

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-57357
(P2019-57357A)

(43) 公開日 平成31年4月11日(2019.4.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 10/48 (2006.01)	HO 1 M 10/48 P	2 G 2 1 6
HO 1 M 10/44 (2006.01)	HO 1 M 10/44 Q	5 G 5 0 3
GO 1 R 31/36 (2019.01)	GO 1 R 31/36 Z H V A	5 H 0 3 0
HO 2 J 7/02 (2016.01)	HO 2 J 7/02 H	

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2017-179299 (P2017-179299)
(22) 出願日 平成29年9月19日 (2017.9.19)

(71) 出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(74) 代理人 100099759
弁理士 青木 篤
(74) 代理人 100123582
弁理士 三橋 真二
(74) 代理人 100092624
弁理士 鶴田 準一
(74) 代理人 100147555
弁理士 伊藤 公一
(74) 代理人 100123593
弁理士 関根 宣夫
(74) 代理人 100180194
弁理士 利根 勇基

最終頁に続く

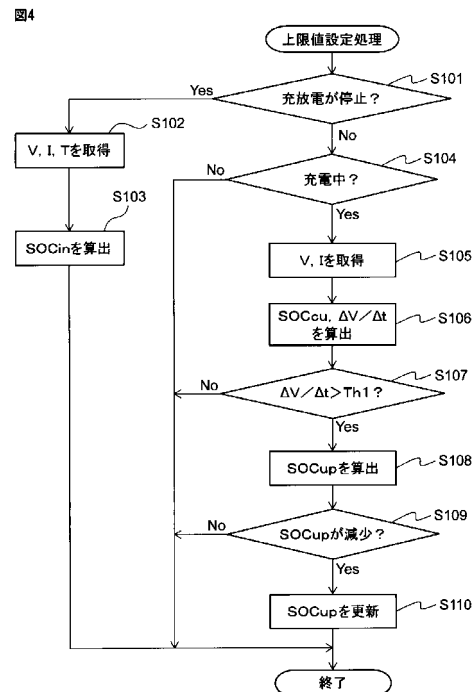
(54) 【発明の名称】 二次電池システム

(57) 【要約】

【課題】二次電池が過充電されることを抑制することができる二次電池システムを提供する。

【解決手段】二次電池システム1は、複数の電池セル21が直列に接続された二次電池2と、二次電池を充電する充電装置3と、二次電池の電圧を検出する電圧検出装置4と、二次電池を流れる電流を検出する電流検出装置5と、二次電池の充電率の上限値を設定すると共に、充電率が上限値に達すると二次電池の充電を停止する充電停止部とを備える。二次電池の各電池セルはプラトー領域を2つ以上有する。充電停止部は、二次電池の少なくとも一つの電池セルの開回路電圧がj番目のプラトー領域とj+1番目のプラトー領域との間の電位ステップの範囲の値であると判定した場合には、判定が行われたときの充電率に基づいて充電率の上限値を算出し、算出された充電率の上限値が現在の充電率の上限値よりも低い場合に、算出された充電率の上限値に充電率の上限値を更新する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の電池セルが直列に接続された二次電池と、
 前記二次電池を充電する充電装置と、
 前記二次電池の電圧を検出する電圧検出装置と、
 前記二次電池を流れる電流を検出する電流検出装置と、
 前記電圧検出装置によって検出された電圧と、前記電流検出装置によって検出された電流とに基づいて前記二次電池の充電率を算出する充電率算出部と、
 前記二次電池の充電率の上限値を設定すると共に、該充電率が該上限値に達すると前記二次電池の充電を停止する充電停止部と
 を備え、

前記二次電池の各電池セルは、前記充電率の変化量に対する開回路電圧の変化量が所定値よりも大きい電位ステップ間の領域であるプラトー領域を n 個有し、 n は 2 以上の整数であり、

前記充電停止部は、前記二次電池の少なくとも一つの電池セルの開回路電圧が j 番目のプラトー領域と $j + 1$ 番目のプラトー領域との間の前記電位ステップの範囲の値であると判定した場合には、前記充電率の上限値を下記の式

【数 1】

$$SOC_{up} = \frac{\left(\sum_{k=1}^j Wd_k + \sum_{k=j+1}^n Wd_k \right)}{\sum_{k=1}^j Wd_k} \times SOC_{cu}$$

によって算出し、ここで、 SOC_{up} は前記充電率の上限値であり、 Wd_k は前記少なくとも一つの電池セルの k 番目のプラトー領域の幅であり、 SOC_{cu} は前記判定が行われたときの充電率であり、

【数 2】

$$\frac{\left(\sum_{k=1}^j Wd_k + \sum_{k=j+1}^n Wd_k \right)}{\sum_{k=1}^j Wd_k}$$

は初期状態の電池セルにおける各プラトー領域の幅に基づいて算出され、

前記充電停止部は、算出された前記充電率の上限値が現在の前記充電率の上限値よりも低い場合に、算出された前記充電率の上限値に前記充電率の上限値を更新する、二次電池システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は二次電池システムに関する。

【背景技術】

【0002】

二次電池は繰り返し充電可能な電池である。しかしながら、二次電池が過充電されると

、正極の酸化等が発生する。この結果、電池容量の低下や内部抵抗の増加が引き起こされ、電池の性能が低下する。

【0003】

このため、従来、二次電池が過充電状態にあることを検出し、二次電池の過充電を抑制することが行われている。例えば、特許文献1には、リチウムイオン二次電池の電圧の時間変化率に基づいてリチウムイオン二次電池の充電率を推定することが開示されている。具体的には、電圧の時間変化率が所定値を超えたときに、リチウムイオン二次電池が過充電状態にあると判定する。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0004】

