

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5803668号  
(P5803668)

(45) 発行日 平成27年11月4日(2015.11.4)

(24) 登録日 平成27年9月11日(2015.9.11)

|               |       |           |        |       |   |
|---------------|-------|-----------|--------|-------|---|
| (51) Int. Cl. |       | F I       |        |       |   |
| HO 1 M        | 10/48 | (2006.01) | HO 1 M | 10/48 | P |
| HO 1 M        | 4/505 | (2010.01) | HO 1 M | 4/505 |   |
| HO 1 M        | 4/525 | (2010.01) | HO 1 M | 4/525 |   |
| GO 1 R        | 31/36 | (2006.01) | GO 1 R | 31/36 | A |

請求項の数 2 (全 16 頁)

|           |                               |           |                                    |
|-----------|-------------------------------|-----------|------------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2011-286531 (P2011-286531)  | (73) 特許権者 | 000003207<br>トヨタ自動車株式会社            |
| (22) 出願日  | 平成23年12月27日(2011.12.27)       |           | 愛知県豊田市トヨタ町1番地                      |
| (65) 公開番号 | 特開2013-134962 (P2013-134962A) | (74) 代理人  | 110000291<br>特許業務法人コスモス特許事務所       |
| (43) 公開日  | 平成25年7月8日(2013.7.8)           | (72) 発明者  | 磯野 基史<br>愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 |
| 審査請求日     | 平成26年10月6日(2014.10.6)         | 審査官       | 馬場 慎                               |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リチウムイオン二次電池システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

リチウムイオン二次電池と、コントローラ部とを有するリチウムイオン二次電池システムにおいて、

前記リチウムイオン二次電池は、

正極と負極とを有し、

前記正極は、NiMnスピネルの一部をTiで置換した、一般式  $LiNi_{0.5}Mn_{1.5-x}Ti_xO_4$  ( $0.05 \leq x \leq 0.1$ ) で表記される正極活物質を有し、

前記コントローラ部は、

前記リチウムイオン二次電池の電圧を検出する電圧検出部と、

予め用意したSOC(State Of Charge)と電圧との関係を記憶する記憶部と、

前記リチウムイオン二次電池が充電中もしくは放電中である期間にそのSOCを検出する演算部とを有し、

前記記憶部は、SOCの複数の区間ごとにその区間内のSOCの値に対応する電圧値を記憶するものであり、

前記演算部は、前記電圧検出部によって検出された電圧を取得するとともに、取得した電圧により前記記憶部を参照することにより、前記SOCの複数の区間のうち、取得した電圧に対応する区間を定め、その区間内のSOCを検出値とするものであることを特徴とするリチウムイオン二次電池システム。

10

20

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載のリチウムイオン二次電池システムにおいて、

前記コントローラ部は、

前記リチウムイオン二次電池を充放電する電流値を検出する電流検出部を有し、

前記演算部は、前記電流検出部によって検出された電流値を取得するとともに、取得した電流値を積算することにより前記リチウムイオン二次電池のSOCの推定値を算出し、

前記SOCの推定値が前記取得した電圧に対応する区間内である場合、前記SOCの推定値をそのまま検出値とし、

前記SOCの推定値が前記取得した電圧に対応する区間外である場合、その区間内のSOCを検出値とするものであることを特徴とするリチウムイオン二次電池システム。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、リチウムイオン二次電池を備える二次電池システムに関する。さらに詳細には、NiMnスピネルの一部をTiで置換した正極活物質を用いた正極板を有するリチウムイオン二次電池を備える二次電池システムに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、高出力かつ大容量であるリチウムイオン二次電池は、ハイブリッド自動車や電気自動車などの車両用の電源として注目されている。そして、リチウムイオン二次電池を車両に搭載して使用する際には、その残電池容量をより正確に検出することが求められる。リチウムイオン二次電池の過充電および過放電を防止するためである。また、車両は、高いエネルギー効率で走行できるよう、リチウムイオン二次電池の残電池容量に基づいて制御されるからである。

20

## 【0003】

一般的に、リチウムイオン二次電池の残電池容量は、その満充電状態の電池容量に対する比であるSOC(State of Charge)により表される。そして、リチウムイオン二次電池のSOCを検出する方法として、使用中における電圧を常に監視する方法がある。すなわち、まず、リチウムイオン二次電池について、予めSOCと電圧との関係(以下、「SOCマップ」という)を取得し、用意しておく。そして、使用中のリチウムイオン二次電池の電圧を検出し、これよりSOCマップを参照することによって、SOCを検出する方法である。

30

## 【0004】

また、リチウムイオン二次電池は、電力を安定した電圧で供給できる、出力特性に優れたものであることが好ましい。しかし、出力特性に優れたリチウムイオン二次電池においては、電圧によりSOCマップを参照することによってSOCを検出することが困難である。SOCの変動に対して、電圧はほとんど変動しないからである。この問題に対し、本出願人は以前に、特許文献1を提案している。

## 【0005】

特許文献1に開示されているリチウムイオン二次電池は、異なる2種の第1正極活物質と第2正極活物質とを用いた正極板を有している。ここで、第1正極活物質のみを用いた正極板を有するリチウムイオン二次電池は、SOCマップにおいて、図9に破線で示されるような特徴を有する。つまり、SOCの0%付近および100%付近の両端を除く広い範囲において、電圧がほぼV10である電圧一定部となっている。一方、第2正極活物質のみを用いた正極板を有するリチウムイオン二次電池は、SOCマップにおいて、図9に二点鎖線で示されるような特徴を有する。つまり、SOCの両端を除くほとんどの範囲において、電圧V9の電圧一定部となっている。また、V10はV9よりも高い。そして、これら第1正極活物質と第2正極活物質との両方を用いた正極板を有するリチウムイオン二次電池は、SOCマップにおいて、図10に実線で示されるような特徴を有する。すなわち、図10においてS9で示すSOCの値の付近を境界とし、それより低いSOCの範

