

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7063440号
(P7063440)

(45)発行日 令和4年5月9日(2022.5.9)

(24)登録日 令和4年4月25日(2022.4.25)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 M 10/48 (2006.01)

H 0 1 M 10/48 P

H 0 1 M 10/44 (2006.01)

H 0 1 M 10/48 3 0 1

H 0 2 J 7/04 (2006.01)

H 0 1 M 10/44 Q

G 0 1 R 31/367(2019.01)

H 0 2 J 7/04 L

G 0 1 R 31/382(2019.01)

G 0 1 R 31/367

請求項の数 15 (全32頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2021-505917(P2021-505917)

(86)(22)出願日 令和2年3月31日(2020.3.31)

(65)公表番号 特表2022-502815(P2022-502815
A)

(43)公表日 令和4年1月11日(2022.1.11)

(86)国際出願番号 PCT/KR2020/004427

(87)国際公開番号 WO2020/204584

(87)国際公開日 令和2年10月8日(2020.10.8)

審査請求日 令和3年2月8日(2021.2.8)

(31)優先権主張番号 10-2019-0040455

(32)優先日 平成31年4月5日(2019.4.5)

(33)優先権主張国・地域又は機関
韓国(KR)

(73)特許権者 521065355

エルジー エナジー ソリューション リ
ミテッド大韓民国 ソウル ヨンドゥンポーク ヨ
イーデロ 1 0 8 タワー1

(74)代理人 110000877

龍華国際特許業務法人

(72)発明者 リー、キューチュル

大韓民国 0 7 3 3 6 ソウル, ヨンドゥ
ンポーク, ヨイーデロ 1 2 8 エルジー
・ケム・リミテッド内

(72)発明者 ジョー、ウォンテ

大韓民国 0 7 3 3 6 ソウル, ヨンドゥ
ンポーク, ヨイーデロ 1 2 8 エルジー
・ケム・リミテッド内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 バッテリー管理装置及び方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

バッテリーセルの電圧及び開放回路電圧を測定するように構成された電圧測定部と、
前記バッテリーセルの温度を測定するように構成された温度測定部と、
前記電圧測定部によって測定された開放回路電圧に応じて前記バッテリーセルの充電状態
を推定し、推定された充電状態、及び前記温度測定部によって測定された温度に対応する
複数の周波数を選択し、選択された複数の周波数を有する電流を前記バッテリーセルに印
加して前記バッテリーセルに対する周波数毎のインピーダンスを算出し、前記算出された
周波数毎のインピーダンスを予め学習されたニューラルネットワークに入力して予め定義
されたバッテリーモデルのパラメータ推定値を取得し、取得されたパラメータ推定値を用
いて前記バッテリーモデルを1次更新し、1次更新されたバッテリーモデルを通じて算出
された推定電圧値と前記電圧測定部によって測定された測定電圧値との電圧差が閾値未満
になるまで前記バッテリーモデルのパラメータを調整して前記バッテリーモデルを2次更
新するように構成された制御部と、を含む、バッテリー管理装置。

【請求項2】

前記複数の周波数は、前記バッテリーセルの温度及び充電状態に対応する複数の周波数を
定義している既に保存された周波数テーブルから選択された周波数を含む、請求項1に記
載のバッテリー管理装置。

【請求項3】

前記制御部と接続され、前記バッテリーセルに供給される電流の周波数を前記制御部の要

請に従って前記選択された複数の周波数に変更するように構成されたE I S部をさらに含み、

前記制御部は、前記E I S部によって周波数に変更された複数の電流が前記バッテリーセルに供給される間に測定された複数の電圧に基づいて、前記バッテリーセルのインピーダンスを算出するように構成された、請求項1または2に記載のバッテリー管理装置。

【請求項4】

前記電圧測定部は、前記推定された充電状態及び前記測定された温度で、前記複数の周波数のうち前記バッテリーセルの電圧が予め測定されていない周波数を有する電流が前記バッテリーセルに供給されるときの前記バッテリーセルの電圧を測定するように構成された、請求項3に記載のバッテリー管理装置。

10

【請求項5】

前記パラメータ推定値は、前記予め定義されたバッテリーモデルのパラメータに対応する値を含むように構成され、

前記制御部は、前記バッテリーモデルのパラメータのうち前記取得されたパラメータ推定値に対応するパラメータを前記取得されたパラメータ推定値に変更して前記バッテリーモデルを1次更新するように構成された、請求項1から4のいずれか一項に記載のバッテリー管理装置。

【請求項6】

前記制御部と接続され、前記バッテリーセルに電流を供給し、前記制御部によって前記バッテリーモデルが1次更新されれば、前記推定された充電状態と前記測定された温度に応じて既に設定されたC-レートで前記バッテリーセルを充電するように構成された充電部をさらに含み、

20

前記制御部は、前記充電部によって前記既に設定されたC-レートで前記バッテリーセルが充電されるとき、同一時点で測定された測定電圧値と前記1次更新されたバッテリーモデルから取得した推定電圧値との比較結果に基づいて、前記バッテリーモデルのパラメータを更新して前記バッテリーモデルを2次更新するように構成された、請求項1から5のいずれか一項に記載のバッテリー管理装置。

【請求項7】

前記制御部は、前記電圧差が閾値以上であれば、前記充電部を制御して充電電流のC-レートを変更するように構成された、請求項6に記載のバッテリー管理装置。

30

【請求項8】

前記制御部は、

前記電圧差が閾値以上であって、前記推定電圧値が前記測定電圧値以上である場合、前記充電部を制御して前記C-レートを増加させ、

前記電圧差が閾値以上であって、前記推定電圧値が前記測定電圧値未満である場合、前記充電部を制御して前記C-レートを減少させるように構成された、請求項7に記載のバッテリー管理装置。