【特許文献1】特開2016-058245号公報

【特許文献2】特開2010-266221号公報

【特許文献3】特開2008-308122号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1に記載の方法では、二次電池の過充電を検出してから二次電池の充電を停止するまでの間に過充電が進行し、二次電池の性能が大きく低下するおそれがある。

20

【0006】

そこで、上記課題に鑑みて、本発明の目的は、二次電池が過充電されることを抑制することができる二次電池システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明では、複数の電池セルが直列に接続された二次電池と、前記二次電池を充電する充電装置と、前記二次電池の電圧を検出する電圧検出装置と、前記二次電池を流れる電流を検出する電流検出装置と、前記電圧検出装置によって検出された電圧と、前記電流検出装置によって検出された電流とに基づいて前記二次電池の充電率を算出する充電率算出部と、前記二次電池の充電率の上限値を設定すると共に、該充電率が該上限値に達すると前記二次電池の充電を停止する充電停止部とを備え、前記二次電池の各電池セルは、前記充電率の変化量に対する開回路電圧の変化量が所定値よりも大きい電位ステップ間の領域であるプラトー領域をn個有し、nは2以上の整数であり、前記充電停止部は、前記二次電池の少なくとも一つの電池セルの開回路電圧がj番目のプラトー領域とj+1番目のプラトー領域との間の前記電位ステップの範囲の値であると判定した場合には、前記充電率の上限値を下記の式

30

【数1】

$$SOC_{up} = \frac{\left(\sum_{k=1}^j Wd_k + \sum_{k=j+1}^n Wd_k \right)}{\sum_{k=1}^j Wd_k} \times SOC_{cu}$$

40

によって算出し、ここで、 SOC_{up} は前記充電率の上限値であり、 Wd_k は前記少なくとも一つの電池セルのk番目のプラトー領域の幅であり、 SOC_{cu} は前記判定が行われたときの充電率であり、

【数 2】

$$\frac{\left(\sum_{k=1}^j Wd_k + \sum_{k=j+1}^n Wd_k \right)}{\sum_{k=1}^j Wd_k}$$

は初期状態の電池セルにおける各プラトー領域の幅に基づいて算出され、前記充電停止部は、算出された前記充電率の上限値が現在の前記充電率の上限値よりも低い場合に、算出された前記充電率の上限値に前記充電率の上限値を更新する、二次電池システムが提供される。 10

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、二次電池が過充電されることを抑制することができる二次電池システムが提供される。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】図 1 は、本発明の第一実施形態における二次電池システムの概略図である。 20

【図 2】図 2 は、二次電池の単一の電池セルにおける充電率 - 開回路電圧曲線を示すグラフである。

【図 3】図 3 は、プラトー領域が n 個である場合の図 2 と同様の充電率 - 開回路電圧曲線を示すグラフである。

【図 4】図 4 は、本発明の第一実施形態における上限値設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図 5】図 5 は、本発明の第二実施形態における上限値設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図 6】図 6 は、本発明の第三実施形態における上限値設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。 30

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、以下の説明では、同様な構成要素には同一の参照番号を付す。

【0011】

< 第一実施形態 >

最初に図 1 ~ 図 4 を参照して、本発明の第一実施形態について説明する。

【0012】

< 二次電池システムの構成 >

図 1 は、本発明の第一実施形態における二次電池システムの概略図である。二次電池システム 1 は二次電池 2 を備える。二次電池 2 は、複数の電池セル 2 1 が直列に接続された二次電池であり、電池パック又は組電池とも称される。各電池セル 2 1 は、正極と、負極と、正極と負極との間に配置された電解質とを有する。 40

【0013】

本実施形態では、二次電池 2 は、バイポーラ構造を有する全固体リチウム硫黄 (LiS) 電池である。この場合、正極材料として硫黄が用いられ、負極材料として金属リチウムが用いられ、電解質としてセラミックスのような固体電解質が用いられる。各電池セル 2 1 では、リチウムイオンが電解質を介して正極と負極との間を移動することで、充放電が行われる。

【0014】

50

二次電池システム 1 は、二次電池 2 を充電する充電装置 3 を更に備える。充電装置 3 は、二次電池 2 の両端の正極端子及び負極端子に電氣的に接続されている。充電装置 3 は、商用電源のような外部電源から供給される電力又はモータジェネレータから供給される電力を用いて二次電池 2 を充電する。

【 0 0 1 5 】

充電時には、充電装置 3 から二次電池 2 に電流が供給され、リチウムイオンが各電気セル 10 の正極から負極に移動する。この結果、二次電池 2 の容量が徐々に増加する。一方、放電時には、リチウムイオンが各電気セル 10 の負極から正極に移動し、モータ等の電子機器のような外部負荷に二次電池 2 から電力が供給される。この結果、二次電池 2 の容量が徐々に低下する。

【 0 0 1 6 】

二次電池システム 1 は、電圧検出装置 4、電流検出装置 5、温度センサ 6 及び制御装置 7 を更に備える。電圧検出装置 4 は、二次電池 2 に並列に接続され、各電池セル 21 の総電圧である二次電池 2 の電圧を検出する。電圧検出装置 4 によって検出された電圧は制御装置 7 に入力される。

【 0 0 1 7 】

電流検出装置 5 は、二次電池 2 に直列に接続され、二次電池 2 を流れる電流を検出する。したがって、電流検出装置 5 は、充電時には、充電装置 3 から二次電池 2 に供給される電流を検出する。電流検出装置 5 によって検出された電流は制御装置 7 に入力される。

