

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6969307号
(P6969307)

(45) 発行日 令和3年11月24日(2021.11.24)

(24) 登録日 令和3年11月1日(2021.11.1)

(51) Int.Cl.	F I	
HO 2 J 7/02 (2016.01)	HO 2 J 7/02	H
HO 2 J 7/00 (2006.01)	HO 2 J 7/00	Y
HO 1 M 10/48 (2006.01)	HO 1 M 10/48	P
HO 1 M 10/44 (2006.01)	HO 1 M 10/44	P
HO 1 M 10/0525 (2010.01)	HO 1 M 10/0525	

請求項の数 9 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2017-218968 (P2017-218968)	(73) 特許権者	507151526 株式会社GSユアサ
(22) 出願日	平成29年11月14日(2017.11.14)		京都府京都市南区吉祥院西ノ庄猪之馬場町 1番地
(65) 公開番号	特開2019-92276 (P2019-92276A)	(74) 代理人	110001036 特許業務法人暁合同特許事務所
(43) 公開日	令和1年6月13日(2019.6.13)	(72) 発明者	白石 剛之 京都市南区吉祥院西ノ庄猪之馬場町1番地 株式会社GSユアサ内
審査請求日	令和2年10月8日(2020.10.8)	審査官	田中 慎太郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 管理装置、蓄電システム、蓄電素子の残存容量を均等化する方法、蓄電素子の内部状態を推定する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

直列に接続された複数の蓄電素子の管理装置であって、
複数の前記蓄電素子は、残存容量 - 電圧の相関特性において、劣化前後で相関特性が変化しない不変領域を有し、

複数の前記蓄電素子について、前記不変領域内の第1計測点の第1電圧から第2計測点の第2電圧に変化するまでの到達時間を計測し、

計測した前記到達時間に基づいて、複数の前記蓄電素子の残存容量を均等化する均等化処理を行う、管理装置。

【請求項2】

請求項1に記載の管理装置であって、
前記均等化処理を、充電開始前又は充電開始時に行う、管理装置。

【請求項3】

直列に接続された複数の蓄電素子の管理装置であって、
複数の前記蓄電素子は、残存容量 - 電圧の相関特性において、劣化前後で相関特性が変化しない不変領域を有し、

複数の前記蓄電素子について、前記不変領域内の第1計測点の第1電圧から第2計測点の第2電圧に変化するまでの到達時間を計測し、

計測した前記到達時間に基づいて、複数の前記蓄電素子の内部状態を推定する、管理装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の管理装置であって、
前記到達時間が閾値より短い場合、前記蓄電素子は内部短絡による異常と判断する、管理装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれか一項に記載の管理装置であって、
複数の前記蓄電素子が、無電流又は無電流とみなせる場合に、前記蓄電素子が前記不変領域内の第 1 計測点の第 1 電圧から第 2 計測点の第 2 電圧まで放電する時の到達時間を計測する、管理装置。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 請求項 5 のいずれか一項に記載の管理装置であって、
前記蓄電素子は、正極材料をリン酸鉄リチウム、負極材料をグラファイトとしたリチウムイオン二次電池である、管理装置。

【請求項 7】

蓄電システムであって、
直列に接続された複数の蓄電素子と、
請求項 1 ~ 請求項 6 のいずれか一項に記載の管理装置と、を含む、蓄電システム。

【請求項 8】

直列に接続された複数の蓄電素子の残存容量を均等化する方法であって、
複数の前記蓄電素子は、残存容量 - 電圧の相関特性において、劣化前後で相関特性が変化しない不変領域を有し、
前記複数の蓄電素子について、前記不変領域内の第 1 計測点の第 1 電圧から第 2 計測点の第 2 電圧に変化するまでの到達時間を計測し、
計測した前記到達時間に基づいて、複数の前記蓄電素子の残存容量を均等化する方法。

【請求項 9】

蓄電素子の内部状態を推定する方法であって、
前記蓄電素子は、残存容量 - 電圧の相関特性において、劣化前後で相関特性が変化しない不変領域を有し、
前記蓄電素子について、前記不変領域内の第 1 計測点の第 1 電圧から第 2 計測点の第 2 電圧に変化するまでの到達時間を計測し、
計測した前記到達時間に基づいて、前記蓄電素子の内部状態を推定する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、蓄電素子の容量を均等化する技術及び内部状態を推定する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

蓄電素子が直列に複数個接続されて使用される場合、蓄電素子間に容量ばらつきが生じることがある。

【0003】

一般的には、蓄電素子間に容量差が生じると、充電時の電池電圧より算出したSOCの高い蓄電素子を抵抗放電させるなどして、容量均等化を図っている。容量均等化に関する技術を開示した文献として、下記の特許文献 1 がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2007 - 110841 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

10

20

30

40

50

残存容量のばらつきが生じる理由の一つに自己放電があり、自己放電による残存容量のばらつきを解消することが求められていた。また、蓄電システムの安全性を高めるため、蓄電素子の内部状態を推定して、蓄電素子の管理に活用することが求められていた。

本発明は上記のような事情に基づいて完成されたものであって、蓄電素子の残存容量を均等化すること、内部状態を推定することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

直列に接続された複数の蓄電素子の管理装置であって、複数の前記蓄電素子は、残存容量 - 電圧の相関特性において、劣化前後で相関特性が変化しない不変領域を有し、複数の前記蓄電素子について、前記不変領域内の第1計測点の第1電圧から第2計測点の第2電圧に変化するまでの到達時間を計測し、計測した前記到達時間に基づいて、複数の前記蓄電素子の残存容量を均等化する均等化処理を行う。均等化とは、蓄電素子の残存容量の差を、均等化処理前の状態よりも小さくすることである。

10

【0007】

直列に接続された複数の蓄電素子の管理装置であって、複数の前記蓄電素子は、残存容量 - 電圧の相関特性において、劣化前後で相関特性が変化しない不変領域を有し、複数の前記蓄電素子について、前記不変領域内の第1計測点の第1電圧から第2計測点の第2電圧に変化するまでの到達時間を計測し、計測した前記到達時間に基づいて、複数の前記蓄電素子の内部状態を推定する。

20

【0008】

これらの技術は、蓄電素子の残存容量を均等化する方法、蓄電素子の内部状態を推定する方法に適用することが出来る。また、蓄電素子と均等回路と管理装置とを含む蓄電システムに適用することが出来る。また、蓄電素子の残存容量を均等化する均等化プログラム、蓄電素子の内部状態の推定プログラム、及びそれらプログラムを記録した記録媒体等の種々の態様で実現することができる。

【発明の効果】

【0009】

本構成では、蓄電素子間の容量を均等化することが出来る。また、蓄電素子の内部状態を推定することが出来る。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施形態1における自動車の側面図