【請求項9】

前記制御部は、前記C-レートが変更された後、同一時点で前記電圧測定部で測定した前記バッテリーセルの測定電圧値と前記2次更新されたバッテリーモデルを用いて取得した推定電圧値との電圧差が前記閾値未満になるまで、前記バッテリーモデルのパラメータを更新するように構成された、請求項7に記載のバッテリー管理装置。

40

【請求項10】

前記制御部は、前記バッテリーセルが充電される間、前記2次更新されたバッテリーモデルを用いて前記バッテリーセルの負極に対する状態情報を推定し、前記推定された状態情報が臨界条件に到達しないようにバッテリーセルに印加される充電電流の大きさを調節するように構成された、請求項1から9のいずれか一項に記載のバッテリー管理装置。

【請求項11】

前記状態情報は、前記バッテリーセルの負極に対するリチウムイオン推定比率及び負極電位のうち少なくとも一つを含むように構成された、請求項10に記載のバッテリー管理装

50

置。

【請求項 1 2】

前記制御部は、前記リチウムイオン推定比率が上限閾値に到達しないように、前記バッテリーセルの充電電流の大きさを調節するように構成された、請求項 1 1 に記載のバッテリー管理装置。

【請求項 1 3】

前記制御部は、前記負極電位が下限閾値に到達しないように、前記バッテリーセルの充電電流の大きさを調節するように構成された、請求項 1 1 に記載のバッテリー管理装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 から 1 3 のいずれか一項に記載のバッテリー管理装置を含む、バッテリーパック。

【請求項 1 5】

バッテリーセルの温度及び充電状態に対応する複数の周波数を選択する周波数選択段階と、前記周波数選択段階で選択された複数の周波数を有する電流を前記バッテリーセルに印加して前記バッテリーセルの周波数毎のインピーダンスを算出するインピーダンス算出段階と、

前記インピーダンス算出段階で算出された周波数毎のインピーダンスを予め学習されたニューラルネットワークに入力して予め定義されたバッテリーモデルのパラメータ推定値を取得するパラメータ推定値取得段階と、

前記パラメータ推定値取得段階で取得されたパラメータ推定値を用いて前記バッテリーモデルを 1 次更新するバッテリーモデル 1 次更新段階と、

前記バッテリーモデル 1 次更新段階で 1 次更新されたバッテリーモデルを通じて算出された推定電圧値と前記バッテリーセルに対する測定電圧値との電圧差が臨界値未満になるまで前記バッテリーモデルのパラメータを調整して前記バッテリーモデルを 2 次更新するバッテリーモデル 2 次更新段階と、を含む、バッテリー管理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、バッテリー管理装置及び方法に関し、より詳しくは、バッテリーモデルの更新を通じてバッテリーセルの内部状態を推定するバッテリー管理装置及び方法に関する。

【0002】

本出願は、2019年4月5日出願の韓国特許出願第10-2019-0040455に基づく優先権を主張し、当該出願の明細書及び図面に開示された内容は、すべて本出願に組み込まれる。

【背景技術】

【0003】

近年、ノートパソコン、ビデオカメラ、携帯電話などのような携帯用電子製品の需要が急激に伸び、電気自動車、エネルギー貯蔵用蓄電池、ロボット、衛星などの開発が本格化するにつれて、繰り返して充放電可能な高性能バッテリーに対する研究が活発に行われている。

【0004】

現在、ニッケルカドミウム電池、ニッケル水素電池、ニッケル亜鉛電池、リチウムバッテリーなどのバッテリーが商用化しているが、なかでもリチウムバッテリーは、ニッケル系列のバッテリーに比べてメモリ効果が殆ど起きず充放電が自在であって、自己放電率が非常に低くてエネルギー密度が高いという長所から脚光を浴びている。

【0005】

特許文献1は、モデル推定及びリアルタイムで測定されたバッテリー関連信号をコスト関数として計算し、コスト関数を学習してモデルパラメータ推定値を更新する電池状態推定システム及び方法、並びに非一時的コンピュータ可読記憶媒体を開示している。

【0006】

しかし、特許文献1は理論的なモデル学習及び更新のみについて開示している。すなわち

10

20

30

40

50

、特許文献1は、学習及び更新されたモデルを実際に適用した結果を通じてモデルを学習させ、理論的推定値と実際測定値との誤差を補正する構成は全く開示していない。したがって、特許文献1から得られるモデルは実際のバッテリーセルの充電または放電状況に適用し難いという問題がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】特開2018-059910号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、ニューラルネットワークを通じてバッテリーモデルのパラメータを取得した後、取得したパラメータが反映されたバッテリーモデルの出力値と実際測定値との差に応じてバッテリーモデルのパラメータを繰り返して更新することで、バッテリーセルに最適化したバッテリーモデルを構築でき、最適化したバッテリーモデルに基づいてバッテリーの充電を制御することができるバッテリー管理装置及び方法を提供することを目的とする。