40

50

困においては第2正極活物質の特徴を有する。さらに、S9付近より高いSOCの範囲においては第1正極活物質の特徴を有するのである。このため、S9付近において、電圧V10と電圧V9との差による段差が表れている。よって、検出した電圧がV10およびV9のどちらに近い値であるかを判断することにより、SOCがS9よりも低いか高いかを確実に検出できるのである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2011-018547号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、前記した従来の技術においては、次のような問題点があった。すなわち、SOCが、S9より低いか高いかしか検出できないのである。このため、SOCの検出という意味では精度が低いという問題があった。

【0008】

これに対し、SOCマップに電圧一定部の数を増やすことにより、SOCの検出精度を向上させることも考えられる。しかし、特許文献1に記載の方法で電圧一定部の数を増やすためには、正極板に、さらに異なる種類の正極活物質を加える必要がある。このため、電圧一定部の数を増やすごとに、そのリチウムイオン二次電池の特性は変化してしまう。よってこの従来の方法では、所望の電池特性を有するリチウムイオン二次電池を製造することが困難であるという問題があった。

20

【0009】

本発明は、前記した従来の技術が有する問題点の解決を目的としてなされたものである。すなわちその課題とするところは、出力特性に優れたリチウムイオン二次電池において、その電圧からSOCを高精度に検出することのできるリチウムイオン二次電池システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

この課題の解決を目的としてなされた本発明のリチウムイオン二次電池システムは、リチウムイオン二次電池と、コントローラ部とを有するリチウムイオン二次電池システムであって、リチウムイオン二次電池は、正極と負極とを有し、正極は、NiMnスピネルの一部をTiで置換した、一般式 $LiNi_{0.5}Mn_{1.5-x}Ti_xO_4$  ( $0.05 \leq x \leq 0.1$ )で表記される正極活物質を有し、コントローラ部は、リチウムイオン二次電池の電圧を検出する電圧検出部と、予め用意したSOCと電圧との関係を記憶する記憶部と、リチウムイオン二次電池が充電中もしくは放電中である期間にそのSOCを検出する演算部とを有し、記憶部は、SOCの複数の区間ごとにその区間内のSOCの値に対応する電圧値を記憶するものであり、演算部は、電圧検出部によって検出された電圧を取得するとともに、取得した電圧により記憶部を参照することにより、SOCの複数の区間のうち、取得した電圧に対応する区間を定め、その区間内のSOCを検出値とするものであることを特徴とするリチウムイオン二次電池システムである。

30

40

【0011】

一般式 $LiNi_{0.5}Mn_{1.5-x}Ti_xO_4$  ( $0.05 \leq x \leq 0.1$ )で表記される正極活物質を正極に有するリチウムイオン二次電池は、電力を、SOCの広範囲にわたって安定した電圧で供給することができる。つまり、出力特性に優れたリチウムイオン二次電池である。またそのリチウムイオン二次電池では、SOCと電圧との関係であるSOCマップにおいて、広いSOCの範囲に、複数の異なる電圧による電圧一定部が表れる。さらに、その複数の電圧一定部による段差は、等間隔に表れる。すなわち、複数の電圧一定部による段差がSOCの広範囲に等間隔に表れる階段状のSOCマップが得られるのである。よって、検出した電圧によりSOCマップを参照することによって、リチウムイオ

50

ン二次電池のSOCを高い精度で検出することができるのである。

【0012】

また、上記に記載のリチウムイオン二次電池システムにおいて、コントローラ部は、リチウムイオン二次電池を充放電する電流値を検出する電流検出部を有し、演算部は、電流検出部によって検出された電流値を取得するとともに、取得した電流値を積算することによりリチウムイオン二次電池のSOCの推定値を算出し、SOCの推定値が取得した電圧に対応する区間内である場合、SOCの推定値をそのまま検出値とし、SOCの推定値が取得した電圧に対応する区間外である場合、その区間内のSOCを検出値とするものが好ましい。

【0013】

リチウムイオン二次電池のSOCを電流値の積算により推定する場合、そのSOCの推定値には誤差が発生しているおそれがある。そして、SOCの推定値が取得した電圧に対応するSOCの区間内であるか否かを判断することにより、SOCの推定値に誤差が大きい場合にこれを検知することができる。さらに、SOCの推定値が取得した電圧に対応するSOCの区間内である場合には、SOCの推定値をそのまま検出値とする。一方、SOCの推定値が取得した電圧に対応するSOCの区間外である場合には、その区間内のSOCを検出値とする。これにより、より正確な二次電池100のSOCを検出することができるのである。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、出力特性に優れたリチウムイオン二次電池において、その電圧からSOCを高精度に検出することのできるリチウムイオン二次電池システムが提供されている。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】実施形態に係る車両を説明するための図である。