【図2】バッテリーの斜視図

【図3】バッテリーの分解斜視図

【図4】バッテリーの電氣的構成を示すブロック図

【図5】均等化回路の回路図

【図6】リチウムイオン二次電池の残存容量 - OCV相関特性を示すグラフ

【図7】リチウムイオン二次電池の残存容量 - OCV相関特性を示すグラフ

【図8】正極の電位の変化を示すグラフ

【図9】負極の電位の変化を示すグラフ

40

【図10】リチウムイオン二次電池の残存容量 - OCV相関特性を示すグラフ

【図11】正極の電位の変化を示すグラフ

【図12】負極の電位の変化を示すグラフ

【図13】リチウムイオン二次電池の残存容量 - OCV相関特性を示すグラフ

【図14】電池監視処理のフローチャート図

【図15】各リチウムイオン二次電池の到達時間を示す図

【図16】各リチウムイオン二次電池の自己放電量を示す図

【図17】リチウムイオン二次電池の残存容量 - 電圧相関特性を示すグラフ

【発明を実施するための形態】

【0011】

50

直列に接続された複数の蓄電素子の管理装置であって、前記複数の蓄電素子は、残存容量 - 電圧の相関特性において、劣化前後で相関特性が変化しない不変領域を有し、前記複数の蓄電素子について、前記不変領域内の第 1 計測点の第 1 電圧から第 2 計測点の第 2 電圧に変化するまでの到達時間を計測し、計測した到達時間に基づいて、複数の蓄電素子の残存容量を均等化する均等化処理を行う。

【 0 0 1 2 】

蓄電素子が第 1 計測点の第 1 電圧から第 2 計測点の第 2 電圧に変化するまでの到達時間は、蓄電素子の自己放電と相関性がある。本構成では、到達時間に基づいて均等化処理を行うので、自己放電のばらつきに起因する、蓄電素子の残存容量差の発生を解消することが出来る。しかも、第 1 計測点と第 2 計測点を、劣化前後で相関特性が変化しない不変領域内の点としているため、劣化の有無によらず、到達時間と自己放電量の関係性は一定に保たれる。すなわち、自己放電量が同じ（電流一定）であれば、劣化の有無によらず、到達時間は同じ時間である。従って、劣化の有無によらず、到達時間から自己放電量を精度よく検出することが可能であり、蓄電素子の残存容量を精度よく均等化できる。

10

【 0 0 1 3 】

前記均等化処理を、充電開始前又は充電開始時に行うとよい。本構成では、充電開始前又は充電開始時に均等化処理を行うから、容量バラツキの小さな状態で充電を行うことが出来る。そのため、一部の蓄電素子が過充電領域に充電されることをより抑制できる。

【 0 0 1 4 】

直列に接続された複数の蓄電素子の管理装置であって、前記複数の蓄電素子は、残存容量 - 電圧の相関特性において、劣化前後で相関特性が変化しない不変領域を有し、前記複数の蓄電素子について、前記不変領域 F 内の第 1 計測点の第 1 電圧から第 2 計測点の第 2 電圧に変化するまでの到達時間を計測し、計測した到達時間に基づいて、前記複数の蓄電素子の内部状態を推定する。

20

【 0 0 1 5 】

本構成では、蓄電素子の内部状態を推定することが出来る。そのため、推定した内部状態に応じて、蓄電素子を管理、制御することが出来る。

【 0 0 1 6 】

前記到達時間が閾値より短い場合、前記蓄電素子は内部短絡による異常と判断するとよい。本構成では、蓄電素子の内部短絡の有無を判断することが出来る。そのため、内部短絡を起こしている蓄電素子の使用が継続されることを抑制できるので、安全性が高まる。

30

【 0 0 1 7 】

前記複数の蓄電素子が、無電流又は無電流とみなせる場合に、前記蓄電素子が前記不変領域内の第 1 計測点の第 1 電圧から第 2 計測点の第 2 電圧まで放電する時の到達時間を計測するとよい。

【 0 0 1 8 】

本構成では、蓄電素子の自己放電による到達時間を得ることが出来る。そのため、自己放電量を正確に検出することが出来るので、蓄電素子の残存容量を精度よく均等化できる。また、蓄電素子の内部状態を精度よく判定できる。

【 0 0 1 9 】

40

前記蓄電素子は、正極材料をリン酸鉄リチウム、負極材料をグラファイトとしたリチウムイオン二次電池とすることが出来る。リン酸鉄系のリチウムイオン二次電池は、残存容量 - OCV 特性において、平坦なプラトー領域を有している。プラトー領域内では、リチウムイオン二次電池の電圧差を検出することが難しく、電圧差から残存容量の差を検出して均等化する方法が適用できない、という課題がある。本構成では、プラトー領域の端点など電圧変化がある 2 つのポイントを計測点として、到達時間を計測することで、到達時間から自己放電による残存容量差を検出することが可能であり、リチウムイオン二次電池の残存容量差の発生を解消することが出来る。

【 0 0 2 0 】

< 実施形態 1 >

50

1. バッテリーの説明

図1は自動車の側面図、図2はバッテリーの斜視図、図3はバッテリーの分解斜視図、図4はバッテリーの電氣的構成を示すブロック図である。

【0021】

自動車1は、図1に示すように、蓄電装置であるバッテリー20を備えている。バッテリー20は、図2に示すように、ブロック状の電池ケース21を有しており、電池ケース21内には、複数の二次電池B1～B4からなる組電池30や制御基板28が収容されている。

【0022】

電池ケース21は、図3に示すように、上方に開口する箱型のケース本体23と、複数の二次電池B1～B4を位置決めする位置決め部材24と、ケース本体23の上部に装着される中蓋25と、上蓋26とを備えて構成されている。ケース本体23内には、図3に示すように、各二次電池B1～B4が個別に収容される複数のセル室23AがX方向に並んで設けられている。

10

【0023】

位置決め部材24は、図3に示すように、複数のバスバー27が上面に配置されており、位置決め部材24がケース本体23内に配置された複数の二次電池B1～B4の上部に配置されることで、複数の二次電池B1～B4が、位置決めされると共に複数のバスバー27によって直列に接続されるようになっている。

【0024】

中蓋25は、図2に示すように、平面視略矩形状をなしている。中蓋25のX方向両端部には、図示しないハーネス端子が接続される一対の端子部22P、22Nが設けられている。一対の端子部22P、22Nは、例えば鉛合金等の金属からなり、22Pが正極側端子部、22Nが負極側端子部である。

20

【0025】

中蓋25の上面には、収容部25Aが設けられている。制御基板28は、中蓋25の収容部25Aの内部に収容されており、中蓋25がケース本体23に装着されることで、二次電池Bと制御基板28とが接続されるようになっている。また、上蓋26は、中蓋25の上部に装着され、制御基板28を収容した収容部25Aの上面を閉じるようになっている。

30

【0026】

図4を参照して、バッテリー20の電氣的構成を説明する。バッテリー20は、組電池30と、電流遮断装置37と、電流センサ41と、電圧検出部45と、均等化回路70と、警告ランプ80と、組電池30を管理する管理装置50とを有する。

【0027】

組電池30は、直列接続された4つのリチウムイオン二次電池B1～B4から構成されている。リチウムイオン二次電池Bは、本発明の「蓄電素子」の一例である。

【0028】

組電池30、電流センサ41、電流遮断装置37は、通電路35P、35Nを介して、直列に接続されている。電流センサ41を負極の通電路35N、電流遮断装置37を正極の通電路35Pに配置しており、電流センサ41は負極側端子部22N、電流遮断装置37は、正極側端子部22Pにそれぞれ接続されている。

