧 $V_1$ に充電されるまで印加される、ことと、

20

該バッテリーの電圧が $V_1$ であるときに、該第1の充電電流 $I_1$ を制御することであって、該制御することにより、該バッテリーの電圧が $V_1$ の約±20%以下の偏差を伴う $V_1$ に維持される、ことと

を含み、

電圧 $V_1$ は、 $V_{Batt}$ よりも高い電圧プラトー $V_p$ と関連付けられる自然分極ピークの電圧 $V_{pp}$ よりも小さく、 $V_1$ は、該電圧プラトー $V_p$ よりも大きい、方法。

## (項目2)

第2の充電電流 $I_2$ を用いて前記バッテリーを充電することであって、該第2の充電電流 $I_2$ は、前記第1の充電電流 $I_1$ の後に、前記バッテリー電圧が電圧 $V_2$ に到達するまで印加され、該電圧 $V_2$ は、 $V_p$ よりも大きく、 $V_{pp}$ よりも小さい、ことと、

30

該バッテリーの電圧が $V_2$ に到達すると、該第2の充電電流 $I_2$ を制御することであって、該制御することにより、該バッテリーの電圧が、 $V_2$ の約±20%以下の偏差を伴う $V_2$ に維持される、ことと

をさらに含む、項目1に記載の方法。

## (項目3)

前記第2の充電電流 $I_2$ は、少なくとも前記バッテリーが該バッテリーの定格容量の約80%から約150%までのSOCに充電されるまで、印加される、項目2に記載の方法。

## (項目4)

$I_1$ は、前記バッテリーが電圧 $V_1$ に充電されるまで、実質的に一定である、項目1-3のうちのいずれか一項に記載の方法。

40

## (項目5)

$I_2$ は、前記バッテリーが電圧 $V_2$ に充電されるまで、実質的に一定である、項目4に記載の方法。

## (項目6)

前記第1の充電電流 $I_1$ は、前記バッテリーの初期SOCがその定格容量の40%未満であるときに、約1分間から約300分間までの期間で、該バッテリーを電圧 $V_1$ に充電することに十分である、項目1-5のうちのいずれか一項に記載の方法。

## (項目7)

前記第1の充電電流 $I_1$ は、前記バッテリーの初期SOCがその定格容量の40%未満であるときに、約5分間から約240分間までの期間で、該バッテリーを $V_1$ の電圧に充電す

50

ることに十分である、項目 1 - 6 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 8)

前記第 1 の充電電流  $I_1$  は、前記バッテリーの初期 SOC がその定格容量の 40 % 未満であるときに、約 10 分間から約 90 分間までの期間で、該バッテリーを  $V_1$  の電圧に充電することに十分である、項目 1 - 7 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 9)

前記第 1 の充電電流  $I_1$  は、前記バッテリーの初期 SOC がその定格容量の 40 % 未満であるときに、約 75 分間以下の期間で、該バッテリーを  $V_1$  の電圧に充電することに十分である、項目 1 - 5 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 10)

前記第 1 の充電電流  $I_1$  は、前記バッテリーを、その定格容量の 30 % 未満の SOC から、その定格容量の約 30 % から 40 % までの SOC まで、約 240 分間以下で充電することに十分である、項目 1 - 5 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 11)

前記第 1 の充電電流  $I_1$  は、前記バッテリーを、その定格容量の 30 % 未満の SOC から、その定格容量の約 40 % の SOC まで、約 240 分間以下で充電することに十分である、項目 1 - 5 または 10 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 12)

前記第 1 の充電電流  $I_1$  は、前記バッテリーの前記電圧が  $V_1$  であるときに、該バッテリーの該電圧が、約 6 秒間から約 1500 秒間までの期間の間、 $V_1$  の約  $\pm 20\%$  以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持されるように、制御される、項目 1 - 11 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 13)

前記バッテリーの前記電圧が、約 6 秒間から約 1200 秒間までの期間の間、 $V_1$  の約  $\pm 20\%$  以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持された後に、前記第 1 の充電電流  $I_1$  を終了させることと、

該第 1 の充電電流  $I_1$  が終了すると、第 2 の充電電流  $I_2$  を印加することと

をさらに含む、項目 2 - 12 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 14)

前記バッテリーの前記電圧が  $V_1$  に到達すると、該バッテリーの該電圧が、約 5 秒間から約 600 秒間までの期間の間、 $V_1$  の約  $\pm 10\%$  以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持されるように、前記第 1 の充電電流  $I_1$  を制御することをさらに含む、項目 13 に記載の方法。

(項目 15)

$I_1$  は、前記バッテリーが  $V_1$  の電圧に充電される前の期間の間、 $I_2$  以上である、項目 5 に記載の方法。

(項目 16)

$V_1$  は、 $V_2$  以上である、項目 2 - 15 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 17)

$V_{Battery}$  は、前記電圧  $V_1$  の約 50 % から約 87 % までである、項目 1 - 16 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 18)

$I_1$  は、約 500 アンペア以下である、項目 1 - 17 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 19)

$I_1$  は、約 100 mA から約 500 アンペアまでである、項目 1 - 18 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 20)

$I_2$  は、約 500 アンペア以下である、項目 2 - 19 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 21)

10

20

30

40

50

I<sub>2</sub>は、約100mAから約500アンペアまでである、項目2-20のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目22)

前記バッテリーは、約1Ahから約1000Ahまでの定格容量を有する、項目1-21のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目23)

I<sub>1</sub>は、約500mA以下である、項目1-17のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目24)

I<sub>1</sub>は、約20mAから約500mAまでである、項目1-17または23のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目25)

I<sub>2</sub>は、約500mA以下である、項目2-17、23、または24のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目26)

I<sub>2</sub>は、約20mAから約500mAまでである、項目2-17または23-25のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目27)

前記バッテリーは、約200mAhから約1Ahまでの定格容量を有する、項目1-17または23-26のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目28)

I<sub>1</sub>は、約50mA以下である、項目1-17のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目29)

I<sub>1</sub>は、約5mAから約50mAまでである、項目1-17または28のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目30)

I<sub>2</sub>は、約50mA以下である、項目2-17、28、または29のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目31)

I<sub>2</sub>は、約5mAから約50mAまでである、項目2-17または28-30のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目32)

前記バッテリーは、約50mAhから約200mAhまでの定格容量を有する、項目1-17または28-31のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目33)

I<sub>1</sub>は、約25mA以下である、項目1-17のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目34)

I<sub>1</sub>は、約4mAから約25mAまでである、項目1-17または33のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目35)

I<sub>2</sub>は、約25mA以下である、項目2-17、33、または34のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目36)

I<sub>2</sub>は、約4mAから約25mAまでである、項目2-17または33-35のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目37)

前記バッテリーは、約4mAhから約50mAhまでの定格容量を有する、項目1-17または33-36のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目38)

I<sub>1</sub>は、約2mA以下である、項目1-17のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目39)

10

20

30

40

50

$I_1$  は、約  $10\ \mu\text{A}$  から約  $2\ \text{mA}$  までである、項目 1-17 または 38 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 40)

$I_2$  は、約  $2\ \text{mA}$  以下である、項目 2-17、38、または 39 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 41)

$I_2$  は、約  $10\ \mu\text{A}$  から約  $2\ \text{mA}$  までである、項目 2-17 または 38-40 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 42)

前記バッテリーは、約  $1\ \text{mAh}$  から約  $4\ \text{mAh}$  までの定格容量を有する、項目 2-17 または 38-41 のうちのいずれか一項に記載の方法。

10

(項目 43)

前記電圧  $V_2$  は、 $V_1$  の約 90% から約 100% までである、項目 1-42 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 44)

$V_1$  は、約 2.04 V 以下である、項目 1-43 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 45)

$V_1$  は、約 1.96 V から約 2.04 V までである、項目 1-44 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 46)

20

$V_2$  は、約 2.03 V 以下である、項目 2-44 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 47)

$V_2$  は、約 1.93 V から約 2.03 V までである、項目 2-44 または 46 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 48)

前記方法は、クーロンをカウントすることを除外する、項目 1-47 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 49)

電気信号を生成することをさらに含み、該電気信号は、前記バッテリーが  $V_2$  の電圧に充電された後、 $V_{\text{Batt}}$  が 1 秒間以上の期間の間、 $V_p$  よりも低い場合に、該バッテリーにおける弱い短絡を示す、項目 1-48 のうちのいずれか一項に記載の方法。

30

(項目 50)

約 30 秒間未満の期間の間、診断充電電流  $I_{\text{diag}}$  を用いて前記バッテリーを充電することと、該バッテリーの前記電圧  $V_{\text{Batt}}$  を検出することと、 $V_{\text{Batt}}$  が約 1.65 V 以下である場合に該バッテリーの充電を終了させることをさらに含む、項目 1-49 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 51)

$I_{\text{diag}}$  は、 $I_1$  以上である、項目 50 に記載の方法。

(項目 52)

$I_{\text{diag}}$  は、 $I_1$  よりも約 5% から約 200% までだけ大きい、項目 51 に記載の方法。

40

(項目 53)

$I_{\text{diag}}$  は、 $I_1$  よりも約 30% から約 100% までだけ大きい、項目 52 に記載の方法。

(項目 54)

$I_{\text{diag}}$  は、 $I_1$  にほぼ等しい、項目 51 に記載の方法。

(項目 55)

約 10 秒未満の期間の間、 $I_1$  よりも約 10% から約 200% までだけ高い診断充電電流  $I_{\text{diag}}$  を用いて前記バッテリーを充電することと、該バッテリーの前記電圧  $V_{\text{Batt}}$  を検出することと、 $V_{\text{Batt}}$  が約 1.60 V 以下である場合に該バッテリーの充電を終了

50

させることとをさらに含む、項目 1-51 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 56)

約 5 秒未満の期間の間、 $I_1$  よりも約 30 % から約 100 % までだけ高い診断充電電流  $I_{diag}$  を用いて前記バッテリーを充電することと、該バッテリーの前記電圧  $V_{Batt}$  を検出することと、 $V_{Batt}$  が約 1.55 V 以下である場合に該バッテリーの充電を終了させることとをさらに含む、項目 1-51 または 55 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 57)

再充電可能銀亜鉛バッテリーを検出する方法であって、該方法は、約 60 秒間未満の期間の間、診断充電電流  $I_{diag}$  を用いてバッテリーを充電することと、該バッテリーの電圧  $V_{Batt}$  を検出することと、 $V_{Batt}$  が約 1.60 V 以下である場合に該バッテリーの充電を終了させることとを含み、 $I_{diag}$  は、約 25 mA 以下である、方法。

10

(項目 58)

前記バッテリーは、該バッテリーの前記電圧  $V_{Batt}$  を検出し、 $V_{Batt}$  が約 1.60 V 以下である場合に電気信号を生成しつつ、約 7 秒以下の期間の間、 $I_{diag}$  を用いて充電され、 $I_{diag}$  は、約 20 mA から約 25 mA まで、または約 10 mA 以下である、項目 57 に記載の方法。

(項目 59)

前記電気信号は、音声アラーム、視覚アラーム、振動アラーム、またはそれらの任意の組み合わせを起動する、項目 58 に記載の方法。

(項目 60)

複数の電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーを充電する方法であって、該バッテリーは、第 1 の逐次電圧プラトーの電圧  $V_{p1}$  の約 80 % 未満である OCV を有し、

20

該方法は

充電バッテリーの電圧が、 $V_{Batt}$  よりも大きい該第 1 の逐次電圧プラトー  $V_{p1}$  に到達した後、約 120 分間以下の期間の間、実質的に一定である回復充電電流  $I_{recov}$  を用いて該バッテリーを充電することと、

第 1 の充電電流  $I_1$  を用いて該バッテリーを充電することであって、該第 1 の充電電流  $I_1$  は、該バッテリーが電圧  $V_1$  に充電されるまで実質的に一定である、ことと、

該バッテリーの電圧が電圧  $V_1$  に到達すると、該バッテリーの該電圧が、約 6 秒間から約 900 秒間までの期間の間、 $V_1$  の約  $\pm 20$  % 以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持されるように、該第 1 の充電電流  $I_1$  を制御することと

30

を含み、

電圧  $V_1$  は、 $V_{p1}$  よりも高い電圧プラトー  $V_p$  に対する自然分極ピークの電圧  $V_{pp}$  よりも小さく、 $V_1$  は、該電圧プラトー  $V_p$  よりも大きい、方法。

(項目 61)

$I_{recov}$  は、 $I_1$  の約 5 % から約 90 % までである、項目 60 に記載の方法。

(項目 62)

充電バッテリーの前記電圧  $V_{Batt}$  が、 $V_{Batt}$  よりも大きい前記第 1 の逐次電圧プラトー  $V_{p1}$  に到達した後、約 30 分間以下の期間の間、実質的に一定である回復充電電流  $I_{recov}$  を用いて該バッテリーを充電することと、

40

該バッテリーが該バッテリーの定格容量の約 100 - 120 % の SOC に充電されたときに、変調された第 2 の充電電流を停止することと、

充電電流  $I_2$  を停止することであって、該充電電流が約 5 分間以下の期間の間、1.0 mA を下回るときに、停止することと

をさらに含む、

該電圧は、 $\pm 1$  % の偏差を有し、電流アンペア数は、 $\pm 2$  % の偏差を有し、温度測定精度は、 $\pm 5$  °C 以下の偏差を有し、計測時間は、 $\pm 2$  % の偏差を有する、項目 61 に記載の方法。

(項目 63)

約 30 分間から約 2 時間までの期間の間、 $I_{recov}$  を用いて充電された後に、前記

50

バッテリーの前記電圧  $V_{Batt}$  が、 $V_{Batt}$  よりも大きい前記第 1 の逐次電圧プラトー  $V_{p1}$  に到達できない場合に、電気信号を生成することをさらに含む、項目 62 に記載の方法。

(項目 64)

項目 2-53 のうちのいずれか一項に記載の前記バッテリーを充電することをさらに含む、項目 62 に記載の方法。

(項目 65)

前記再充電可能バッテリーは、ボタン電池、コイン電池、円筒電池、または角柱電池を備える、項目 1-64 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 66)

前記第 2 の充電電流  $I_2$  が終了すると、電気信号を生成することをさらに含む、項目 2-65 のうちのいずれか一項に記載の方法。

(項目 67)

前記第 2 の充電電流  $I_2$  が終了すると、視覚信号を起動すること、音声信号を起動すること、振動信号を起動すること、またはそれらの任意の組み合わせをさらに含む、項目 66 に記載の方法。

(項目 68)

再充電可能バッテリーを充電する方法であって、該再充電可能バッテリーは、複数の電圧プラトー、およびその定格容量の 50% よりも大きい初期 SOC を有し、該バッテリーは、その最高電圧プラトー以下である電圧  $V_{Batt}$  を有しており、

該方法は、

該バッテリーが電圧  $V_2$  に充電されるまで、実質的に一定の充電電流  $I_2$  を用いて該バッテリーを充電することと、

該バッテリーの電圧が  $V_2$  の約  $\pm 20\%$  以下の偏差を伴う  $V_2$  に維持されるように、充電電流  $I_2$  を制御することと

を含み、

電圧  $V_2$  は、電圧プラトーの電圧  $V_p$  よりも大きく、自然分極ピークの電圧  $V_{pp}$  よりも小さい、方法。

(項目 69)

前記充電電流  $I_2$  が  $I_{ter}$  に到達すると、 $I_2$  を終了させることをさらに含み、 $I_{ter}$  は、前記バッテリーが  $V_2$  に充電されていた期間の間、 $I_2$  の約 85% 以下である、項目 68 に記載の方法。

(項目 70)

前記充電電流  $I_2$  が  $I_{ter}$  に到達すると、 $I_2$  を終了させることをさらに含み、 $I_{ter}$  は、前記バッテリーが  $V_2$  に充電されていた前記期間の間、 $I_2$  の約 75% 以下である、項目 69 に記載の方法。

(項目 71)

$V_2$  は、約 2.0 V 以下である、項目 68 に記載の方法。

(項目 72)

前記充電電流  $I_2$  は、前記バッテリーが  $V_2$  に充電されているとき、約 6 mA である、項目 71 に記載の方法。

(項目 73)

前記充電電流  $I_2$  が約 4.5 mA であるとき、 $I_2$  を終了させることをさらに含む、項目 72 に記載の方法。

(項目 74)

1.65 V 未満の OCV を有する再充電可能な 2.0 V 銀亜鉛バッテリーを充電する方法であって、

該方法は、

10 mA 以下のアンペア数を有する第 1 の充電電流  $I_1$  を用いて該バッテリーを充電することと、

10

20

30

40

50

いったん該バッテリーが 1.90 V の電圧に充電されると、時間を計測することと、  
 該バッテリーの電圧が 2.03 V 以下に制限され、該第 1 の充電電流  $I_1$  が約 10.0 mA 以下の最大アンペア数を有するように、該第 1 の充電電流  $I_1$  を変調することと、  
 いったん 20 分間が計測されると、該第 1 の充電電流  $I_1$  を用いての該バッテリーの該充電を停止することと、

第 2 の充電電流  $I_2$  を用いて該バッテリーを充電することであって、該充電電流  $I_2$  は、該バッテリーの電圧が 2.0 V 以下に制限され、該第 2 の充電電流が約 10.0 mA 以下の最大アンペア数を有するように、変調される、ことと、

該変調された第 2 の充電電流  $I_2$  を停止することであって、該充電電流のアンペア数が、60 秒間以下の連続期間の間、終了電流  $I_{2\text{end}}$  のアンペア数未満であると、該停止することが行われ、該バッテリーは、該バッテリーの定格容量の約 80 – 150 % の SOC に充電され、ここで、

$I_{2\text{end}} = I_{\text{chg}} + I_{\text{temp}}$   
 であり、 $I_{\text{chg}}$  は、充電補償電流であり、 $I_{\text{temp}}$  は、温度補償電流であり、 $I_{\text{chg}} = (T_2 \times I_1) / T_{\text{chg}}$  であり、 $T_2$  は、該充電電流が 1.90 V に到達すると始まり、該充電電流が  $I_2$  未満の値に変調し始めると終了する、時間単位の積分時間であり、 $T_{\text{chg}}$  は、各々のバッテリーサイズおよび構造について決定される電池時定数である、こと、

または、  
 充電電流  $I_2$  を停止することであって、該充電電流が約 5 分間以下の期間の間、1.0 mA を下回ると停止する、ことと

を含み、  
 該電圧は、 $\pm 1\%$  の偏差を有し、電流アンペア数は、 $\pm 2\%$  の偏差を有し、温度測定精度は、 $\pm 5^\circ\text{C}$  以下の偏差を有し、計測時間は、 $\pm 2\%$  の偏差を有する、方法。

(項目 75)

温度を測定することをさらに含み、前記温度測定精度は、 $\pm 2^\circ\text{C}$  の偏差を有する、項目 74 に記載の方法。

(項目 76)

前記バッテリーの前記電圧は、充電前には約 1.25 V よりも大きい、項目 74 または 75 のいずれか一項に記載の方法。

(項目 77)

前記バッテリーの前記電圧は、充電前には約 1.25 V 未満である、項目 74 または 75 のいずれか一項に記載の方法。

(項目 78)

少なくとも 30 分間の期間の間、1.0 mA の回復充電電流  $I_{\text{recov}}$  を用いて前記バッテリーを充電することと、

該バッテリーが 1.60 V の電圧に充電されると、該回復充電電流  $I_{\text{recov}}$  を停止することと

をさらに含む、項目 77 に記載の方法。

(項目 79)

1.65 V よりも大きい OCV を有する再充電可能な 2.0 V 銀亜鉛バッテリーを充電する方法であって、

該方法は、

変調された充電電流  $I_2$  を用いて該バッテリーを充電することであって、該充電電流  $I_2$  は、該バッテリーの電圧が 2.0 V 以下 (例えば、1.98 V) に制限され、該充電電流が約 6.0 mA 以下の最大アンペア数  $I_{\text{max}}$  を有するように、変調される、ことと、

充電が開始した 15 秒後から時間を計測することと、

時間が計測されている場合に、充電電流  $I_2$  のアンペア数を測定することと、

時間が計測されている場合に、連続 5 秒間以上の期間の間、 $I_2$  の該アンペア数が  $I_{\text{max}}$  であるならば、 $I_2$  の該アンペア数が連続 60 秒間の期間の間、 $I_{2\text{end}}$  を下回る

10

20

30

40

50

と、充電電流  $I_2$  を停止することであって、 $I_{2\text{end}}$  は、該バッテリーがその定格容量の約 100% から 150% までの SOC に充電されるとき、温度依存性の終了充電電流レベルである、こと、

または、

いったん該バッテリーが約 100% から 150% までの SOC に充電されると、時間が計測されている場合に、連続 5 秒間未満の期間の間、 $I_2$  の該アンペア数が  $I_{\text{max}}$  であると、充電電流  $I_2$  を停止することであって、該充電電流は、該バッテリーの定格容量の 50% がカウントされるまで積分される、こと、

または、

該時間計測が完了した後に、約 5 分間以下の期間の間、 $I_2$  の該アンペア数が 1.0 mA を下回ると、充電電流  $I_2$  を停止することと

含む、方法。

(項目 80)

放電中の再充電可能銀亜鉛バッテリーを検出する方法であって、

該方法は、

バッテリー電圧  $V_{\text{Batt}}$  が 1.4 V から 1.15 V までの間にあるときに、バッテリーにおける単位時間当たりの平均バッテリー放電電圧の変化を測定することと、

該変化が、30 分間以下の期間の間、60 mV 以上ではない場合に、電気信号を生成することと

を含む、方法。

【図面の簡単な説明】

【0080】

【図 1】図 1 は、本発明の一実施形態による、再充電可能バッテリーまたはボタン電池を充電するための例示的な方法を行うことが可能である、バッテリー充電回路の回路図である。

【図 2】図 2 は、少なくとも 1 つの電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーの充電曲線のプロットであり、本発明の 1 つの方法によれば、バッテリー電圧  $V_{\text{Batt}}$  および充電電流は、バッテリーが第 1 の充電電流  $I_1$  および第 2 の充電電流  $I_2$  で充電される際に描画される。

【図 3】図 3 A は、複数の電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーの充電曲線の例示的なプロットであり、バッテリー電圧は、充電中に観察されるバッテリーの自然分極ピーク  $V_{\text{pp1}}$  および  $V_{\text{pp2}}$ 、ならびに電圧プラトー  $V_{\text{p1}}$ 、 $V_{\text{p2}}$ 、および  $V_{\text{p3}}$  を図示するように、固定されていない充電電流を用いて充電される際に描画される。図 3 B は、電圧プラトー電圧  $V_{\text{p1}}$ 、電圧  $V_1$ 、および自然分極ピーク  $V_{\text{pp1}}$  との関係の表現を示す、図 3 A に示される 1 つの電圧プラトーの拡大図である。

【図 4】図 4 は、少なくとも 1 つの電圧プラトーを有する、再充電可能バッテリーの充電曲線のプロットであり、 $V_{\text{Batt}} > V_1 > V_{\text{p1}}$  である、本発明の 1 つの方法によれば、バッテリー電圧および充電電流は、充電電流  $I_2$  が端子充電電流  $I_{\text{ter}}$  に到達するまでバッテリーが充電される際に描画される。

【図 5】図 5 は、少なくとも 1 つの電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーの充電曲線のプロットであり、バッテリーは、本発明の多重ゾーン充電方法に従って充電され、バッテリーは、充電電流  $I_1$  で第 1 の電圧  $V_1$  に充電され、次いで、バッテリーは、充電電流  $I_2$  で電圧  $V_2$  に充電され、電圧  $V_1$  は、電圧  $V_2$  に等しい。