【図2】実施形態に係る二次電池システムを説明するための図である。

【図3】実施形態に係る二次電池の断面図である。

【図4】実施形態に係る二次電池の電極体を説明するための図である。

【図5】実施形態に係る二次電池のSOCマップである。

【図6】実施形態に係る二次電池システムによるSOCの算出方法の手順を示すフローチャートである。

【図7】SOC(I)がSOC(V)の範囲内でなかったケースを説明するための図である。

【図8】NiMnスピネルの正極活物質を用いた正極板を有する二次電池のSOCマップである。

【図9】異なる2種の第1正極活物質および第2正極活物質をそれぞれ単独で用いた正極板を有する従来のリチウムイオン二次電池のSOCマップである。

【図10】異なる2種の第1正極活物質および第2正極活物質の両方を用いた正極板を有するリチウムイオン二次電池のSOCマップである。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明を具体化した最良の形態について、図面を参照しつつ詳細に説明する。本形態は、ハイブリッド自動車の二次電池システムについて本発明を具体化したものである。

【0017】

[全体の概略構成]

図1に本形態に係る車両1を示す。車両1は、図1に示すように、車体2の内部にエンジン3、フロントモータ4、リアモータ5、二次電池システム6、ケーブル7、車両ECU8を備えたハイブリッド自動車である。車両1は、エンジン3、フロントモータ4およ

10

20

30

40

50

びリアモータ5を併用して走行できるように構成されている。

【0018】

図2は、二次電池システム6を説明するための概略構成図である。二次電池システム6は、図2に示すように、組電池10、コントローラ20を有している。また、二次電池システム6は、車両ECU8と接続されている。

【0019】

組電池10は、複数の二次電池100を互いに直列に接続したものであり、充放電することができる。コントローラ20は、組電池10のSOCを検出し、その情報を車両ECU8に出力するためのものである。二次電池100およびコントローラ20については後に詳述する。

10

【0020】

また、車両ECU8は、コントローラ20より取得した組電池10のSOCの情報に基づいて、車両1において最適なモードで組電池10を使用する。詳細には、例えば、車両1の走行のため、フロントモータ4およびリアモータ5に、これを駆動するための電力が必要となる場合がある。この場合には、車両ECU8は、組電池10を放電させ、フロントモータ4およびリアモータ5に電力を供給する。

【0021】

一方、車両1には余分なエネルギーが発生する場合もある。例えば車両1の走行中におけるエンジン3の回転の余力や、走行状態であった車両1が減速または制動するときの運動エネルギーなどである。この場合には、車両ECU8は、フロントモータ4およびリアモータ5を発電機として作動させ、その余分なエネルギーを電気エネルギーに変換する。さらに、その電気エネルギーを組電池10に回収することにより、組電池10の充電を行う。

20

【0022】

また、車両ECU8は、組電池10が過放電状態または過充電状態とならないように組電池10を使用する。すなわち、組電池10のSOCが低い場合には、組電池10の放電を停止する。組電池10のSOCが高い場合には、組電池10の充電を停止する。

【0023】

本形態の二次電池100について説明する。二次電池100は、リチウムイオン二次電池である。図3に二次電池100の断面図を示す。図3に示すように、二次電池100は、電極体120と、電解液130と、これら電極体120および電解液130を収容する電池ケース140とを備えている。電池ケース140は電池ケース本体141と封口板142とを備えている。また、封口板142は、絶縁部材143を備えている。

30

【0024】

電解液130は、有機溶媒に電解質を溶解させたものである。特に限定する訳ではないが、本形態における有機溶媒は、エチレンカーボネート(EC)、エチルメチルカーボネート(EMC)を混合したものである。また、電解液130においては、これらの有機溶剤を、次の体積比で混合している。

EC : 3

EMC : 7

40

さらに、電解液130は、上記の混合有機溶媒に、電解質であるリチウム塩として六フッ化リン酸リチウム(LiPF<sub>6</sub>)を添加し、Liイオンを1mol/lの濃度とした有機電解液である。

【0025】

図4は、電極体120の斜視図である。電極体120は、図4に示すように、扁平形状をした捲回型の電極体である。電極体120は、正極板と負極板とをこれらの間にセパレータを挟み込みつつ捲回することにより製造されたものである。

【0026】

正極板は、正極集電体であるアルミニウム箔の表面に、正極活物質層を形成してなる帯状のものである。正極活物質層には、リチウムイオンを吸蔵および放出することができる

50

正極活物質が含まれている。本形態においては、正極活物質として、一般式  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$  で表記される  $\text{NiMn}$  スピネルの一部を  $\text{Ti}$  で置換したものをを用いている。すなわち、一般式  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5-x}\text{Ti}_x\text{O}_4$  で表記されるものをを用いている。さらに、本形態の正極活物質としては、上記一般式において、 $x$  の範囲が  $0.05 \leq x \leq 0.1$  であるものが好ましい。なお、本形態においては、 $x$  を  $0.05$  とした、一般式  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.45}\text{Ti}_{0.05}\text{O}_4$  で表記される正極活物質を用いている。

#### 【0027】

負極板は、負極集電体の表面に、リチウムイオンを吸蔵および放出することができる負極活物質層を形成してなる帯状のものである。特に限定する訳ではないが、本形態においては、負極板として、負極集電体上に金属リチウム箔を配置したものをを用いている。

10

#### 【0028】

セパレータは、正極板と負極板との短絡を防止しつつ、リチウムイオンを透過させることができる多孔質部材である。この多孔質部材として、ポリプロピレン (PP)、ポリエチレン (PE) などからなる多孔質フィルムを単体で、または、これらをその厚さ方向に複数積層させた複合材料を用いることができる。特に限定する訳ではないが、本形態においては、セパレータとして、PE/PP/PE よりなる複合材料を用いている。