40

【0029】

リチウムイオン二次電池B1～B4の電池電圧は約3.5[V]、組電池30の総電圧E_vは約14Vである。バッテリー20は、エンジン始動用である。

【0030】

電流センサ41は、電池ケース21の内部に設けられており、組電池30に流れる電流Iを検出する。電流センサ41は、信号線によって管理装置50に電氣的に接続されており、電流センサ41の出力は、管理装置50に取り込まれる。

【0031】

50

電圧検出部 45 は、電池ケース 21 の内部に設けられており、各リチウムイオン二次電池 B1 ~ B4 の電池電圧 V1 ~ V4 及び組電池 30 の総電圧 E_v を検出する。電圧検出部 45 は、信号線によって管理装置 50 に電氣的に接続されており、電圧検出部 45 の出力は、管理装置 50 に取り込まれる。

【0032】

電流遮断装置 37 は、リレーなどの有接点スイッチ（機械式）や FET やトランジスタなどの半導体スイッチにより構成することが出来る。電流遮断装置 37 は、正極の通電路 35P を開閉する。

【0033】

均等化回路 70 は、リチウムイオン二次電池 B1 ~ B4 に対して、個別に設けられている。均等化回路 70 は、図 5 に示すように、放電抵抗 R と放電スイッチ SW とから構成されている。放電スイッチ SW をオンすると、リチウムイオン二次電池 B は、放電抵抗 R を介して放電する。容量の多いリチウムイオン二次電池 B を放電することで、リチウムイオン二次電池 B1 ~ B4 間の残存容量 C を均等化することが出来る。

10

【0034】

管理装置 50 は、演算機能を有する CPU (central processing unit) 51、各種情報を記憶したメモリ 53、ROM 54、時間を計時する計時部 55、通信部 57 など備えており、制御基板 28 上に設けられている。ROM 54 には、図 14 に示す電池監視処理 (S10 ~ S100) を実行するためのプログラムが記憶されている。プログラムは CD-ROM 等の記録媒体に記憶して譲渡等することが出来る。

20

【0035】

通信部 57 は、自動車 1 に搭載された車両 ECU (Electronic Control Unit: 電子制御ユニット) 100 との通信用として設けられている。車両への搭載後、通信部 57 は、信号線により、車両 ECU 100 と接続され、管理装置 50 は、エンジンの動作状態など車両に関する情報を、車両 ECU 100 から受信できるようになっている。

【0036】

管理装置 50 は、電流センサ 41 の出力に基づいて、組電池（リチウムイオン二次電池 B）30 の電流を監視する。また、電圧検出部 45 の出力に基づいて、各リチウムイオン二次電池 B1 ~ B4 の電圧 V1 ~ V4 及び組電池 30 の総電圧 E_v を監視する。また、管理装置 50 は、後述する均等化処理 (S90) や異常判定 (S100) を行う。尚、バッテリー 20 は、直列に接続された複数のリチウムイオン二次電池 B1 ~ B4 と、管理装置 50 と、を備えていることから、本発明の「蓄電システム」に相当する。

30

【0037】

2. リチウムイオン二次電池の特性

リチウムイオン二次電池 B は、例えば、正極活物質にリン酸鉄リチウム (LiFePO₄)、負極活物質にグラファイトを用いたリン酸鉄系のリチウムイオン二次電池である。

【0038】

図 6 は、リン酸鉄系のリチウムイオン二次電池 B の残存容量 - OCV の相関特性を示す図である。OCV (Open Circuit Voltage) は開路電圧を意味する。また、SOC (state of charge) は充電状態であり、満充電容量 C_o に対する残存容量 C の比率である。

40

【0039】

$$SOC = C / C_o \cdots (1)$$

C は残存容量、C_o は満充電容量である。

【0040】

リン酸鉄系のリチウムイオン二次電池 B は、残存容量 C の変化量に対する OCV の変化量が相対的に低い低変化領域 AL と、相対的に高い高変化領域 AH とを有している。具体的には、SOC が 95% 以上である充電末期（放電初期）は、残存容量 C の変化量に対して OCV が急激に変化する高変化領域 AH である。また、SOC が 35% ~ 95% 未満である充電中期（放電中期）は、残存容量 C に対する OCV が小さい低変化領域 AL である。

50

【 0 0 4 1 】

低変化領域 A L は、第 1 のプラトー領域 A L 1 と、中間領域 A L 2 と、第 2 のプラトー領域 A L 3 を有している。第 1 のプラトー領域 A L 1 と、第 2 のプラトー領域 A L 3 は、中間領域 A L 2 の両側に位置している。プラトー領域（平坦領域）A L 1、A L 3 は、残存容量 C に対して O C V が略一定の領域である。具体的には、残存容量 C の変化量に対する O C V の変化量が $0.5 [mV / Ah]$ 以下の領域である。

【 0 0 4 2 】

図 7 は、リン酸鉄系のリチウムイオン二次電池 B の残存容量 - O C V の相関特性を示す図であり、実線で示す L 0 は新品、破線で示す L 1 ~ L 3 は劣化品である。L 1 ~ L 3 のリチウムイオン二次電池 B の容量維持率は、Y 1 ~ Y 3 であり、 $Y 3 < Y 2 < Y 1$ である。

10

【 0 0 4 3 】

$$Y = C o t / C o 1 \cdot \cdot \cdot (2)$$

C o 1 は満充電容量の初期値（新品）、C o t は満充電容量の現在値（劣化）

【 0 0 4 4 】

劣化品の残存容量 - O C V の相関特性 L 1 ~ L 3 を、新品の残存容量 - O C V の相関特性 L 0 と比較すると、充電末期における高変化領域 A H の立ち上がり部 K が、低残存容量側（図 7 の左側）に水平に移動している。K 0 ~ K 3 は、各相関特性 L 0 ~ L 3 の立ち上がり部を示す。

【 0 0 4 5 】

劣化品の残存容量 - O C V の相関特性 L 1 ~ L 3 において、高変化領域 A H の立ち上がり部 K 1 ~ K 3 よりも低残存容量の領域は、新品時の残存容量 - O C V の相関特性 L 0 と一致しており、劣化前後で、残存容量 - O C V の相関特性が変化しない不変領域 F 1 ~ F 3 である。「相関特性が変化しない」とは、劣化前後でグラフが完全に一致、又は、ほぼ一致（計測誤差程度のずれは許容）している、という意味である。

20

【 0 0 4 6 】

不変領域 F が生じる理由として、以下が考えられる。

図 8 は、新品のリチウム二次電池 B の正極電位（リン酸鉄リチウムの電位）を示すグラフ、図 9 は、新品のリチウム二次電池 B の負極電位（グラファイトの電位）を示すグラフ、図 10 は、新品のリチウムイオン二次電池 B の O C V - 残存容量の相関特性を示すグラフである。図 8 ~ 図 10 において、P 1 は満充電時の電位、O C V を示す。P 2 は放電時の電位、O C V を示す。