【0009】

本発明の他の目的及び長所は、下記の説明によって理解でき、本発明の実施形態によってより明らかに分かるであろう。また、本発明の目的及び長所は、特許請求の範囲に示される手段及びその組合せによって実現することができる。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の一態様によるバッテリー管理装置は、バッテリーセルの電圧及び開放回路電圧を測定するように構成された電圧測定部と、前記バッテリーセルの温度を測定するように構成された温度測定部と、前記電圧測定部及び温度測定部と接続され、前記電圧測定部によって測定された開放回路電圧に応じて前記バッテリーセルの充電状態を推定し、推定された充電状態、前記温度測定部によって測定された温度に対応する複数の周波数を選択し、前記選択された複数の周波数を有する電流を前記バッテリーセルに印加して前記バッテリーセルに対する周波数毎のインピーダンスを算出し、前記算出された周波数毎のインピーダンスを予め学習されたニューラルネットワークに入力して予め定義されたバッテリーモデルのパラメータ推定値を取得し、取得されたパラメータ推定値を用いて前記バッテリーモデルを1次更新し、1次更新されたバッテリーモデルを通じて算出された推定電圧値と前記電圧測定部によって測定された測定電圧値との電圧差が閾値（臨界値）未満になるまで前記バッテリーモデルのパラメータを繰り返して調整して前記バッテリーモデルを2次更新するように構成された制御部と、を含む。

【0011】

望ましくは、前記複数の周波数は、バッテリーセルの温度及び充電状態に対応する複数の周波数を定義している既に保存された周波数テーブルから選択された周波数を含み得る。

【0012】

本発明によるバッテリー管理装置は、前記制御部と接続され、前記バッテリーセルに供給される電流の周波数を前記制御部の要請に従って選択された複数の周波数に変更するように構成されたEIS（Electrical Impedance Spectroscopy）部をさらに含み得る。一例において、前記電流は正弦波電流、パルス充放電電流または方形波電流であり得る。

【0013】

前記制御部は、前記EIS部によって周波数が変更された複数の電流が前記バッテリーセルに供給される間に測定された複数のバッテリーセル電圧に基づいてバッテリーセルのインピーダンスを算出するように構成され得る。

【0014】

10

20

30

40

50

前記電圧測定部は、前記推定された充電状態及び前記測定された温度で、前記複数の周波数のうち前記バッテリーセルの電圧が予め測定されていない周波数を有する電流が前記バッテリーセルに供給されるときに電圧を測定するように構成され得る。

【0015】

前記パラメータ推定値は、前記予め定義されたバッテリーモデルのパラメータに対応する値を含むように構成され得る。

【0016】

前記制御部は、前記バッテリーモデルのパラメータのうち前記取得されたパラメータ推定値に対応するパラメータを前記取得されたパラメータ推定値に変更して前記バッテリーモデルを1次更新するように構成され得る。

【0017】

本発明によるバッテリー管理装置は、前記制御部と接続され、前記バッテリーセルに電流を供給し、前記制御部によって前記バッテリーモデルが1次更新されれば、前記推定された充電状態と前記測定された温度に応じて既に設定されたC-レートで前記バッテリーセルを充電するように構成された充電部をさらに含み得る。

【0018】

前記制御部は、前記充電部によって前記既に設定されたC-レートで前記バッテリーセルが充電されるとき、同一時点で測定された測定電圧値と前記1次更新されたバッテリーモデルから取得した推定電圧値との比較結果に基づいて前記バッテリーモデルのパラメータを更新して前記バッテリーモデルを2次更新するように構成され得る。

【0019】

望ましくは、前記制御部は、前記電圧差が臨界値以上であれば、前記充電部を制御して充電電流のC-レートを変更するように構成され得る。

【0020】

前記制御部は、前記電圧差が臨界値以上であって、前記推定電圧値が前記測定電圧値以上である場合、前記充電部を制御して前記C-レートを増加させるように構成され得る。

【0021】

前記制御部は、前記電圧差が臨界値以上であって、前記推定電圧値が前記測定電圧値未満である場合、前記充電部を制御して前記C-レートを減少させるように構成され得る。

【0022】

前記制御部は、前記C-レートが変更された後、同一時点で前記電圧測定部で測定した前記バッテリーセルの測定電圧値と前記2次更新されたバッテリーモデルを用いて取得した推定電圧値との電圧差が前記臨界値未満になるまで、前記バッテリーモデルのパラメータを更新するように構成され得る。

【0023】

前記制御部は、前記バッテリーセルが充電される間、前記2次更新されたバッテリーモデルを用いて前記バッテリーセルの負極に対する状態情報を推定し、前記推定された状態情報が臨界条件に到達しないようにバッテリーセルに印加される充電電流の大きさを調節するように構成され得る。

【0024】

前記状態情報は、前記バッテリーセルの負極に対するリチウムイオン推定比率及び負極電位のうち少なくとも一つを含むように構成され得る。

【0025】

前記制御部は、前記リチウムイオン推定比率が上限閾値（上限臨界値）に到達しないように、前記バッテリーセルの充電電流の大きさを調節するように構成され得る。

【0026】

前記制御部は、前記負極電位が下限閾値（下限臨界値）に到達しないように、前記バッテリーセルの充電電流の大きさを調節するように構成され得る。

【0027】

本発明の他の態様によるバッテリーパックは、本発明の一態様によるバッテリー管理装置

10

20

30

40

50

を含む。

【0028】

本発明のさらに他の態様による電気自動車は、本発明の一態様によるバッテリー管理装置を含む。

【0029】

本発明のさらに他の態様によるバッテリー管理方法は、バッテリーセルの温度及び充電状態に対応する複数の周波数を選択する周波数選択段階と、前記周波数選択段階で選択された複数の周波数を有する電流を前記バッテリーセルに印加して前記バッテリーセルの周波数毎のインピーダンスを算出するインピーダンス算出段階と、前記インピーダンス算出段階で算出された周波数毎のインピーダンスを予め学習されたニューラルネットワークに入力して予め定義されたバッテリーモデルのパラメータ推定値を取得するパラメータ推定値取得段階と、前記パラメータ推定値取得段階で取得されたパラメータ推定値を用いて前記バッテリーモデルを1次更新するバッテリーモデル1次更新段階と、前記バッテリーモデル1次更新段階で1次更新されたバッテリーモデルを通じて算出された推定電圧値と前記バッテリーセルに対する測定電圧値との電圧差が臨界値未満になるまで前記バッテリーモデルのパラメータを繰り返して調整して前記バッテリーモデルを2次更新するバッテリーモデル2次更新段階と、を含む。