#### 【0029】

電極体 120 は、図 4 に示すように、蓄電部 121、正極端部 122、負極端部 123 を有している。正極端部 122 は、電極体 120 の図 4 中の右端部分である。負極端部 123 は、電極体 120 の図 4 中の左端部分である。蓄電部 121 は、正極端部 122 と負極端部 123 とで挟まれた、電極体 120 の図 4 中の中央部分である。

20

#### 【0030】

正極端部 122 は、正極板のみで構成されている部分である。また、正極板の正極端部 122 の部分においては、正極活物質層が形成されておらず、アルミニウム箔が露出している。負極端部 123 は、負極板のみで構成されている部分である。また、負極板の負極端部 123 の部分においては、負極活物質層が形成されておらず、負極集電体が露出している。

#### 【0031】

蓄電部 121 は、正極板、負極板、セパレータにより構成されている部分である。そして、正極板の蓄電部 121 の部分においては、正極活物質層が形成されている。また、負極板の蓄電部 121 の部分においては、負極活物質層が形成されている。このため、蓄電部 121 は、充放電に寄与することができる部分である。

30

#### 【0032】

また、二次電池 100 においては、図 3 に示すように、正極端部 122 には、正極端子 150 が接続されている。負極端部 123 には、負極端子 160 が接続されている。正極端子 150 および負極端子 160 はそれぞれ、電極体 120 と接続されていない側の端 151、161 を、封口板 142 に設けられた絶縁部材 143 を介し、電池ケース 140 の外部に突出させている。

#### 【0033】

そして、組電池 10 においては、複数の二次電池 100 が、正極端子 150 および負極端子 160 により直列に接続されている。さらに、複数の二次電池 100 はそれぞれ、正極端子 150 および負極端子 160 を介し、電極体 120 の蓄電部 121 において、充電および放電を行う。

40

#### 【0034】

次に、図 2 に示すコントローラ 20 について説明する。コントローラ 20 は、電圧検出部 21、電流検出部 22、演算部 23、メモリ 24、通信部 25 を有している。

#### 【0035】

電圧検出部 21 は、組電池 10 の電圧を検出するためのものである。電圧検出部 21 は、組電池 10 を構成する個々の二次電池 100 の正極端子 150 および負極端子 160 と

50

接続されている。このため、電圧検出部 21 は、二次電池 100 のそれぞれの電圧（端子間電圧）を検出することができる。また、電流検出部 22 は、組電池 10 と接続された回路を流れる電流値を検出するためのものである。

#### 【0036】

本形態のメモリ 24 は、二次電池 100 についての種々のデータを記憶している。例えば、二次電池 100 の SOC と電圧との関係である SOC マップ 30（図 5 参照）である。図 5 においては、縦軸が電圧を、横軸が SOC を示している。メモリ 24 は、SOC マップ 30 において、SOC の複数の区間ごとにその区間内の SOC の値に対応する電圧値を記憶するものである。この点については後に詳述する。また、図 5 に示す SOC マップ 30 は、車両 1 の出荷前において、予め二次電池 100 を用いた実験により取得したものである。この実験においては、二次電池 100 を、満充電容量（Ah）を 1 時間で充電または放電することのできる電流値（A）を 1C とした C レートにおいて 1 / 10C の電流で充電した。そして、SOC マップ 30 は、実験において二次電池 100 を充電しつつ、その SOC および電圧を検出することにより取得したものである。

10

#### 【0037】

また、図 2 に示す演算部 23 は、組電池 10 の SOC を検出するためのものである。詳細には、電圧検出部 21、電流検出部 22、メモリ 24 からの情報を基に、組電池 10 を構成する個々の二次電池 100 のそれぞれの SOC を検出する。さらに詳細には、まず、電圧検出部 21 および電流検出部 22 のそれぞれによって検出された電圧および電流値を取得する。次に、取得した電圧よりメモリ 24 に記憶されている SOC マップ 30 を参照することによって、SOC マップ 30 の SOC の複数の区間のうち、取得した電圧に対応する SOC の区間を定める。また、取得した電流値を積算することによって SOC の推定値を算出する。そして、電圧より定めた SOC の区間と電流値より算出した SOC の推定値との比較により、二次電池 100 の正確な SOC を検出する。なお、電圧に対応する SOC の区間を定める方法や電流値から SOC の推定値を算出する方法、および、これらの比較により SOC を検出する方法については後に詳述する。また、通信部 25 は、演算部 23 が検出した組電池 10 の SOC を、車両 ECU 8 に出力するためのものである。

20

#### 【0038】

ここで、図 5 に示す二次電池 100 の SOC マップ 30 について説明する。図 5 に示すように、SOC マップ 30 は、SOC が S1 未満の狭い範囲においては、SOC が高くなるとともに、電圧が V1 まで高くなっている。すなわち、SOC が S1 未満の区間においては、右上がりの傾斜となっている。