30

【 0 0 4 7 】

リチウムイオン二次電池 B の O C V は、正極電位と負極電位の差である。O C V の充電末期の変化（グラフのカーブ）は、正極電位の充電末期の変化にほぼ依存している（図 8、10 の G 1）。また、O C V の充電中期の変化は、負極電位の充電中期の変化にほぼ依存している（図 9、図 10 の G 2）。

【 0 0 4 8 】

正極材料であるリン酸鉄リチウムは、不可逆容量がほぼ無いが、負極材料であるグラファイトは、不可逆容量 U 1 を有している。

40

【 0 0 4 9 】

負極のグラファイトは、リチウムがほぼ空になるまで、放電することが出来る。一方、正極のリン酸鉄リチウムは、グラファイトの不可逆容量 U 1 に相当する部分を放電できず、使用できない。

【 0 0 5 0 】

図 11 は、負極被膜による容量劣化後の充電時のリチウムイオン二次電池 B の正極電位（リン酸鉄リチウムの電位）を示すグラフ、図 12 は、負極被膜による容量劣化後の充電時のリチウムイオン二次電池 B の負極電位（グラファイトの電位）を示すグラフ、図 13 は、負極被膜による容量劣化後のリチウムイオン二次電池 B の O C V - 残存容量の相関特性を示すグラフである。図 11 ~ 図 13 において、P 3 は満充電時の電位、O C V を示す

50

。

【 0 0 5 1 】

負極被膜による容量劣化後、正極のリン酸鉄リチウムは、ほとんど、容量劣化がない。一方、負極のグラファイトは、初期の不可逆容量U1に対して、被膜劣化消費分U2の容量が加わる。そのため、リチウムイオン二次電池Bは、被膜劣化消費分U2の容量だけ充電が浅くなる。

【 0 0 5 2 】

以上のことから、容量劣化に伴って、充電末期における高変化領域AHの立ち上がり部Kが、図13に示すように、低残存容量側(図13の左側)にカーブに沿って移動し、不変領域Fが生じると、推定される。

10

【 0 0 5 3 】

ところで、劣化が大きくなると、電池性能は低下する。そのため、通常、リチウムイオン二次電池Bは、使用範囲が決められている。すなわち、容量維持率Yの使用範囲が定められており、容量維持率Yが使用範囲(一例として100%~70%)を逸脱した場合は、使用しないようにしている。

【 0 0 5 4 】

従って、使用範囲内において、最も劣化した状態のリチウムイオン二次電池Bに対応する不変領域Fを選択すれば、使用範囲内での使用である限り、残存容量-OCVの相関特性が常に変化しないことになる。例えば、容量維持率Y2が使用範囲の限界値(上記例では70%)である場合、不変領域F2内では、使用範囲内での使用である限り、残存容量-OCVの相関特性が、常に変化しない。

20

【 0 0 5 5 】

バッテリー20は、図7に示すように、不変領域F2内の2点Pa、Pbを計測点として定めている。具体的には、高容量側の計測点を第1の計測点Paとし、低容量側の計測点を第2の計測点Pbとしている。図6に示すように、第1の計測点Paは、第1のプラトー領域AL1の端点である。また、第2の計測点Pbは、第2のプラトー領域AL3の端点である。

【 0 0 5 6 】

計測点Pa、Pbは、検出がし易いように、容量変化に対してOCV変化が所定値よりも大きいポイント(傾きがある又は傾きが大きいポイント)を選ぶことが望ましい。

30

【 0 0 5 7 】

バッテリー20は、以下に説明するように、各リチウムイオン二次電池B1~B4が、放電(主に自己放電)により、第1計測点Paから第2計測点Pbまで到達するのに要する到達時間T1~T4を計測する。そして、取得した到達時間T1~T4に基づいて、リチウムイオン二次電池B1~B4の異常判定と均等化処理を実行する。

【 0 0 5 8 】

3. リチウムイオン二次電池の異常判定と均等化処理

図14は、電池監視処理のフローチャート図である。電池監視処理は、図14に示すように、S10~S100から構成されている。管理装置50のCPU51は、S10にて、車両1の駐車を検出したか、判定する。

40

【 0 0 5 9 】

駐車の検出は、管理装置50と車両ECU100との通信により、行うことができる。すなわち、車両が走行中や停車中の場合、車両ECU100と管理装置50との間において、所定期間で通信が頻繁に行われる。

【 0 0 6 0 】

一方、車両が駐車中の場合、車両ECU100は停止し、通信も停止する。そのため、所定期間、車両ECU100との間で通信が途絶えている場合には、車両1は駐車中であると判断することが出来る。駐車でない場合、処理は終了する(S10:NO)。

【 0 0 6 1 】

車両1の駐車を検出した場合(S10:YES)、管理装置50のCPU51は、電流

50

センサ 4 1 の出力よりバッテリー 2 0 の電流 I を取得し、電圧検出部 4 5 の出力より各リチウムイオン二次電池 $B 1 \sim B 4$ の電池電圧 $V 1 \sim V 4$ を取得する。

【 0 0 6 2 】

次に管理装置 5 0 の CPU 5 1 は、バッテリー 2 0 が無電流又は無電流とみなせる状態であるか、判定をする (S 3 0) 。

【 0 0 6 3 】

具体的には、バッテリー 2 0 の電流 I を第 1 所定値と比較し、電流 I が第 1 所定値より小さければ、バッテリー 2 0 は無電流又は無電流とみなせる状態であると、判定される。第 1 所定値は、一例として数十 mA 程度である。

【 0 0 6 4 】

バッテリー 2 0 が無電流又は無電流とみなせると判断した場合 (S 3 0 : Y E S)、管理装置 5 0 の CPU 5 1 は、各リチウムイオン二次電池 $B 1 \sim B 4$ の電圧 $V 1 \sim V 4$ を、第 1 の計測点 $P a$ の第 1 電圧 $V a$ と比較する。第 1 電圧 $V a$ よりも電圧の低いものがある場合、処理は終了する (S 4 0 : N O) 。

【 0 0 6 5 】

管理装置 5 0 は、電圧 $V 1 \sim V 4$ が第 1 電圧 $V a$ よりも全て高い場合、各リチウムイオン二次電池 $B 1 \sim B 4$ について、到達時間 $T 1 \sim T 4$ を計測する (S 5 0) 。

【 0 0 6 6 】

具体的には、リチウムイオン二次電池 $B 1 \sim B 4$ の電圧 $V 1 \sim V 4$ は、電池の自己放電により、時間経過に伴って低下する。

【 0 0 6 7 】

そのため、管理装置 5 0 の CPU 5 1 は、電圧検出部 4 5 の出力に基づいて、各リチウムイオン二次電池 $B 1 \sim B 4$ の電圧 $V 1 \sim V 4$ の電圧を監視し、計時部 5 5 を用いて、各リチウムイオン二次電池 $B 1 \sim B 4$ が、第 1 の計測点 $P a$ の第 1 電圧 $V a$ から、第 2 の計測点 $P b$ の第 2 電圧 $V b$ に、到達するまでの到達時間 $T 1 \sim T 4$ を計測する。

【 0 0 6 8 】

到達時間 $T 1 \sim T 4$ の計測は、リチウムイオン二次電池 $B 1 \sim B 4$ が無電流又は無電流とみなせる状態である場合に限り、行われる。