【 0 0 1 8 】

温度センサ 6 は、二次電池 2 のパッケージ内に設けられ、二次電池 2 の温度を検出する。温度センサ 6 は、例えば、サーミスタ又は熱電対である。温度センサ 6 によって検出された温度は制御装置 7 に入力される。

【 0 0 1 9 】

制御装置 7 は、中央演算装置 (CPU)、ROM 及び RAM のようなメモリ、入力ポート並びに出力ポートを含むマイクロコンピュータであり、二次電池 2 の充放電を制御する。充電時には、制御装置 7 は、電圧検出装置 4、電流検出装置 5 及び温度センサ 6 の出力等に基づいて充電装置 3 を制御する。

【 0 0 2 0 】

< 充電率の上限値の設定 >

図 2 は、二次電池 2 の単一の電池セル 21 における充電率 - 開回路電圧曲線を示すグラフである。グラフの横軸は充電率 (SOC: State Of Charge) を示し、グラフの縦軸は開回路電圧 (OCV) を示す。なお、充電率とは、初期状態の二次電池 2 の最大容量に対する現在の二次電池 2 の容量の割合である。

【 0 0 2 1 】

図 2 において、実線は劣化前の初期状態の電池セル 21 のデータを示す。初期状態の二次電池 2 では、各電池セル 21 は同様の充電率 - 開回路電圧曲線を示す。このため、初期状態の二次電池 2 では、二次電池 2 (電池セル 21 全体) の充電率 - 開回路電圧曲線は、単一の電池セル 21 における充電率 - 開回路電圧曲線において開回路電圧に電池セル 21 の数を乗じたデータに等しい。

【 0 0 2 2 】

この例では、電池セル 21 は 2 つのプラトー領域 P_1 、 P_2 を有する。プラトー領域は、充電率の変化量に対する開回路電圧の変化量が所定値よりも大きい電位ステップ間の領域である。プラトー領域では、電位ステップの部分を除いて、充電率の変化に対して開回路電圧が略一定となる。

【 0 0 2 3 】

二次電池 2 の過充電を抑制するためには、充電率の上限値を適切に設定し、二次電池 2 が過充電される前に二次電池 2 の充電を停止することが望ましい。本実施形態では、制御装置 7 が、メモリに記憶されたプログラムを実行することによって、二次電池 2 の充電率を算出する充電率算出部と、二次電池 2 の充電率の上限値を設定すると共に、充電率が上

10

20

30

40

50

限值に達すると二次電池 2 の充電を停止する充電停止部として機能する。

【 0 0 2 4 】

初期状態の各電池セル 2 1 では、充電率が値 A を超えると、電池セル 2 1 が過充電される。このため、二次電池 2 の充電率の上限値の初期値が値 A に設定される。値 A は例えば 1 0 0 % である。充電率算出部は、電圧検出装置 4 によって検出された電圧と、電流検出装置 5 によって検出された電流とに基づいて充電率を算出し、充電停止部は、充電率が上限値 A に達すると二次電池 2 の充電を停止する。また、初期状態の各電池セル 2 1 では、プラトー領域 P_1 と P_2 との間の電位ステップが充電率 B に位置する。

【 0 0 2 5 】

図 2 において、一点鎖線は劣化後の電池セル 2 1 のデータを示す。劣化後の電池セル 2 1 では、劣化による最大容量の低下によって、充電率が値 A よりも小さい値 A d を超えると、電池セル 2 1 が過充電される。このため、充電率の上限値が値 A に維持されると、充電率が値 A d を超えたときに、複数の電池セル 2 1 のうち劣化した電池セル 2 1 が過充電される。このため、充電率の上限値を値 A から値 A d に変更する必要がある。

10

【 0 0 2 6 】

また、劣化後の電池セル 2 1 では、プラトー領域 $P d_1$ と $P d_2$ との間の電位ステップが充電率 B よりも低い充電率 B d に位置する。なお、各プラトー領域における開回路電圧は劣化の前後で等しい。

【 0 0 2 7 】

プラトー領域 $P d_1$ の幅 $W d_1$ とプラトー領域 $P d_2$ の幅 $W d_2$ との比率が分かれば、下記式 (1) によって充電率 B d から充電率 A d を推定することができる。

20

$$A d = (W d_1 + W d_2) / W d_1 \times B d \quad \dots (1)$$

プラトー領域 $P d_1$ の幅 $W d_1$ とプラトー領域 $P d_2$ の幅 $W d_2$ との比率が初期状態のプラトー領域 P_1 の幅 W_1 とプラトー領域 P_2 の幅 W_2 との比率と等しいと仮定すると、例えば $W_1 : W_2 = 1 : 1.2$ である場合、 $W d_2 = 1.2 W d_1$ となり、上記式 (1) は、 $A d = 2.2 B d$ となる。

【 0 0 2 8 】

このため、充電停止部は、少なくとも一つの電池セル 2 1 の開回路電圧がプラトー領域 $P d_1$ と $P d_2$ との間の電位ステップの範囲の値であると判定した場合には、充電率の上限値 S O C u p を下記式 (2) によって算出する。

30

$$S O C u p = (W d_1 + W d_2) / W d_1 \times S O C c u \quad \dots (2)$$

ここで、S O C c u は、現在の充電率、すなわち、少なくとも一つの電池セル 2 1 の開回路電圧がプラトー領域 $P d_1$ と $P d_2$ との間の電位ステップの範囲の値であると判定されたときの充電率である。充電停止部は、算出された充電率の上限値が現在の充電率の上限値よりも低い場合に、算出された充電率の上限値に充電率の上限値を更新する。この結果、図 2 の例では、充電率の上限値が値 A から値 A d に更新される。