30

#### 【0039】

一方、SOC が S1 以上の広い範囲においては、複数の異なる電圧である V1 ~ V5 の電圧一定部が表れている。

具体的には、

V1 の電圧一定部は、SOC が S1 以上、S2 未満の区間に表れている。

V2 の電圧一定部は、SOC が S2 以上、S3 未満の区間に表れている。

V3 の電圧一定部は、SOC が S3 以上、S4 未満の区間に表れている。

V4 の電圧一定部は、SOC が S4 以上、S5 未満の区間に表れている。

V5 の電圧一定部は、SOC が S5 以上の区間に表れている。

40

#### 【0040】

また、V1 ~ V5 はこの順で、徐々に高い電圧となっている。このため、SOC が S1 以上の範囲においては、V1 ~ V5 の差により、これらの電圧一定部の段差が階段状に表れている。さらに、S1 ~ S5 のそれぞれの差は、すべて同じくらいである。これにより、V1 ~ V5 の電圧一定部による段差は、SOC が S1 以上の広い範囲に等間隔に表れている。すなわち、このような SOC マップ 30 を記憶しているメモリ 24 においては、SOC の複数の区間ごとにその区間内の SOC の値に対応する電圧値を記憶しているといえる。

#### 【0041】

50

さらに、図5に示すように、SOCマップ30は、SOCがS1以上の広い範囲において、電圧がV1～V5の間で安定している。また、V1とV5の電圧差は約0.1Vではない。このため、二次電池100は、電力を安定した電圧で供給することができる、出力特性に優れたリチウムイオン二次電池であるといえる。

【0042】

なお、図5に示すSOCマップ30は、一般式 $LiNi_{0.5}Mn_{1.45}Ti_{0.05}O_4$ で表記される正極活物質を用いた正極板を有する二次電池100のものである。しかし、本発明者の実験によれば、NiMnスピネルの一部をTiで置換した、一般式 $LiNi_{0.5}Mn_{1.5-x}Ti_xO_4$  ( $0.05 < x < 0.1$ )で表記される正極活物質を用いた正極板を有する二次電池においても、図5のような複数の電圧一定部による段差がSOCの広範囲に等間隔に表れる階段状のSOCマップを得られることが見出された。

10

【0043】

これに対し、全くTiで置換していない、純粋なNiMnスピネルの正極活物質を用いた正極板を有する二次電池のSOCマップ40を図8に示す。すなわち、この二次電池は、一般式 $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ で表記される正極活物質を用いたものである。また、正極活物質以外は、本形態の二次電池100と同じものである。図8に示すように、SOCマップ40においても、SOCがS6以上の広い範囲において、電圧差の小さいV6～V8の間で安定している。このため、この二次電池についても、出力特性に優れたリチウムイオン二次電池であるといえる。

【0044】

また、それぞれ異なる電圧であるV6～V8の電圧一定部による段差が、SOCがS6以上の広い範囲に表れている。

20

具体的には、

V6の電圧一定部は、SOCがS6以上、S7未満の区間に表れている。

V7の電圧一定部は、SOCがS7以上、S8未満の区間に表れている。

V8の電圧一定部は、SOCがS8以上の区間に表れている。

【0045】

このため、このようなSOCマップ40をメモリ24に記憶させた場合においても、メモリ24は、SOCの複数の区間ごとにその区間内のSOCの値に対応する電圧値を記憶しているといえる。しかし、SOCマップ40においては、電圧一定部の数が少ない。また、S6とS7との差よりも、S7とS8との差の方がはるかに大きい。このため、SOCマップ40においては、電圧一定部の数が少なく、さらに、電圧一定部による段差も等間隔には表れていない。

30

【0046】

すなわち、本発明者は、図5のような複数の電圧一定部による段差がSOCの広範囲に等間隔に表れる階段状のSOCマップは、一般式 $LiNi_{0.5}Mn_{1.5-x}Ti_xO_4$  ( $0.05 < x < 0.1$ )で表記される正極活物質を用いた正極板を有する二次電池における特有のものであることを見出したのである。

【0047】

そして前述したように、本形態の演算部23は、取得した電圧によりメモリ24に記憶されているSOCマップ30を参照することによって、SOCの区間を定める。このとき、定めたSOCの区間の範囲の精度は、電圧一定部の数と段差の間隔に影響される。すなわち、電圧一定部の数が多く、また電圧一定部による段差を等間隔に有するSOCマップ30(図5)においては、電圧より定められるSOCの区間の範囲の精度が高い。

40

【0048】

一方このとき、電圧一定部の数が少なく、電圧一定部による段差も等間隔に表れていないSOCマップ40(図8)においては、SOCの区間の範囲を高い精度で定めることができない。特に、取得した電圧がV7であった場合には、SOCの区間が、S7以上、S8未満と定められることとなる。しかし、S7とS8との差は大きいため、電圧より定められるSOCの区間の範囲の精度が低過ぎるのである。

50

## 【 0 0 4 9 】

なお、本形態の演算部 2 3 は、より正確な二次電池 1 0 0 の SOC を検出するため、これを、電圧より定めた SOC の区間と電流値より算出した SOC の推定値とを比較することにより検出している。しかし、電圧より定めた SOC の区間内の SOC であれば、これを検出値とすることも可能である。電圧により SOC マップ 3 0 を参照することによって定められる SOC の区間の範囲の精度は、高いからである。よって、例えば、取得した電圧に対応する SOC の区間の中央の値などの代表値を、SOC の検出値とすることができる。

## 【 0 0 5 0 】

## [ SOC の検出方法 ]

次に、本形態の二次電池システム 6 による、SOC の検出方法について、図 6 のフローチャートにより説明する。二次電池システム 6 による SOC の検出は、演算部 2 3 において、組電池 1 0 を構成する個々の二次電池 1 0 0 のそれぞれについて行われる。また、演算部 2 3 は、SOC の検出を、組電池 1 0 の充電または放電が開始されるとともに開始する。そして、組電池 1 0 が充電中または放電中である期間においては、SOC の検出を、予め定めた所定時間  $t$  毎に繰り返し行う。所定時間  $t$  は、例えば 1 秒など、任意に設定することができる。