【発明の効果】

【0030】

本発明の一態様によれば、ニューラルネットワークを通じてバッテリーセルの内部状態を推定するバッテリーモデルのパラメータが1次更新された後、バッテリーモデルから推定された電圧値と測定された電圧値との差が臨界値未満になるようにバッテリーモデルが繰り返して更新されるため、バッテリーセルの内部状態をより正確に判断することができる。

【0031】

また、本発明の一態様によれば、二回にわたって更新されたバッテリーモデルから出力される負極表面のリチウムイオン推定比率及び／または負極電位を用いて、測定が不可能なバッテリーセルの内部状態をより正確に推定することで、バッテリーセルの急速充電時にC-レートを適切に調節することができる。

【0032】

また、本発明の一態様によれば、バッテリーセルのそれぞれに対してバッテリーモデルが最適に構築されるため、複数のバッテリーセルを用いる技術分野においても、それぞれのバッテリーセルの内部状態をより正確に推定することができる。

【0033】

本発明の効果は以上の効果に制限されず、その他の効果は特許請求の範囲の記載から当業者に明確に理解できるであろう。

【0034】

本明細書に添付される次の図面は、発明の詳細な説明とともに本発明の技術的な思想をさらに理解させる役割をするものであるため、本発明は図面に記載された事項だけに限定されて解釈されてはならない。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置を含むバッテリーパックを概略的に示した図である。

【図2】本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置を概略的に示したブロック図である。

【図3】本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置に既に保存された周波数テーブルの一例を示した図である。

【図4】本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置に保存されたインピーダンステーブルの一例を示した図である。

【図5】本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置において、バッテリーモデルから

10

20

30

40

50

取得した負極のリチウムイオン推定比率の一例を示した図である。

【図 6】本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置において、バッテリーモデルから取得した負極電位の一例を示した図である。

【図 7】本発明の一実施形態によるバッテリー管理方法を概略的に示したフロー図である。

【図 8】本発明の他の実施形態によるバッテリー管理方法を概略的に示したフロー図である。

【図 9】本発明の一実施形態によるバッテリー管理方法において、バッテリーモデル更新段階の一例を具体的に示したフロー図である。

【図 10】本発明の一実施形態によるバッテリー管理方法において、バッテリーモデル更新段階の他の一例を具体的に示したフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0036】

本明細書及び特許請求の範囲に使われた用語や単語は通常的や事前的な意味に限定して解釈されてはならず、発明者自らは発明を最善の方法で説明するために用語の概念を適切に定義できるという原則に則して本発明の技術的な思想に應ずる意味及び概念で解釈されねばならない。

【0037】

したがって、本明細書に記載された実施形態及び図面に示された構成は、本発明のもっとも望ましい一実施形態に過ぎず、本発明の技術的な思想のすべてを代弁するものではないため、本出願の時点においてこれらに代替できる多様な均等物及び変形例があり得ることを理解せねばならない。

【0038】

また、本発明の説明において、関連公知構成または機能についての具体的な説明が本発明の要旨を不明瞭にし得ると判断される場合、その詳細な説明は省略する。

【0039】

第 1、第 2 などのように序数を含む用語は、多様な構成要素のうちある一つをその他の要素と区別するために使われたものであり、これら用語によって構成要素が限定されることはない。

【0040】

明細書の全体において、ある部分がある構成要素を「含む」とするとき、これは特に言及されない限り、他の構成要素を除外するものではなく、他の構成要素をさらに含み得ることを意味する。また、明細書に記載された「制御部」のような用語は少なくとも一つの機能や動作を処理する単位を意味し、ハードウェア、ソフトウェア、またはハードウェアとソフトウェアとの組合せで具現され得る。

【0041】

さらに、明細書の全体において、ある部分が他の部分と「連結（接続）」されるとき、これは「直接的な連結（接続）」だけでなく、他の素子を介在した「間接的な連結（接続）」も含む。

【0042】

以下、添付された図面を参照して本発明の望ましい実施形態を詳しく説明する。

【0043】

図 1 は、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置を含むバッテリーパックを概略的に示した図である。

【0044】

図 1 を参照すると、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置 100 は、複数のバッテリーセル 11 が含まれたバッテリーモジュール 10 と電氣的に接続されて複数のバッテリーセル 11 を管理することができる。

【0045】

バッテリー管理装置 100 は、それぞれのバッテリーセル 11 の電圧、電流及び温度を測定し、充電状態（State of Charge：SOC）を推定することができる。そ

10

20

30

40

50

して、バッテリー管理装置１００は、バッテリーモデルをバッテリーセル１１毎に更新することで、バッテリーモデルをそれぞれのバッテリーセル１１に最適化させることができる。また、バッテリー管理装置１００は、バッテリーセル１１を急速充電するとき、更新されたバッテリーモデルに基づいて急速充電電流を調整することができる。

【００４６】

また、バッテリー管理装置１００は、前記バッテリーモジュール１０とともにバッテリーパック１０００に含まれ得る。図１は、バッテリーパック１０００に一つのバッテリーモジュール１０と一つのバッテリー管理装置１００が含まれた例を示しているが、バッテリーパック１０００に含まれたバッテリーモジュール１０及びバッテリー管理装置１００の個数が図１に示された個数に限定されることのない。同様に、バッテリーモジュール１０に含まれたバッテリーセル１１の個数も図１に示された個数に限定されない。