【 0 0 2 9 】

二次電池 2 の充電中に少なくとも一つの電池セル 2 1 の開回路電圧がプラトー領域 $P d_1$ と $P d_2$ との間の電位ステップの範囲の値になると、二次電池 2 の電圧の時間変化率 (V / t) が第一閾値よりも大きくなる。このため、充電停止部は、二次電池 2 の電圧の時間変化率が第一閾値よりも大きい場合に、少なくとも一つの電池セル 2 1 の開回路電圧がプラトー領域 $P d_1$ と $P d_2$ との間の電位ステップの範囲の値であると判定する。二次電池 2 の電圧は電圧検出装置 4 によって検出される。

40

【 0 0 3 0 】

また、プラトー領域の数は電池セル 2 1 の電極材料等に応じて異なる。図 3 は、プラトー領域が n 個である場合の図 2 と同様の充電率 - 開回路電圧曲線を示すグラフである。なお、n は 2 以上の整数である。図 3 において、実線は劣化前の初期状態の電池セル 2 1 のデータを示し、一点鎖線は劣化後の電池セル 2 1 のデータを示す。

【 0 0 3 1 】

この場合、充電停止部は、二次電池の少なくとも一つの電池セルの開回路電圧が j 番目

50

のプラトー領域と $j + 1$ 番目のプラトー領域との間の電位ステップの範囲の値であると判定した場合には、充電率の上限値 SOC_{up} を下記の式 (3) によって算出する。

【数 3】

$$SOC_{up} = \frac{\left(\sum_{k=1}^j Wd_k + \sum_{k=j+1}^n Wd_k \right)}{\sum_{k=1}^j Wd_k} \times SOC_{cu} \quad \dots (3)$$

10

ここで、 Wd_k は上記少なくとも一つの電池セル 21 の k 番目のプラトー領域 Pd_k の幅であり、 SOC_{cu} は、現在の充電率、すなわち、少なくとも一つの電池セル 21 の開回路電圧が j 番目のプラトー領域と $j + 1$ 番目のプラトー領域との間の電位ステップの範囲の値であると判定されたときの充電率である。充電停止部は、算出された充電率の上限値が現在の充電率の上限値よりも低い場合に、算出された充電率の上限値に充電率の上限値を更新する。

【0032】

算出された充電率の上限値に充電率の上限値が更新されると、図 3 の例では、充電率の上限値が値 A から値 Ad に変更される。したがって、この方法では、電池セル 21 が過充電される前に、充電率の上限値を適切な値に更新することができる。この結果、電池セル 21、ひいては二次電池 2 が過充電されることを抑制することができる。

20

【0033】

< 上限値設定処理 >

以下、図 4 のフローチャートを参照して、二次電池システム 1 によって実行される制御について説明する。図 4 は、本発明の第一実施形態における上限値設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。本制御ルーチンは制御装置 7 によって繰り返し実行される。制御装置 7 は本制御ルーチンを実行することによって充電率算出部及び充電停止部として機能する。

【0034】

最初に、ステップ S101 において、二次電池 2 の充放電が停止されているか否かが判定される。二次電池 2 の充放電が停止されていると判定された場合、本制御ルーチンはステップ S102 に進む。ステップ S102 では、二次電池 2 の電圧 V と、二次電池 2 を流れる電流 I と、二次電池 2 の温度 T とが取得される。電圧 V は電圧検出装置 4 によって検出され、電流 I は電流検出装置 5 によって検出され、温度 T は温度センサ 6 によって検出される。

30

【0035】

次いで、ステップ S103 において、充電率の初期値 SOC_{in} が算出される。初期値 SOC_{in} は、充電が開始される前の充電率の推定値である。最初に、内部抵抗と温度 T との関係が記載されたマップを用いて温度 T から内部抵抗が算出される。次いで、内部抵抗に電流 I を乗じた値が過電圧として算出される。充電の停止後には、電圧 V から過電圧を減算した値が開回路電圧として算出される。一方、放電の停止後には、電圧 V に過電圧を加算した値が開回路電圧として算出される。次いで、充電率と開回路電圧との関係が記載されたマップを用いて開回路電圧から充電率が算出され、算出された充電率が初期値 SOC_{in} に設定される。なお、各マップは制御装置 7 のメモリ (例えば ROM) に記憶されている。ステップ S103 の後、本制御ルーチンは終了する。なお、内部抵抗として、予め記憶された一定の値を用いてもよい。この場合、温度センサ 6 は省略されてもよい。

40

【0036】

一方、ステップ S101 において二次電池 2 の充電又は放電が行われていると判定された場合、本制御ルーチンはステップ S104 に進む。ステップ S104 では、二次電池 2

50

が充電中であるか否かが判定される。二次電池 2 が充電中でないと判定された場合、本制御ルーチンは終了する。一方、二次電池 2 が充電中であると判定された場合、本制御ルーチンはステップ S 1 0 5 に進む。

【 0 0 3 7 】

ステップ S 1 0 5 では、二次電池 2 の電圧 V と、二次電池 2 を流れる電流 I とが取得される。電圧 V は電圧検出装置 4 によって検出され、電流 I は電流検出装置 5 によって検出される。

【 0 0 3 8 】

次いで、ステップ S 1 0 6 において、二次電池 2 の現在の充電率 S O C c u と、電圧の時間変化率 (V / t) とが算出される。充電開始後の S O C の増加量が電流 I の積算値 (I) に基づいて算出され、初期値 S O C i n に S O C の増加量を加算した値が現在の充電率 S O C c u に設定される。電圧の時間変化率は、微小時間 t における電圧 V の変化量 V ($V = V (t + t) - V (t)$) を微小時間 t で除算することによって算出される。