## 【 0 0 5 1 】

まず、組電池 1 0 が充電中または放電中である場合、電圧検出部 2 1 は、二次電池 1 0 0 のそれぞれの電圧  $V$  を検出する。また同時に、電流検出部 2 2 は、組電池 1 0 に流れる電流値  $I$  を検出する ( S 1 0 1 )。演算部 2 3 は、電圧  $V$  および電流値  $I$  が検出されるとともにこれを取得する。

## 【 0 0 5 2 】

次に、演算部 2 3 は、取得した電圧  $V$  より、二次電池 1 0 0 の SOC の区間である SOC (  $V$  ) を定める。また同時に、取得した電流値  $I$  より、二次電池 1 0 0 の SOC の推定値である SOC (  $I$  ) を算出する ( S 1 0 2 )。

## 【 0 0 5 3 】

SOC (  $V$  ) は、電圧  $V$  によりメモリ 2 4 に記憶されている SOC マップ 3 0 ( 図 5 ) を参照することによって定められる SOC の区間である。すなわち、演算部 2 3 は、電圧  $V$  が  $V 1 \sim V 5$  のうちどれに最も近い値であるかを判断し、SOC (  $V$  ) を定める。

## 【 0 0 5 4 】

ここで、電圧  $V$  には、電圧検出部 2 1 における検出誤差がある。このため、電圧  $V$  の値は、必ずしも  $V 1 \sim V 5$  と完全に同じ値ではない。よって、演算部 2 3 は、この検出誤差を考慮し、電圧  $V$  が  $V 1 \sim V 5$  のうちどれに最も近い値であるかを判断する。

## 【 0 0 5 5 】

また、図 5 の SOC マップ 3 0 に示すように、SOC の値が S 1 未満の範囲である場合には電圧が一定でない。このため、SOC マップ 3 0 には、電圧  $V$  の判断の基準として、 $V 1$  よりもさらに低い電圧である  $V S$  を設けている。 $V 1$  と  $V S$  との差は、電圧検出部 2 1 における電圧  $V$  の検出誤差の下限値よりもわずかに大きい。そして、電圧  $V$  が  $V 1$  に最も近く、かつ、 $V S$  以上の場合には、電圧  $V$  の検出誤差の許容範囲内であると判断し、 $V 1$  に最も近いと判断する。

## 【 0 0 5 6 】

そして詳細には、SOC (  $V$  ) を、

電圧  $V$  が  $V S$  未満の場合には、S 1 未満の区間であると定める。

電圧  $V$  が  $V 1$  に最も近い場合には、S 1 以上、S 2 未満の区間であると定める。

電圧  $V$  が  $V 2$  に最も近い場合には、S 2 以上、S 3 未満の区間であると定める。

電圧  $V$  が  $V 3$  に最も近い場合には、S 3 以上、S 4 未満の区間であると定める。

電圧  $V$  が  $V 4$  に最も近い場合には、S 4 以上、S 5 未満の区間であると定める。

電圧  $V$  が  $V 5$  に最も近い場合には、S 5 以上の区間であると定める。

## 【 0 0 5 7 】

10

20

30

40

50

一方、SOC(I)は、所定時間t間に变化したSOCの变化量を、前回SOCに加算することにより算出されるSOCの推定値である。SOCの变化量は、所定時間t間の電流値Iを積算することにより算出される。また、前回SOCは、前回のSOCの検出時においてメモリ24に記憶されたSOCの検出値である(S104, S105)。

【0058】

次に、算出したSOC(I)が、定めたSOC(V)の範囲内であるか否かを判断する(S103)。電流値Iを積算することにより算出されたSOC(I)には、大きな推定誤差が発生している場合があるからである。SOC(I)に推定誤差が発生する原因としては、電流検出部22における電流値Iの検出誤差や、電流値Iを積算する演算の際の桁落ちなどがある。また、SOC(I)は、前回SOCに、所定時間t毎にSOCの变化量を加算していくことにより算出される。このため、SOC(I)には、その算出を繰り返す度に推定誤差が積み上がり、実際のSOCと大きくズレる可能性があるのである。

10

【0059】

一方、SOC(V)は、それ以前の前回SOCに影響されることがない。所定時間t毎に検出した電圧Vにより、その都度SOCマップ30を参照することによって定められるからである。よって、SOC(I)が、SOC(V)の範囲内であるか否かを判断することにより、SOC(I)の推定誤差が大きくなった場合に、これを検知することができるのである。

【0060】

そして、SOC(I)がSOC(V)の範囲内であった場合には(S103: YES)、SOC(I)の信頼性が高いと判断する。よって、SOC(I)の値をそのまま、その二次電池100のSOCの検出値とする。さらに、その値でメモリ24に記憶されている前回SOCを更新する(S104)。

20

【0061】

一方、SOC(I)がSOC(V)の範囲内ではなかった場合には(S103: NO)、SOC(I)には大きな推定誤差があるため、その信頼性が低いと判断する。ここで、SOC(I)がSOC(V)の範囲内ではなかった場合には、図7に示す4つのケースがある。

【0062】

図7は、SOC(I)がSOC(V)の範囲内ではなかった4つのケースを説明するための図である。図7においては、SOC(V)の範囲を、SOC(V)min以上、SOC(V)max未満で表している。例えば、電圧VがV3に最も近かった場合には、SOC(V)minはS3であり、SOC(V)maxはS4である。なお、電圧VがVS未満であった場合には、SOC(V)minは存在せず、SOC(V)maxはS1である。電圧VがV5に最も近かった場合には、SOC(V)minはS5であり、SOC(V)maxは存在しない。