10

【００４７】

図２を参照してバッテリー管理装置１００の具体的な構成を説明する。図２は、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置を概略的に示したブロック図である。図２では、説明の便宜上、バッテリー管理装置１００内に点線でバッテリーモジュール１０を示しているが、図２によってバッテリーモジュール１０がバッテリー管理装置１００の内部に含まれると制限的に解釈されることはない。

【００４８】

図２を参照すると、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置１００は、電圧測定部１１０、温度測定部１２０及び制御部１３０を含むことができる。

20

【００４９】

電圧測定部１１０は、バッテリーセル１１の電圧及び開放回路電圧を測定することができる。すなわち、電圧測定部１１０は、バッテリーセル１１の充放電中または無負荷状態でバッテリーモジュールに含まれたそれぞれのバッテリーセル１１の電圧を測定するように構成され得る。

【００５０】

例えば、電圧測定部１１０は、バッテリーモジュールに含まれた第１バッテリーセルＣ１、第２バッテリーセルＣ２、第３バッテリーセルＣ３及び第４バッテリーセルＣ４の充放電中または無負荷状態でそれぞれの電圧を測定し得る。

【００５１】

具体的には、図１の実施形態において、電圧測定部１１０は、第１センシングラインＳＬ１及び第２センシングラインＳＬ２を通じて第１バッテリーセルＣ１の電圧を測定し、第２センシングラインＳＬ２及び第３センシングラインＳＬ３を通じて第２バッテリーセルＣ２の電圧を測定し得る。また、電圧測定部１１０は、第３センシングラインＳＬ３及び第４センシングラインＳＬ４を通じて第３バッテリーセルＣ３の電圧を測定し、第４センシングラインＳＬ４及び第５センシングラインＳＬ５を通じて第４バッテリーセルＣ４の電圧を測定し得る。また、電圧測定部１１０は、バッテリーセル１１の開放回路電圧（Open Circuit Voltage：OCV）を測定することができる。すなわち、電圧測定部１１０は、バッテリーセル１１の電圧及び開放回路電圧をすべて測定することができる。例えば、電圧測定部１１０は、第１バッテリーセルＣ１、第２バッテリーセルＣ２、第３バッテリーセルＣ３及び第４バッテリーセルＣ４それぞれの開放回路電圧を測定し得る。ここで、開放回路電圧は、バッテリーセル（Ｃ１～Ｃ４）が無負荷状態にある間に測定された電圧である。電圧測定部１１０は、通常の電圧測定回路を含む。

30

40

【００５２】

温度測定部１２０は、バッテリーセル１１の温度を測定することができる。すなわち、温度測定部１２０は、それぞれのバッテリーセル１１の温度を測定可能な温度センサを含むことができる。例えば、図２に示されたように、温度測定部１２０は、バッテリーセル１１のそれぞれに接続され、それぞれのバッテリーセル１１の温度を測定し得る。そして、温度測定部１２０は、測定したバッテリーセル１１の温度測定値を制御部１３０に提供することができる。温度測定部１２０は、熱電対のような通常の温度センサを含む。

50

【0053】

制御部130は、電圧測定部110及び温度測定部120と接続され得る。制御部130は、電氣的に電圧測定部110及び温度測定部120と接続され、電圧測定部110で測定したバッテリーセル11の電圧に対する電圧値及び開放回路電圧に対する開放電圧値を受信し、温度測定部120で測定したバッテリーセル11の温度に対する温度値を受信することができる。

【0054】

例えば、図2の実施形態において、制御部130は、電圧測定部110及び温度測定部120と回路的に接続され得る。ただし、図2に示された制御部130、電圧測定部110及び温度測定部120の相対的な位置は一例に過ぎず、図2の実施形態によって制御部130、電圧測定部110及び温度測定部120の相対的位置及び接続関係が限定されることはない。

【0055】

一実施形態によれば、制御部130は、電圧測定部110によって測定された開放回路電圧に応じてバッテリーセル11の充電状態を推定することができる。ここで、充電状態はSOCであって、一般にバッテリーセル11が十分安定化した状態であれば、バッテリーセル11の開放回路電圧は充電状態と一対一の対応関係を有する。逆に、バッテリーセル11が充電または放電する状態であれば、公知の電流積算法やカルマンフィルターを用いてバッテリーセル11の充電状態を推定し得る。

【0056】

一例として、制御部130は、既に保存されたルックアップテーブルに含まれた開放回路電圧と充電状態との対応関係を用いて、電圧測定部110によって測定された開放回路電圧からバッテリーセル11の充電状態を推定し得る。

【0057】

制御部130は、推定された充電状態及び前記測定された温度に対応する複数の周波数を選択することができる。すなわち、制御部130は、推定されたバッテリーセル11の充電状態及び温度測定部120によって測定されたバッテリーセル11の温度に対応する複数の周波数を選択することができる。

【0058】

例えば、制御部130によって推定されたバッテリーセル11の充電状態が10%であり、温度測定部120によって測定されたバッテリーセル11の温度が20℃であると仮定する。制御部130は、バッテリーセル11の充電状態10%と温度20℃に対応する周波数 F_1 、 F_2 、…、 F_n を選択し得る。ここで、 n は正の整数である。すなわち、制御部130は、バッテリーセル11の推定された充電状態及び測定された温度に基づいて、周波数 $F_1 \sim F_n$ を選択し得る。以下、説明の便宜上、制御部130が四つの周波数を選択するとして説明する。すなわち、 n が4であることに限定して説明する。