【 0 0 3 9 】

次いで、ステップ S 1 0 7 において、電圧の時間変化率が第 1 の閾値 T h 1 よりも大きいか否かが判定される。第 1 の閾値 T h 1 は、実験的又は理論的に予め定められ、ゼロよりも大きな値である。電圧の時間変化率が第 1 の閾値 T h 1 以下であると判定された場合、本制御ルーチンは終了する。一方、電圧の時間変化率が第 1 の閾値 T h 1 よりも大きいと判定された場合、少なくとも一つの電池セル 2 1 の開回路電圧がプラトー領域間の電位

ステップの範囲の値であると判定され、本制御ルーチンはステップ S 1 0 8 に進む。

【 0 0 4 0 】

次いで、ステップ S 1 0 8 において、上記式 (3) を用いて充電率の上限値 S O C u p が算出される。このとき、上記式 (3) における S O C c u として、ステップ S 1 0 6 において算出された値が用いられる。また、図 3 から分かるように、各プラトー領域における開回路電圧は異なる値を有する。このため、電圧の時間変化率の上昇がどのプラトー領域間の電位ステップにおいて生じているか、すなわち上記式 (3) における j の値を電圧 V に基づいて決定する。また、上記式 (3) の右辺の

【 数 4 】

$$\frac{\left(\sum_{k=1}^j W d_k + \sum_{k=j+1}^n W d_k \right)}{\sum_{k=1}^j W d_k} \quad \dots (4)$$

は、初期状態の電池セル 2 1 における各プラトー領域の幅、例えば、初期状態の電池セル 2 1 における任意の一つのプラトー領域の幅 (例えば W_1) と各プラトー領域の幅との比率に基づいて算出される。なお、初期状態とは、電池セル 2 1 の各プラトー領域の幅が分

かる劣化前の状態を意味し、例えば二次電池 2 の製造直後の状態である。初期状態において、全ての電池セル 2 1 は同様の充電率 - 開回路電圧曲線を有する。

【 0 0 4 1 】

なお、電池セル 2 1 の電極材料、劣化モード等によっては、各プラトー領域の幅の比率が経時的に変化する。このため、各プラトー領域の幅の比率の変化率と二次電池 2 の使用年数との関係が記載されたマップを用いて、初期状態の電池セル 2 1 における各プラトー領域の幅から算出される初期状態の電池セル 2 1 における各プラトー領域の幅の比率に基づいて、使用年数に応じた各プラトー領域の幅の比率が算出されてもよい。この場合、上記式 (4) の値は、使用年数に応じた各プラトー領域の幅の比率に基づいて算出される。

【 0 0 4 2 】

また、使用年数が t 年のときの各プラトー領域 $P d_k$ の幅 $W d_k(t)$ と、使用年数が $t + \Delta t$ 年のときの各プラトー領域 $P d_k$ の幅 $W d_k(t + \Delta t)$ とが下記式 (5) ~ (7) によって逐次算出されてもよい。

$$W d_k(t) = W d_{k0} \times X_k(t) \dots (5)$$

$$W d_k(t + \Delta t) = W d_{k0} \times X_k(t + \Delta t) \dots (6)$$

$$X_k(t + \Delta t) = X_k(t) + f(V, I, T) \dots (7)$$

ここで、 $W d_{k0}$ は k 番目のプラトー領域の幅の初期値 (初期状態の電池セル 2-1 における k 番目のプラトー領域の幅) であり、 $X_k(t)$ は使用年数が t 年のときのプラトー領域の幅の縮小具合を示す係数であり、 $X_k(t + \Delta t)$ は使用年数が $t + \Delta t$ 年のときのプラトー領域の幅の縮小具合を示す係数であり、 f は、二次電池 2 の電圧 V と、二次電池 2 を流れる電流 I と、二次電池 2 の温度 T とを変数とするモデル関数である。

10

【0043】

次いで、ステップ S109 において、ステップ S108 において算出された充電率の上限値が現在の充電率の上限値よりも低いか否かが判定される。ステップ S108 において算出された充電率の上限値が現在の充電率の上限値以上よりも低いと判定された場合、本制御ルーチンはステップ S110 に進む。ステップ S110 では、充電率の上限値が、ステップ S108 において算出された充電率の上限値に更新される。ステップ S110 の後、本制御ルーチンは終了する。

【0044】

一方、ステップ S109 において、ステップ S108 において算出された充電率の上限値が現在の充電率の上限値以上であると判定された場合、本制御ルーチンは終了する。このことによって、劣化度合が低い電池セル 2-1 の充電率 - 開回路電圧曲線に基づいて充電率の上限値が更新されることを防止することができる。

20

【0045】

なお、充電停止部は、二次電池 2 の充電中に充電率が上限値に達した場合には二次電池 2 の充電を停止する。

【0046】

< 第二実施形態 >

第二実施形態における二次電池システムの構成及び制御は、以下に説明する点を除いて、基本的に第一実施形態における二次電池システムと同様である。このため、以下、本発明の第二実施形態について、第一実施形態と異なる部分を中心に説明する。

30

【0047】

モータの動力源として二次電池 2 が用いられる車両 (ハイブリッド自動車 (HV)、プラグインハイブリッド自動車 (PHV)、電気自動車 (EV) 等) では、回生エネルギー等によって二次電池 2 が充電される。この場合、充電時に二次電池 2 に供給される電流が変動することがある。充電時の電圧の変化量は電流の変化量の影響を受ける。また、二次電池 2 の充電中に少なくとも一つの電池セル 2-1 の開回路電圧がプラトー領域間の電位ステップの範囲の値になると、二次電池 2 に供給された電気量の変化量に対する二次電池 2 の電圧の変化量が第二閾値よりも大きくなる。