【図 6】図 6 は、少なくとも 1 つの電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーの充電曲線のプロットであり、バッテリーは、本発明の多重ゾーン充電方法に従って充電され、バッテリーは、バッテリーの電圧が回復電圧  $V_{\text{recov}}$  に到達するまで、低 SOC から回復充電電流  $I_{\text{recov}}$  で充電され、次いで、バッテリーは、電圧が  $V_1$  に到達するまで第 1 の充電電流  $I_1$  で充電され、最終的に、バッテリーは、第 2 の充電電流が  $I_{\text{ter}}$  に到達するまで第 2 の充電電流  $I_2$  で充電される。

【図 7】図 7 A は、本発明の例示的实施形態による、バッテリーを再充電するための充電曲線のプロットである。図 7 B は、本発明の例示的实施形態による、弱い短絡を受けるバッ

10

20

30

40

50

テリを再充電するための充電曲線のプロットである。

【図 8 A】図 8 A は、本発明の一実施形態による、少なくとも 1 つの電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーを再充電するための 1 つの例示的な方法を表す、ステップ図である。

【図 8 B】図 8 B は、本発明の一実施形態による、少なくとも 1 つの電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーを再充電するための別の例示的な方法を表す、ステップ図である。

【図 8 C】図 8 C は、本発明の一実施形態による、少なくとも 1 つの電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーを再充電するための別の例示的な方法を表す、ステップ図である。

【図 8 D】図 8 D は、本発明の一実施形態による、少なくとも 1 つの電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーを再充電するための別の例示的な方法を表す、ステップ図である。

【図 9】図 9 は、充電可能バッテリーを再充電するための別の例示的な方法を表す、ステップ図である。

【図 10】図 10 は、本発明の例示的实施形態による、多重ゾーン充電方法で充電されているバッテリーの充電曲線のプロットである。

【図 11】図 11 は、本発明の例示的实施形態による、多重ゾーン充電方法で充電されているバッテリーの充電曲線のプロットである。

【図 12】図 12 は、本発明の例示的实施形態による、多重ゾーン充電方法で充電されているバッテリーの充電曲線のプロットである。

【図 13】図 13 は、本発明の例示的实施形態による、約 50 % 以上の SOC が充電されているバッテリーの充電曲線のプロットである。

【図 14】図 14 は、本発明の例示的实施形態による、約 50 % 以上の SOC が充電されているバッテリーの充電曲線のプロットである。

【図 15】図 15 は、本発明の例示的实施形態による、約 50 % 以上の SOC が充電されているバッテリーの充電曲線のプロットである。

【図 16】図 16 は、本発明の例示的实施形態による、約 50 % 以上の SOC が充電されているバッテリーの充電曲線のプロットである。

【図 17】図 17 は、本発明の例示的实施形態による、約 1.25 V 以下の OCV が充電されているバッテリーの充電曲線のプロットである。

【図 18】図 18 は、約 40 % 未満の SOC まで放電され、次いで、バッテリー電圧が分極ピークに到達するまでバッテリーの電圧を固定しない、実質的に一定の充電電流を用いて充電され、次いで、本発明の方法に従って充電されている、バッテリーの充電・放電曲線のプロットである。

【発明を実施するための形態】

【0081】

図は、本発明による、バッテリー再充電器およびバッテリーを再充電する方法の例示的实施形態を図示する。前述の内容に基づいて、本明細書で使用される用語は、単に便宜上のためであり、本発明を説明するために使用される用語は、当業者によって理解される最も広い意味が与えられるべきであると、概して理解されたい。

【0082】

(I. 定義)

本明細書で使用されるように、「分極ピーク」はまたは「自然分極ピーク」とは、複数の電圧プラトー、例えば、少なくとも 2 つの電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーが、バッテリーの電圧を固定するように制御されていない充電電流を用いて、第 1 のプラトーの電圧から、より高いプラトーの電圧まで充電されるときに観察される電圧プラトーに先行するバッテリー電圧の急上昇のピーク電圧値を指す。例示的な電圧プラトーは、 $V_p$  として図 2 で、 $V_{p1}$ 、 $V_{p2}$ 、および  $V_{p3}$  として図 3 A および 3 B で図示されている。例示的な分極ピークは、 $V_{pp}$  として図 2 で、 $V_{pp1}$  および  $V_{pp2}$  として図 3 A および 3 B で、および図 18 で図示されている。図 3 A および 3 B では、例示的な分極ピークは、充電電流が実質的に一定であり、固定されていないときに観察されることに留意されたい。本発明の範囲を限定することなく、バッテリーが制御されていない電流を用いて充電さ

10

20

30

40

50

れている間に、再充電可能バッテリーの内部化学反応における流束状態（例えば、カソード材料、アノード材料、または両方の酸化状態）が最大化されるときに、分極ピークが発生すると考えられる。この現象は、充電電流が実質的に一定であるが、バッテリー電圧を固定するように制御されていない場合に、バッテリーを再充電するために電圧プロットが生成されるときに、銀亜鉛バッテリー等について観察される。この電圧プロットの実施例は、分極ピークがプロットの充電セクションで識別される、図18において提供される。再充電可能バッテリーが本発明のいくつかの方法に従って充電されるときに、1つ以上の充電電流（例えば、第1の充電電流、第2の充電電流、または両方）がバッテリーの電圧を固定するように制御されているので、1つ以上の分極ピークが観察されないことに留意されたい。

**【0083】**

「電圧プラトー」という用語は、バッテリーが実質的に一定の充電電流を用いて充電されているときに、バッテリーの電圧が実質的に不変のままである、例えば、 $\pm 10\%$ 以下の分散を有するか、または $\pm 5\%$ 以下の分散を有するバッテリー容量の範囲を指す。電圧プラトーの電圧範囲は、概して狭い、例えば、 $\pm 10\%$ 以下の分散を有するか、または $\pm 5\%$ 以下の分散を有するが、電圧プラトーは、プラトーにおける最低電圧、例えば、 $V_P$ によって特徴付けられるか、または識別される。これは、 $V_P$ として図2で、 $V_{P1}$ および $V_{P2}$ として図3Aおよび3Bで図示されている。本発明の範囲を限定することなく、バッテリーの1つまたは複数の電気化学電池の内部化学反応（例えば、カソードまたはアノードあるいは両方の酸化状態）が充電中に安定するとき、電圧プラトーが発生すると考えられ、プラトーに沿ったバッテリーの電圧の適度な分散は、核生成よりもむしろ速度効果によって支配され、それは、プラトー間の電圧において顕著であると考えられる。電圧プラトー現象は、電圧プロットが再充電バッテリーについて生成されるときに観察され得る。

**【0084】**

「制御する」、「制御」、「変調する」、または「変調」という用語は、本明細書で交換可能に使用され、充電されている再充電可能バッテリーの電圧が制限または「固定」されるように、充電電流を上昇させるか、低下させるか、または維持することを意味する。

**【0085】**

「再充電可能バッテリー」、「バッテリー」、「電気化学電池」、および「電池」という用語は、本明細書において交換可能に使用され、化学反応から電気エネルギーを導出すること、または電気エネルギーの導入を介して化学反応を促進することが可能なデバイスを指す。バッテリーは、その設計に応じて、1つ以上の電気化学電池を有してもよい。例えば、ボタン電池またはコイン電池は、1つの電気化学電池を有するバッテリーである。

**【0086】**

本明細書で使用されるように、「放電深度」および「DOD」は、しばしば、ある割合の容量、例えば、定格容量として表される、どれだけ多くのエネルギーがバッテリーまたは電池から引き出されたかという尺度を指すために、交換可能に使用される。例えば、 $30\text{ Ah}$ が引き出されている、 $100\text{ Ah}$ バッテリーは、 $30\%$ 放電深度（DOD）を受けている。

**【0087】**

本明細書で使用されるように、「充電状態」および「SOC」は、ある割合のセルまたはバッテリーの定格容量として表される、バッテリーに残っている利用可能な容量を指すために、交換可能に使用される。バッテリーの「初期SOC」は、バッテリーが充電または再充電を受ける前のバッテリーの充電状態を指す。

**【0088】**

本明細書で説明されるように、「銀」または「銀材料」という用語は、 $\text{Ag}$ 、 $\text{AgO}$ 、 $\text{Ag}_2\text{O}$ 、 $\text{Ag}_2\text{O}_3$ 、 $\text{AgOH}$ 、 $\text{AgOOH}$ 、 $\text{AgONa}$ 、 $\text{AgCuO}_2$ 、 $\text{AgFeO}_2$ 、 $\text{AgMnO}_2$ 、 $\text{Ag}(\text{OH})_2$ 、それらの水和物、またはそれらの任意の組み合わせ等の任意の銀化合物を指す。銀の「水和物」は、銀の水酸化物を含むことに留意されたい。銀がカソードとしての機能を果たすか、または銀原子の酸化状態が流動的な状態であるときに、銀原子を包囲する配位圏は、電池の充電および放電中に動的であると考えられる

10

20

30

40

50

ため、「銀」または「銀材料」という用語は、これらの酸化銀または水和物（例えば、水酸化物）のうちのいずれかを包含すると意図される。「銀」または「銀材料」という用語はまた、銀の1つ以上の性質を増進するドーパントおよび／または被覆でドーパントおよび／または被覆される、上記の種のうちのいずれかを含む。例示的なドーパントおよび被覆が、以下で提供される。いくつかの実施例では、銀または銀材料はさらに、第1遷移金属ドーパントまたは被覆をさらに含む、酸化銀を含む。例えば、銀は、銀銅酸化物、銀鉄酸化物、銀マンガン酸化物（例えば、 $\text{AgMnO}_2$ ）、銀クロム酸化物、銀スカンジウム酸化物、銀コバルト酸化物、銀チタン酸化物、銀バナジウム酸化物、それらの水和物、またはそれらの任意の組み合わせを含む。本明細書で使用される「酸化物」という用語は、どの場合にも、銀または銀材料に存在する酸素原子の数を表さないことに留意されたい。例えば、酸化銀は、 $\text{AgO}$ 、 $\text{Ag}_2\text{O}_3$ 、またはそれらの組み合わせの化学式を有してもよい。さらに、銀は、バルク材料を含むことができ、銀は、任意の好適な平均粒径を有する粉末を含む。

10

#### 【0089】

本明細書で使用されるように、「電解質」とは、導電性媒体として挙動する物質を指す。例えば、電解質は、電池の中の電子および陽イオンの可動化を促進する。電解質は、アルカリ化剤の水溶液等の材料の混合物を含む。いくつかの電解質はまた、緩衝剤等の添加剤も含む。例えば、電解質は、ホウ酸塩またはリン酸塩を含む、緩衝剤を含む。例示的な電解質は、限定することなく、水性 $\text{KOH}$ 、水性 $\text{NaOH}$ 、またはポリマー中の $\text{KOH}$ の液体混合物を含む。

20

#### 【0090】

本明細書で使用されるように、「アルカリ化剤」とは、アルカリ金属の塩基またはイオン性基（例えば、アルカリ金属の含水水酸化物）を指す。さらに、アルカリ化剤は、水または他の極性溶媒の中に溶解させられると、水酸化物イオンを形成する。例示的なアルカリ電解質は、限定することなく、 $\text{LiOH}$ 、 $\text{NaOH}$ 、 $\text{KOH}$ 、 $\text{CsOH}$ 、 $\text{RbOH}$ 、またはそれらの組み合わせを含む。電解質は、任意で、電解質、例えば、 $\text{KF}$ または $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の総イオン強度を修正するために他の塩を含むことができる。

#### 【0091】

本明細書で使用されるように、「Ah」とは、アンペア（Amp）時を指し、バッテリーまたは電気化学電池の容量の科学的単位である。派生単位「mAh」は、ミリアンペア時を表し、Ahの1/1000である。

30

#### 【0092】

本明細書で使用されるように、「最大電圧」または「定格電圧」とは、電池の意図された有用性を妨げることなく電気化学電池を充電することができる最大電圧を指す。例えば、携帯用電子デバイスにおいて有用であるいくつかの亜鉛銀電気化学電池において、最大電圧は、約2.3V以下、または約2.0Vである。携帯用電子デバイスにおいて有用であるリチウムイオンバッテリー等の他のバッテリーでは、最大電圧は、約15.0V未満である（例えば、約13.0V未満、または約12.6V以下）。バッテリーの最大電圧は、バッテリーの耐用年数を構成する充電サイクルの数、バッテリーの保存寿命、バッテリーの電力需要、バッテリーの中の電極の構成、およびバッテリーで使用される活性物質の量に応じて変化する。

40

#### 【0093】

本明細書で使用されるように、「アノード」は、それを通して（正）電流が分極電気デバイスの中へと流れる電極である。バッテリーまたはガルバニ電池では、アノードは、バッテリーにおける放電相中に、そこから電子が流れる負電極である。アノードはまた、放電相中に化学酸化を受ける電極でもある。しかしながら、二次または再充電可能電池では、アノードは、電池の充電相中に化学還元を受ける電極である。アノードは、導電性または半導体材料、例えば、金属、金属酸化物、金属合金、金属複合物、半導体、または同等物から形成される。一般的なアノード材料は、 $\text{Si}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Mg}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{Cd}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{LiC}_6$ 、ミッシュメタル、

50

それらの合金、それらの酸化物、またはその複合物を含む。亜鉛等のアノード材料は、焼結さえされてもよい。

【0094】

アノードは、多くの構成を有してもよい。例えば、アノードは、1つ以上のアノード材料で被覆される伝導性メッシュまたはグリッドから構成されてもよい。別の実施例では、アノードは、アノード材料の固体シートまたはバーであってもよい。

【0095】

本明細書で使用されるように、「カソード」は、(正)電流が分極電気デバイスから流出する電極である。バッテリーまたはガルバニ電池では、カソードは、バッテリーにおける放電相中に、電子が流入する正電極である。カソードはまた、放電相中に化学還元を受ける電極でもある。しかしながら、二次または再充電可能電池では、カソードは、電池の充電相中に化学酸化を受ける電極である。カソードは、導電性または半導体材料、例えば、金属、金属酸化物、金属合金、金属複合物、半導体、または同等物から形成される。一般的なカソード材料は、 $\text{Ag}$ 、 $\text{AgO}$ 、 $\text{Ag}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ag}_2\text{O}$ 、 $\text{HgO}$ 、 $\text{Hg}_2\text{O}$ 、 $\text{CuO}$ 、 $\text{CdO}$ 、 $\text{NiOOH}$ 、 $\text{Pb}_2\text{O}_4$ 、 $\text{PbO}_2$ 、 $\text{LiFePO}_4$ 、 $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ 、 $\text{V}_6\text{O}_{13}$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MnO}_2$ 、 $\text{LiCoO}_2$ 、 $\text{LiNiO}_2$ 、 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 、またはそれらの複合物を含む。 $\text{Ag}$ 、 $\text{AgO}$ 、 $\text{Ag}_2\text{O}_3$ 等のカソード材料は、焼結さえされてもよい。

10

【0096】

カソードはまた、多くの構成を有してもよい。例えば、カソードは、1つ以上のカソード材料で被覆された伝導性メッシュから構成されてもよい。別の実施例では、カソードは、カソード材料の固体シートまたはバーであってもよい。

20

【0097】

バッテリーおよびバッテリー電極は、完全充電状態での活性物質に関して表される。例えば、亜鉛銀バッテリーは、亜鉛を含むアノードと、銀粉末（例えば、 $\text{Ag}_2\text{O}_3$ ）を含むカソードとを含む。それでもなお、1つより多くの種が、ほとんどの条件下でバッテリー電極に存在する。例えば、亜鉛電極は、概して、金属亜鉛と、酸化亜鉛（完全に充電されたときを除く）を含み、銀粉末電極は、通常、 $\text{AgO}$ 、 $\text{Ag}_2\text{O}_3$ 、および／または $\text{Ag}_2\text{O}$ と、金属銀（完全に放電されたときを除く）とを含む。

【0098】

本明細書で使用されるように、アルカリバッテリーおよびアルカリバッテリー電極に適用される「酸化物」という用語は、一般的には少なくともいくつかの条件下で存在する、対応する「水酸化物」種を包含する。

30

【0099】

本明細書で使用されるように、「抵抗率」または「インピーダンス」は、電気化学電池の中のカソードの内部抵抗を指す。この性質は、一般的には、オームまたはマイクロオームの単位で表される。

【0100】

本明細書で使用されるように、「第1の」および／または「第2の」という用語は、空間または時間において相対的な位置を順序付けるか、または表すことを指さないが、これらの用語は、2つの異なる要素または構成要素を区別するために使用される。例えば、第1のセパレータは、必ずしも時間または空間において第2のセパレータに先行しないが、第1のセパレータは、第2のセパレータではなく、その逆も同様である。第1のセパレータが空間または時間において第2のセパレータに先行することが可能であるが、第2のセパレータが空間または時間において第1のセパレータに先行することが等しく可能である。

40

【0101】

本明細書で使用されるように、「容量」という用語は、電池の放電電流と、電池が終点電圧に達するまで電流が放電される間の時間（時間単位）との数学の積を指す。

【0102】

50

同様に、「実際の容量」または「理論容量」は、電池に存在する電極材料の量、電池に存在する電解質の量、および電極の表面積に基づいて、バッテリーまたは電気化学電池が100%SOCにおいて理論的に放電すべき容量を指す。一般論として、電池／バッテリーの容量は、アンペア時(Ah)またはミリアンペア時(mAh)で表される利用可能な充電量である。アンペアは、電流に使用される測定単位であり、1秒間に電導体を通過する電荷のクーロンとして定義される。セルまたはバッテリーの容量は、存在する活性材料の数量、存在する電解質の量、および電極の表面積に関係する。バッテリー／電池の容量は、電池の意図された使用法に依存するその終点電圧に達するまで、一定の電流で放電することによって測定することができる。

#### 【0103】

10

電池の「定格容量」は、電池の意図された使用法に対して製造業者によって設計されるような、電圧カットオフ点まで特定負荷および温度で電池またはバッテリーによって実現される平均容量である。多くの種類の電池について、業界標準は、電池の意図された使用法に基づいて、電池の定格容量を確立する。銀亜鉛電池は、一般的には、電池の実際の容量の約70%以下(例えば、約50%以下)である定格容量を有することが留意される。

#### 【0104】

本明細書で使用されるように、「A」または「アンペア」は、交換可能に使用され、電流、例えば、充電電流の単位を指す。

#### 【0105】

本明細書で使用されるように、「s」、「sec」、および「秒」は、交換可能に使用され、時間の単位を指す。

20

#### 【0106】

本明細書で使用されるように、「min」および「分」は、交換可能に使用され、時間の単位を指す。

#### 【0107】

(II. 再充電可能電池を充電する方法)

(A. 充電方法1:)

図2、3A、3B、5、7A、および7Bを参照すると、本発明の一側面は、複数の電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーを充電する方法であって、バッテリーは、その最高電圧プラトーよりも小さい電圧 $V_{Batt}$ を有し、この方法は、

30

a. 第1の充電電流 $I_1$ でバッテリーを充電するステップであって、第1の充電電流 $I_1$ は、バッテリーが電圧 $V_1$ に充電されるまで印加される、ステップと、

b. バッテリーの電圧が $V_1$ であるときに、バッテリーの電圧が、 $V_1$ の約±20%(例えば、±10%、±5%)以下の偏差を伴う $V_1$ に維持されるように、第1の充電電流 $I_1$ を制御／変調するステップとを含み、

電圧 $V_1$ は、 $V_{Batt}$ よりも高い電圧プラトー $V_p$ と関連付けられる自然分極ピークの電圧 $V_{pp}$ よりも小さく、 $V_1$ は、電圧プラトー $V_p$ よりも大きい、方法を提供する。

#### 【0108】

いくつかの方法は、例えば、

c. 第2の充電電流 $I_2$ を用いてバッテリーを充電するステップであって、第2の充電電流 $I_2$ は、バッテリー電圧が電圧 $V_2$ に到達するまで印加され、電圧 $V_2$ は、 $V_p$ よりも大きく、 $V_{pp}$ よりも小さい、ステップと、

40

d. バッテリーの電圧が、 $V_2$ の約±20%以下の偏差を伴う $V_2$ に維持されるように、バッテリーの電圧が $V_2$ に到達すると、第2の充電電流 $I_2$ を制御／変調するステップとの付加的なステップを含む。

#### 【0109】

いくつかの方法は、任意で、バッテリーが $V_2$ に充電されていた期間中、 $I_2$ が充電電流の約95%以下であるように制御されると、充電電流 $I_2$ を終了させるステップを含む。

#### 【0110】

いくつかの方法では、充電電流 $I_1$ は、 $V_{Batt}$ が $V_1$ 以下である期間中、実質的に

50

一定である。そして、いくつかの方法では、充電電流  $I_2$  は、 $V_{Bat}$  が  $V_2$  以下である期間中、実質的に一定である。これらの方法では、充電電流  $I_1$  は、バッテリーが  $V_1$  に充電される前は、充電電流  $I_2$  以上である。例えば、 $I_1$  は、バッテリーが  $V_1$  に充電される前は、充電電流  $I_2$  よりも大きい。他の場合において、 $I_1$  は、バッテリーが  $V_1$  に充電される前は、充電電流  $I_2$  に等しい。

#### 【0111】

いくつかの方法では、第2の充電電流  $I_2$  は、少なくともバッテリーが、バッテリーの定格容量の約80%から約150%まで（例えば、約80%から約110%まで）のSOCに充電されるまで、印加される。

#### 【0112】

他の方法では、第1の充電電流  $I_1$  は、バッテリーの初期SOCがその定格容量の40%未満（例えば、30%未満）である場合、約1分から約300分間まで（例えば、約5分から約300分間まで、約5分から約240分間まで、または約10分から約90分間まで）の期間でバッテリーを電圧  $V_1$  に充電することに十分である。いくつかの方法では、第1の充電電流  $I_1$  は、バッテリーの初期SOCがその定格容量の40%未満（例えば、30%未満）である場合に、約10分から約260分間まで（例えば、約10分から約180分間まで）の期間でバッテリーを  $V_1$  の電圧に充電することに十分である。他の方法では、第1の充電電流  $I_1$  は、バッテリーの初期SOCがその定格容量の40%未満（例えば、30%未満）である場合に、約75分間以下（例えば、約5分から約75分間まで、または約15分間から約75分間まで）の期間でバッテリーを  $V_1$  の電圧に充電することに十分である。

#### 【0113】

他の方法では、第1の充電電流  $I_1$  は、約240分間以下（例えば、約180分間以下）でその定格容量の30%未満（例えば、20%未満）のSOCから、その定格容量の約30%から約40%までのSOCにバッテリーを充電することに十分である。例えば、第1の充電電流  $I_1$  は、約240分間未満（例えば、約180分間未満）で、その定格容量の30%未満（例えば、20%未満）のSOCから、その定格容量の約40%のSOCまでバッテリーを充電することに十分である。

#### 【0114】

他の方法では、第1の充電電流  $I_1$  は、バッテリーの電圧が  $V_1$  であるときに、バッテリーの電圧が約1秒から約1500秒まで（例えば、約6秒から約1500秒まで、約6秒から約1200秒まで、または約6秒から約900秒まで）の期間中、 $V_1$  の約±20%以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持されるように、制御される。例えば、いくつかの方法は、バッテリーの電圧が、約6秒から約1200秒まで（例えば、約6秒から約900秒まで）の期間中、 $V_1$  の約±10%以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持されるように、バッテリーの電圧が  $V_1$  に到達すると、第1の充電電流  $I_1$  を制御するステップを含む。他の実施例は、バッテリーの電圧が  $V_1$  に到達すると、バッテリーの電圧が約6秒から約600秒までの期間中、 $V_1$  の約±10%以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持されるように、第1の充電電流  $I_1$  を制御するステップを含む。