30

【0063】

図7には、SOC(I)がSOC(V)の範囲内ではなかったC1, C2, D1, D2の4つのケースを示している。

ケースC1は、二次電池100の充電中において、SOC(I)がSOC(V)min未満であった場合である。

40

ケースC2は、二次電池100の充電中において、SOC(I)がSOC(V)max以上であった場合である。

ケースD1は、二次電池100の放電中において、SOC(I)がSOC(V)min未満であった場合である。

ケースD2は、二次電池100の放電中において、SOC(I)がSOC(V)max以上であった場合である。

【0064】

そして、ケースC1またはD1の場合には、SOC(V)minの値を、その二次電池100のSOCの検出値とする。さらに、その値でメモリ24に記憶されている前回SO

50

Cを更新する。一方、ケースC2またはD2の場合には、SOC(V)maxよりわずかに低い値を、その二次電池100のSOCの検出値とする。本形態においては、ケースC2またはD2の場合、SOC(V)maxよりも1%だけ低い値を、その二次電池100のSOCの検出値とする。なお、SOCの検出値は、SOC(V)maxよりも1%だけ低い値に限らず、SOC(V)の範囲内であれば良い。例えば、SOC(V)の範囲内であれば、SOC(V)maxよりも2%だけ低い値や、SOC(V)maxよりも5%だけ低い値など、予め定めた割合だけ低い値とすれば良い。そして、本形態においては、SOC(V)maxよりも1%だけ低い値で、メモリ24に記憶されている前回SOCを更新する。

#### 【0065】

このように、SOC(I)がSOC(V)の範囲内でなかった場合には、信頼性の低いSOC(I)の値に変えて、SOC(V)の範囲内の値をSOCの検出値とする。さらに、その値でメモリ24に記憶されている前回SOCを更新するのである(S105)。また、演算部23は、SOC(I)がSOC(V)の範囲内であるか否かに関わらず、必ずSOC(V)の範囲内の値を、二次電池100のSOCの検出値とする。さらに、その値で前回SOCを更新するのである。

#### 【0066】

次に、演算部23は、組電池10の充放電が継続されているか否かを判断する(S106)。そして、組電池10の充放電が継続されている場合(S106:YES)、所定時間t後に再度、上記の手順によりSOCの検出を行う。組電池10の充放電が停止されている場合(S106:NO)、SOCの検出を終了する。このように、二次電池システム6は、電圧Vより定めたSOC(V)と電流値Iより算出したSOC(I)とを比較することによって、正確な組電池10のSOCを検出することができる。

#### 【0067】

また、通信部25は、演算部23が検出した組電池10のSOCをその都度、車両ECU8に出力する。車両ECU8は、取得した組電池10のSOCの情報に基づいて、車両1において最適なモードで組電池10を使用する。そして、本形態の二次電池システム6により検出された組電池10のSOCは正確である。これにより、車両1においては、高いエネルギー効率で走行することができる。さらに、組電池10の過充電および過放電を確実に防止することができるのである。

#### 【0068】

以上、詳細に説明したように、本形態の二次電池システム6は、複数の出力特性に優れた二次電池100により構成された組電池10と、コントローラ20とを有している。また、コントローラ20は、電圧検出部21と、予め用意したSOCマップ30を記憶したメモリ24と、演算部23とを有している。メモリ24は、SOCマップ30において、SOCの複数の区間ごとにその区間内のSOCの値に対応する電圧値を記憶している。演算部23は、電圧検出部21によって検出された電圧を取得するとともに、これによりメモリ24を参照する。これにより、SOCの複数の区間のうち、取得した電圧に対応するSOCの区間を定め、その区間内のSOCを検出値とする。そして、二次電池100は、NiMnスピネルの一部をTiで置換した、一般式 $LiNi_{0.5}Mn_{1.5-x}Ti_xO_4$  (0.05 ≤ x ≤ 0.1) で表記される正極活物質を正極に有している。このため、そのSOCマップ30においては、複数の電圧一部による段差がSOCの広範囲に等間隔に表れている。よって、出力特性に優れた二次電池100のSOCを、その電圧から高精度に検出することのできる二次電池システム6が実現されている。

#### 【0069】

また、二次電池システム6は、電流検出部22を有している。演算部23は、電流検出部22によって検出された電流値を取得するとともに、これを積算することによりSOCの推定値を算出する。そして、SOCの推定値が、取得した電圧に対応するSOCの区間内か否かを判断する。これにより、SOCの推定値の誤差が大きい場合に、これを検出することができる。さらに、SOCの推定値が取得した電圧に対応するSOCの区間内であ

10

20

30

40

50

る場合には、SOCの推定値をそのまま検出値とする。一方、SOCの推定値が取得した電圧に対応するSOCの区間外である場合には、その区間内のSOCを検出値とする。よって、より正確な二次電池100のSOCを検出することができる二次電池システム6となっている。

【0070】

なお、本実施の形態は単なる例示にすぎず、本発明を何ら限定するものではない。従って本発明は当然に、その要旨を逸脱しない範囲内で種々の改良、変形が可能である。例えば、本形態ではハイブリッド自動車について本発明を適用したが、プラグインハイブリッド自動車、電気自動車などのその他の車両についても本発明を適用することができる。また例えば、捲回型の電極体に限らず、捲回しないで負極板と正極板とを積層した積層型の電極体を有する二次電池にも適用することができる。