【0059】

制御部130は、推定された充電状態、測定された温度及び選択された複数の周波数を有する電流に基づいてバッテリーセル11の周波数毎のインピーダンスを算出することができる。例えば、上述した実施例で選択された $F_1 \sim F_4$ の周波数を有する電流を各バッテリーセル11に順次に印加し、公知のEISインピーダンス算出方式によって各バッテリーセル11の周波数毎のインピーダンスを算出し得る。

【0060】

制御部130は、予め学習されたニューラルネットワークに前記算出された周波数毎のインピーダンスを入力し、バッテリーモデルのパラメータ推定値を取得することができる。例えば、制御部130は、予め学習されたニューラルネットワークに算出された周波数毎のインピーダンスを入力することができる。そして、制御部130は、予め学習されたニューラルネットワークから抵抗に関連する値と、負極のスケール、正極のスケール及びリチウムの可用容量などの容量に関連する値を取得し、取得した抵抗に関連する値及び容量に関連する値を加工して、バッテリーモデルのパラメータのうち一部パラメータに対応す

10

20

30

40

50

るパラメータ推定値を取得することができる。取得されるパラメータ推定値は数式を用いて後述する。

【0061】

ここで、ニューラルネットワークは、周波数毎のインピーダンスを入力データとして受け、予め定義されたバッテリーモデルのパラメータを出力データとして出力できるように、逆伝播学習アルゴリズムによって予め学習されたものであり得る。学習アルゴリズムとして、逆伝播学習アルゴリズムの外にも公知の他の学習アルゴリズムを採用できることは自明である。

【0062】

制御部130は、予め学習されたニューラルネットワークを通じて各バッテリーセルに対する周波数毎のインピーダンスを入力し、予め定義されたバッテリーモデルのパラメータに対応するパラメータ推定値 P_1 、 P_2 、…、 P_m を取得し得る。ここで、 m は正の整数である。以下、説明の便宜上、制御部130が取得したパラメータ推定値が三つであると仮定して説明する。すなわち、制御部130は、ニューラルネットワークを通じてバッテリーモデルのパラメータに対応するパラメータ推定値 P_1 、 P_2 及び P_3 を取得し得る。

【0063】

制御部130は、取得したパラメータ推定値を用いてバッテリーモデルを1次更新することができる。例えば、上述した実施例のように、制御部130は、ニューラルネットワークからパラメータ推定値 $P_1 \sim P_3$ を取得し、取得したパラメータ推定値 $P_1 \sim P_3$ を用いて予め定義されたバッテリーモデルを1次更新し得る。すなわち、制御部130は、取得したパラメータ推定値 $P_1 \sim P_3$ でバッテリーモデルの複数のパラメータのうち対応するパラメータを更新することでバッテリーモデルを更新し得る。

【0064】

ここで、バッテリーモデルは、バッテリーセル11のそれぞれに対して定義され得る。例えば、図2の実施形態において、第1バッテリーセルC1に対する第1バッテリーモデル、第2バッテリーセルC2に対する第2バッテリーモデル、第3バッテリーセルC3に対する第3バッテリーモデル及び第4バッテリーセルC4に対する第4バッテリーモデルが個別的に予め定義され得る。

【0065】

例えば、バッテリーモデルは、ニューマンのP2Dモデル(Newman's P2D model)が適用され得る。P2Dモデルは、多孔性電極及び濃縮溶液理論を用いて開発された物理ベースのモデルであって、バッテリーにおけるリチウムイオンの移動を正確に捕捉できるモデルである。したがって、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置は、予め定義されたバッテリーモデルとしてP2Dモデルを用い得る。

【0066】

バッテリーモデルのパラメータのうち更新される一部パラメータは、下記の数式1～4を用いて説明する。

【数1】

10

20

30

40

50

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k^{eff} \frac{\partial \varphi_e}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(k_D^{eff} \frac{\partial \ln c_e}{\partial x} \right) + j^{Li} = 0$$

ここで、 k^{eff} は電解質イオン伝導度 (electrolyte ionic c

onductivity) であり、 φ_e は電解質相電位 (electrolyt

10

e phase potential) であり、 k_D^{eff} は電解質拡散伝導度 (e
lectrolyte diffusional conductivity)

であり、 c_e は電解質相濃度 (electrolyte phase conce

ntration) であり、 j^{Li} は過電圧関数 (function of ov

20

er potential) であり、下付き添字 e は電解質相 (electro
lyte phase) である。

【0067】

例えば、数式 1 のパラメータのうち制御部 130 によって更新されるパラメータは

【数 5】

$$k^{eff} \text{ 及び } k_D^{eff}$$

30

であり得る。すなわち、制御部 130 が取得したパラメータ推定値は、電解質イオン伝導度及び電解質拡散伝導度に対応する値を含み得る。制御部 130 は、取得したパラメータ推定値で前記電解質イオン伝導度及び電解質拡散伝導度を更新し得る。

【0068】

【数 2】

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\sigma^{eff} \frac{\partial \varphi_s}{\partial x} \right) - j^{Li} = 0$$

40

ここで、 σ^{eff} は有効電気伝導度 (effective electric c

onductivity) であり、 φ_s は電極相電位 (solid (electro
de) phase potential) であり、下付き添字 s は電極相

(solid (electrode) phase) である。

50

【0069】

例えば、数式2のパラメータのうち制御部130によって更新されるパラメータは

【数6】

$$\sigma^{eff}$$

であり得る。すなわち、制御部130が取得したパラメータ推定値は、有効電気伝導度に対応する値を含み得る。制御部130は、取得したパラメータ推定値で前記有効電気伝導度を更新し得る。