#### 【0115】

いくつかの方法は、

e. バッテリーの電圧が、約6秒から約1500秒（例えば、約6秒から約1200秒、または約6秒から約900秒）までの期間中、 $V_1$  の約±20%以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持された後に、第1の充電電流  $I_1$  を終了させるステップと、

f. 第1の充電電流  $I_1$  が終了すると、第2の充電電流  $I_2$  を印加するステップとをさらに含む。

#### 【0116】

他の方法では、 $V_1$  は、 $V_2$  以上である。例えば、いくつかの方法では、 $V_1$  は、 $V_2$  よりも大きい。別の場合においては、 $V_1$  は、 $V_2$  に等しい。

#### 【0117】

いくつかの方法では、 $V_{Batt}$  は、電圧  $V_1$  の約 50% から約 87% までである。

#### 【0118】

いくつかの方法では、 $I_1$  は、約 500 アンペア以下である。例えば、 $I_1$  は、約 100 mA から約 500 アンペアまでである。これらの実施例のうちのいくつかでは、 $I_2$  は、約 500 アンペア以下である。例えば、 $I_2$  は、約 100 mA から約 500 アンペアまでである。これらの実施例のうちのいくつかでは、バッテリーは、約 1 Ah から約 1000 Ah までの定格容量を有する。

#### 【0119】

いくつかの方法では、 $I_1$  は、約 500 mA 以下である。例えば、 $I_1$  は、約 20 mA から約 500 mA までである。これらの実施例のうちのいくつかでは、 $I_2$  は、約 500 mA 以下である。例えば、 $I_2$  は、約 20 mA から約 500 mA までである。これらの実施例のうちのいくつかでは、バッテリーは、約 200 mAh から約 1 Ah までの定格容量を有する。

10

#### 【0120】

いくつかの方法では、 $I_1$  は、約 50 mA 以下である。例えば、 $I_1$  は、約 5 mA から約 50 mA までである。これらの実施例のうちのいくつかでは、 $I_2$  は、約 50 mA 以下である。例えば、 $I_2$  は、約 5 mA から約 50 mA までである。これらの実施例のうちのいくつかでは、バッテリーは、約 50 mAh から約 200 mAh までの定格容量を有する。

#### 【0121】

いくつかの方法では、 $I_1$  は、約 25 mA 以下である。例えば、 $I_1$  は、約 400  $\mu$ A から約 25 mA までである。これらの実施例のうちのいくつかでは、 $I_2$  は、約 25 mA 以下である。例えば、 $I_2$  は、約 400  $\mu$ A から約 25 mA までである。これらの実施例のうちのいくつかにおいて、バッテリーは、約 4 mAh から約 50 mAh までの定格容量を有する。

20

#### 【0122】

いくつかの方法では、 $I_1$  は、約 2 mA 以下である。例えば、 $I_1$  は、約 10  $\mu$ A から約 2 mA までである。これらの実施例のうちのいくつかでは、 $I_2$  は、約 2 mA 以下である。例えば、 $I_2$  は、約 10  $\mu$ A から約 2 mA までである。これらの実施例のうちのいくつかでは、バッテリーは、約 1 mAh から約 4 mAh までの定格容量を有する。

#### 【0123】

いくつかの方法では、 $I_1$  は、約 50 mA 以下である。例えば、 $I_1$  は、約 500 mA から 8 mA 以上である。他の実施例では、 $I_1$  は、約 5 mA から約 500 mA までである。これらの実施例のうちのいくつかでは、 $I_2$  は、500 mA 未満である。例えば、 $I_2$  は、約 500 mA 未満から約 1 mA までである。これらの実施例のうちのいくつかでは、バッテリーは、約 1 Ah から約 4 Ah までの定格容量を有する。

30

#### 【0124】

いくつかの方法では、 $I_1$  は、約 1 アンペア以下である。例えば、 $I_1$  は、約 1 アンペアから 10 mA 以上までである。他の実施例では、 $I_1$  は、約 10 mA から約 1 A（例えば、約 10 mA から約 0.99 A）までである。これらの方法のうちのいくつかでは、 $I_2$  は、1 アンペア未満である。例えば、 $I_2$  は、1 アンペアから約 10 mA である。他の実施例では、 $I_2$  は、約 10 mA から約 0.99 A までである。他の実施例では、バッテリーは、約 100 mAh から約 1000 mAh までの定格容量を有する。

40

#### 【0125】

いくつかの方法では、 $I_1$  は、約 100 mA 以下である。例えば、 $I_1$  は、約 100 mA から約 1.0 mA 以上である。他の実施例では、 $I_1$  は、約 1.0 mA から約 99.9 mA である。これらの実施例のうちのいくつかでは、 $I_2$  は、100 mA 未満（例えば、75 mA 未満）である。例えば、 $I_2$  は、75 mA 未満から約 5 mA までである。他の実施例では、 $I_2$  は、約 5 mA から約 99.99 mA までである。これらの実施例のうちのいくつかでは、バッテリーは、約 15 mAh から約 150 mAh まで（例えば、約 50 mAh から約 100 mAh まで）の定格容量を有する。

50

## 【0126】

いくつかの方法では、 $I_1$  は、約 150 mA 以下である。例えば、 $I_1$  は、約 0.3 mA から約 60 mA 以下までである。これらの方法のうちのいくつかでは、 $I_2$  は、約 150 mA 未満である。例えば、 $I_2$  は、約 0.2 mA から約 149.99 mA までである。これらの方法のうちのいくつかでは、バッテリーは、約 4 mAh から約 150 mAh までの定格容量を有する。

## 【0127】

いくつかの方法では、 $I_1$  は、約 25 mA 以下である。例えば、 $I_1$  は、約 25 mA から 0.4 mA 以上である。これらの方法のうちのいくつかでは、 $I_2$  は、25 mA 未満である。例えば、 $I_2$  は、25 mA から約 0.2 mA までである。これらの方法のうちのいくつかでは、バッテリーは、約 4 mAh から約 50 mAh までの定格容量を有する。

10

## 【0128】

いくつかの方法では、 $I_1$  は、約 15 mA 以下である。例えば、 $I_1$  は、約 15 mA から 0.1 mA 以上である。これらの方法のうちのいくつかでは、 $I_2$  は、15 mA 未満である。例えば、 $I_2$  は、15 mA 未満から約 0.1 mA までである。これらの方法のうちのいくつかでは、バッテリーは、約 1.0 mAh から約 15 mAh までの定格容量を有する。

## 【0129】

いくつかの方法では、 $I_1$  は、約 3.0 mA から約 3.5 mA までである。これらの方法のうちのいくつかでは、バッテリーは、約 40 mAh から約 50 mAh（例えば、約 44 mAh）までの論理容量を有する。他の方法では、バッテリーは、約 15 mAh から約 20 mAh まで（例えば、約 18 mAh）の定格容量を有する。そして、いくつかの実施形態では、バッテリーは、約 25 mWh から約 30 mWh まで（例えば、約 29 mWh）を貯蔵する。

20

## 【0130】

いくつかの方法では、 $I_1$  は、約 4.7 mA から約 5.6 mA までである。これらの方法のうちのいくつかでは、バッテリーは、約 50 mAh から約 60 mAh まで（例えば、約 57 mAh）の理論容量を有する。他の方法では、バッテリーは、約 20 mAh から約 30 mAh まで（例えば、約 28 mAh）の定格容量を有する。そして、いくつかの実施形態では、バッテリーは、約 40 mWh から約 50 mWh まで（例えば、約 45 mWh）を貯蔵する。

30

## 【0131】

いくつかの方法では、 $I_1$  は、約 5.4 mA から約 6.4 mA までである。これらの方法のうちのいくつかでは、バッテリーは、約 60 mAh から約 80 mAh まで（例えば、約 70 mA から約 80 mA まで、または約 78 mAh）の理論容量を有する。他の方法では、バッテリーは、約 30 mAh から約 40 mAh まで（例えば、約 32 mAh）の定格容量を有する。そして、いくつかの実施形態では、バッテリーは、約 50 mWh から約 60 mWh まで（例えば、約 51 mWh）を貯蔵する。

## 【0132】

いくつかの方法では、 $I_1$  は、約 15 mA から約 24 mA までである。これらの方法のうちのいくつかでは、バッテリーは、約 250 mAh から約 275 mAh まで（例えば、約 269 mAh）の理論容量を有する。他の方法では、バッテリーは、約 100 mAh から約 140 mAh まで（例えば、約 120 mAh）の定格容量を有する。そして、いくつかの実施形態では、バッテリーは、約 175 mWh から約 225 mWh まで（例えば、約 192 mWh）を貯蔵する。

40

## 【0133】

いくつかの方法では、電圧  $V_2$  は、 $V_1$  の約 85 % から約 100 %（例えば、約 90 % から約 100 %、または約 90 % から約 99 %）である。例えば、電圧  $V_2$  は、 $V_1$  の約 96 % から約 99.5 % である。

## 【0134】

50

いくつかの方法では、 $V_1$  は、約 2.04 V 以下である。例えば、 $V_1$  は、約 1.96 V から約 2.04 V までである。他の実施例では、 $V_1$  は、約 1.96 V から約 1.99 V までである。

#### 【0135】

いくつかの方法では、 $V_2$  は、約 2.03 V 以下である。例えば、 $V_2$  は、約 1.93 V から約 2.03 V までである。他の実施例では、 $V_2$  は、約 1.93 V から約 1.98 V までである。

#### 【0136】

本発明による、再充電可能バッテリーを再充電するいくつかの方法は、バッテリーに充電されている容量を決定する方法として、クーロンをカウントするステップを除外する。

10

#### 【0137】

本発明の別の側面は、複数の電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーを充電する方法であって、バッテリーは、その最高電圧プラトーよりも小さい電圧  $V_{Bat}$  を有し、第1の充電電流  $I_1$  でバッテリーを充電するステップであって、第1の充電電流  $I_1$  は、バッテリーが電圧  $V_1$  に充電されるまで実質的に一定である、ステップと、バッテリーの電圧が  $V_1$  であるとき、バッテリーの電圧が、約 6 秒から約 1200 秒まで（例えば、約 6 秒から約 900 秒まで）の期間中、 $V_1$  の約  $\pm 20\%$  以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持されるように、第1の充電電流  $I_1$  を制御するステップとを含み、電圧  $V_1$  は、 $V_{Bat}$  よりも高い電圧プラトー  $V_p$  に対する自然分極ピークの電圧  $V_{pp}$  よりも小さく、 $V_1$  は、前記電圧プラトー  $V_p$  よりも大きい、方法を提供する。

20

#### 【0138】

いくつかの方法はさらに、バッテリーが  $V_1$  未満の電圧を有するときに、第1の充電電流  $I_1$  以下である第2の充電電流  $I_2$  でバッテリーを充電するステップであって、第2の充電電流  $I_2$  は、バッテリー電圧が電圧  $V_2$  に到達するまで実質的に一定であり、電圧  $V_2$  は、電圧  $V_1$  以下であり、 $V_{Bat}$  よりも大きい、ステップと、バッテリーの電圧が電圧  $V_2$  に到達すると、バッテリーの電圧が  $V_2$  の約  $\pm 20\%$  以下の偏差を伴う  $V_2$  に維持されるように、第2の充電電流  $I_2$  を制御するステップとを含む。また、いくつかの方法はまた、バッテリーがバッテリーの定格容量の約 80% から約 150% まで（例えば、約 80% から約 110% まで）の SOC に充電された時点から、約 10 分間以下（例えば、約 5 分間以下）の期間後に、第2の充電電流  $I_2$  を終了させるステップも含む。

30

#### 【0139】

いくつかの方法では、第1の充電電流  $I_1$  は、バッテリーの初期 SOC が、その定格容量の 40% 未満（例えば、30% 未満）であるときに、約 5 分間から約 240 分間までの期間で、バッテリーを電圧  $V_1$  に充電することに十分である。他の方法では、第1の充電電流  $I_1$  は、バッテリーの初期 SOC が、その定格容量の 40% 未満（例えば、30% 未満）であるときに、約 10 分間から約 180 分間までの期間で、バッテリーを  $V_1$  の電圧に充電することに十分である。他の方法では、第1の充電電流  $I_1$  は、バッテリーの初期 SOC が、その定格容量の 40% 未満（例えば、30% 未満）であるときに、約 15 分間から約 75 分間までの期間で、バッテリーを  $V_1$  の電圧に充電することに十分である。または、第1の充電電流  $I_1$  は、約 240 分間以下（例えば、約 180 分間以下）で、その定格容量の 30% 未満（例えば、20% 未満）の SOC から、その定格容量の約 30% から 40% までの SOC にバッテリーを充電することに十分である。例えば、第1の充電電流  $I_1$  は、約 240 分間未満で、その定格容量の 40% 未満（例えば、30% 未満）の SOC から、その定格容量の約 40% の SOC にバッテリーを充電することに十分である。他の方法では、第1の充電電流  $I_1$  は、バッテリーの初期 SOC がその定格容量の 40% 未満（例えば、30% 未満）であるときに、約 75 分間以下の期間で、バッテリーを  $V_1$  の電圧に充電することに十分である。

40

#### 【0140】

いくつかの方法では、 $V_{Bat}$  は、電圧  $V_1$  の約 50% から約 87% までである。

#### 【0141】

50

他の方法は、バッテリーの電圧が電圧 $V_1$ に到達すると、バッテリーの電圧が、約6秒から約1200秒まで（例えば、約6秒から約900秒まで、または約550秒から約650秒まで）の期間中、 $V_1$ の約±10%以下の偏差を伴う $V_1$ に維持されるように、第1の充電電流 $I_1$ を制御するステップをさらに含む。

#### 【0142】

任意で、これらの方法のうちのいくつかは、バッテリーが $V_2$ の電圧に充電された後に、1秒以上の期間にわたって $V_{Batt}$ が $V_P$ （例えば、1.90V）よりも低い場合に、バッテリーにおける弱い短絡を示す電気信号を生成するステップを含む。

#### 【0143】

任意で、これらの方法のうちのいくつかは、バッテリーがこの充電方法のいくつかのステップに適合するか否かを決定するために、診断充電電流 $I_{Diag}$ を用いてバッテリーを充電するステップをさらに含む。1つの実施形態は、約30秒未満の期間にわたって診断充電電流 $I_{Diag}$ でバッテリーを充電するステップと、バッテリーの電圧 $V_{Batt}$ を検出するステップと、 $V_{Batt}$ が約1.65V以下（例えば、約1.65V未満）である場合にバッテリーの充電を終了させるステップとを含む。いくつかの方法では、 $I_{Diag}$ は、 $I_1$ 以上である。他の方法では、 $I_{Diag}$ は、 $I_1$ よりも約5%から約200%だけ大きい。いくつかの方法では、 $I_{Diag}$ は、 $I_1$ よりも約30%から約100%だけ大きい。そしていくつかの方法では、 $I_{Diag}$ は、 $I_1$ にほぼ等しい。他の実施形態は、約10秒未満の期間中、 $I_1$ よりも約10%から約200%だけ高い診断充電電流 $I_{Diag}$ を用いてバッテリーを充電するステップと、バッテリーの電圧 $V_{Batt}$ を検出するステップと、 $V_{Batt}$ が約1.60V以下である場合にバッテリーの充電を終了させるステップとを含む。いくつかの方法は、約5秒未満の期間中、 $I_1$ よりも約30%から約100%だけ高い診断充電電流 $I_{Diag}$ を用いてバッテリーを充電するステップと、バッテリーの電圧 $V_{Batt}$ を検出するステップと、 $V_{Batt}$ が約1.55V以下である場合にバッテリーの充電を終了させるステップとをさらに含む。

#### 【0144】

いくつかの方法では、電圧 $V_2$ は、 $V_1$ の約90%から約100%までである。例えば、電圧 $V_2$ は、 $V_1$ の約96%から約99.5%までである。他の方法では、 $V_1$ は、約2.04V以下である。例えば、 $V_1$ は、約2.04Vから約1.96Vまでである。または、 $V_1$ は、約1.99Vから約1.96Vまでである。

#### 【0145】

他の方法では、 $V_2$ は、約2.03V以下である。例えば、 $V_2$ は、約2.03Vから約1.93Vである。他の実施例では、 $V_2$ は、約1.93Vから約1.98Vである。

#### 【0146】

本発明の他の側面は、再充電可能銀亜鉛バッテリーを検出する方法であって、約60秒未満の期間中、診断充電電流 $I_{Diag}$ を用いてバッテリーを充電するステップと、バッテリーの電圧 $V_{Batt}$ を検出するステップと、 $V_{Batt}$ が約1.60V以下（例えば、約1.55V以下）である場合にバッテリーの充電を終了させるステップとを含み、 $I_{Diag}$ は約25mA以下である、方法を提供する。いくつかの実施形態では、バッテリーは、約7秒以下の期間中 $I_{Diag}$ で充電され、バッテリーの電圧 $V_{Batt}$ を検出するステップと、 $V_{Batt}$ が約1.60V以下である場合に電気信号を生成するステップとを含み、 $I_{Diag}$ は、約20mAから約25mA、または約10mA以下である。いくつかの実施形態では、電気信号は、音声アラーム、視覚アラーム、振動アラーム、またはそれらの任意の組み合わせを起動する。

#### 【0147】

概して、図6を参照すると、本発明の別の側面は、複数の電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーを充電する方法であって、バッテリーは、第1の逐次電圧プラトーの電圧 $V_{P1}$ の約80%未満（例えば、約70%未満）である電圧 $V_{Batt}$ を有し、該方法は、

a. バッテリーを充電する電圧が $V_{Batt}$ よりも大きい第1の逐次電圧プラトー $V_{P1}$ に到達した後に、約120分間以下（例えば、約30分間以下、約20分間以下、または

10

20

30

40

50

約 15 分間以下) の期間にわたって実質的に一定である回復充電電流  $I_{recov}$  を用いてバッテリーを充電するステップと、

b. 第 1 の充電電流  $I_1$  を用いてバッテリーを充電するステップであって、第 1 の充電電流  $I_1$  は、バッテリーが電圧  $V_1$  に充電されるまで実質的に一定である、ステップと、

c. バッテリーの電圧が、バッテリーの電圧が電圧  $V_1$  に到達すると、約 6 秒から約 120 秒まで (例えば、約 6 秒から約 900 秒まで) の期間中、 $V_1$  の約  $\pm 20\%$  以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持されるように、第 1 の充電電流  $I_1$  を制御するステップと

を含み、

電圧  $V_1$  は、 $V_{p1}$  よりも高い電圧プラトー  $V_p$  に対する自然分極ピークの電圧  $V_{pp}$  よりも小さく、 $V_1$  は、電圧プラトー  $V_p$  よりも大きい、方法を提供する。

10

【0148】

いくつかの方法では、 $I_{recov}$  は、 $I_1$  の約 5% から約 90% までである。例えば、 $I_{recov}$  は、 $I_1$  の約 10% から約 30% までである。

【0149】

いくつかの方法は、

d. 第 1 の充電電流  $I_1$  よりも小さい第 2 の充電電流  $I_2$  を用いてバッテリーを充電するステップであって、第 2 の充電電流  $I_2$  は、バッテリー電圧が電圧  $V_2$  に到達するまで実質的に一定であり、電圧  $V_2$  は、電圧  $V_1$  よりも小さく、第 1 の逐次電圧プラトー  $V_{p1}$  よりも大きい、ステップと、

e. バッテリーの電圧が電圧  $V_2$  に到達すると、バッテリーの電圧が、電圧  $V_2$  の約  $\pm 20\%$  以下の偏差を伴う  $V_2$  に維持されるように、第 2 の充電電流  $I_2$  を制御するステップとをさらに含む。

20

【0150】

他の方法は、

f. バッテリーがバッテリーの定格容量の約 80% から約 150% まで (例えば、約 80% から約 110% まで) の容量に充電された時点から、約 10 分間以下の期間後に、第 2 の充電電流  $I_2$  を終了させるステップをさらに含む。

【0151】

そして、いくつかの方法は、約 15 分間から 2 時間まで (例えば、約 30 分間から約 120 分間まで) の期間の間、 $I_{recov}$  を用いて充電された後に、バッテリーの電圧  $V_{Bat}$  が、 $V_{p1}$  よりも大きい第 1 の逐次電圧プラトー  $V_{p1}$  に到達できなかった場合に、バッテリーが短絡 (例えば、弱い短絡または強い短絡) を受けていることを示す電気信号を生成するステップをさらに含む。

30

【0152】

この側面のいくつかの方法はまた、バッテリーに充電される容量を評価するためにクーロンをカウントするステップを除外する。

【0153】

いくつかの方法では、再充電可能バッテリーは、亜鉛材料を含むアノードを備える。

【0154】

他の方法では、再充電可能バッテリーは、銀材料を含むカソードを備える。

40

【0155】

本発明の方法を使用して再充電され得る例示的なバッテリーは、ボタン電池、コイン電池、円筒電池、または角柱電池を含む。

【0156】

上記の方法は、任意で、第 2 の充電電流  $I_2$  が終了するときに電気信号を生成するステップ等の付加的なステップを含んでもよい。いくつかの方法は、第 2 の充電電流  $I_2$  が終了すると、視覚信号を起動するステップ、音声信号を起動するステップ、振動信号を起動するステップ、またはそれらの任意の組み合わせをさらに含む。

【0157】

図 7 A、7 B、および 8 A を参照すると、本発明の別の側面は、複数の電圧プラトーを

50

有する再充電可能ボタン電池を充電する方法であって、電池は、約1.10Vよりも大きく、かつ約1.70V未満（例えば、1.20Vよりも大きい、および1.70V）の電圧を有し、該方法は、

a. 第1の充電電流  $I_1$  を用いてバッテリーを充電するステップであって、第1の充電電流  $I_1$  は、電池が、1.70Vよりも大きく、かつ2.04V未満である電圧  $V_1$  に充電されるまで、実質的に一定である、ステップと、

b. 電池の電圧が電圧  $V_1$  に到達すると、電池の電圧が、約6秒から約1500秒まで（例えば、約6秒から約1200秒まで）の期間中、 $V_1$  の約±10%以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持されるように、第1の充電電流  $I_1$  を制御するステップと

を含む、方法を提供する。

10

#### 【0158】

いくつかの方法は、

c. バッテリーが  $V_1$  未満の電圧を有するときに、第1の充電電流  $I_1$  以下である第2の充電電流  $I_2$  を用いて電池を充電するステップであって、第2の充電電流  $I_2$  は、電池電圧が電圧  $V_2$  に到達するまで実質的に一定であり、電圧  $V_2$  は、電圧  $V_1$  以下であり、かつ1.7Vよりも大きい、ステップと、

d. 電池の電圧が電圧  $V_2$  に到達すると、電池の電圧が、電圧  $V_2$  の約±10%以下の偏差を伴う  $V_2$  に維持されるように、第2の充電電流  $I_2$  を制御するステップとさらにを含む。

#### 【0159】

そして、他の方法は、

e. 電池が電池の定格容量の約80%から約150%まで（例えば、約80%から約110%まで）の容量に充電された時点から5分間以下の後に、第2の充電電流  $I_2$  を終了させるステップを含む。

20

#### 【0160】

いくつかの方法では、第1の充電電流  $I_1$  は、約1分間から約180分間まで（例えば、約30分間から約180分間まで）の期間で、バッテリーを電圧  $V_1$  に充電することに十分である。