10

【0071】

また、SOCと電圧との関係は、温度により異なることがある。よって、SOCの検出においては、SOCと電圧との関係の温度依存性を考慮してもよい。例えば、検出した電圧に温度により異なる係数を乗じてこれを補正し、補正後の電圧によりSOCマップを参照してSOCの区間を定めることが考えられる。また例えば、予め実験により、温度別のSOCマップを取得しておくことなどが考えられる。

【符号の説明】

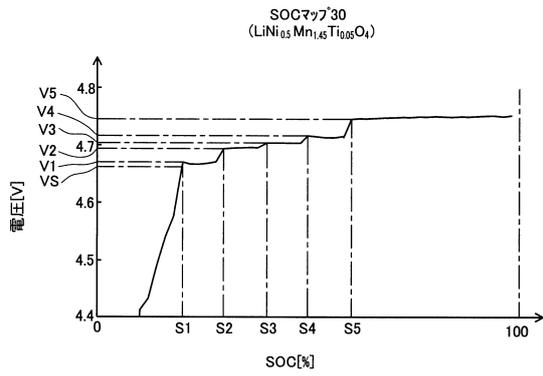
【0072】

- 6 ... 二次電池システム
- 20 ... コントローラ
- 21 ... 電圧検出部
- 23 ... 演算部
- 24 ... メモリ
- 30 ... SOCマップ
- 100 ... 二次電池

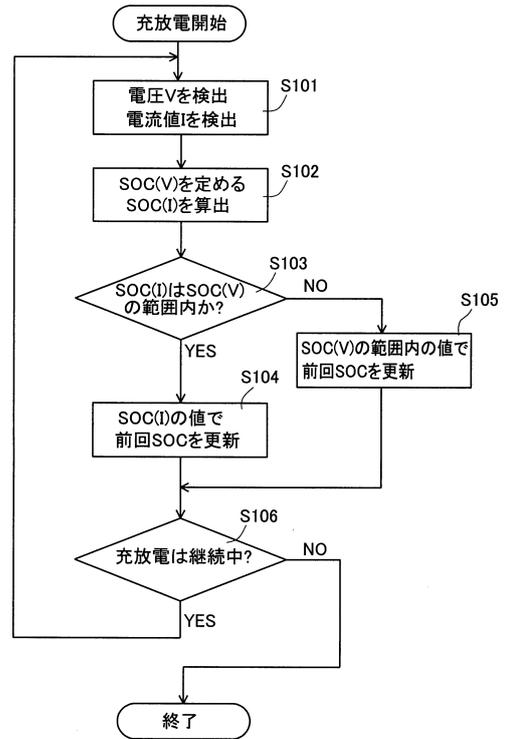
20



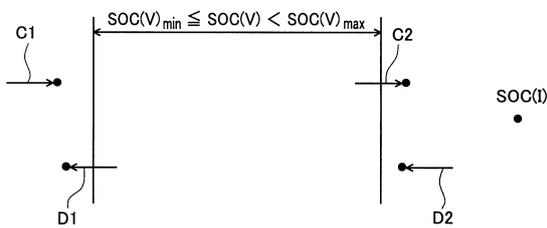
【図5】



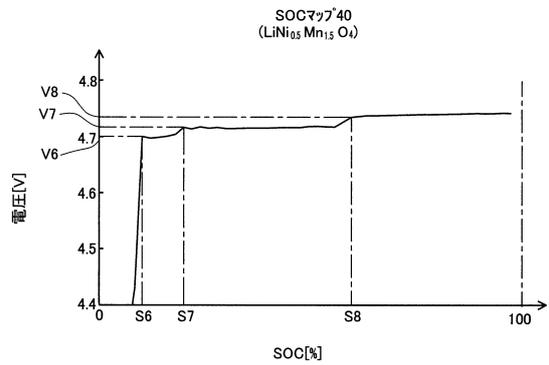
【図6】



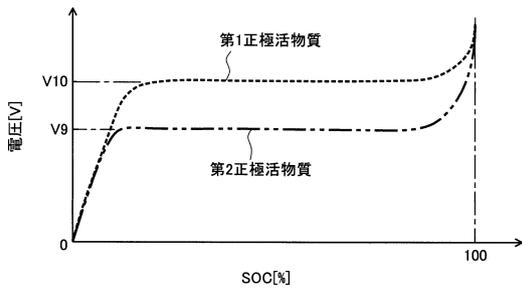
【図7】



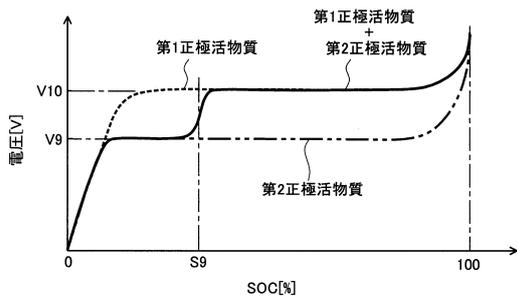
【図8】



【 図 9 】



【 図 10 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-266221(JP,A)  
特開2006-351418(JP,A)  
特開2006-196293(JP,A)  
特開2000-235857(JP,A)  
特開2003-197194(JP,A)  
米国特許出願公開第2008/0093581(US,A1)  
特開平9-171065(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 10/48  
G01R 31/36  
H01M 4/505  
H01M 4/525