【 0 0 6 9 】

管理装置 5 0 の CPU 5 1 は、到達時間 $T 1 \sim T 4$ の計測が完了すると、図 1 5 に示すように、到達時間 $T 1 \sim T 4$ が、閾値 $T s$ より長いかが判定する (S 6 0) 。

【 0 0 7 0 】

到達時間 T は、二次電池 B の自己放電量 $Q [A]$ に反比例するから、自己放電量 Q が大きいほど短い。閾値 $T s$ は、到達時間 T の正常値と異常値の境界値であり、到達時間 T が閾値 $T s$ より長い場合、リチウムイオン二次電池 $B 1 \sim B 4$ は、正常と判断することが出来る。

【 0 0 7 1 】

管理装置 5 0 の CPU 5 1 は、到達時間 $T 1 \sim T 4$ が全て、閾値 $T s$ より長い場合、以下の (3) 式より、リチウムイオン二次電池 $B 1 \sim B 4$ の自己放電量 $Q 1 \sim Q 4$ を算出する (S 7 0) 。

【 0 0 7 2 】

$$Q = C a b / T \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (3)$$

$C a b$ は、第 1 の計測点 $P a$ の残存容量 $C a$ と第 2 の計測点 $P b$ の残存容量 $C b$ の差であり、一定値である。

【 0 0 7 3 】

自己放電量 Q は、上記の通り到達時間 T と反比例するため、図 1 6 に示すように、到達時間 T が短い程、多くなる。

【 0 0 7 4 】

次に管理装置 5 0 の CPU 5 1 は、バッテリー 2 0 の電流 I より、バッテリー 2 0 への充電が開始されたか、判定を行う。具体的には、バッテリー 2 0 の電流値が、充電時に流れる電

10

20

30

40

50

流値（数十 A 程度の第 2 所定値）以上であるか否かにより、判定する。

【 0 0 7 5 】

駐車中の車両 1 に搭載されたバッテリー 2 0 に対して、外部充電器 2 0 0 が接続されて充電が開始された場合、バッテリー 2 0 に第 2 所定値以上の電流が流れるため、管理装置 5 0 の CPU 5 1 は、充電の開始を検出する（S 8 0 : Y E S）。

【 0 0 7 6 】

管理装置 5 0 の CPU 5 1 は、充電開始を検出すると、各リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 の残存容量 C を均等化する均等化処理を実行する（S 9 0）。

【 0 0 7 7 】

具体的には、図 1 6 に示すように、自己放電量 $Q[A]$ が最も多いリチウムイオン二次電池 B 3 を基準として、それ以外のリチウムイオン二次電池 B 1、B 2、B 4 について、自己放電量 Q の差分 Q から、下記の（4）式より残存容量差 Cq を求め、リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 の各均等化回路 7 0 により放電する。

【 0 0 7 8 】

$$Cq = Q \times W \cdots (4)$$

W は、S 1 0 にて駐車を検出した時点から、S 9 0 で均等化処理を開始するまで経過時間（駐車時間）である。 W は、全リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 で等しい時間である。

【 0 0 7 9 】

本構成では、自己放電量 Q の相違により、駐車期間中に拡大するリチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 の残存容量差 Cq を、充電開始時点で小さくすることが出来る。

【 0 0 8 0 】

そのため、充電中に、各リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 の電圧が均等に上昇することから、リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 が過充電領域まで充電されることを抑制できる。尚、均等化とは、リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 の残存容量 C の差を、S 9 0 の処理を行う前の状態と比べて、小さくすることである。

【 0 0 8 1 】

上記では、外部充電器 2 0 0 が接続されて充電が開始された場合を例にとって説明したが、エンジンが駆動し、車両のオルタネータ 1 5 0 で充電が開始された場合も、同様の均等化処理（S 9 0）が実行される。

【 0 0 8 2 】

そのため、車両のオルタネータ 1 5 0 で充電が開始された場合も、充電中に、各リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 の電圧が均等に上昇することから、リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 が過充電領域まで充電されることを抑制できる。

【 0 0 8 3 】

また、管理装置 5 0 の CPU 5 1 は、リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 のうち、閾値 Ts よりも、到達時間 $T1 \sim T4$ の短いものが 1 つでもあった場合（S 6 0 : N O）、外部に異常を報知する処理を行う（S 1 0 0）。

【 0 0 8 4 】

これは、自己放電量 Q が、通常より多く内部短絡の可能性が高い、と考えられるからである。尚、異常報知態様としては、警告ランプ 8 0 の点灯などを例示することが出来る。また、通信復帰後の車両 E C U 1 0 0 への異常報知を例示することが出来る。

【 0 0 8 5 】

図 1 4 に示す電池監視処理は、車両の駐車を検出する度に、実行することが好ましい。また、各リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 の自己放電量 $Q1 \sim Q4$ は、初回に算出すれば、以降は、そのデータをメモリ 5 3 に記憶して使用するとよい。

【 0 0 8 6 】

4 . 効果説明

各リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 が第 1 計測点 Pa の第 1 電圧 Va から第 2 計測点 Pb の第 2 電圧 Vb に変化するまでの到達時間 $T1 \sim T4$ は、各リチウムイオン二次電池

10

20

30

40

50

B 1 ~ B 4 の自己放電量 Q と相関性がある。そのため、到達時間 T 1 ~ T 4 に基づいて、均等化処理を行うことで、自己放電のばらつきに起因する、リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 の残存容量差の発生を解消することが出来る。

【 0 0 8 7 】

しかも、第 1 計測点 P a と第 2 計測点 P b を、劣化前後で相関特性が変化しない不変領域 F 2 内の点としているため、劣化の有無によらず、到達時間 T と自己放電量 Q の関係性は一定に保たれる。すなわち、自己放電量 Q が同じであれば、劣化の有無によらず、到達時間 T は同じ時間になる。従って、劣化の有無によらず、到達時間 T から自己放電量 Q を、精度よく検出することが可能であり、各リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 の残存容量 C を精度よく均等化できる。

10

【 0 0 8 8 】

リン酸鉄系のリチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 は、残存容量 - O C V の相関特性において、残存容量 C に対して O C V が略一定のプラトー領域 A L 1、A L 3 を有している。プラトー領域 A L 1、A L 3 では、リチウムイオン二次電池の O C V 差を検出することが難しく、O C V 差から残存容量の差を検出して均等化する方法が適用できない、という課題がある。本構成では、プラトー領域 A L 1、A L 3 の端点など、電圧変化がある 2 つのポイントを計測点 P a、P b として、到達時間 T を計測することで、到達時間 T から自己放電 Q による残存容量差を検出することが可能であり、リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 の残存容量差の発生を解消することが出来る。

【 0 0 8 9 】

本構成では、残存容量差の小さな状態で充電が出来るので、充電中に、一部のリチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 の電圧が急上昇することを抑えることが出来る。従って、リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 が過充電領域に充電されることを抑制できる。

20

【 0 0 9 0 】

特に、外部充電器 2 0 0 は、リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 の電圧 V 1 ~ V 4 を監視する機能を持たない場合があり、そうした安価な外部充電器 2 0 0 が使用された場合でも、リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 が過充電領域に充電されることを抑制できる。