#### 【0161】

他の方法は、電池の電圧が電圧  $V_1$  に到達すると、バッテリーの電圧が、約550秒から約650秒までの期間中、 $V_1$  の約±10%以下の偏差を伴う  $V_1$  に維持されるように、第1の充電電流  $I_1$  を制御するステップをさらに含む。

30

#### 【0162】

いくつかの方法では、電圧  $V_2$  は、 $V_1$  の約90%から約100%までである。例えば、電圧  $V_2$  は、 $V_1$  の約96%から約99.5%までである。

#### 【0163】

いくつかの方法では、 $I_1$  は、約1アンペア以下である。例えば、 $I_1$  は、約1アンペアから80mA以上までである。他の実施例では、 $I_1$  は、約80mAから約1Aまで（例えば、約8mAから約0.99Aまで）である。これらの方法のうちのいくつかでは、 $I_2$  は、1アンペア未満である。例えば、 $I_2$  は、1アンペア未満から約80mAまでである。他の実施例では、 $I_2$  は、約80mAから約0.99Aまでである。他の実施例では、バッテリーは、約100mAhから約1000mAhまでの定格容量を有する。

40

#### 【0164】

いくつかの方法では、 $I_1$  は、約300mA以下である。例えば、 $I_1$  は、約250mAから約8mA以上までである。他の実施例では、 $I_1$  は、約8mAから約299.99mAまでである。これらの方法のうちのいくつかでは、 $I_2$  は、300mA未満（例えば、250mA未満）である。例えば、 $I_2$  は、250mA未満から約4mAまでである。他の実施例では、 $I_2$  は、約4mAから約299.99mAまでである。これらの方法のうちのいくつかでは、バッテリーは、約15mAhから約150mAhまで（例えば、約50mAhから約100mAhまで）の定格容量を有する。

50

## 【0165】

いくつかの方法では、電圧 $V_2$ は、約1.93Vから約1.98Vまでである。

## 【0166】

いくつかの方法では、 $I_1$ は、約25mA以下である。例えば、 $I_1$ は、約25mAから4mA以上までである。これらの方法のうちのいくつかでは、 $I_2$ は、25mA未満である。例えば、 $I_2$ は、25mA未満から約2mAまでである。これらの方法のうちのいくつかでは、バッテリーは、約4mAhから約50mAhまでの定格容量を有する。

## 【0167】

いくつかの方法では、 $I_1$ は、約15mA以下である。例えば、 $I_1$ は、約15mAから0.1mA以上までである。これらの方法のうちのいくつかでは、 $I_2$ は、15mA未満である。例えば、 $I_2$ は、15mA未満から約0.1mAまでである。

10

## 【0168】

いくつかの方法では、 $I_1$ は、約3.0mAから約3.5mAまでである。これらの方法のうちのいくつかでは、バッテリーは、約40mAhから約50mAhまで（例えば、約44mAh）の理論容量を有する。他の方法では、バッテリーは、約15mAhから約20mAhまで（例えば、約18mAh）の定格容量を有する。そして、いくつかの実施形態では、バッテリーは、約25mWhから約30mWhまで（例えば、約29mWh）を貯蔵する。

## 【0169】

いくつかの方法では、 $I_1$ は、約4.7mAから約5.6mAまでである。これらの方法のうちのいくつかでは、バッテリーは、約50mAhから約60mAhまで（例えば、約57mAh）の理論容量を有する。他の方法では、バッテリーは、約20mAhから約30mAhまで（例えば、約28mAh）の定格容量を有する。そして、いくつかの実施形態では、バッテリーは、約40mWhから約50mWhまで（例えば、約45mWh）を貯蔵する。

20

## 【0170】

いくつかの方法では、 $I_1$ は、約5.4mAから約6.4mAまでである。これらの方法のうちのいくつかでは、バッテリーは、約70mAhから約80mAhまで（例えば、約78mAh）の理論容量を有する。他の方法では、バッテリーは、約30mAhから約40mAhまで（例えば、約32mAh）の定格容量を有する。そして、いくつかの実施形態では、バッテリーは、約50mWhから約60mWhまで（例えば、約51mWh）を貯蔵する。

30

## 【0171】

いくつかの方法では、 $I_1$ は、約15mAから約24mAまでである。これらの方法のうちのいくつかでは、バッテリーは、約250mAhから約275mAhまで（例えば、約269mAh）の理論容量を有する。他の方法では、バッテリーは、約100mAhから約140mAh（例えば、約120mAh）までの定格容量を有する。そして、いくつかの実施形態では、バッテリーは、約175mWhから約225mWhまで（例えば、約192mWh）を貯蔵する。

## 【0172】

いくつかの方法では、電圧 $V_2$ は、 $V_1$ の約90%から約100%までである。例えば、電圧 $V_2$ は、 $V_1$ の約96%から約99.5%までである。

40

## 【0173】

いくつかの方法では、電圧 $V_1$ は、約1.95Vから約1.99Vまでである。

## 【0174】

他の方法では、第1の充電電流 $I_1$ は、約550秒から約650秒までの期間中変調される。

## 【0175】

いくつかの方法では、電圧 $V_2$ は、約1.93Vから約1.98Vまでである。

## 【0176】

50

他の方法は、上記で説明されるようにクーロンをカウントするステップを除外する。

【0177】

いくつかの方法では、バッテリーは、亜鉛材料を含むアノードを備える。

【0178】

他の方法では、バッテリーは、銀材料を含むカソードを備える。

【0179】

いくつかの方法は、第2の充電電流  $I_2$  が終了させられたときに電気信号を生成するステップをさらに含む。そして、他の方法は、第2の充電電流  $I_2$  が終了させられたときに信号（例えば、視覚信号、音声信号、振動信号、またはそれらの任意の組み合わせ）を起動するステップをさらに含む。

10

【0180】

本発明のいくつかの方法は、比較的高い初期SOCを有するバッテリーを再充電するために有用である。図4を参照すると、本発明は、複数の電圧プラトー、およびその定格容量の50%よりも大きい初期SOCを有する再充電可能バッテリーを充電する方法であって、バッテリーは、その最高電圧プラトー以下である電圧  $V_{Bat}$  を有し、該方法は、

a. バッテリーが電圧  $V_2$  に充電されるまで、実質的に一定の充電電流  $I_2$  でバッテリーを充電するステップと、

b. バッテリーの電圧が、 $V_2$  の約±20%以下の偏差を伴う  $V_2$  に維持されるように、充電電流  $I_2$  を制御するステップと

を含み、

20

電圧  $V_2$  は、自然分極ピークの電圧  $V_{pp}$  よりも小さい電圧プラトーの電圧  $V_p$  以上である、方法を提供する。

【0181】

いくつかの方法は、

c.  $I_2$  が  $I_{ter}$  に到達すると、充電電流  $I_2$  を終了させるステップをさらに含み、 $I_{ter}$  は、バッテリーが  $V_2$  で充電されていたときの期間中、 $I_2$  の約85%以下である。

【0182】

他の方法は、

d.  $I_2$  が  $I_{ter}$  に到達すると、充電電流  $I_2$  を終了させるステップをさらに含み、 $I_{ter}$  は、バッテリーが  $V_2$  で充電されていたときの期間中、 $I_2$  の約75%以下である。

30

【0183】

そして他の方法では、 $V_2$  は、約2.0V以下である。

【0184】

いくつかの方法では、 $I_2$  は、約6mAである。他の方法では、 $I_{ter}$  は、約4.5mAである。

【0185】

本発明の他の側面は、上記の方法のうちの1つ以上を、再充電可能電池を再充電するために有用であり、再充電可能電池のサイクル寿命を最大化するように動作する充電方法に組み込む。

40

【0186】

本発明の付加的な方法の実施例は、図8A-8Dで提示される。

【0187】

1つの方法は、以下のステップに従う。

【0188】

ステップ1：電池のSOCを測定する。

【0189】

ステップ2A：電池のSOCが約0.0%よりも大きく、かつ約40%以下である（例えば、開路電圧（OCV）が約1.2Vよりも大きく、かつ約1.6V以下である）場合

50

に、多段充電工程（以下のステップ3 Aから始まる）に従って電池を充電する。

【0190】

ステップ2 B：SOCが約50%よりも大きい（例えば、OCVが約1.6Vよりも大きい（例えば、約1.85V以上））場合に、単段充電工程（以下のステップ3 Bから始まる）に従って電池を充電する。

【0191】

ステップ2 C：SOCが30%未満である（例えば、OCVが約1.2V以下である）場合に、過剰放電回復工程（以下のステップ3 Cから始まる）に従って電池を充電する。

【0192】

（多重ゾーン充電工程）

ステップ3 A（多重ゾーン充電工程のゾーン1）：充電の約1時間以内に、その定格容量の約30%未満から約40%までのSOCに電池を充電することに十分なアンペア数を有する、実質的に一定の充電電流 $I_1$ を用いて電池を充電するステップであって、充電電流 $I_1$ は、電池が $V_1$ の電圧に充電された後に約6秒から約1500秒まで（例えば、約6秒から約1200秒まで、約6秒から約900秒まで、または約6秒から約600秒まで）で終了する期間の間、電圧がその自然分極ピークの電圧 $V_{pp}$ よりも小さい電圧 $V_1$ に充電されるように制御される、ステップと、次いで、多段充電工程の段階2に従って電池を充電するステップ。

【0193】

ステップ4 A（多重ゾーン充電工程のゾーン2）：実質的に一定の充電電流 $I_2$ で電池を充電するステップであって、充電電流は、電池の電圧が、その自然分極ピークの電圧 $V_{pp}$ よりも小さく、かつ電圧プラトーの電圧よりも大きい最大電圧 $V_2$ 以上に上昇しないように制御される、ステップと、電池が $I_2$ の充電電流を用いて充電される時間を計測するステップと、電池がその定格容量の85%以上（例えば、約85%から約150%まで、または約85%から約130%まで）のSOCに充電された約60秒後に、充電電流を終了させるステップ。

【0194】

（1. 単一ゾーン充電工程）

ステップ3 B：充電電流 $I_2$ を用いて電池を充電するステップであって、充電電流は、電池の電圧が、その自然分極ピークの電圧 $V_{pp}$ よりも小さく、かつ電圧プラトーの電圧よりも大きい最大電圧 $V_2$ 以上に上昇しないように、制御される、ステップと、電池が $I_2$ の充電電流を用いて $V_2$ の電圧に充電される時間を計測するステップと、電池がその定格容量の85%以上（例えば、約80%から約150%まで、または約80%から約110%まで）のSOCに充電された約60秒後に、充電電流を終了させるステップ。

【0195】

（2. 過剰放電回復工程）

ステップ3 C：電池が第1の逐次電圧プラトーの電圧 $V_{p1}$ （例えば、電池の定格容量の約30%未満のSOCまたは約5%未満のSOC）に充電されるまで、一定の充電電流 $I_{recov}$ を用いて電池を充電し、その後が続いて、上記で説明される多段充電方法に従って電池を充電するステップ。

【0196】

上記の充電方法（例えば、多段充電工程、単段充電工程、または過剰放電回復工程）のそれぞれは、図2、4、5、6、および8A-8Dに図示される。

【0197】

ここで図2を参照すると、本発明の実施形態による、銀亜鉛電池の「多重ゾーン充電モード」に係る充電曲線が示されている。実施形態では、充電曲線は、時間に対して描かれ、左から右に読まれる2つの対応する曲線を含む。実施形態では、約1.65Vから始まる第1の曲線は、充電が開始した後の銀亜鉛電池の電圧であり、実施形態では、約8.5mAから始まる第2の曲線は、銀亜鉛電池の充電電流である。

【0198】

上記で説明されたことを考慮して、実施形態では、本発明の方法を実践するために有用である、図1に図示される回路等の再充電管理回路は、電流制限電圧源として表され得る充電基部内に位置してもよい。他の実施形態では、管理回路は、充電基部、バッテリー、バッテリーによって電力供給される電子デバイス、またはそれらの任意の組み合わせの間で分割されてもよい。したがって、再充電管理回路は、充電方法を実装するためのハードウェアを含み、銀亜鉛電池のSOCが約40%未満であるときに、充電基部に第1の充電電流 $I_1$ を送達させてもよく、第1の充電電流 $I_1$ は、バッテリーの電圧が $V_1$ を超えないように制御される。1500秒以下（例えば、約1200秒、約900秒、または約600秒）の期間中、バッテリーが電圧 $V_1$ に充電されると、再充電管理回路は、充電基部に第2の充電電流 $I_2$ を送達させ得、第2の充電電流は、電池が第2の最大電圧レベル $V_2$ 以上に充電されないように制御され、 $V_2$ は $V_1$ 以下である。さらに、実施形態では、銀亜鉛電池を充電するための充電方法は、約60秒（例えば、約30秒から約90秒まで、または約50秒から約70秒まで）の期間の間、制御された充電電流 $I_2$ が最小充電電流 $I_{ter}$ 以下であるときに終了させられ得る。

#### 【0199】

方法のさらなる側面を説明する前に、システムの1つ以上の実施形態のいくつかの側面が提供される。実施形態では、充電電圧精度は、1.900~2.000Vの間において約±2mV以内であってもよい。実施形態では、電圧精度は、1.900~1.200Vの間において約±25mV以内であってもよい。さらに、実施形態では、充電電流精度は、約±0.1mA以内であってもよい。さらに、実施形態では、温度測定精度は、約±5℃（例えば、±2℃）以内で、かつ周囲温度の測定であってもよく、さらに、実施形態では、温度測定は、電池ケース温度を測定する必要がない。

#### 【0200】

実施形態では、以下の制限もまた、銀亜鉛電池、システム、および充電方法のうちの1つ以上の設計において考慮されてもよい。実施形態では、銀亜鉛電池の電圧は、連続して1秒以上にわたって2.00Vを超えてはならない。さらに、実施形態では、充電基部が銀亜鉛電池上の充電電圧を安定させている間、2.00V制限を上回る任意の電圧変動が、充電電圧/電流遷移から生じ得る。さらに、実施形態では、充電電流 $I_2$ または $I_{ter}$ は、連続して30分間以上にわたって約1mAの「トリクル」充電レベルを下回ってはならない。さらに、実施形態では、銀亜鉛電池の（ほぼ室温での）最大充電時間は、約6時間であってもよい。さらに、実施形態では、銀亜鉛電池は、周囲温度条件が約0℃から約40℃までの間であるときに充電され得る。さらに、実施形態では、電池電流は、充電中、積分されてもよく、単一の充電で27mAhを超えてはならない。

#### 【0201】

本発明のいくつかの方法では、放電警告信号が、クーロンカウント終了サイクルをトリガする。

#### 【0202】

（B. 充電方法2：）

図10-17を参照して、本発明の別の側面は、複数の電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーを充電する方法であって、該方法は、

- 1) 変調された充電電流 $I_1$ を用いてバッテリーを連続的に充電するステップであって、充電電流 $I_1$ は、最大アンペア数 $I_{max}$ を有し、バッテリーの電圧が、逐次的に次の高い自然分極ピークの電圧 $V_{pp}$ よりも低く、逐次的に次の高い電圧プラトーよりも高い $V_{max}$ に制限されるように変調される、ステップと、
- 2) 充電電流が最小閾値アンペア数（例えば、図12の $I_{1end}$ 、または図13-16の $I_{2end}$ ）に到達すると、所与の期間中、充電電流 $I_1$ を停止するステップとを含む、方法を提供する。

#### 【0203】

いくつかの実施形態では、最小閾値アンペア数 $I_{end}$ は、以下のように計算され、

$$I_{end} = I_{chg} + I_{Temp}, \quad I_{chg} = (T_2 \times I_{max}) / T_{chg}$$

10

20

30

40

50

ここで、 $I_{Temp}$  は、温度補償電流であり、 $T_2$  は、分極ピーク前の  $V_{max}$  の約 87% から約 96% まで（例えば、約 95.9%）の電圧から、分極ピーク後の  $V_{max}$  の電圧（例えば、2V バッテリにおいて 1.9V から約 2.0V までの電圧または約 2.03V）まで、バッテリーを充電するために必要な時間であり、 $I_{max}$  は、バッテリーに充電される最大電流であり、 $T_{chg}$  は、電池の時定数であり、電圧は、 $\pm 0.5\%$  の偏差を有し、電流アンペア数は、 $\pm 2\%$  の偏差を有し、計測時間は、 $\pm 2\%$  の偏差を有する。この計算は、以下で詳細に論議される。

#### 【0204】

いくつかの方法では、 $I_{end}$  は、 $I_{1end}$  である。他の方法では、 $I_{end}$  は、 $I_{2end}$  である。

10

#### 【0205】

他の実施形態では、充電電流は、充電電流  $I_1$  が約 30 秒から約 90 秒まで（例えば、60 秒）の期間の間、 $I_{end}$  以下のアンペア数を有するときに、止められる。

#### 【0206】

いくつかの実施形態では、充電電流は、電池が強い短絡を受けるときに止められる。

#### 【0207】

いくつかの実施形態では、充電電流は、電池が銀亜鉛電池以外であると決定されたときに止められる。

#### 【0208】

いくつかの方法では、 $V_{max}$  は、2.03V または 2.0V である。他の方法では、充電電流は、約 10mA 以下（例えば、約 6mA 以下）の最大アンペア数  $I_{max}$  を有する。例えば、充電電流は、5.5mA 以下の最大アンペア数  $I_{max}$  を有する。

20

#### 【0209】

そして、いくつかの方法は、温度を測定するステップを含み、温度測定精度は、 $\pm 5^\circ\text{C}$  の偏差を有する。

#### 【0210】

本発明の別の側面は、複数の電圧プラトーを有する再充電可能バッテリーを充電する方法であって、該方法は、

1) 変調された充電電流  $I_1$  を用いてバッテリーを充電するステップであって、充電電流  $I_1$  は、最大アンペア数  $I_{max}$  を有し、バッテリーの電圧が、逐次的に次の高い自然分極ピークの電圧  $V_{pp}$  よりも小さく、逐次的に次の高い電圧プラトーよりも高い  $V_{max}$  に制限されるように、変調される、ステップと、

30

2) バッテリーが  $V_{max}$  の約 87% から約 97% までの電圧を有する時点から始めて、約 10 分間から約 30 分間まで（例えば、約 20 分間）の期間が経過した後に、充電電流  $I_1$  を停止するステップと、

3) 変調された充電電流  $I_2$  を用いてバッテリーを充電するステップであって、充電電流  $I_2$  は、最大アンペア数  $I_{max}$  を有し、バッテリーの電圧が  $V_{max}$  に制限されるように、変調される、ステップと

を含む、方法を提供する。

#### 【0211】

40

いくつかの実施形態は、 $I_2$  のアンペア数が連続して約 30 秒から約 90 秒まで（例えば、連続して約 60 秒）の期間の間、 $I_{2end}$  を下回ると、充電電流  $I_2$  を停止するステップをさらに含む。

#### 【0212】

いくつかの実施形態は、いったんバッテリーが約 50% の SOC に充電されると、20 分間が計測された後に、 $I_2$  の最低アンペア数  $I_{2low}$  が充電電流  $I_2$  のアンペア数よりも小さい場合に、充電電流  $I_2$  を停止するステップをさらに含み、バッテリーの SOC は、時間が計測されている間に充電電流を積分することによって決定される。

#### 【0213】

いくつかの実施形態は、約 5 分間以下の期間の間、 $I_1$  のアンペア数が  $I_{1min}$ 、例

50

えば、1.0 Vを下回るときに、充電電流  $I_1$  を停止するステップをさらに含む。

【0214】

いくつかの実施形態では、電圧は、 $\pm 0.5\%$ の偏差を有し、充電電流アンペア数は、 $\pm 2\%$ の偏差を有し、計測時間は、 $\pm 2\%$ の偏差を有する。

【0215】

本発明の別の側面は、2.0 V再充電可能バッテリーを充電する方法であって、該方法は、

1) 変調された充電電流  $I_2$  を用いてバッテリーを充電するステップであって、充電電流  $I_2$  は、バッテリーの電圧が、2.0 V以下（例えば、1.98 V）に制限され、充電電流が、6.0 mA以下（例えば、5.5 mAまたは5.0 mA）の最大アンペア数  $I_{max}$  を有するように、変調される、ステップと、

2) 充電開始後に、時間15秒を計測するステップと（図11で  $T_1$  として示される）

3) 時間が計測されているときに、充電電流  $I_2$  のアンペア数を測定するステップと、

4A) 時間が計測されているときに、連続5秒以上の期間の間、 $I_2$  のアンペア数が  $I_{max}$  である場合、 $I_2$  のアンペア数が連続60秒の期間の間、 $I_{2end}$  を下回るときに充電電流  $I_2$  を停止するステップであって、 $I_{2end}$  は、バッテリーがその定格容量の約100%のSOCに充電されているときに、バッテリーにおいて2.0 Vの電圧を維持するために必要な温度依存性の最小充電電流である、ステップ、または、

4B) 時間が計測されているときに、いったんバッテリーが約100%から約150%までのSOCに充電されると、連続5秒未満の期間の間、 $I_2$  のアンペア数が  $I_{max}$  である場合、充電電流  $I_2$  を停止するステップであって、バッテリーのSOCは、時間が計測されている間、充電電流を積分することによって決定される、ステップ、または、

4C) 約5分間以下の期間の間、 $I_1$  のアンペア数が  $I_{1min}$ （例えば、1.0 mA）を下回るときに、充電電流  $I_1$  を停止するステップと

を含み、

電圧は、 $\pm 0.5\%$ の偏差を有し、充電電流アンペア数は、 $\pm 2\%$ の偏差を有し、計測時間は、 $\pm 2\%$ の偏差を有する、方法を提供する。

【0216】

いくつかの方法は、第2の変調された充電電流  $I_2$  を用いてバッテリーを充電するステップであって、第2の充電電流  $I_2$  は、バッテリーの電圧が2.0 V以下に制限され、充電電流アンペア数が5.0 mAの最大アンペア数  $I_{max}$  に制限されるように、変調される、ステップと、バッテリーの電圧が1.9 Vであるときに時間を計測するステップと、20分間計測されるまで、充電電流  $I_2$  でバッテリーを連続的に充電するステップとをさらに含む。

【0217】

場合によっては、充電されているバッテリーは、サイズ10、13、312、または675の再充電可能な銀亜鉛ボタン電池である。

【0218】

本発明の別の側面は、再充電可能な2.0 V銀亜鉛バッテリーを充電する方法であって、約10 mA以下（例えば、約6 mA以下）の最大アンペア数  $I_{max}$  を有する充電電流  $I_2$  を用いてバッテリーを充電するステップであって、充電電流  $I_2$  は、バッテリーの電圧が約2.03 V以下に制限されるように、変調される、ステップと、第2の充電電流  $I_2$  を用いた充電が始まった60秒後に時間を計測するステップと、時間が計測されているときに充電電流  $I_2$  の最低アンペア数  $I_{low}$  を測定するステップと、いったんバッテリーが充電電流  $I_2$  を用いて、その定格容量の約40%から約60%まで（例えば、約50%）で充電されると、充電電流  $I_2$  を停止するステップであって、バッテリーに充電される容量は、時間が計測されている間、充電電流  $I_2$  を積分することによって決定される、ステップとを含み、電圧は、 $\pm 0.5\%$ の偏差を有し、電流アンペア数は、 $\pm 2\%$ の偏差を有し、計測時間は、 $\pm 2\%$ の偏差を有する、方法を提供する。