10

【0070】

【数3】

$$\frac{\partial(\varepsilon_e c_e)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_e^{eff} \frac{\partial c_e}{\partial x} \right) + \frac{1 - t_+^0}{F} j^{Li}$$

ここで、 ε_e は電極における電解質相の体積分率(v o l u m e f r a c t i o

n)であり、 D_e^{eff} は電解質イオン拡散度(e l e c t r o l y t e i o n i

20

c d i f f u s i v i t y)であり、 t_+^0 はリチウムイオンの輸率(t r a n s f e r e n c e n u m b e r o f l i t h i u m i o n)である。

【0071】

例えば、数式3のパラメータのうち制御部130によって更新されるパラメータは

【数7】

$$D_e^{eff}$$

30

であり得る。すなわち、制御部130が取得したパラメータ推定値は、電解質イオン拡散度に対応する値を含み得る。制御部130は、取得したパラメータ推定値で前記電解質イオン拡散度を更新し得る。

【0072】

【数4】

40

$$\frac{\partial c_s}{\partial t} = \frac{D_s}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial c_s}{\partial r} \right)$$

ここで、 D_s は電極におけるリチウム拡散係数（diffusion coefficient of Li）であり、 r は次元（dimension）であり、 c_s は電極相濃度（solid (electrode) phase concentration）である。

【0073】

例えば、数式4のパラメータのうち制御部130によって更新されるパラメータは【数8】

D_s

であり得る。すなわち、制御部130が取得したパラメータ推定値は、電極におけるリチウム拡散係数に対応する値を含み得る。制御部130は、取得したパラメータ推定値で前記電極におけるリチウム拡散係数を更新し得る。

【0074】

まとめると、制御部130が取得したパラメータ推定値は、バッテリーモデルの電解質イオン伝導度、電解質拡散伝導度、有効電気伝導度、電解質イオン拡散度及び電極におけるリチウム拡散係数に対応する値を含むことができる。制御部130は、取得したパラメータ推定値でバッテリーモデルのパラメータのうち対応するパラメータを更新し、バッテリーモデルを1次更新することができる。

【0075】

一方、第1バッテリーセルC1～第4バッテリーセルC4が同じ工程を経て製造され、同じ日付で出荷され、同じバッテリーモジュールに含まれているとしても、初期抵抗のバラツキ、容量のバラツキなどの多様な原因によってそれぞれのバッテリーセル11の状態が完璧に同一でないことがあり得る。したがって、制御部130は、第1バッテリーセルC1に対するパラメータ推定値では第1バッテリーモデルのみを1次更新でき、第1バッテリーセルC1に対するパラメータ推定値を用いて第2～第4バッテリーモデルを1次更新することはできない。

【0076】

制御部130は、バッテリーセル11が充電される間に1次更新されたバッテリーモデルを用いて算出された推定電圧値と電圧測定部110によって測定された測定電圧値との電圧差が臨界値未満になるように、バッテリーモデルのパラメータを繰り返して調整してバッテリーモデルを2次更新するように構成され得る。

【0077】

具体的には、制御部130は、バッテリーセル11が充電される間に1次更新されたバッテリーモデルから出力された値を加工してバッテリーセル11に対する推定電圧値を取得することができる。そして、制御部130は、取得した推定電圧値と電圧測定部110で測定したバッテリーセル11の電圧に対する実際測定値である測定電圧値との電圧差に応じてバッテリーモデルを2次更新することができる。

【0078】

例えば、数式2を参照すると、制御部130は、バッテリーモデルから

【数 9】

$$\varphi_s^+ \text{ 及び } \varphi_s^-$$

を取得し得る。すなわち、制御部 130 は、バッテリーモデルから正極相電位値及び負極相電位値を取得し得る。そして、制御部 130 は、取得した

【数 10】

$$\varphi_s^+ \text{ と } \varphi_s^-$$

10

との間の電位差に応じて推定電圧値を取得し得る。

【0079】

制御部 130 は、「 $|\text{推定電圧値} - \text{測定電圧値}|$ 」によって電圧差を算出することができる。すなわち、制御部 130 は、推定電圧値と測定電圧値との差の絶対値の大きさに応じてバッテリーモデルを 2 次更新することができる。上述した実施例と同様に、制御部 130 は、第 1 バッテリーセル C1 に対する推定電圧値と測定電圧値との電圧差では第 1 バッテリーモデルのみを 2 次更新でき、第 1 バッテリーセル C1 に対する推定電圧値と測定電圧値との電圧差を用いて第 2 ～第 4 バッテリーモデルを学習させることはできない。

20

【0080】

具体的には、制御部 130 は、パラメータ推定値を用いて更新したバッテリーモデルのパラメータ値を再調整し、バッテリーモデルを 2 次更新することができる。例えば、制御部 130 は、パラメータ推定値を用いて更新したバッテリーモデルの電解質イオン伝導度、電解質拡散伝導度、有効電気伝導度、電解質イオン拡散度及び電極におけるリチウム拡散係数に対応する値を推定電圧値と測定電圧値との電圧差に応じて 2 次更新し得る。この場合、制御部 130 は、バッテリーモデルのパラメータに対する微細調整 (fine tuning) のため、ランダムサーチ (random search)、ガウシアンプロセス (Gaussian Process) またはグリーディサーチ (Greedy search) などのアルゴリズムを用いて現在バッテリーモデルのパラメータの近似値を選択し、選択した近似値を用いてバッテリーモデルのパラメータを 2 次更新し得る。