【 0 0 9 1 】

本構成では、リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 の内部短絡の有無を判断することが出来る。そのため、内部短絡を起こしているリチウムイオン二次電池 B の使用が継続されることを抑制できるので、安全性が高まる。

30

【 0 0 9 2 】

本構成では、バッテリー 2 0 が、無電流又は無電流とみなせる状態である時に、到達時間 T 1 ~ T 4 を計測する。そのため、リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 の自己放電による到達時間 T 1 ~ T 4 を得ることが出来る。

【 0 0 9 3 】

従って、自己放電量 Q 1 ~ Q 4 を正確に検出することが出来るので、リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 の残存容量 C を精度よく均等化できる。また、リチウムイオン二次電池 B 1 ~ B 4 の内部短絡の有無を精度よく判定できる。

【 0 0 9 4 】

< 他の実施形態 >

本発明は上記記述及び図面によって説明した実施形態に限定されるものではなく、例えば次のような実施形態も本発明の技術的範囲に含まれる。

40

【 0 0 9 5 】

(1) 実施形態 1 では、蓄電素子の一例に、リン酸鉄系のリチウムイオン二次電池 B を例示した。蓄電素子は、残存容量 - O C V の相関特性において、劣化前後で、相関特性が変化しない不変領域 F を有する特性の電池であればよく、リン酸鉄系以外のリチウムイオン二次電池でもよい。蓄電素子は、他の二次電池やキャパシタ等でもよい。

【 0 0 9 6 】

また、バッテリー 2 0 の用途は、車両に限定されるものではなく、UPS や、太陽光発電

50

システムの蓄電部などの他の用途でもよい。また、実施形態 1 では、車両 ECU 100 との通信の状態から駐車を検出するようにしたが、エンジンの停止時間や、バッテリー 20 に流れる電流値から判断することも出来る。

【0097】

(2) 実施形態 1 は、管理装置 50 と均等化回路 70 を、バッテリー 20 の内部に設けた構成を例示した。管理装置 50 と均等化回路 70 は、必ずしもバッテリー 20 の内部に設置されている必要はなく、例えば、車載されていれば、バッテリー 20 の外部に設けられていてもよい。すなわち、バッテリー 20 は、二次電池 B1 ~ B4 と二次電池 B1 ~ B4 の電圧や電流を計測するセンサ類だけの構成とし、バッテリー外に設けた管理装置 50 が、センサからの出力をモニタにて、二次電池 B1 ~ B4 を均等化する処理や異常の有無を判断する処理を実行するようにしてもよい。

10

【0098】

(3) 実施形態 1 では、リチウムイオン二次電池 B1 ~ B4 の残存容量 C を均等化する均等化処理 (S90) を充電開始時に行った。均等化処理の実行タイミングは、充電開始時に限定されるものではなく、到達時間 T の計測直後など、充電開始前に行ってもよい。また、充電中に行ってもよい。

【0099】

(4) 実施形態 1 では、到達時間 T に基づいて、蓄電素子の内部状態を推定する処理の一例として、蓄電素子の内部短絡の有無を判定した。これ以外にも、到達時間 T に基づいて、蓄電素子の自己放電量 Q のバラツキ (内部状態の一例) を、推定してもよい。

20

【0100】

(5) 実施形態 1 では、各リチウムイオン二次電池 B1 ~ B4 について、自己放電量 Q の差分 Q から求めた残存容量差 Cq を、均等化回路 70 により放電することで、残存容量 C を均等化した。残存容量 C を均等化するにあたり、各リチウムイオン二次電池 B1 ~ B4 の放電量を、如何様に決定するかは、実施形態 1 の例に限定されない。

【0101】

例えば、図 15 の場合、到達時間 T が最短のリチウムイオン二次電池 B3 の放電量を基準とし、他のリチウムイオン二次電池 B1、B2、B4 の放電量は、最短の到達時間 T3 に対する到達時間 T1、T2、T4 の比率で定めるなど、到達時間 T に基づくものであれば、どのような決め方でもよい。

30

【0102】

(6) 実施形態 1 では、バッテリー 20 が、無電流又は無電流とみなせる状態である時に、到達時間 T を計測した。これ以外にも、充電中や放電中に、到達時間 T を計測してもよい。充電中や放電中に計測する場合、低レートで、電流が一定であることが好ましい。

【0103】

また、実施形態 1 では、バッテリー 20 が無電流又は無電流とみさせる状態で、到達時間 T を計測した。リチウムイオン二次電池 B に、所定の電流が流れている場合、残存容量 - 電圧の相関特性 La、Lb は、図 17 に示すように、残存容量 - OCV の相関特性 L0 に対して、内部抵抗による電圧変化分の違いがあるものの、グラフの形状自体は、同じである。

40

【0104】

従って、所定の電流が流れている時の、残存容量 - 電圧の相関特性 La、Lb も、残存容量 - OCV の相関特性 L0 と同様に、劣化前後で相関特性が変化しない不変領域 F が存在する。そのため、所定の電流 (無電流とみなすことの出来ない電流) が流れている状態で、到達時間 T を計測する場合には、残存容量 - OCV の相関特性 L0 に代えて、その電流値に対する、残存容量 - 電圧の相関特性 La、Lb を用いることが好ましい。また、数十 mA 程度など、微小な電流が流れている場合も、同様である。

【0105】

また、電流が流れている状態で到達時間 T を計測した場合、自己放電のみの場合に比べて、到達時間 T は短くなる。しかし、電流が流れている状態でも、自己放電の相違により

50

、到達時間 T に差が出来ることは同じである。そのため、到達時間 T の差より、自己放電量の差を検出することが可能である。尚、図 17 に示す「L a」は、充電中の残存容量 - 電圧の相関特性を示し、「L b」は、放電中の残存容量 - 電圧の相関特性を示している。

【0106】

(7) 実施形態 1、2 で開示した技術は、蓄電素子の残存容量を均等化する均等化プログラム、蓄電素子の内部状態を推定する推定プログラム、及びそれらプログラムを記録した記録媒体等の種々の態様で実現することができる。

【0107】

直列に接続された複数の蓄電素子の残存容量を均等化する均等化プログラムであって、複数の前記蓄電素子は、残存容量 - 電圧の相関特性において、劣化前後で相関特性が変化しない不変領域を有し、コンピュータに、複数の前記蓄電素子について前記不変領域内の第 1 計測点の第 1 電圧から第 2 計測点の第 2 電圧に変化するまでの到達時間を計測する処理 (S 50) と、計測した前記到達時間に基づいて複数の前記蓄電素子の残存容量を均等化する均等化処理 (S 90) とを実行させる、均等化プログラム。

10

【0108】

蓄電素子の内部状態を推定する推定プログラムであって、前記蓄電素子は、残存容量 - 電圧の相関特性において、劣化前後で相関特性が変化しない不変領域を有し、コンピュータに、前記蓄電素子について前記不変領域内の第 1 計測点の第 1 電圧から第 2 計測点の第 2 電圧に変化するまでの到達時間を計測する処理 (S 50) と、計測した前記到達時間に基づいて、前記蓄電素子の内部状態を推定する推定処理 (S 60) とを実行させる、推定