## 【0219】

いくつかの実施形態では、バッテリーは、その放電状態で、すなわち、充電直前に、約1.6Vよりも大きい（例えば、約1.65Vよりも大きい）OCVを有する。

## 【0220】

本発明の別の側面は、再充電可能な2.0V銀亜鉛バッテリーを充電する方法であって、約10mA以下（例えば、約6mA以下）の最大アンペア数  $I_{max}$  を有する、充電電流  $I_2$  でバッテリーを充電するステップであって、充電電流  $I_2$  は、バッテリーの電圧が2.03V以下に制限されるように、変調される、ステップと、第2の充電電流  $I_2$  での充電が始まった60秒後に時間を計測するステップと、時間が計測されているときに充電電流  $I_2$  の最低アンペア数  $I_{low}$  を測定するステップと、時間が計測されている間に、連続2秒の期間の間、 $I_2$  のアンペア数が  $I_{max}$  である場合、 $I_2$  のアンペア数が連続60秒の期間中  $I_{end}$  を下回るときに充電電流  $I_2$  を停止するステップ、または、20分間が計測された後に、 $I_{low}$  が充電電流  $I_2$  のアンペア数よりも小さい場合、いったんバッテリーが、充電電流  $I_2$  を用いてその定格容量の約40%から60%（例えば、約50%）で充電されると、充電電流  $I_2$  を停止するステップであって、バッテリーに充電される容量は、時間が計測されている間に充電電流  $I_2$  を積分することによって決定される、ステップ、または、20分間が計測された後に、 $I_{low}$  が  $I_2$  のアンペア数以上である場合、 $I_2$  のアンペア数が連続60秒の期間の間、 $I_{end}$  を下回るときに充電電流  $I_2$  を停止するステップ、または、 $I_2$  のアンペア数が、約5分間以下の期間の間、1.0Vを下回るときに、充電電流  $I_2$  を停止するステップとを含み、 $I_{end} = I_{chg} + I_{temp}$  であり、 $I_{chg} = (T_2 \times I_{max}) / T_{chg}$  であり、 $I_{temp}$  は、温度補償電流であり、 $T_2$  は、約1.9Vの電圧から約2.0Vの電圧までバッテリーを充電するために必要な時間であり、 $I_{max}$  は、バッテリーに充電される最大電流であり、 $T_{chg}$  は、電池時定数であり、電圧は、 $\pm 0.5\%$  の偏差を有し、電流アンペア数は、 $\pm 2\%$  の偏差を有し、計測時間は、 $\pm 2\%$  の偏差を有する、方法を提供する。

## 【0221】

いくつかの実施形態では、バッテリーは、その放電状態で、約1.6Vよりも大きい（例えば、約1.65Vよりも大きい）OCVを有する。

## 【0222】

いくつかの実施形態は、温度を測定するステップを含み、温度測定は、約 $\pm 5^\circ\text{C}$ （例えば、 $\pm 2^\circ\text{C}$ ）の精度をさらに有する。

## 【0223】

本発明の別の側面は、再充電可能な2.0V銀亜鉛バッテリーを充電する方法であって、約10mA以下（例えば、約6mA以下）の最大アンペア数  $I_{max}$  を有する第1の充電電流  $I_1$  でバッテリーを充電するステップと、いったんバッテリーが1.90Vの電圧に充電されると、時間を計測するステップと、バッテリーの電圧が約2.03V以下に制限されるように、第1の充電電流  $I_1$  を変調するステップと、いったん約10分間から約30分間まで（例えば、約20分間）が計測されると、第1の充電電流  $I_1$  を停止するステップと、約10mA以下（例えば、約6mA以下）の最大アンペア数  $I_{max}$  を有する第2の充電電流  $I_2$  でバッテリーを充電するステップであって、第2の充電電流  $I_2$  は、バッテリーの電圧が約2.0V以下に制限されるように、変調される、ステップと、第2の充電電流  $I_2$  での充電が始まった60秒後に時間を計測するステップと、時間が計測されているときに充電電流  $I_2$  の最低アンペア数  $I_{low}$  を測定するステップと、時間が計測されている間に、連続2秒の期間の間、 $I_2$  のアンペア数が  $I_{max}$  である場合、 $I_2$  のアンペア数が連続60秒の期間の間、 $I_{end}$  を下回るときに充電電流  $I_2$  を停止するステップ、または、20分間が計測された後に、 $I_{low}$  が充電電流  $I_2$  のアンペア数よりも小さい場合、いったんバッテリーが、充電電流  $I_2$  を用いて、その定格容量の約40%から60%（例えば、約50%）で充電されると、充電電流  $I_2$  を停止するステップであって、バッテリーに充電される容量は、時間が計測されている間に充電電流  $I_2$  を積分することによって決定される、ステップ、または、20分間が計測された後に、 $I_{low}$  が  $I_2$  のアンペア

数以上である場合、 $I_2$ のアンペア数が連続60秒の期間の間、 $I_{end}$ を下回るときに充電電流 $I_2$ を停止するステップ、または、 $I_2$ のアンペア数が、約5分間以下の期間の間、1.0Vを下回るときに、充電電流 $I_2$ を停止するステップとを含み、 $I_{end} = I_{chg} + I_{temp}$ であり、 $I_{chg} = (T_2 \times I_{max}) / T_{chg}$ であり、 $I_{temp}$ は、温度補償電流であり、 $T_2$ は、約1.9Vの電圧から約2.0Vの電圧までバッテリーを充電するために必要な時間であり、 $I_{max}$ は、バッテリーに充電される最大電流であり、 $T_{chg}$ は、電池時定数であり、電圧は、 $\pm 0.5\%$ の偏差を有し、電流アンペア数は、 $\pm 2\%$ の偏差を有し、計測時間は、 $\pm 2\%$ の偏差を有する、方法を提供する。

#### 【0224】

これらの方法のうちのいくつかはさらに、温度を測定するステップを含み、温度測定は、約 $\pm 5^\circ\text{C}$ （例えば、 $\pm 2^\circ\text{C}$ ）の精度を有する。

10

#### 【0225】

いくつかの実施形態では、最大アンペア数 $I_{max}$ は、約6mA以下である。例えば、 $I_{max}$ は、約5.5mA以下である。

#### 【0226】

他の実施形態では、バッテリーは、その放電状態で、約1.70V未満（例えば、約1.65V以下）のOCVを有する。

#### 【0227】

いくつかの実施形態では、バッテリーのOCVは、充電前には1.25Vよりも大きい。

#### 【0228】

他の実施形態では、バッテリーのOCVは、充電前には1.25Vよりも大きい。

20

#### 【0229】

いくつかの実施形態はさらに、少なくとも20分間（例えば、少なくとも30分間）の期間の間、1.0mAの回復充電電流を用いてバッテリーを充電するステップと、バッテリーが1.50V以上（例えば、約1.6V）の電圧に充電されたときに、回復充電電流を停止するステップとを含む。

#### 【0230】

図8A-9のステップ図のように、他の例示的な方法が提供される。

#### 【0231】

いくつかの方法では、バッテリー充電器は、電流制限電圧源である。電池インピーダンスが低いときに、充電器は、充電方法によって設定されるような最大許容電流を送達する。電池インピーダンスが増加するにつれて、電池電圧は、最大許容電圧まで上昇し、充電電流は、バッテリーの電圧を最大許容電圧に維持するように、変調される、すなわち、低減される。

30

#### 【0232】

いくつかの方法では、充電電圧精度は、 $\pm 0.5\%$ （例えば、1.200~2.000Vの間において $\pm 10\text{mV}$ ）の偏差を有する。他の方法では、充電電流精度は、 $\pm 2\%$ （例えば、1~5mAの間において $\pm 0.1\text{mA}$ ）の偏差を有する。いくつかの方法では、時間は $\pm 2\%$ の精度で測定または計測される（例えば、5時間の期間に対して、精度は $\pm 0.1$ 時間である）。そして、いくつかの方法では、温度測定精度は、 $\pm 5^\circ\text{C}$ （例えば、 $\pm 2^\circ\text{C}$ ）の偏差を有する。温度測定は、電池ケース温度を測定する必要がなく、周囲温度のみを測定する。

40

#### 【0233】

いくつかの方法では、電池電圧は、連続して1秒以上の間、2.00Vを超えない。この電圧制限を上回る電圧振幅は、充電器が電池の充電電圧を安定させている間の充電電圧／電流の遷移によるものであるはずである。図10および13-17では、電池の最大充電電圧は、 $V_{max}$ として標識される。電圧リップルが、これらの充電方法において許容されるが、ピークは2.0Vを超えるべきではない。

#### 【0234】

いくつかの方法では、 $V_{max}$ は、1.98Vである。

50

## 【0235】

いくつかの方法では、電池充電電流は、連続して5分以上の間、最小レベル  $I_{min}$  を下回らない。電池の最大充電電流は、 $I_{max}$  である。電流リップルが許容されるが、電圧ピークは2.0Vを超えるべきではない。いくつかの方法では、 $I_{min}$  は、1.0mAである。他の方法では、 $I_{max}$  は、5.0mAである（例えば、 $I_{max}$  は、バッテリーの定格容量が31mAhであるときに5.0mAである）。いくつかの方法では、 $I_{max}$  は、5.5mAである（例えば、 $I_{max}$  は、バッテリーの定格容量が35mAhであるときに5.5mAである）。

## 【0236】

(1. 深い放電 (ゾーン1))

10

本発明の別の側面は、1.65V未満の電圧（例えば、OCV）を有する再充電可能な2.0V銀亜鉛バッテリーを充電する方法であって、該方法は、

1) 6.0mA以下（例えば、5.5mAまたは5.0mA）のアンペア数を有する第1の充電電流  $I_1$  を用いてバッテリーを充電するステップと、

2) いったんバッテリーが1.90Vの電圧に充電されると、時間を計測するステップと、

3) バッテリーの電圧が2.0V以下に制限され、第1の充電電流  $I_1$  が約10mA以下（例えば、約6.0mA以下、約5.5mA、または約5.0mA）の最大アンペア数  $I_{max}$  を有するように、第1の充電電流を変調するステップと、

4) 20分間が計測されるまで、第1の充電電流を用いてバッテリーを連続的に充電し、第1の充電電流を停止するステップと、

20

5) 第2の充電電流  $I_2$  を用いてバッテリーを充電するステップであって、充電電流  $I_2$  は、バッテリーの電圧が2.0V以下に制限され、第2の充電電流が約10mA以下（例えば、約6.0mA以下、約5.5mA、または約5.0mA）の最大アンペア数  $I_{max}$  を有するように、変調される、ステップと、

6)  $I_2$  のアンペア数が連続60秒の期間の間、 $I_{2end}$  を下回るときに、充電電流  $I_2$  を停止するステップであって、 $I_{2end} = I_{chg} + I_{temp}$  であり、 $I_{chg}$  は、充電補償電流であり、 $I_{temp}$  は、温度補償電流であり、 $I_{chg} = (T_2 \times 5.0mA) / T_{chg}$  であり、 $T_2$  は、第2の充電電流  $I_2$  を用いて約2.0Vの電圧にバッテリーを充電するために必要な時間であり、 $T_{chg}$  は、電池時定数であるステップ、または、

30

7)  $I_2$  のアンペア数が約5分間以下の期間の間、1.0mAを下回るときに、充電電流  $I_2$  を停止するステップと

を含み、

電圧は、 $\pm 0.5\%$  の偏差を有し、電流アンペア数は、 $\pm 2\%$  の偏差を有し、計測時間は、 $\pm 2\%$  の偏差を有する、方法を提供する。

## 【0237】

いくつかの方法では、2ゾーンアプローチが充電に利用される。図11および12を参照すると、ゾーン1は、初期ステップから始まって、自然分極ピークよりも小さい電圧  $V_{max}$  にバッテリーを充電するステップまでの充電方法のステップを含む。ゾーン2は、バッテリーが（例えば、図11の  $T_1$  の終わりにおいて） $V_{max}$  に充電された約30秒間から約90秒間までの期間の後に始まる充電方法のステップを含み、充電電流が終了させられるまで継続する。充電は、充電電流がゾーン2における終了電流レベルに降下すると終了させられる。終了電流レベルは、電池が充電し始めたゾーンに依存する。

40

## 【0238】

いくつかの方法では、図11に図示されるように、バッテリー電圧（例えば、OCV）が充電前に1.65V以下であるときに、電池は、一般的には、その定格容量の50%未満のSOCまで深く放電される。安定することが許可される場合、バッテリーの開路電圧（OCV）は、1.60Vで安定する。電池は、 $I_{max}$ （例えば、5.0mAまたは5.5mA）において  $V_{max}$  の最大電圧（例えば、1.98Vまたは2.0V）に充電される

50

。電池電圧が1.90Vに到達すると、バッテリー電圧は、分極ピークに近く、分極ピークタイマー $T_1$ が起動される。分極ピークタイマーは、約20分間の時間を計測する。このタイマーが動作中である間、充電電流は、急速に降下して回復する。 $T_1$ タイマーが動作中である間、たとえ充電電流が $I_{min}$ を下回ったとしても、充電電流は終了させられない。 $T_1$ タイマーが完了したとき、すなわち、タイマーが20分間を計測したときに、ゾーン2に入る。 $T_1$ タイマーが完了した後に、充電設定点は、 $V_{max}$ （例えば、1.98Vまたは2.0V）および $I_{max}$ （例えば、5.0mAまたは5.5mA）に維持される。充電電流は、充電電流が連続して60秒の間、 $I_{end}$ よりも小さくなるまで継続する。 $I_{end}$ は、充電状態、電池の劣化、および周囲温度を補償する、mA単位の計算された充電終了電流である。 $I_{end}$ の計算は、式（1）で表され、

$$I_{end} = I_{chg} + I_{Temp} \quad (1)$$

ここで、 $I_{chg}$ は、mA単位の充電補償電流であり、 $I_{Temp}$ は、表1Aおよび1Bで提供されるmA単位の温度補償電流である。

【0239】

【表1】

表1A: 31mAh容量バッテリーの $T_{Temp}$ および $I_{end}$ 値

| 温度                      | 最大充電時間  | $I_{Temp}$ | $I_{end}$ |
|-------------------------|---------|------------|-----------|
| $\geq 25^\circ\text{C}$ | 0.0 時間  | 0.6        | 4.0       |
| $15^\circ\text{C}$      | +1.0 時間 | 0.4        | 3.5       |
| $5^\circ\text{C}$       | +2.0 時間 | 0.2        | 3.0       |
| $0^\circ\text{C}$       | +2.5 時間 | 0.0        | 2.5       |

表1B: 35mAh容量バッテリーの $T_{Temp}$ および $I_{end}$ 値

| 温度                      | 最大充電時間  | $I_{Temp}$ | $I_{end}$ |
|-------------------------|---------|------------|-----------|
| $\geq 25^\circ\text{C}$ | 0.0 時間  | 1.0        | 4.5       |
| $15^\circ\text{C}$      | +1.0 時間 | 0.6        | 4.0       |
| $5^\circ\text{C}$       | +2.0 時間 | 0.3        | 3.5       |
| $0^\circ\text{C}$       | +2.5 時間 | 0.0        | 3.0       |

$I_{chg}$ は、例えば、 $I_2$ が実質的に一定であるときに、電池がゾーン2の中で一定の電流を受けて充電される測定時間長さである定電流タイマー $T_2$ に基づいて計算された値である。タイマー $T_1$ が起動すると、タイマー $T_2$ も起動する。タイマー $T_2$ は、 $T_1$ が終了した後に、充電電流が $I_{max}$ を下回ると終了する。 $T_2$ の最小値は、 $T_1$ である。

$I_{chg}$ は、式（2）を用いて決定され、

$$I_{chg} = (T_2 \times I_{max}) / T_{chg} \quad (2)$$

ここで、 $T_{chg}$ は、時間単位の電池時定数である。 $T_{chg}$ は、31mAhボタン電池または35mAhボタン電池等の特定の電池設計について経験的に決定されることに留意されたい。上記の31および35mAhボタン電池のいくつかの値が表2で提供される。

【0240】

【表2】

表2: 2種類の再充電可能ボタン電池の $T_{chg}$ 値

| 容量     | $T_{chg}$ |
|--------|-----------|
| 31 mAh | 5.0 時間    |
| 35 mAh | 5.5 時間    |

そのサイクル寿命の初期段階にあるバッテリーは、より低いインピーダンスを有し、より容易に電荷を受容し、それがより長い測定  $T_2$  をもたらすことに留意されたい。より長い  $T_2$  は、充電電流がより高い間に充電をより早く終了させる、より大きい  $I_{chg}$  をもたらす。その寿命の後期にあるバッテリーは、より高いインピーダンスを有し、電荷を受容することがより困難であり、それがより短い  $T_2$  をもたらす。より短い  $T_2$  は、充電電流がより低いときに充電を終了させる、より小さい  $I_{chg}$  をもたらす。

#### 【0241】

##### (2. 温度依存)

より高い周囲温度は、バッテリーがより速く充電することを可能にする、電池の伝導度を増加させる。より低い周囲温度は、バッテリーの伝導度を減少させ、同じ容量にバッテリーを充電させるためにより多くの時間を必要とする。結果として、最大充電時間の値は、温度が伝導度に及ぼす影響を補償するように修正され得る。

10

#### 【0242】

上記の表 1 A および 1 B は、周囲温度に基づく最大充電時間とともに使用するオフセットを詳述する。以下で示される特定の値の間における温度について、オフセットを比例的に拡大縮小する。温度にかかわらず、最小充電電流値は、最低許容充電電流のままである。

#### 【0243】

本発明のいくつかの方法は、温度を測定するステップを含み、温度測定精度は、 $\pm 5^\circ\text{C}$  (例えば、 $\pm 2^\circ\text{C}$ ) の偏差をさらに有する。

20

#### 【0244】

##### (3. 浅い放電 (ゾーン 2))

本発明の別の側面は、約 2.0 V の定格電圧を有する再充電可能銀亜鉛バッテリーを充電する方法であって、該方法は、

1) 変調された充電電流  $I_1$  を用いてバッテリーを充電するステップであって、充電電流  $I_1$  は、バッテリーの電圧が 2.0 V 以下に制限され、充電電流が 5.0 mA の最大アンペア数  $I_{max}$  を有するように、変調される、ステップと、

2) 充電開始 60 秒後に時間を計測するステップと、

3) 時間が計測されているときに、充電電流  $I_1$  の最低アンペア数  $I_{low}$  を測定するステップと、

30

4 A) 時間が計測されているときに、連続 2 秒以上の期間の間、 $I_1$  のアンペア数が  $I_{max}$  である場合、 $I_1$  のアンペア数が連続 60 秒の期間の間、 $I_{end}$  を下回るときに充電電流  $I_1$  を停止するステップであって、 $I_{end}$  は、バッテリーがその約 100% の SOC に充電されるときに、バッテリーにおいて 2.0 V の電圧を維持するために必要な温度依存性の最小充電電流である、ステップ、または、

4 B) いったんバッテリーが約 50% の SOC に充電されると、20 分間が計測された後に、 $I_{low}$  が充電電流  $I_1$  のアンペア数よりも小さい場合、充電電流  $I_1$  を停止するステップであって、バッテリーの SOC は、時間が計測されている間に充電電流を積分することによって決定される、ステップ、または、

4 C) 20 分間が計測された後に、 $I_{low}$  が  $I_1$  のアンペア数以上である場合、 $I_1$  のアンペア数が連続 60 秒の期間の間、 $I_{end}$  を下回るときに充電電流  $I_1$  を停止するステップ、または、

40

4 D) 約 5 分間以下の期間の間、 $I_1$  のアンペア数が  $I_{min}$ 、1.0 V を下回るときに、充電電流  $I_1$  を停止するステップと

を含み、

電圧は、 $\pm 0.5\%$  の偏差を有し、充電電流アンペア数は、 $\pm 2\%$  の偏差を有し、計測時間は、 $\pm 2\%$  の偏差を有する、方法を提供する。

#### 【0245】

いくつかの方法は、第 2 の変調された充電電流  $I_2$  を用いてバッテリーを充電するステップであって、第 2 の充電電流  $I_2$  は、バッテリーの電圧が 2.0 V 以下に制限され、充電電

50

流が  $5.0\text{ mA}$  の最大アンペア数  $I_{\text{max}}$  に制限されるように変調される、ステップと、バッテリーの電圧が  $1.9\text{ V}$  であるときに時間を計測するステップと、 $20$  分間が計測されるまで、充電電流  $I_2$  を用いてバッテリーを連続的に充電するステップとをさらに含む。

#### 【0246】

いくつかの方法は、第2の変調された充電電流  $I_2$  を用いてバッテリーを充電するステップであって、第2の充電電流  $I_2$  は、バッテリーの電圧が  $2.0\text{ V}$  以下に制限され、充電電流が  $5.0\text{ mA}$  の最大アンペア数  $I_{\text{max}}$  に制限されるように、変調される、ステップと、バッテリーの電圧が  $1.9\text{ V}$  であるときに時間を計測するステップと、 $20$  分間が計測されるまで、充電電流  $I_2$  を用いてバッテリーを連続的に充電するステップとをさらに含む。

#### 【0247】

バッテリー OCV が充電前に  $1.65\text{ V}$  よりも大きい場合、バッテリーは、比較的高い充電状態を有する。安定させられる場合、バッテリーの開路電圧 (OCV) は  $1.86\text{ V}$  となる。この場合、固定終了充電電流  $I_{2\text{end}}$  が使用される。

#### 【0248】

充電がゾーン2において開始されたときに、バッテリーインピーダンスには幅広い変動がある。バッテリーが充電の開始時にほぼ完全に充電された場合、電池インピーダンスは、バッテリーが遷移ゾーン付近にあれば有意に低い。図13は、遷移ゾーン付近で充電を開始する図14のバッテリーと対比して、高い充電状態で充電を開始するバッテリーを示す。

#### 【0249】

このインピーダンス変動により、ゾーン2フィルタタイマー  $T_3$  が使用される。タイマー  $T_3$  は、充電開始の  $60$  秒後に起動する。 $T_3$  が動作中である間に、充電電流が連続して  $2$  秒にわたって  $I_{\text{max}}$  に到達した場合、 $I_{2\text{end}}$  (表1Aおよび1B参照) が充電を終了させるために使用される。図13は、充電電流が  $T_3$  中に  $I_{\text{max}}$  に到達したので、このことの実施例を示す。充電は充電電流が  $I_{2\text{end}}$  を下回ったときに終了した。充電は、充電電流が  $I_{\text{max}}$  に到達し、次いで、 $T_3$  が完了する前に  $I_{2\text{end}}$  を下回る (図15参照) 場合、または充電電流が  $I_{\text{min}}$  を下回るときはいつでも、 $T_3$  が動作中である間に終了することができる。

#### 【0250】

いったん  $T_3$  が起動すると、最小充電電流  $I_{\text{low}}$  が記録され、 $T_3$  が終了した時の充電電流と比較される。 $I_{\text{low}}$  が  $T_3$  の終了時の充電電流よりも小さい場合、 $C_{\text{max}}$  の  $50\%$ 、すなわち、SOCの  $50\%$  が、充電電流を積分することによって電池に充電される。充電は、 $C_{\text{max}}$  の  $50\%$  が電池に充電されたとき、または充電電流が  $I_{\text{min}}$  を下回る場合に終了する。図16は、充電電流が  $T_3$  中に決して  $I_{\text{max}}$  に到達せず、 $C_{\text{max}}$  の  $50\%$  が電池に充電されたときに充電電流が  $I_{2\text{end}}$  よりも小さいので、このことを示す。

#### 【0251】

$I_{\text{low}}$  が  $T_3$  の終了時に充電電流以上である場合、充電は、充電電流が  $I_{2\text{end}}$  を下回るときに終了してもよい。この場合、充電電流が  $I_{2\text{end}}$  をすでに下回っている場合、充電は即時に終了してもよい。