40

【0048】

このため、第二実施形態では、充電停止部は、二次電池 2 に供給された電気量の変化量に対する二次電池 2 の電圧の変化量が第二閾値よりも大きい場合に、少なくとも一つの電池セル 2-1 の開回路電圧がプラトー領域間の電位ステップの範囲の値であると判定する。二次電池 2 の電圧は電圧検出装置 4 によって検出され、二次電池 2 に供給された電気量は、電流検出装置 5 によって検出された電流に時間を積算することによって算出される。

【0049】

< 上限値設定処理 >

図 5 は、本発明の第二実施形態における上限値設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。本制御ルーチンは制御装置 7 によって繰り返し実行される。制御装置 7 は本制御ルーチンを実行することによって充電率算出部及び充電停止部として機能する。

50

【0050】

ステップS201～ステップS205は、図4のステップS101～ステップS105と同様であることから説明を省略する。ステップS205の後、ステップS206において、二次電池2の現在の充電率SOCcuと、二次電池2に供給された電気量の変化量に対する二次電池2の電圧の変化量(V/Q)とが算出される。充電開始後のSOCの増加量が電流Iの積算値(I)に基づいて算出され、初期値SOCinにSOCの増加量を加算した値が現在の充電率SOCcuに設定される。二次電池2に供給された電気量の変化量に対する二次電池2の電圧の変化量は、微小時間 t における電圧Vの変化量 $V(V(t+\Delta t) - V(t))$ を微小時間 t における電気量Qの変化量 $Q(Q(t+\Delta t) - Q(t))$ で除算することによって算出される。

10

【0051】

次いで、ステップS207において、二次電池2に供給された電気量の変化量に対する二次電池2の電圧の変化量が第2の閾値Th2よりも大きいか否かが判定される。第2の閾値Th2は、実験的又は理論的に予め定められ、ゼロよりも大きな値である。二次電池2に供給された電気量の変化量に対する二次電池2の電圧の変化量が第2の閾値Th2以下であると判定された場合、本制御ルーチンは終了する。一方、二次電池2に供給された電気量の変化量に対する二次電池2の電圧の変化量が第2の閾値Th2よりも大きいと判定された場合、少なくとも一つの電池セル21の開回路電圧がプラトー領域間の電位ステップの範囲の値であると判定され、本制御ルーチンはステップS208に進む。

20

【0052】

ステップS208～ステップS210は、図4のステップS108～ステップS110と同様であることから説明を省略する。

【0053】

<第三実施形態>

第三実施形態における二次電池システムの構成及び制御は、以下に説明する点を除いて、基本的に第一実施形態における二次電池システムと同様である。このため、以下、本発明の第三実施形態について、第一実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【0054】

図3に示されるように、劣化の有無に関わらず、j番目のプラトー領域の開回路電圧は V_j であり、j+1番目のプラトー領域の開回路電圧は V_{j+1} である。劣化の進行度合いが高い電池セル21の開回路電圧がプラトー領域 Pd_j と Pd_{j+1} との間の電位ステップの範囲の値であり、残りのn-1個の電池セル21の開回路電圧がプラトー領域 Pd_j の開回路電圧である場合、二次電池2(電池セル21全体)の開回路電圧は、 $V_j \times n$ と $V_j \times (n - 1) + V_{j+1}$ との間の値となる。

30

【0055】

このため、第三実施形態では、充電停止部は、二次電池2の開回路電圧が $V_j \times n$ と $V_j \times (n - 1) + V_{j+1}$ との間の値である場合に、一つの電池セル21の開回路電圧がプラトー領域間の電位ステップの範囲の値であると判定する。二次電池2の開回路電圧は、二次電池2の電圧と、二次電池2を流れる電流と、二次電池2の温度とに基づいて算出される。電圧は電圧検出装置4によって検出され、電流は電流検出装置5によって検出され、温度は温度センサ6によって検出される。

40

【0056】

<上限値設定処理>

図6は、本発明の第三実施形態における上限値設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。本制御ルーチンは制御装置7によって繰り返し実行される。制御装置7は本制御ルーチンを実行することによって充電率算出部及び充電停止部として機能する。

【0057】

ステップS301～ステップS304は、図4のステップS101～ステップS104と同様であることから説明を省略する。ステップS304の後、ステップS305において、二次電池2の電圧Vと、二次電池2を流れる電流Iと、二次電池2の温度Tとが取得

50

される。電圧 V は電圧検出装置 4 によって検出され、電流 I は電流検出装置 5 によって検出され、温度 T は温度センサ 6 によって検出される。

【0058】

次いで、ステップ S 306 において、二次電池 2 の現在の充電率 $SOCC_u$ と、二次電池 2 の現在の開回路電圧 OCV_{cu} とが算出される。充電開始後の $SOCC$ の増加量が電流 I の積算値 (I) に基づいて算出され、初期値 $SOCC_{in}$ に $SOCC$ の増加量を加算した値が現在の充電率 $SOCC_u$ に設定される。二次電池 2 の現在の開回路電圧 OCV_{cu} は以下のように算出される。最初に、内部抵抗と温度 T との関係が記載されたマップを用いて温度 T から内部抵抗が算出される。次いで、内部抵抗に電流 I を乗じた値が過電圧として算出され、電圧 V から過電圧を減算した値が開回路電圧 OCV_{cu} として算出される。なお、内部抵抗として、予め記憶された一定の値を用いてもよい。この場合、温度センサ 6 は省略されてもよい。