20

【符号の説明】

【0109】

20... バッテリ (本発明の「蓄電システム」に相当する)

22P、22N... 正極側端子部、負極側端子部

30... 組電池

41... 電流センサ

45... 電圧検出部

50... 管理装置

70... 均等化回路

30

100... 車両 ECU

AL1、AL3... プラトー領域

B1 ~ B4... リチウムイオン二次電池

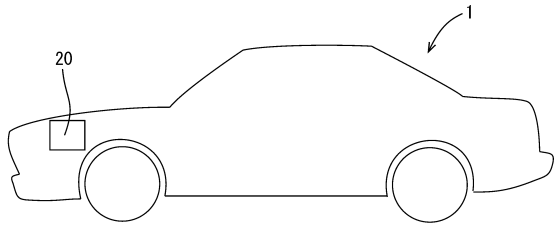
F1 ~ F3... 不変領域

Pa... 第 1 の計測点

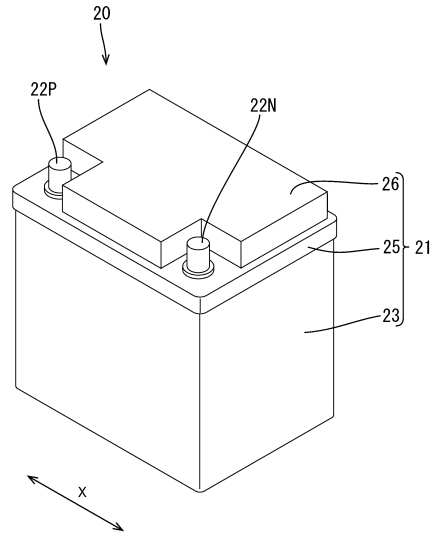
Pb... 第 2 の計測点

T... 到達時間

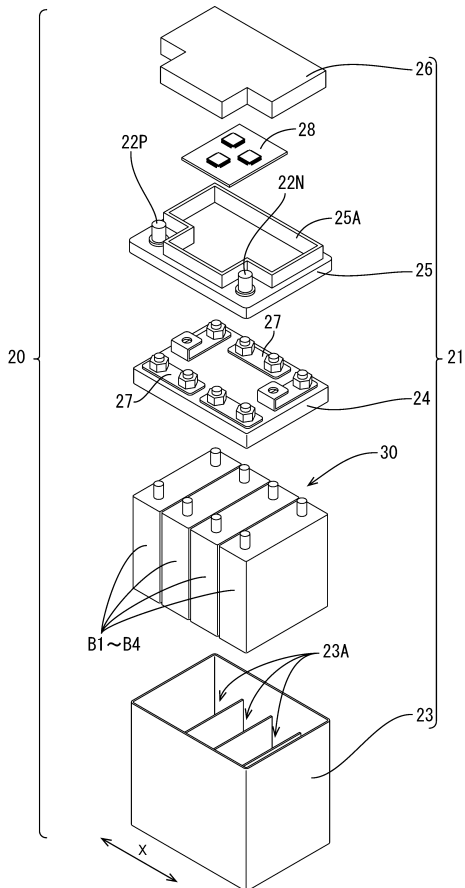
【図1】



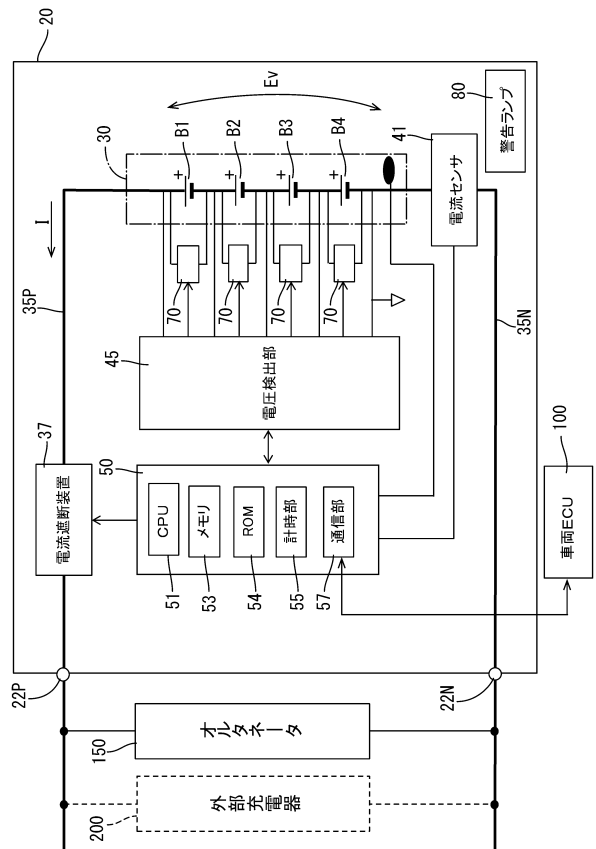
【図2】



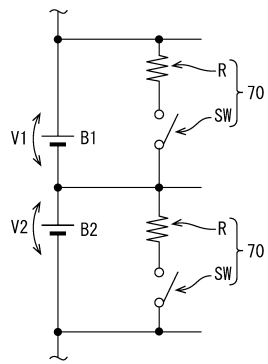
【図3】



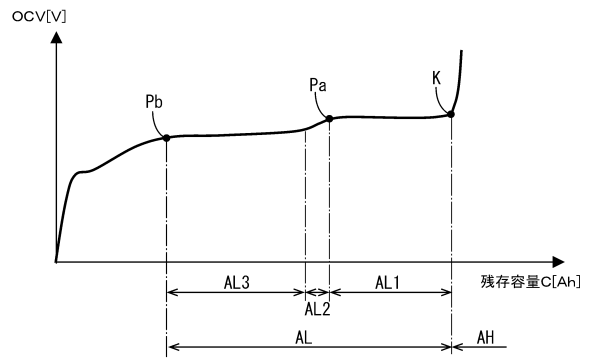
【図4】



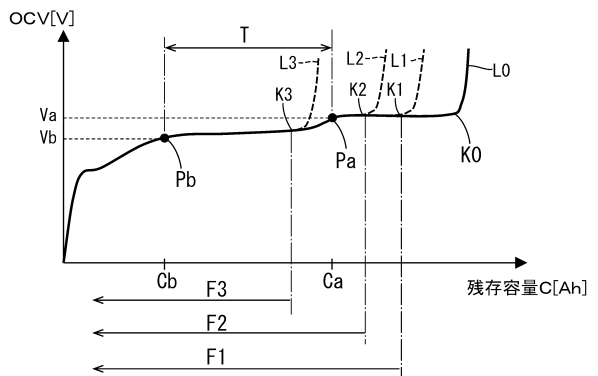
【 図 5 】



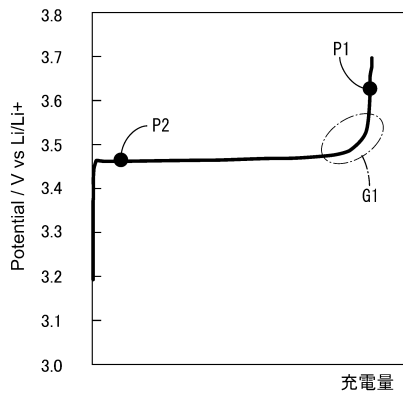
【 図 6 】



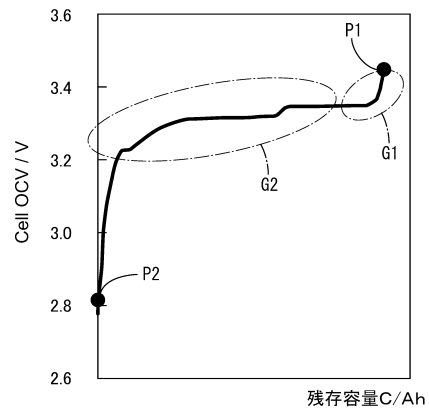
【 図 7 】



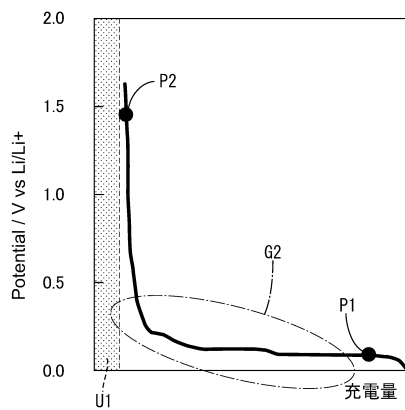
【 図 8 】



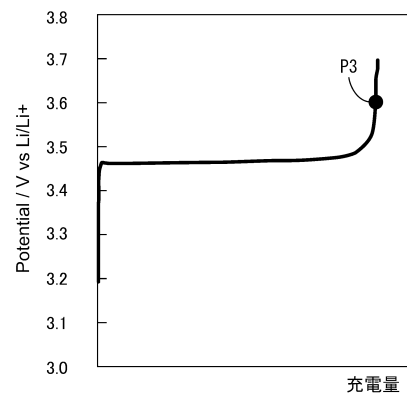