#### 【0252】

##### (4. 過放電回復)

本発明の別の側面は、 $1.25\text{ V}$  未満の OCV を有する再充電可能バッテリーを充電するための方法であって、該方法は、

1) 少なくとも  $30$  分間の期間の間、 $1.0\text{ mA}$  の回復充電電流を用いてバッテリーを充電するステップと、

2) バッテリーが  $1.60\text{ V}$  の電圧に充電されたときに、回復充電電流を停止するステップと

を含む、方法を提供する。

#### 【0253】

バッテリー OCV が  $1.25\text{ V}$  未満であるとき、バッテリーは過放電されている。この条件

10

20

30

40

50

において、バッテリーは、通常の充電方法が使用できる前に、最小条件に徐々に充電されてもよい。バッテリーは、充電電圧が $V_{recov}$ に到達するまで、最低30分間にわたって $I_{recov}$ を用いて充電される。いったん充電電圧が $V_{recov}$ を超えると、充電は、通常充電に移行してもよい。バッテリーは、 $I_{recov}$ 充電速度で1時間以上にわたって充電されてはならない。サンプル $V_{recov}$ および $I_{recov}$ 値が、31mAhおよび35mAhボタン電池の両方について表3で提示されている。

【0254】

【表3】

表3: 2つの再充電可能バッテリーの $V_{recov}$ および $I_{recov}$ 値

| 容量                | $V_{recov}$ | $I_{recov}$ |
|-------------------|-------------|-------------|
| 31 mAh,<br>35 mAh | 1.60 V      | 1mA         |

10

電池電圧が $V_{recov}$ に到達した後、充電電流は、最大容量 $C_{max}$ が電池に充電されるまで積分されてもよく、次いで、充電が終了させられてもよい。後続の充電サイクルは、通常充電方法に戻る。図17を参照されたい。推定充電時間は、より遅い充電の開始、および最大容量の充電標的により、室温で7～8時間である。

【0255】

(5. 診断)

(a. 診断—弱い短絡)

20

実施形態では、方法のうちの1つ以上はまた、「弱い短絡」を考慮してもよく、これは、瞬間的にセパレータスタックを穿刺するが、短絡回路電流によってバーンバックされる亜鉛デンドライトによって引き起こされる内部短絡回路である。比較目的で、弱い短絡を含まない充電曲線が図7Aに示されている一方で、弱い短絡を含む充電曲線が図7Bに示されている。弱い短絡は、銀亜鉛バッテリーの期待故障モードであることが留意される。

【0256】

弱い短絡は、一般的には、電極をわたる高電圧レベルでの上方プラトーにおける充電中に起こる。各バーンバック事象後に、亜鉛デンドライトがより大きく成長し、デンドライトが蒸発または溶解するまで、より多くの短絡回路電流を運ぶことができる。弱い短絡は、以下でより詳細に説明される「強い短絡」を最終的に形成するまで、次第に悪化する。

30

【0257】

一般的には、弱い短絡は、1回の充電サイクルにおいて起こり、デンドライトが再び成長するために時間がかかるので、数サイクル後まで再現しない。最初に、弱い短絡が、銀亜鉛電池の定格充電容量をわずかに低減させ、亜鉛デンドライトがより多くの電流を運ぶことができるので、銀亜鉛電池の定格充電容量は、さらにより低減される。したがって、弱い短絡の早期検出は、システムと関連付けられる方法のうちの1つ以上が、銀亜鉛バッテリーが将来の何らかの時点で交換される必要があり得るとユーザに伝達することを可能にし得る。

【0258】

バッテリー短絡に対処するために、本発明のいくつかの方法は、任意で、バッテリーにおける弱い短絡を示し得る、バッテリーの電圧が2秒以上の期間の間、 $V_p$ よりも低い場合に電気信号を生成するステップを含む。

40

【0259】

多重ゾーン充電方法において、弱い短絡が、最初に、ゾーン2充電ステップにおいて現れ、その理由は、電位が最も高く、デンドライトを通して電流を引き込むことに最も有利であるからである。ゾーン2の中の充電電圧が、連続して1秒以上（例えば、約2秒以上）の期間の間、電圧プラトー $V_p$ （例えば、1.90V）以下である場合、いったんバッテリーが $V_2$ の電圧に充電されると、弱い短絡の特殊症状が確認され得る。本発明のいくつかの方法は、弱い短絡が確認されたときに電気信号を生成するステップを含む。

【0260】

50

## (b. 診断—強い短絡)

実施形態では、方法のうちの1つ以上はまた、「強い短絡」を考慮し得、これは、銀亜鉛電池を完全に放電する強い短絡の結果として、銀亜鉛電池を動作不可能にし、電池の電圧をほぼ0.00Vに降下させる。一般的には、強い短絡は、セパレータを通したデンドライト短絡によって引き起こされ、セパレータは、缶と蓋との間の絶縁障壁を傷つけ、ガスケットおよび缶から蓋までの外部伝導性ブリッジの下方および周囲に亜鉛デンドライト成長をもたらす内部構造である。セパレータは、一般的には、デンドライト成長に耐えるように設計されているが、バッテリーの寿命の終わりに、セパレータは、より弱くなり、最終的に、デンドライトが成長することを可能にし得、「強い短絡」を引き起こす。

## 【0261】

強い短絡を有する銀亜鉛電池は、過放電回復事象中の過放電された銀亜鉛電池と区別することができる（例えば、充電方法300のステップS. 302、S. 303'を参照）。例えば、電池の電圧Vが、特定時間制限以内に（例えば、ステップS. 302に見られる、例えば、約1時間以内に） $V_{rec.v}$ に到達しない場合、充電方法300は、銀亜鉛電池に強い短絡があると決定してもよく、ステップS. 302からステップS. 303'まで前進させられてもよい。実施形態では、銀亜鉛電池が強い短絡を含むか否かを決定するときに、充電方法300は、約0.100Vから約0.300Vまでの最小OCV検出レベルを考慮してもよい。

## 【0262】

強い短絡は、それが電池を完全に放電し、電池電圧をほぼゼロ(0)Vまで降下させるので、電池を動作不可能にする。

## 【0263】

強い短絡は、セパレータを通したデンドライト短絡、缶と蓋との間の絶縁障壁を傷つける内部構造問題、ガスケットの下および周囲で成長する亜鉛デンドライト、および缶から蓋までの外部伝導性ブリッジによって引き起こされる。

## 【0264】

強い短絡を伴う電池は、過放電回復事象中の過放電された銀亜鉛電池と区別することができる。電池の電圧が、特定時間制限、すなわち、1時間以内に $V_{rec.v}$ に到達しない場合、電池には強い短絡がある。

## 【0265】

## (c. 検出)

高インピーダンス電池は、充電容量を電極の中に戻すことが困難である。この条件を有する電池が完全に充電されるためには、より多くの時間を段階的に必要とする。これは、より長い充電時間およびより低い電流閾値をもたらす。最終的に、インピーダンスが上昇するにつれて、電池は、もはや室温において6時間以内では完全容量まで充電しなくなる。容量は、より少ない電荷が電池の中に戻されるときに、各連続サイクルで段階的に降下する傾向がある。

## 【0266】

高インピーダンス電池は、段階的に密度を高くし、より充電しにくくなる亜鉛アノード、効率的に電極が電荷を受け入れるかについての程度に影響を及ぼす電池の劣化、およびセパレータが遮断され、水移動が効率的に起こることを可能にしないときに発生し得る電解質不均衡によって引き起こされる。

## 【0267】

実施形態では、方法のうちの1つ以上はまた、比較的高いインピーダンスを有する銀亜鉛電池を考慮し得、この比較的高いインピーダンスは、電荷を電極の中に戻すことが困難である銀亜鉛電池をもたらす。一般的には、高インピーダンス銀亜鉛電池は通常、段階的に密度を高くし、より充電しにくくなる亜鉛アノード、それにより、(a)効率的に電極が電荷を受け入れるかについての程度に影響を及ぼし得る劣化する銀亜鉛電池、および(b)セパレータが遮断され、水移動が効率的に起こることを可能にしないときに発生し得る電解質不均衡によって引き起こされる。

10

20

30

40

50

## 【0268】

一実施形態では、 $I_{min}$ が充電を終了する場合、高インピーダンス／容量減衰診断が確認される。複数の高インピーダンス／容量減衰警告が、ユーザに警告する前に確認されてもよい。

## 【0269】

(d. 不正確なバッテリー化学反応)

上述のように、本発明による、バッテリーを再充電する方法は、全ての種類のバッテリーに適合するわけではない。非銀亜鉛化学反応を有する多くの電池は、銀亜鉛電池と同じケーシング形状を共有し得ることが理解され、そのように、1つ以上の方法を設計するとき、ユーザが不適合化学反応を有する電池を再充電しようとするのを防止するために、異なる化学反応が留意され、考慮されるべきである。例えば、実施形態では、同様の電池ケーシングは、銀亜鉛化学反応を含まなくてもよいが、むしろ、例えば、亜鉛空気 ( $ZnO_2$ )、ニッケル水素 ( $NiMH$ ) 等を含んでもよい。

## 【0270】

亜鉛空気バッテリーまたは酸化マンガンバッテリーは、本発明のいくつかの充電方法が電池に適用されたときに、気化を受け、または爆発する場合がある。これを回避するために、本発明のいくつかの充電方法は、充電されているバッテリーの化学反応を評価する、ステップまたは一連のステップをさらに含み、バッテリーが不適合充電特性を有すると評価された場合に、充電方法は終了させられる。これらのステップは、バッテリーの充電時に、またはバッテリーの放電時に生じ得る。

## 【0271】

亜鉛空気および  $NiMH$  電池は、 $I_{Diag}$  で充電されたときに、 $AgZn$  よりも遅い充電電圧上昇を有する傾向がある。充電電圧の上昇が測定されると、亜鉛空気および  $NiMH$  電池を識別することができる。充電前の電池電圧は、1.25 V から 1.65 V までの間であり、電池電圧は、 $I_{Diag}$  で充電された3秒後に1.55 V を超えておらず、電池は、亜鉛空気または  $NiMH$  である。充電前の電池電圧が1.25 V 未満である亜鉛空気および  $NiMH$  電池について、過放電回復方法が検出に使用される。過放電された亜鉛空気および  $NiMH$  電池は、1時間の間、 $I_{recov}$  で充電されたときに  $V_{recov}$  に到達しない。2つのバッテリーの  $I_{Diag}$  値が、表4に提供される。

## 【0272】

## 【表4】

表4: 2つのバッテリーの  $I_{Diag}$  値

| 容量     | $I_{Diag}$ |
|--------|------------|
| 31 mAh | 8 mA       |
| 35 mAh | 10 mA      |

アノードとカソードとが同じ化学反応であるため、部分的に放電された  $Ag_2O$  または酸化銀電池は、充電中、 $AgZn$  とほぼ同一に見える。結果として、 $Ag_2O$  電池は、最大で  $V_1$  まで充電され得る。 $V_1$  に到達したときに、 $Ag_2O$  電池の中の充電電流は、 $AgZn$  と同様に降下する。違いは、 $Ag_2O$  の充電電流が、一般的には、1.0 mA 以下に降下し、決してより高いレベルに回復しないことである。 $AgZn$  電池においても、 $V_1$  に到達したときに充電電流降下があるが、充電電流降下は、分極ピークタイマーが完了する前に電流が再び上昇する前の瞬間的なものにすぎない。充電電流の変曲点は、 $AgZn$  を識別するために使用される。変曲は、0.5 mA 以上の上昇として定義される。完全に放電された  $Ag_2O$  電池は、充電中に極めて遅い電圧上昇を有する。これは、充電電圧が1.80 V を超えた後に充電上昇を測定することによって検出される。 $AgZn$  電池は、1.80 V に到達した後の5分間以内に  $V_1$  に到達するが、 $Ag_2O$  電池は、より長い時間がかかる。酸化銀化学反応は、検出することに1時間も要する場合があるが、電池は

損傷されず、この時間の間、受け持つ。

#### 【0273】

著しく放電されたアルカリ電池もまた、 $\text{AgZn}$ よりも遅い充電電圧上昇を有し、亜鉛空気および $\text{NiMH}$ と同様に検出することができる。未使用のアルカリ電池は、 $\text{AgZn}$ および $\text{Ag}_2\text{O}$ により近い開路電圧を有する。結果として、それは、最大で $V_1$ まで充電されてもよく、次いで、充電電流は、分極ピークタイマー中に $\text{Ag}_2\text{O}$ のように監視され得る。

#### 【0274】

図8Dを参照すると、本発明の実施形態による、上述の充電方法400が説明されている。実施形態では、充電方法400は、それぞれ、システムと界面接続／接続された電池の充電が進行するか、または進行しいかを決定する際に異なる結果を含む、いくつかの分岐を含む。充電が進行しない状況では、理由は、例えば、(a) 不適合化学反応を有する電池を充電しようとする試行、または例えば、(b) 電池が適合化学反応を含むが、例えば、許容できないほど高いインピーダンスを含むといった、理由のうちのいずれかを含み得る。

#### 【0275】

しかしながら、システムによって充電される電池が、適切なOCV基準を含む（例えば、充電期間の最初のOCV  $V$ が、例えば、約1.65V以上である）場合、方法400は、ステップS. 401からステップS. 402まで前進させられ得る（すなわち、ステップS. 402において、方法400は、ステップS. 102'における「多段充電モード」またはステップS. 202における「単段充電モード」のうちの1つまで前進させられてもよい）。しかしながら、逆に、システム50によって充電される電池が、適切なOCV基準を含まない（例えば、充電期間の最初のOCV  $V$ が、1.65V未満である）場合、方法400は、システム50によって充電される電池のOCVをさらに調査するために、ステップS. 401からステップS. 402'まで前進させられてもよい。

#### 【0276】

(1. 分岐S. 402' - S. 405')

ステップS. 402'において、例えば、方法は、電池のOCVが約1.2V以上であり、かつ約1.45V以下であるか否かを決定する。ステップS. 402'における上記の条件が真である場合、方法400は、ステップS. 402'からステップS. 403'まで前進させられ、そこで、電池の電圧が約1.55Vになるか、または充電時間が3秒にほぼ等しくなるまで、電池は8mAで充電される。次いで、方法400は、電池の電圧が8mAで充電される3秒以内に1.55V未満であるか否かを決定するために、ステップS. 403'からステップS. 404'まで前進させられる。ステップS. 404'における上記の条件が真ではない場合に、方法400は、ステップS. 405'まで前進させられ、そこで、 $\text{ZnO}_2$ 、 $\text{NiMH}$ 、アルカリ等のうちの1つの不適合化学反応を潜在的に有する電池に起因して、充電が中止される。しかしながら、ステップS. 404'における上記の条件が真である場合に、方法400は、ステップS. 404'からステップS. 404''まで前進させられ、それは前述の開示においてより詳細に論議されている。

#### 【0277】

(2. 分岐S. 402'およびS. 403'' - S. 407'')

ステップS. 402'を再び参照して、方法400の別の分岐が論議される。ステップS. 402'において、条件が真ではない（すなわち、OCVが1.2V以上であってもよいが、1.45V以下であってもよい）と決定されてもよく、そのようなものとして、方法400は、ステップS. 402'からS. 403''まで前進させられる。ステップS. 403''において、例えば、方法400は、電池のOCVが約1.45Vよりも大きく、かつ約1.65V未満であるか否かを決定する。

#### 【0278】

ステップS. 403''における上記の条件が真である場合、方法400は、ステップ

10

20

30

40

50

S. 403' からステップ S. 404' まで前進させられ、そこで、電池の電圧が約 1.98 V になるまで、または充電電流 I が降下するまで、電池は 8 mA で充電される。次いで、方法 400 は、ステップ S. 404' から S. 405' まで前進させられ、そこで、電池電圧が 1.8 V であった期間を参照して、電池が 5 分間以内に  $V_{max}$  に到達するか否かが決定される。

#### 【0279】

ステップ S. 405' における上記の条件が真である場合に、方法 400 は、充電電流 I が分極ピークタイマー  $T_1$  中に 1 mA 未満であるか否かを決定するために、ステップ S. 405' からステップ S. 406' まで前進させられる。ステップ S. 405' における上記の条件が真である場合に、方法 400 は、ステップ S. 406' からステップ S. 407' まで前進させられ、この場合、不適合化学反応を潜在的に有する電池（例えば、電池がアルカリ電池である）に起因して、充電が中止されるか、または電池は、適合化学反応（例えば、 $Ag_2O/AgZn$ ）を有するが、許容できないほど高いインピーダンスを含む。同様に、ステップ S. 405' における上記の条件が真ではない場合に、方法 400 は、S. 405' からステップ S. 407' まで前進させられ、この場合、充電が終了させられる。さらに、ステップ S. 406' における条件が真ではない場合に、方法は、ステップ S. 406' からステップ S. 407' まで前進させられ、それは前述の開示でより詳細に論議されている。

#### 【0280】

上記で説明されるステップ S. 406' を考慮するときに、アノードとカソードとが同じ化学反応であるので、充電中に、 $Ag_2O$  または「酸化銀 I」電池が、 $AgZn$  または「酸化銀 II」電池とほぼ同一に挙動し、結果として、 $Ag_2O$  電池が最大で  $V_{max}$  まで充電され得、 $V_{max}$  に到達したときに、 $Ag_2O$  電池の中の充電電流が、 $AgZn$  電池に対して同様に降下することが理解されるであろう。しかしながら、違いは、 $Ag_2O$  の充電電流が、一般的には、1 mA 以下に降下し、決してより高いレベルに回復しないことである。さらに、 $AgZn$  電池にも、 $V_{max}$  に到達したときに充電電流降下があるが、充電電流降下は、分極ピークタイマーが完了する前に電流が再び上昇する前の瞬間的なものにすぎない。その上さらに、空の  $Ag_2O$  電池は、電圧が 1.8 V を超えた後に充電上昇を測定することによって検出され得る、充電中の極めて遅い電圧上昇を有する。さらに、 $AgZn$  電池は、1.80 V に到達した後に迅速に  $V_{max}$  に到達するが、 $Ag_2O$  電池は、より長い時間を要する。

#### 【0281】

(3. 分岐 S. 402'、S. 403'、および S. 403' - S. 405' )

ステップ S. 402' を再び参照して、方法 400 の別の分岐が論議される。ステップ S. 402' において、条件が真ではない（すなわち、OCV が 1.2 V 未満であり得るか、または 1.45 V よりも大きくあり得る）と決定されてもよく、このようにして、方法 400 は、ステップ S. 402' から S. 403' まで前進させられる。ステップ S. 403' において、例えば、方法 400 は、電池の OCV が約 1.45 V よりも大きく、かつ約 1.65 V 未満であるか否かを決定する。ステップ S. 403' において、条件が真ではない（すなわち、OCV が 1.2 V 未満であり得る）と決定されてもよく、このようにして、方法 400 は、ステップ S. 403' から S. 403' まで前進させられる。

#### 【0282】

ステップ S. 403' において、電池が 1.6 V に到達するまで、電池が 1 mA で充電される。次いで、方法 400 は、ステップ S. 403' から S. 404' まで前進させられ、そこで、電池の電圧は、1 時間以内に 1.6 V に到達する。ステップ S. 404' における上記の条件が真ではない場合に、方法 400 は、ステップ S. 405' まで前進させられ、そこで、 $ZnO_2$ 、NiMH、アルカリ等のうちの 1 つの不適合化学反応を潜在的に有する電池に起因して、充電が中止される。しかしながら、ス

ステップS. 404' ' 'における条件が真である場合、方法は、ステップS. 404' ' 'まで前進させられ、それは上記で論議されており、簡潔にする目的でここでは繰り返されない。

#### 【0283】

(4. 分岐S. 402'、S. 403' ' - S. 406' '、およびS. 407' ' ' )

ここでステップS. 407' ' 'に注目する。ステップS. 406' ' 'において上記で説明される条件が真ではない場合に、ステップS. 407' ' 'に到達する。ステップS. 407' ' 'において、方法400は、充電電流Iが、分極ピークタイマー $T_1$ 中に変曲を呈する（すなわち、変曲は、0.5mA以上の上昇として定義される）か否かを決定する。ステップS. 407' ' 'における上記の条件が真である場合、変曲は、電池が銀亜鉛電池であり、銀亜鉛電池の銀状態がAgZnまたは「酸化銀II」であることを示し得、このようにして、方法400は、ステップS. 407' ' 'からステップS. 402' ' 'まで前進させられ、（すなわち、ステップS. 402' ' 'において、方法400は、ステップS. 102' ' 'における「多段充電モード」またはステップS. 202' ' 'における「単段充電モード」のうちの1つまで前進させられてもよい）。しかしながら、逆に、ステップS. 407' ' 'における条件が真ではない場合、方法400は、S. 407' ' 'からステップS. 407' ' 'まで前進させられ、そこで充電が中止される。

#### 【0284】

本発明のいくつかの方法では、バッテリー評価が充電中に起こり、設定された期間の間、充電電流を用いてバッテリーを充電するステップと、初期電圧上昇率が閾値を満たすか否かを決定するステップとを含み、電圧上昇率が閾値を満たさなかった場合、充電が終了させられる。例えば、バッテリーが定格容量の約50%以下のSOCまで放電されたときに、バッテリーは、最初に、短い期間（例えば、10秒未満）にわたって診断充電電流 $I_{Diag}$ を用いて充電され、バッテリーの電圧が測定される。バッテリーの電圧が閾値（例えば、約1.65V）を満たさなかった場合に、充電が終了させられる。

#### 【0285】

いくつかの実施形態では、上記の充電方法のうちのいずれかはさらに、約7秒未満（例えば、約5秒未満、または約3秒）の期間の間、約8mAの診断充電電流 $I_{Diag}$ を用いてバッテリーを充電するステップと、 $V_{Batt}$ が約1.65V以下（例えば、約1.55V以下）である場合に、充電方法を終了させるステップを含む。

#### 【0286】

他の実施形態では、上記の充電方法のうちのいずれかは、約7秒未満（例えば、約5秒未満、または約3秒）の期間の間、約8mAの診断充電電流 $I_{Diag}$ を用いてバッテリーを充電するステップと、バッテリーのSOCの増加が少なくとも0.02%ではない場合に、充電方法を終了させるステップをさらに含む。

#### 【0287】

一実施例では、評価がバッテリーの放電時に起こる。例えば、バッテリーの放電の終了時に、 $V_{Batt}$ が1.4Vから1.15Vまでの間（例えば、1.4Vから1.2Vまでの間）であるときに、単位時間当たりの平均バッテリー電圧の変化が測定され、変化が、30分間以下（例えば、15分間以下、10分間以下、または5分間以下）の期間の間、60mV以上ではない場合に、本発明の方法に従って、バッテリーが充電されるべきではないことをユーザに警告する、電気信号が生成される。

#### 【0288】

一実施形態は、バッテリーの放電の終了時に、例えば、DODが約70%以下であるとき、DODが約90%以下であるとき、またはDODが約95%以下であるときに、単位容量当たりの平均バッテリー電圧の変化を決定するステップと、単位時間当たりのバッテリー電圧の変化が、DODの3%変化について60mV以上ではない場合に、本発明の方法に従って、バッテリーが再充電されるべきではないことをユーザに警告する信号、例えば、音声信号、視覚信号、振動信号、またはそれらの任意の組み合わせを生成するステップとを含