10

【0059】

次いで、ステップ S 307 において、現在の開回路電圧 OCV_{cu} が $V_j \times n$ と $V_j \times (n - 1) + V_{j+1}$ との間の値であるか否かが判定される。 V_j は j 番目のプラトー領域の開回路電圧であり、 V_{j+1} は $j + 1$ 番目のプラトー領域の開回路電圧である。各プラトー領域の開回路電圧は、予め定められ、制御装置 7 のメモリ (例えば ROM) に記憶されている。 n は電池セル 21 の数である。上述したように、各プラトー領域における開回路電圧は異なる値を有する。このため、 j の値は現在の開回路電圧 OCV_{cu} に基づいて決定される。

20

【0060】

ステップ S 307 において、現在の開回路電圧 OCV_{cu} が $V_j \times n$ と $V_j \times (n - 1) + V_{j+1}$ との間の値でないと判定された場合、本制御ルーチンは終了する。一方、現在の開回路電圧 OCV_{cu} が $V_j \times n$ と $V_j \times (n - 1) + V_{j+1}$ との間の値であると判定された場合、本制御ルーチンはステップ S 308 に進む。

【0061】

ステップ S 308 ~ ステップ S 310 は、図 4 のステップ S 108 ~ ステップ S 110 と同様であることから説明を省略する。

【0062】

< その他の実施形態 >

以上、本発明に係る好適な実施形態を説明したが、本発明はこれら実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載内で様々な修正及び変更を施すことができる。例えば、二次電池 2 は、2 つ以上のプラトー領域を有すれば、リチウムイオン二次電池、ニッケル水素二次電池等の任意の種類の種類電池であってよい。また、正極、負極及び電解質として任意の材料を用いることができる。

30

【0063】

例えば、二次電池 2 としてリチウムイオン二次電池が用いられる場合、2 つ以上のプラトー領域を生じさせる正極材料として、スピネル構造を有する $LiMn_2O_4$ 、 $LiMn_2O_4$ のマンガンの一部をニッケルで置換した $LiNi_{1/2}Mn_{3/2}O_4$ 、硫黄を含む S 、 Li_2S 等が挙げられ、2 つ以上のプラトー領域を生じさせる負極材料としてグラファイト (C) 等が挙げられる。