【 図 10 】



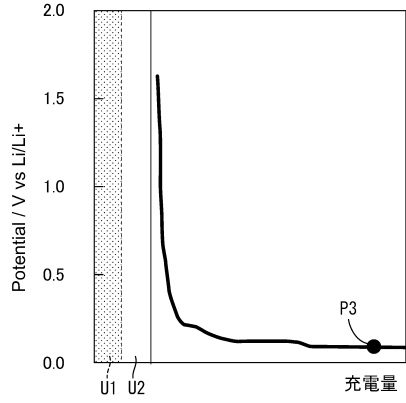
【 図 9 】



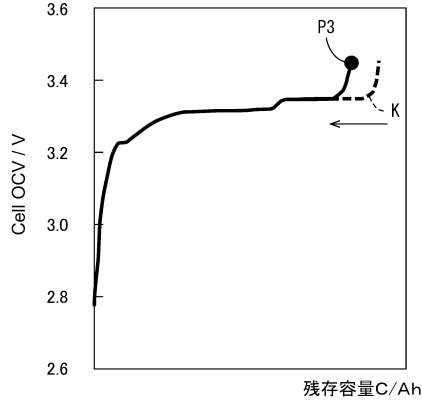
【 図 11 】



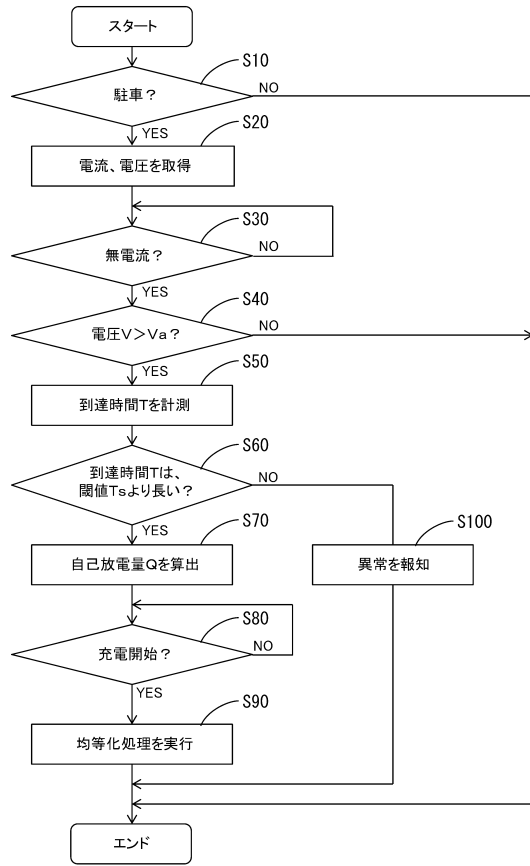
【図12】



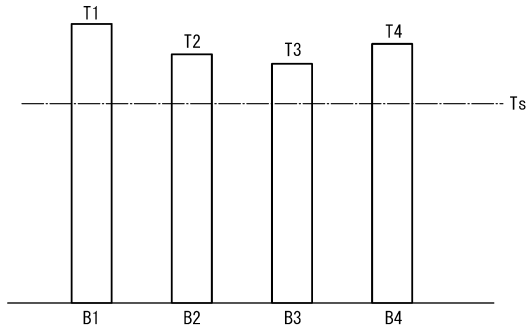
【図13】



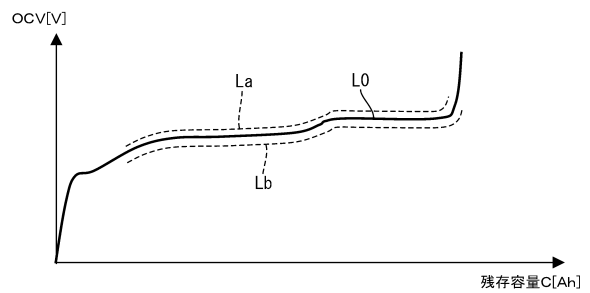
【図14】



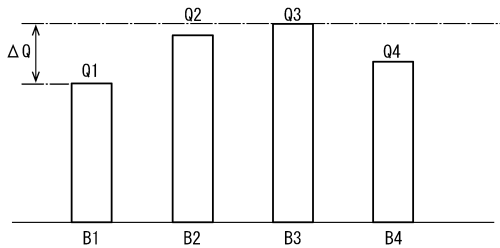
【図15】



【図17】



【図16】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 M 4/58 (2010.01) H 0 1 M 4/58

(56)参考文献 特開2011-072157(JP,A)
特開2017-009577(JP,A)
国際公開第2011/090020(WO,A1)
特開2017-135801(JP,A)
特開2016-225306(JP,A)
特開2010-057249(JP,A)
国際公開第2017/130258(WO,A1)
米国特許出願公開第2012/0161707(US,A1)
特開2003-224901(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 2 J 7 / 0 0 - 7 / 1 2
7 / 3 4 - 7 / 3 6
H 0 1 M 1 0 / 4 2 - 1 0 / 4 8
H 0 1 M 1 0 / 0 5 2 5
H 0 1 M 4 / 5 8