む。または、単位時間当たりのバッテリー電圧の変化が、DODの3%変化について60mV以上である場合に、本発明の方法に従って、バッテリーが再充電されるべきであることをユーザに警告する信号、例えば、音声信号、視覚信号、振動信号、またはそれらの任意の組み合わせを生成する。他の実施形態は、充電管理システムと通信し、評価の結果に応じて、本発明の方法によるバッテリーの充電を有効または無効にする信号を生成するステップを含む。

【0289】

(6. 再充電バッテリーのSOCを評価する)

本発明の方法に従って再充電されるバッテリーの容量、および関連SOCは、以下の式(3)を使用して計算されてもよく、

【0290】

【数1】

$$Capacity = \int_0^{T_{cc}} I_{cc} dT + \int_{T_{cc}}^{T_{final}} I_{cv}(T) dT \quad (3)$$

ここで、 $T_{cc}$ は、定電流時間であり、 $I_{cc}$ は、実質的に一定の電流であり、 $I_{cv}$ は、バッテリーにおいて一定の電圧を維持する制御された電流であり、 $T_{final}$ は、充電が終了する時間である。容量は、式(3)の中の積分のうちのそれぞれの容量を決定するために、数学的近似方法を使用して概算されてもよい。

【0291】

本発明のいくつかの方法では、再充電可能バッテリーに充電される電気エネルギーの容量を決定するために、クーロン計数が使用されてもよい。

【0292】

他の方法は、ある電圧にバッテリーを充電するために必要な時間に基づいて、電気容量を概算する。

【0293】

本発明のいくつかの方法に従って、 $V_1$ および $V_2$ に充電されるバッテリーについて、バッテリーの容量を概算するか、またはバッテリーがその定格容量の約80%以上のSOCに充電されたときを決定する1つの例示的な方法は、バッテリーの電圧が電圧 $V_1$ から $V_2$ に到達するために必要とされる時間を測定することである。次いで、この時間は、以下の式(4)の使用によって、 $I_{ter}$ を決定するために使用され、

$$I_{ter} = I_{comp} + m(T_{V2} - T_{V1})^Y \quad (4)$$

ここで、 $I_{comp}$ は、所与の温度に対する最小充電電流であり、項 $(T_{V2} - T_{V1})$ は、バッテリーが $V_1$ から $V_2$ まで充電するために必要とされる時間量を表し、 $m$ および $Y$ は、定数である。式(4)が、 $I_2$ よりも小さい $I_{ter}$ の値を生じる場合に、 $I_{ter} = I_2$ である。 $Y$ および $m$ を決定する1つの方法は、 $m$ および $Y$ に対する種々の値(例えば、 $Y$ が1、 $Y$ が0.25から4.0までの間、 $Y$ が0.3から3までの間である)を使用し、最長サイクル寿命を実証するバッテリーから $m$ および $Y$ 値を選択する、本方法を使用して、充電されることを目的とするバッテリーと同じ一般設計のバッテリー群を試験することである。 $I_{comp}$ を決定する1つの方法は、いくつかの温度で $I_{comp}$ の種々の値を使用する本方法を使用して、充電されることを目的とするバッテリーと同じ一般設計のバッテリー群を試験し、電池の短絡が起こらないように、各温度における値 $I_{comp}$ を選択することである。 $I_{comp}$ は、一般的には、5から200時間までの間の期間で、0%SOCから100%SOCまで電池を完全に充電する電流である(例えば、 $I_{comp}$ は1mAであり、 $I_{comp}$ は10mAから0.01mAまでであり、 $I_{comp}$ は23℃の温度において7mAから0.1mAまでである)。いくつかの実施例では、いくつかのボタン電池等について、 $I_{comp}$ は約23℃の温度において1mAであり、 $m$ は1mA/時間であり、 $Y$ は1である。

【0294】

10

20

30

40

50

バッテリーが $V_2$ に充電され、充電電流 $I_2$ が制御される場合、制御された $I_2$ 充電電流は、 $I_2$ が $I_{ter}$ に等しいときに終了させられ、それは、バッテリーがその定格容量の80%以上（例えば、90%以上、95%以上、99%以上、または約100%）のSOCに充電されたときに生じる。

【0295】

本発明のいくつかの方法に従って、 $V_1$ および $V_2$ に充電されるバッテリーについて、バッテリーの容量を概算するか、またはバッテリーがその定格容量の約80%以上のSOCに充電されたときを決定する1つの例示的な方法は、電流充電サイクルについてバッテリーの電圧が電圧 $V_1$ から $V_2$ に到達するために必要とされる時間、および以前の充電サイクルから $V_2$ および $V_1$ に到達する時間を測定することである。次いで、これらの時間は、形態

10

【0296】

【数2】

$$I_{ter} = I_{comp} + m(T_{V_2} - T_{V_1})^Y + \sum_{i=1}^n m_i (T_{V_{2,i}} - T_{V_{1,i}})^{Y_i} \quad (5)$$

ここで、 $I_{comp}$ は、所与の温度に対する最小充電電流であり、項 $(T_{V_2} - T_{V_1})$ は、バッテリーが $V_1$ から $V_2$ に充電するために必要とされる時間量を表し、 $m$ および $Y$ は、定数である。式(5)が、 $I_2$ よりも小さい $I_{ter}$ の値を生じる場合に、 $I_{ter} = I_2$ である。 $Y$ および $m$ を決定する1つの方法は、 $m$ および $Y$ の種々の値（例えば、 $Y$ は1である、 $Y$ は0.25から4.0の間である、 $Y$ は0.3から3の間である）を使用し、最長サイクル寿命を実証するバッテリーから $m$ および $Y$ 値を選択する、本方法を使用して、充電されることを目的とするバッテリーと同じ一般設計のバッテリー群を試験することである。 $I_{comp}$ を決定する1つの方法は、いくつかの温度で $I_{comp}$ の種々の値を使用する、本方法を使用して充電されることを目的とするバッテリーと同じ一般設計のバッテリー群を試験し、電池の短絡が起こらないように、各温度で値 $I_{comp}$ を選択することである。 $I_{comp}$ は、一般的には、5から200時間までの間の期間において、0%SOCから100%SOCまで電池を完全に充電する電流である（例えば、 $I_{comp}$ は1mAであり、 $I_{comp}$ は10mAから0.01mAであり、 $I_{comp}$ は23℃の温度で7mAから0.1mAである）。いくつかの実施例では、いくつかのボタン電池等について、 $I_{comp}$ は約23℃の温度において1mAであり、 $m$ は1mA/時間であり、 $Y$ は1である。式(5)の合計の中の下付き文字 $i$ は、以前のサイクルから現在のサイクルまで（すなわち $i=1$ および $i=n$ ）の範囲に及び、電流サイクルよりもさらに前の数である。数字 $n$ は、一般的には、10未満または5未満である。 $Y_i$ および $m_i$ を決定する1つの方法は、 $Y_i$ および $m_i$ の種々の値（例えば、 $Y_i$ が1、 $Y_i$ が0.0から4.0までの間、 $Y_i$ が0.3から3までの間）を使用し、最長サイクル寿命を実証するバッテリーから $m_i$ および $Y_i$ 値を選択する本方法を使用して充電されることを目的とするバッテリーと同じ一般設計のバッテリー群を試験することである。式(5)の中の合計はまた、時間導関数または $(T_{V_2} - T_{V_1})$ の差分の関数である項によって置換されることができ、すな

20

30

40

【0297】

【数3】

$$I_{ter} = I_{comp} + m(T_{V_2} - T_{V_1})^Y + \sum_{i=1}^n m_i \frac{\Delta^x (T_{V_{2,i}} - T_{V_{1,i}})^{Y_i}}{\Delta^x i} \quad (6)$$

ここで、 $\Delta$ は、差分演算を表し、 $x$ は、一次、二次、または三次の差分を表す。バッテリーが $V_2$ に充電され、充電電流 $I_2$ が制御されたときに、制御された $I_2$ 充電電流は、 $I_2$ が $I_{ter}$ に等しいときに終了させられ、それは、バッテリーがその定格容量の80%以上（例えば、90%以上、95%以上、99%以上、または約100%）のSOC

50

に充電されたときに生じる。

【0298】

本発明のいくつかの方法に従って、 $V_1$  および  $V_2$  に充電されるバッテリーについて、バッテリーの容量を概算するか、またはバッテリーがその定格容量の約80%以上のSOCに充電されるときを決定する別の例示的な方法は、電流充電サイクルに対して、バッテリーの電圧が電圧 $V_1$  から $V_2$  に到達するために必要とされる時間、および以前の充電サイクルから $V_2$  および $V_1$  に到達する時間を測定することである。次いで、これらの時間は、既知のフィードバック制御方法または拡張時間遅延自動同期化方法のうちのいずれかの使用によって、 $I_{te_r}$  を決定するために使用される。

【0299】

(7.  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $I_1$ 、 $I_2$ 、および $I_{te_r}$ の動的変調)

充電パラメータ $V_1$ 、 $V_2$ 、 $I_1$ 、 $I_2$ 、および $I_{te_r}$ は、必ずしもサイクル毎に一定ではないが、種々の性能特性を最適化するために変調することができる。これらの性能特性の実施例は、いくつかのサイクルにわたって一定の放電容量を提供すること、バッテリーの寿命にわたって一定の充電時間を維持すること、サイクルの数を最小容量まで増加させること、弱い短絡を直すこと、および過放電事象後に性能を回復することである。充電パラメータ $V_1$ 、 $V_2$ 、 $I_1$ 、 $I_2$ 、および $I_{te_r}$ は、その全体が参照することにより本明細書に組み込まれる、I. Kiss, Z. Kazsu and V. Gaspar; Chaos 16 033109 (2006)において説明されているもの等の既知のフィードバック制御方法または拡張時間遅延自動同期化方法のうちのいずれかの使用によ

って変調することができ、以前の充電および／または放電サイクルからの異なる性能特性は、電流充電サイクルに対する充電パラメータのうちの1つ以上を変調するために、電流充電パラメータとともに使用される。充電パラメータのうちのそれぞれは、同時に異なる方法によって変調することができる。制御方法で使用することができる性能特性の実施例は、放電電圧の終了、開路電圧、待機時間、全充電時間、平均放電電圧、 $I_{te_r}$ 、または $T_{V_2} - T_{V_1}$ である。

【0300】

(III. 充電装置)

いくつかの実施形態では、再充電可能バッテリーが、充電管理システム（例えば、ハードウェア、ファームウェア、および／またはソフトウェア）を備えるホストデバイス（例えば、携帯電話、PDA、ラップトップコンピュータ、懐中電灯、携帯用オーディオデバイス、および／または携帯用ビデオデバイス等の電子デバイス）に連結される。他の実施形態では、再充電可能バッテリーは、充電管理システムを備え、再充電可能バッテリーは、バッテリー充電管理システムを含む、携帯電話、ラップトップコンピュータ、携帯用オーディオデバイス（例えば、mp3プレーヤ）等のホストデバイスに連結する。1つのそのようなシステムが、米国特許第6,191,522号で説明されている。そして、いくつかの実施形態では、充電管理システムまたは回路は、ホストデバイス（例えば、バッテリーによって電力供給される電子デバイス）、バッテリー自体、充電基部、またはそれらの任意の組み合わせの間で分割される。前述の開示のうちのいくつかは、バッテリーおよびホストデバイスを対象とするが、「バッテリー」および「ホストデバイス」という用語は、請求された発明の実施形態を対象とし、「バッテリー」および「ホストデバイス」の用途特異的な説明は、請求項の範囲を限定するために使用されるべきではないことが理解されるであろう。

【0301】

実施形態では、バッテリーは、電池の実際の容量の約50%以下の定格充電容量を有する。バッテリーが「完全に充電される」と言われるときに、電池は、バッテリーの定格容量の約100%のSOCを有する。バッテリーが電子デバイス等のホストデバイスに電力供給するときに、バッテリーのSOCは減少する。再充電可能バッテリーは、電気エネルギーが再充電可能バッテリーに送達されるときに再充電される。再充電可能バッテリーを再充電するための1つ以上の方法は、上記で説明され、概して、それぞれ、図8A-8Dの100、200、300、および400において示される。

## 【0302】

実施形態では、システムは、例えば、米国特許第6,337,557号で説明される充電ドックまたは基部等の充電ドックまたは充電基部を含んでもよい。他の実施形態では、システムは、図1で描写されるような回路を備える、再充電ハードウェアを含んでもよい。再充電可能バッテリーは、充電基部がバッテリーを直接または間接的に再充電することができるように、充電基部と直接ドッキングされ、または別様に充電基部上に配置されてもよい。別の実施例では、バッテリーは、電子デバイスに連結されてもよく、実施形態では、電子デバイスは、充電基部が再充電可能バッテリーを直接または間接的に再充電することができるように、充電基部と直接ドッキングされ、または別様に充電基部上に配置されてもよい。一実施形態では、充電基部は、再充電可能バッテリーが再充電されることを可能にするために、概してACにおいて示される、主電源システムに接続されてもよい。

10

## 【0303】

実施形態では、「直接」充電方法は、電気接点／導線が、例えば、主電源システムから再充電可能バッテリーへ電流が送達されることを可能にするように、例えば、再充電可能バッテリー、電気デバイス、および充電基部のうちの1つ以上から延在する、例えば、1つ以上の電気接点／導線を含む、例えば、「直接有線接点」を含んでもよい。実施形態では、「間接」充電方法は、電磁場が、例えば、主電源システムに接続される充電基部、ならびに再充電可能バッテリーおよび電子デバイスのうちの1つ以上から、エネルギーを伝達してもよいように、例えば、「誘導充電」を含んでもよい。

20

## 【0304】

実施形態では、再充電可能バッテリーは、ボタンバッテリーであるが、本発明の他の実施形態は、電氣的に直列に配設される複数の電気化学電池を備える、再充電可能バッテリーと、そのようなバッテリーを充電する方法とを備える。本発明で有用な他の再充電可能バッテリーはまた、円筒電池および角柱電池も含む。

## 【0305】

いくつかの実施形態では、再充電可能バッテリーは、2つの電極（すなわち、アノードおよびカソード）と、電解質（すなわち、電子および陽イオンの可動化を促進するための導電性媒体として挙動する物質）とを備える。電解質は、例えば、アルカリ化剤の水溶液（例えば、水性NaOH、水性KOH、またはそれらの組み合わせ）等の材料の混合物を含んでもよい。いくつかの電解質はまた、ホウ酸塩、リン酸塩、または同等物を含む、緩衝剤等の添加剤を含んでもよい。本発明のバッテリーの中のいくつかの例示的なカソードは、銀材料を含む。そして、本発明のバッテリーの中のいくつかの例示的なアノードは、亜鉛を含む。

30

## 【0306】

実施形態では、再充電可能バッテリーのカソードは銀材料を含む。実施形態では、再充電可能バッテリーのアノードは、亜鉛（Zn）を含む。したがって、上記で説明される再充電可能電気化学バッテリーの電極の潜在的な化学反応を考慮して、再充電可能電気化学バッテリーは、「銀亜鉛バッテリー」と呼ばれてもよい。

## 【0307】

実施形態では、銀亜鉛バッテリーは、アルカリ金属の水性水酸化物を含む、アルカリ電解質を含む。実施形態では、電解質は、水酸化リチウム（LiOH）、水酸化ナトリウム（NaOH）、水酸化カリウム（KOH）、水酸化セシウム（CsOH）、水酸化ルビジウム（RbOH）、またはそれらの任意の組み合わせを含む。いくつかの電解質が上記で説明されるが、銀亜鉛バッテリーは、特定の電解質に限定されず、銀亜鉛バッテリーは、任意の望ましい電解質を含んでもよいことが理解されるであろう。

40

## 【0308】

実施形態では、銀亜鉛バッテリーは、制御された方式で再充電されてもよい。実施形態では、銀亜鉛バッテリーを再充電するためのシステムは、図1で回路図として図示される、再充電管理回路を含んでもよい。

## 【0309】

50

実施形態では、再充電管理回路は、制御された方式で銀亜鉛バッテリーの再充電を可能にする。実施形態では、再充電管理回路は、米国特許第7, 375, 494号で説明されているバッテリー等の銀亜鉛バッテリー、電子デバイス、および充電基部のうちの1つ以上の内側に含まれてもよい。実施形態では、再充電管理回路は、プロセッサ、論理回路、またはそれらの組み合わせとして提供されてもよい。本発明の充電方法を行うために有用な他の再充電システムのいくつかの側面は、米国特許第7, 018, 737号、第6, 181, 107号、第6, 215, 276号、第6, 040, 684号、および第6, 931, 266号、ならびに米国特許出願公報第20050029989号、第20030040255号で説明されているものを含む。

#### 【0310】

実施形態では、図1で例示されるような再充電管理回路は、制御された方式で銀亜鉛バッテリーの再充電を可能にする。実施形態では、再充電管理回路は、銀亜鉛バッテリー、電子デバイス、および充電基部のうちの1つ以上の内側に含まれてもよい。実施形態では、再充電管理回路は、プロセッサ、論理回路、またはそれらの組み合わせとして提供されてもよい。

#### 【0311】

実施形態では、再充電可能バッテリー用の再充電管理回路によって達成され得る充電方法100-400は、いくつかの実施形態では、定電流・定電圧(CC-CV)充電電流として表される1つ以上の変調された充電電流(例えば、 $I_1$  および/または  $I_2$ )を採用してもよい。図2、4、5、6、7A、および7Bの充電曲線プロットで見られるように、充電方法100-400で採用される、制御された充電電流は、バッテリーが最大電圧(例えば、 $V_1$  または  $V_2$ )に充電されるまで、最大で充電電流上限(例えば、 $I_{max}$  または  $I_{2max}$ )までの最大充電電流を用いてバッテリーを充電し、その時点で、充電電流は、充電バッテリーの電圧が最大電圧以上に上昇しないように、最大電流で継続され、または低減される。そして、バッテリーの電圧が最大電圧以下に降下するときに、バッテリーの電圧が最大電圧に到達するまで、充電電流は最大充電電流まで増加させられ、充電電流が止められ、または充電工程/方法は、多段充電工程の中等の別のゾーンに進入する。

#### 【0312】

さらに、実施形態では、バッテリー用の再充電管理回路によって提供されてもよい、充電方法100-400のうちの1つ、または2つ以上の組み合わせは、例えば、銀亜鉛バッテリーの容量に依存し得る、少なくとも2つの異なる充電モードを含んでもよい。実施形態では、充電モードは、多段充電モード(例えば、方法100参照)および単段充電モード(例えば、方法200参照)とを備える。他の実施形態はさらに、任意的な「過放電回復充電モード」(例えば、方法300参照)および/または「バッテリー診断調査充電モード」(例えば、方法400参照)を備える。

#### 【0313】

したがって、ユーザが約18時間にわたって電子デバイスを利用してもよいため、24時間の期間の残りの(時間の)均衡は、銀亜鉛バッテリーを再充電するために約6時間しか残さないことが理解されるであろう。そのようなものとして、充電方法100-400のうちの1つ以上を設計する際に、銀亜鉛バッテリーの最大充電時間の実施形態は、約6時間であってもよい。したがって、例えば、ユーザが約18時間にわたって電子デバイスを操作する場合、例えば、ユーザが電子デバイスを使用しておらず、例えば、眠っているかもしれないときに、ユーザは、約6時間でほぼ完全容量に銀亜鉛バッテリーを再充電することを許可されてもよいことが理解されるであろう。言い換えれば、6時間の充電期間は、上述の単段充電モードの実施形態と呼ばれてもよい。

#### 【0314】

しかしながら、実施形態では、例えば、ユーザがある期間中電子デバイスを操作し(例えば、ユーザが約18時間にわたって電子デバイスを操作し)、銀亜鉛バッテリーを再充電することを忘れた場合、電気容量をバッテリーの中へ入力し、少なくとも短縮期間中電子デバイスを動作可能にするために、銀亜鉛バッテリーは、迅速に再充電される必要があっても

よいことも理解されるであろう。そのような状況では、銀亜鉛電池の再充電は、短縮充電時間にわたって、電池のSOCが少なくとも部分的に修復されるような方式で、迅速に処理される必要があってもよく、それにより、ある期間中電子デバイスを動作可能にする。したがって、実施形態では、充電方法100-400のうちの1つ以上はまた、40%未満のSOCを有する電池を、充電の約1時間以内に約40%のSOCに充電する方式で、設計されてもよい。言い換えれば、1時間の充電期間は、上述の多段充電モードの実施形態と呼ばれてもよい。

### 【0315】

(他の実施形態)

本明細書で開示される実施形態は、読者に本発明の新規の側面を慣れ親しませる目的で論議されている。本発明の好ましい実施形態が示され、説明されているが、以下の請求項で説明されるような本発明の精神および範囲から必ずしも逸脱することなく、多くの変更、修正、および置換が当業者によって行われてもよい。