40

【符号の説明】

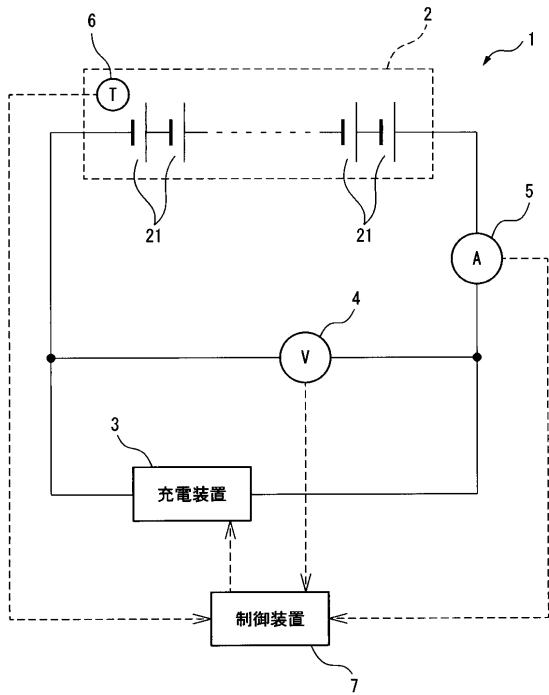
【0064】

- 1 二次電池システム
- 2 二次電池
- 3 充電装置
- 4 電圧検出装置
- 5 電流検出装置
- 7 制御装置
- 21 電池セル

50

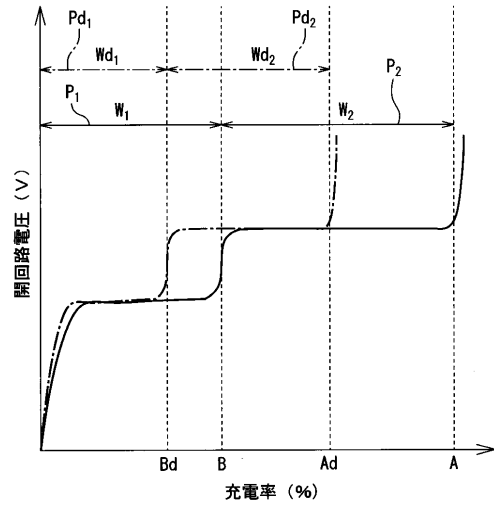
【 図 1 】

図1



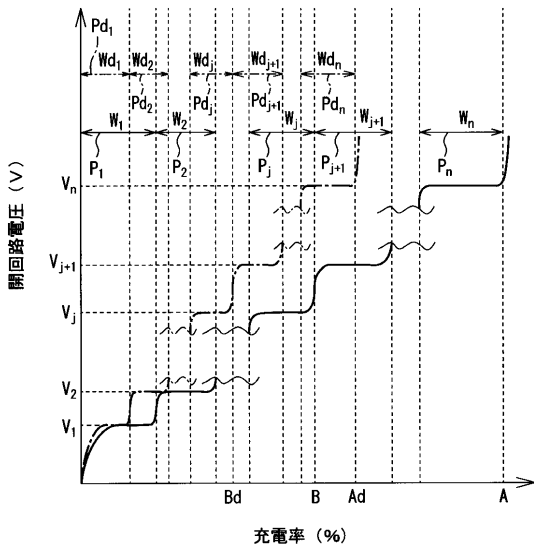
【 図 2 】

図2



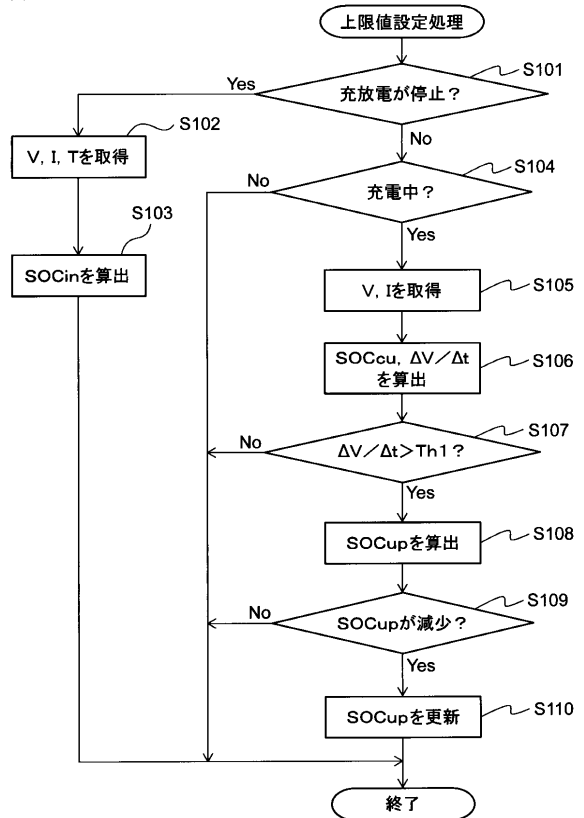
【 図 3 】

図3



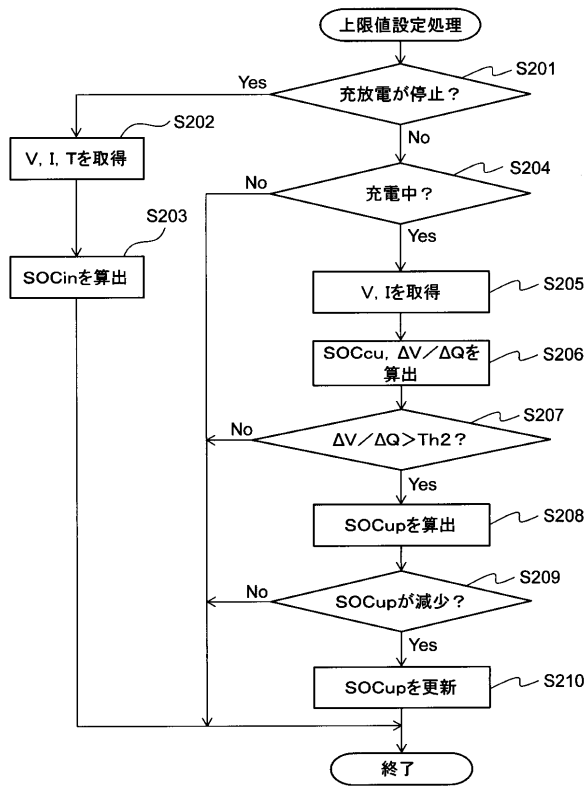
【 図 4 】

図4



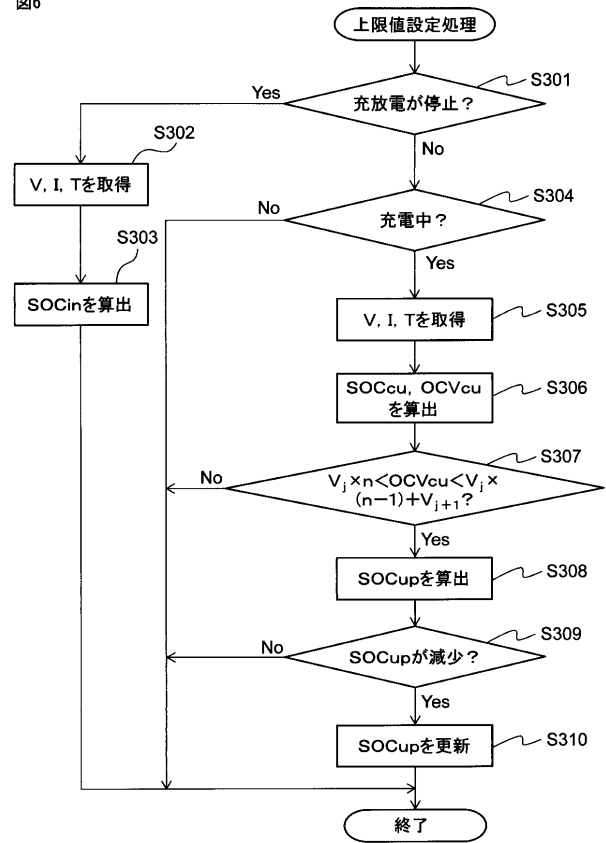
【 図 5 】

図5



【 図 6 】

図6



フロントページの続き

(72)発明者 小山田 耕平

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 野瀬 雅文

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 2G216 AA01 AB01 BA02 BA03 BA04 BA13 BA21 BA46 BA59 CA01
CB03 CB32 CB34
5G503 AA01 AA07 BA03 BB02 CA08 CA17 CB11 FA06
5H030 AA03 AS06 AS08 BB10 BB21 FF22 FF42 FF43 FF44