10

【図3A】

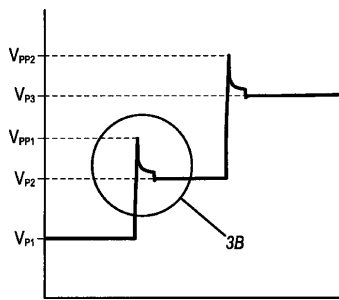


FIG. 3A

【図3B】

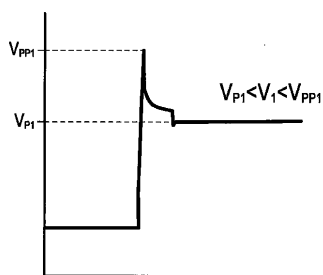


FIG. 3B

【図1】

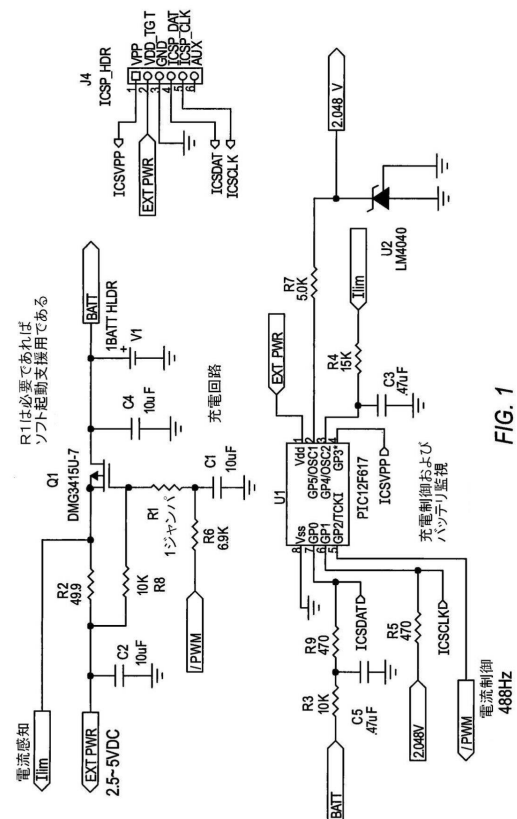


FIG. 1

【図 2】

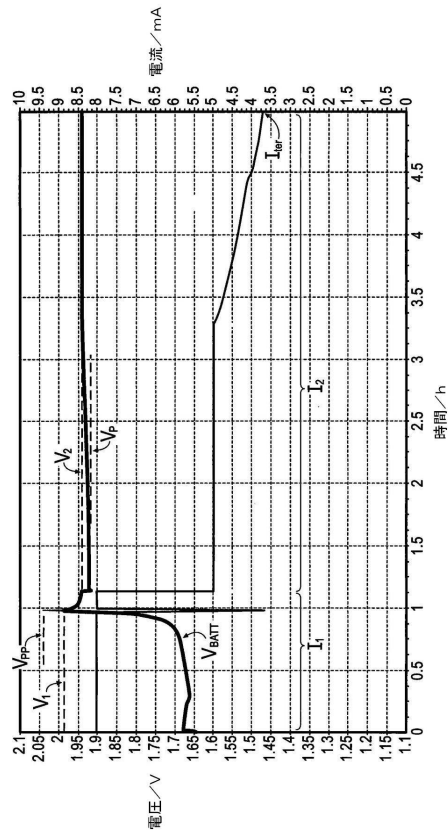


FIG. 2

【図 4】

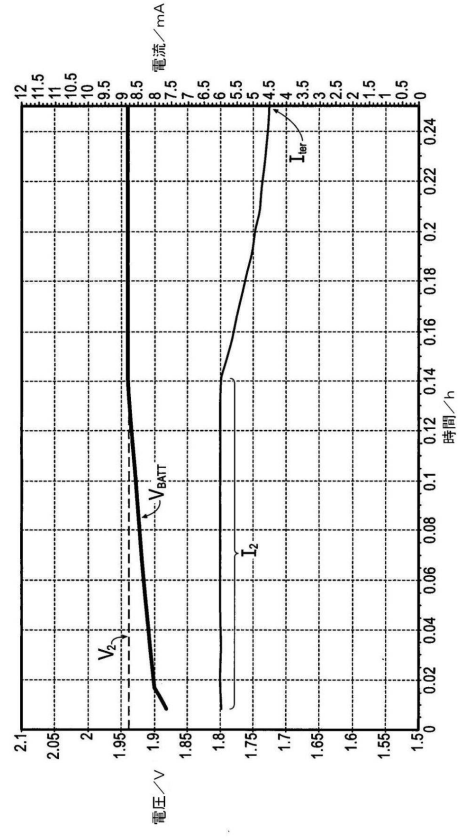


FIG. 4

【図 5】

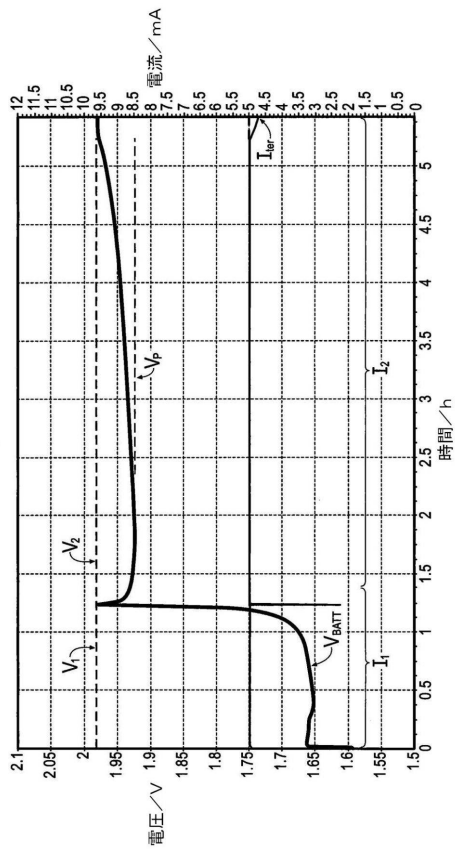


FIG. 5

【図 6】

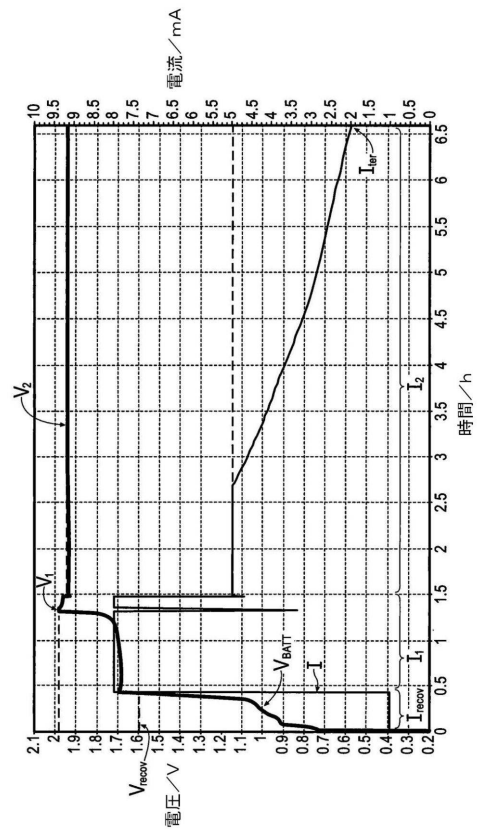


FIG. 6

【図 7】

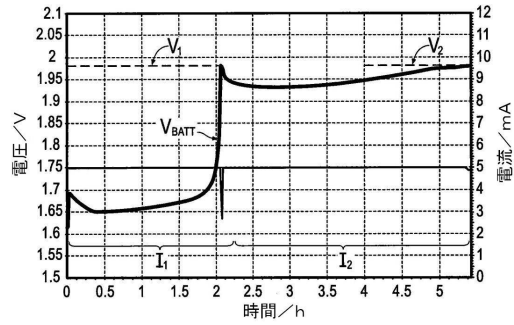


FIG. 7A

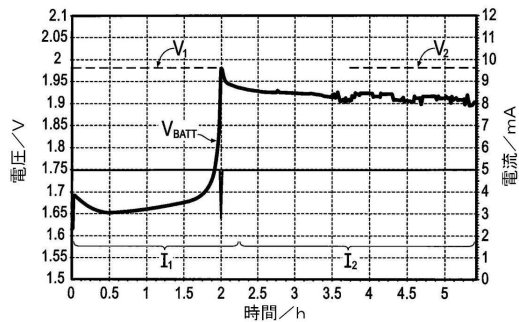


FIG. 7B

【図 8 A】

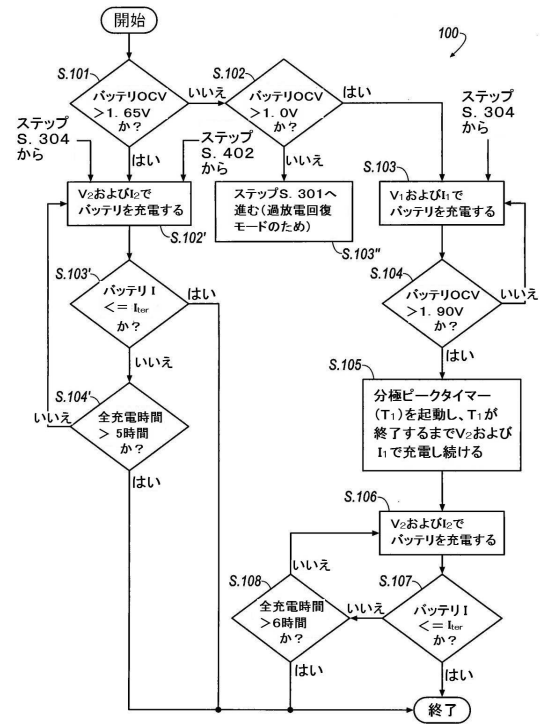


FIG. 8A

【図 8 B】

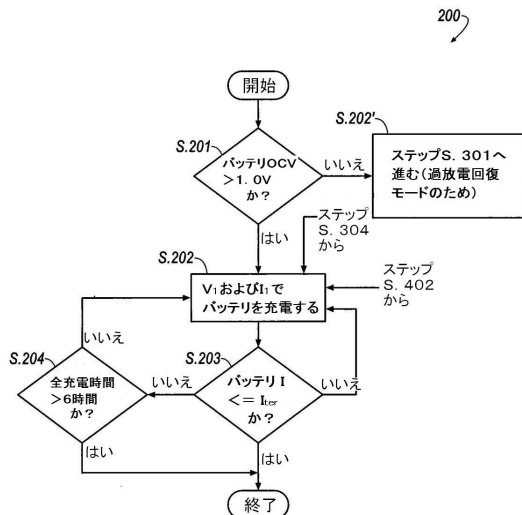


FIG. 8B

【図 8 C】

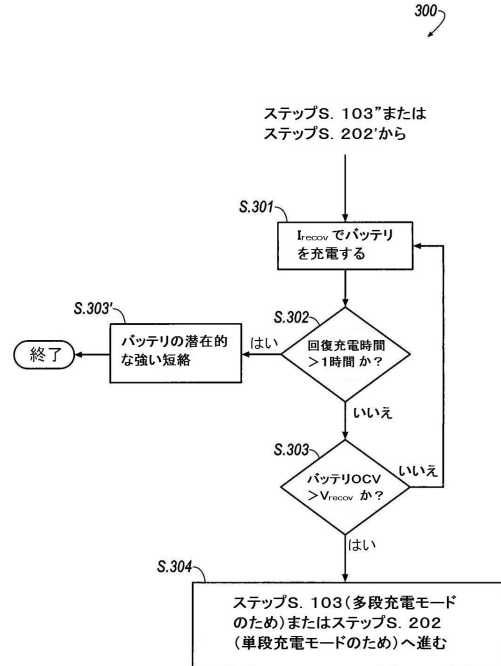


FIG. 8C

【図 8 D】

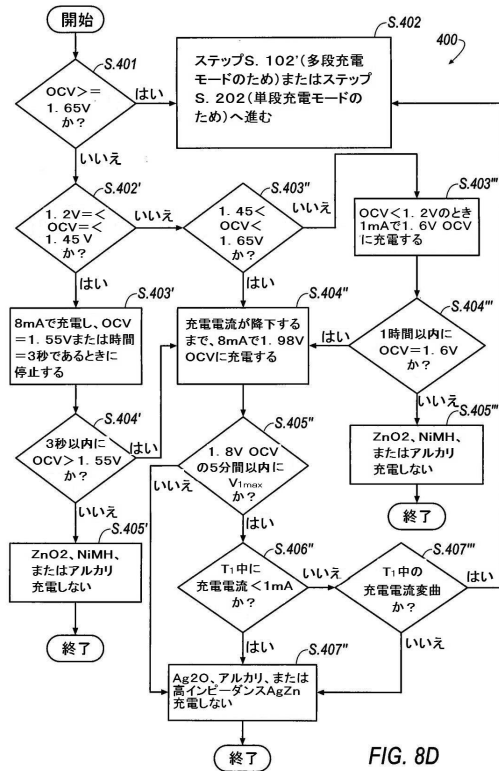


FIG. 8D

【図 9】

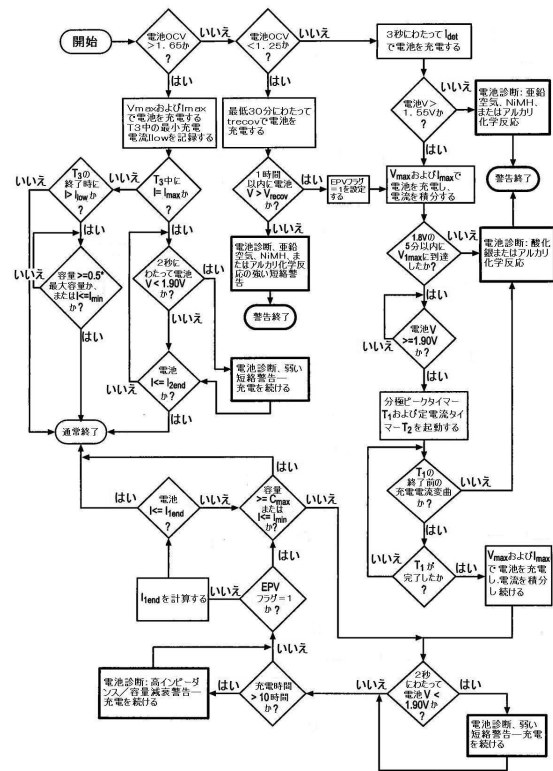


FIG. 9

【図 10】

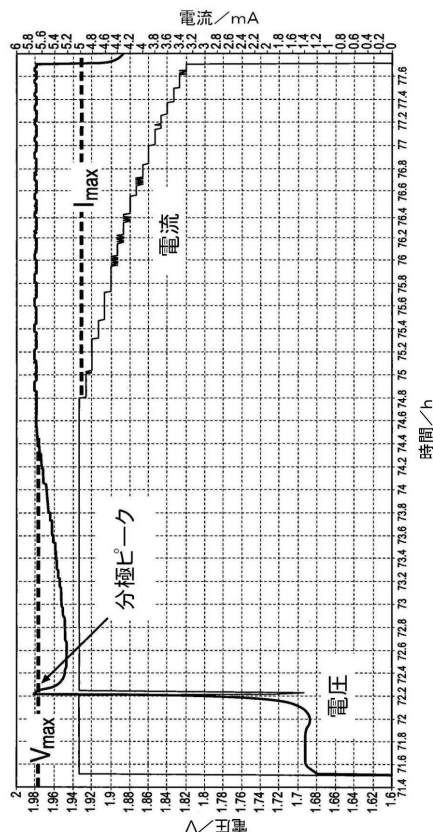


FIG. 10

【図 1 1】

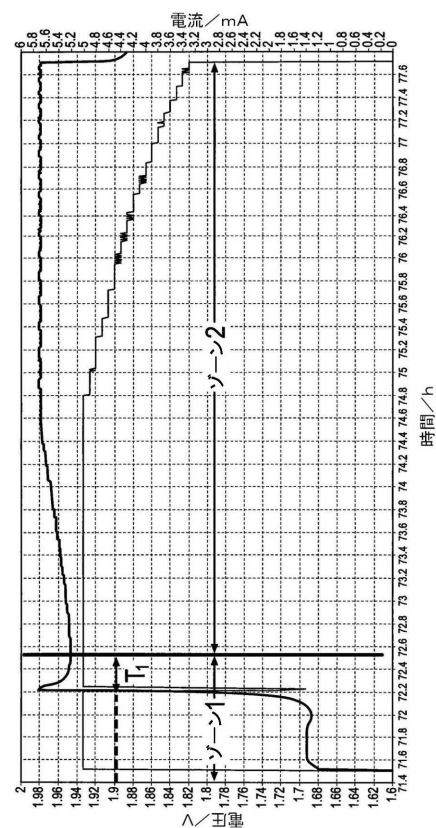


**FIG. 11**

【図 12】

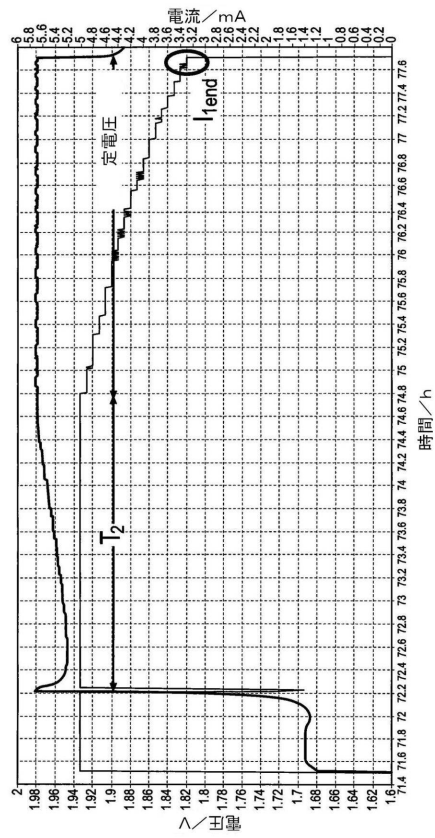


FIG. 12

【図 13】

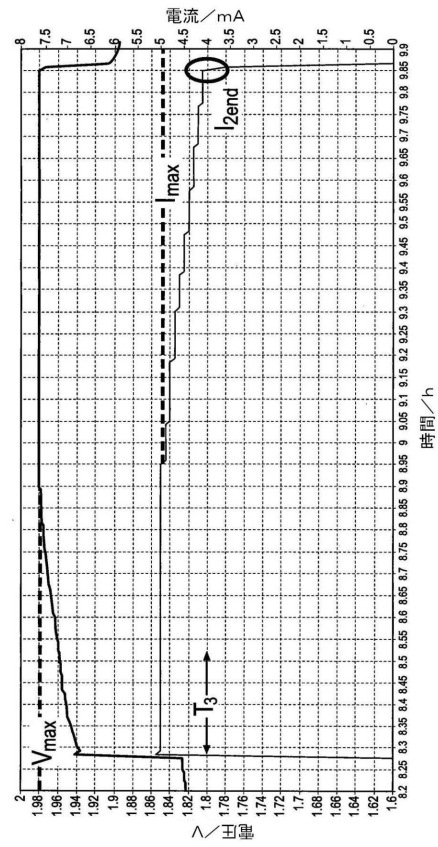


FIG. 13

【図 14】

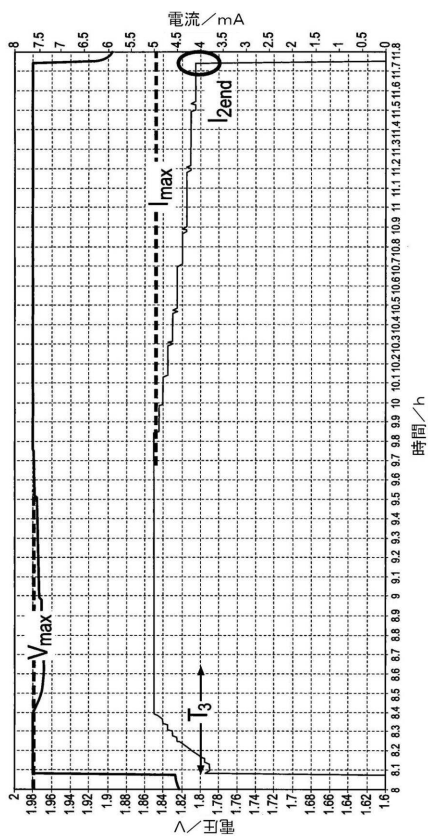


FIG. 14

【図 15】

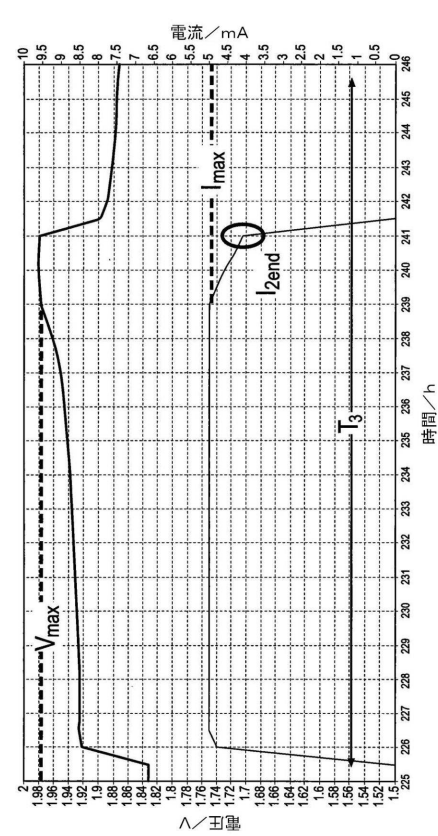


FIG. 15

【図 16】

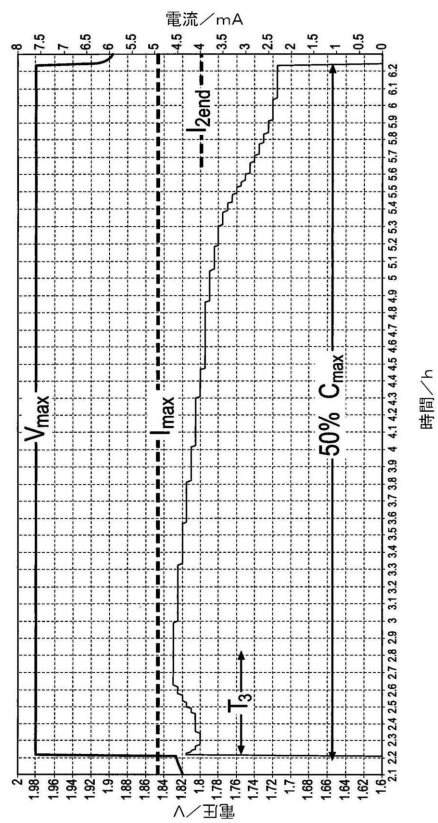


FIG. 16

【図 17】

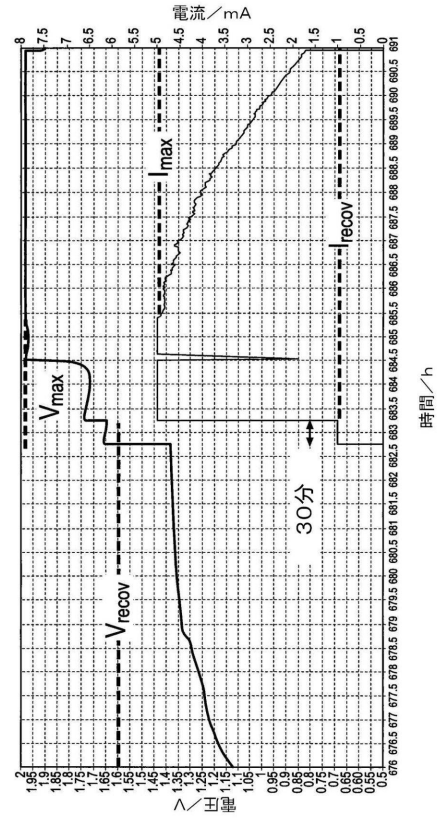


FIG. 17

【図 18】

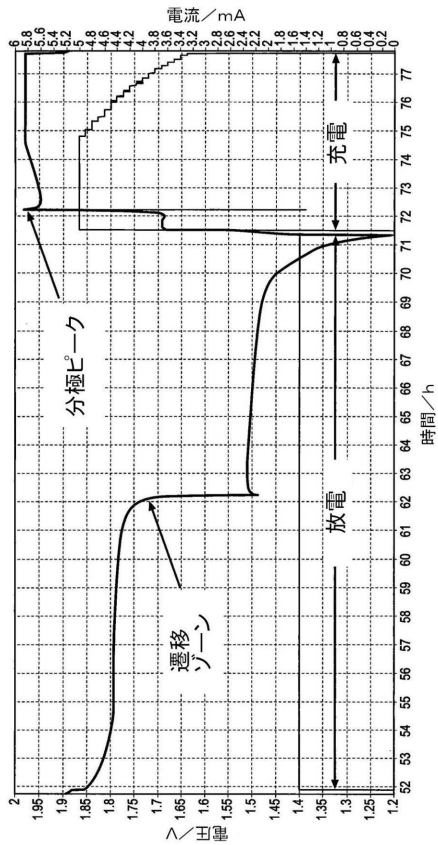


FIG. 18

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 2 J 7/10 H  
H 0 2 J 7/00 Q

(72)発明者 レンケン, トロイ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 3 0 1 2, キャマリロ, ファウンテン ストリート 3  
7 1 1

(72)発明者 パワーズ, ティム  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 1 3 6 2, サウザンド オークス, コベントリー コー  
ト 1 9 2 6

審査官 大手 昌也

(56)参考文献 特開2000-014035 (JP, A)  
特開2002-305038 (JP, A)  
国際公開第2006/075740 (WO, A1)  
特表2010-521948 (JP, A)  
特開2007-236066 (JP, A)  
特表平06-509697 (JP, A)  
特表2005-517279 (JP, A)  
特開2002-058171 (JP, A)  
特開2005-158285 (JP, A)  
特開平06-078471 (JP, A)  
国際公開第2003/061052 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G 0 1 R 3 1 / 3 2 7 - 3 1 / 3 6、  
H 0 1 M 1 0 / 4 2 - 1 0 / 4 8、  
H 0 2 J 7 / 0 0 - 7 / 1 2、 7 / 3 4 - 7 / 3 6