30

【0081】

本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置 100 は、予め定義されたバッテリーモデルをニューラルネットワークを用いて取得したパラメータ推定値に基づいて 1 次更新し、推定電圧値と測定電圧値との差に応じてバッテリーモデルを 2 次更新することができる。したがって、バッテリー管理装置 100 は、繰り返して更新されたバッテリーモデルを用いてバッテリーセル 11 に対する内部状態情報を信頼性高く取得することができる。

【0082】

ここで、制御部 130 は、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置 100 で実行される多様な制御ロジックを実行するため、当業界に知られたプロセッサ、ASIC (application-specific integrated circuit)、他のチップセット、論理回路、レジスタ、通信モデム、データ処理装置などを選択的に含み得る。また、前記制御ロジックがソフトウェアとして具現されるとき、前記制御部 130 は、プログラムモジュールの集合として具現され得る。このとき、プログラムモジュールはメモリに保存されてプロセッサによって実行され得る。前記メモリは、プロセッサの内部または外部に備えられ得、周知の多様な手段でプロセッサと接続され得る。例えば、制御部 130 は、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置 100 に含まれたプロセッサであって、バッテリーセル 11 のインピーダンスを算出し、バッテリーモデルのパラメータを調整することで、バッテリーモデルを更新することができる。また、制御部 130 は、電圧測定部 110 及び温度測定部 120 と接続されて信号を送受信することもできる。

40

50

【0083】

また、図2を参照すると、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置100は、電流測定部140をさらに含むことができる。電流測定部140は、バッテリーセル11に入力される充電電流またはバッテリーセル11から出力される放電電流を測定するように構成され得る。例えば、図2の実施形態において、電流測定部140は、センス抵抗Rの両端に接続され、充電電流または放電電流を測定し得る。制御部130は、電圧測定部110がバッテリーセル11の開放回路電圧を測定する前に、電流測定部140で測定された電流を用いてバッテリーセル11が安定化した状態であるか否かを先に判断し得る。例えば、制御部130は、電流測定部140で測定されたバッテリーセル11の充電電流または放電電流が0[A]である状態が予め設定された時間維持されれば、バッテリーセル11が安定化した状態であると判断し、電圧測定部110を通じてバッテリーセル11の開放回路電圧を測定し得る。そして、電圧測定部110は、制御部130から測定信号を送信した後、バッテリーセル11の開放回路電圧を測定し得る。

10

【0084】

また、図2を参照すると、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置100は、保存部150をさらに含むことができる。保存部150は、バッテリーモデルの更新に使用されるニューラルネットワークの実行に必要なプログラムとデータ、バッテリーモデルに関する関数及びバッテリーモデルのパラメータ値などを保存することができる。すなわち、保存部150は、ニューラルネットワークとバッテリーモデルなど本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置100の各構成要素が動作及び機能を実行するのに必要なデータやプログラム、または、動作及び機能の実行過程で生成されるデータなどを保存できる。保存部150は、データを記録、消去、更新及び読出できると知られた公知の情報記憶手段であればその種類に特に制限がない。一例として、情報記憶手段には、RAM、フラッシュメモリ、ROM、EEPROM、レジスタなどが含まれ得る。保存部150には、制御部130によって実行可能なプロセスが定義されたプログラムコードが保存され得る。

20

【0085】

望ましくは、前記複数の周波数は、バッテリーセル11の温度及び充電状態に応じて予め決められた複数の周波数が含まれた、既に保存された周波数テーブルから選択された周波数を含むことができる。ここで、既に保存された周波数テーブルは、保存部150に予め保存されたものであって、バッテリーセル11の温度及び充電状態に応じて複数の周波数を参照可能なルックアップテーブルであり得る。

30

【0086】

図3は、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置に既に保存された周波数テーブルの一例を示した図である。図3を参照すると、既に保存された周波数テーブルは、温度(T)、充電状態(SOC)及び周波数(F)のフィールドを含むことができる。例えば、温度 $T_1^{\circ}\text{C}$ 及び充電状態 $S_1\%$ に対応する周波数 F_{11} 、 F_{12} 、 F_{13} 及び F_{14} が第1レコードに含まれ得る。そして、温度 $T_2^{\circ}\text{C}$ 及び充電状態 $S_2\%$ に対応する周波数 F_{21} 、 F_{22} 、 F_{23} 及び F_{24} が第2レコードに含まれ得る。

【0087】

例えば、既に保存された周波数テーブルにおいて、温度フィールドと充電状態フィールドとが複合キーとして設定され得る。したがって、制御部130は、既に保存された周波数テーブルを用いて、温度測定部120によって測定されたバッテリーセル11の温度及び算出したバッテリーセル11の充電状態に対応する複数の周波数を選択することができる。したがって、既に保存された周波数テーブルには同じ温度に対して相異なる充電状態を有する複数のレコードが存在し得る。例えば、第3及び第4レコードのように、温度 $T_3^{\circ}\text{C}$ に対して相異なる充電状態 $S_3\%$ 及び $S_4\%$ を有するレコードが存在し得る。ただし、温度フィールドと充電状態フィールドとを複合キーとして設定することは、既に保存された周波数テーブルに対する一例に過ぎず、これによって既に保存された周波数テーブルが制限されることはない。

40

【0088】

50

すなわち、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置１００は、温度、充電状態及び複数の周波数が一つの対を成して保存された周波数テーブルを用いて、バッテリーセル１１の内部状態をより正確に測定可能な複数の周波数を選択することができる。したがって、任意に選択された周波数を有する電流ではなく、バッテリーセル１１の温度及び充電状態に基づいてバッテリー管理装置１００によって選択された複数の周波数を有する電流がバッテリーセル１１に供給されることで、バッテリーセル１１の内部状態をより正確に判断することができる。

【００８９】

また、図２を参照すると、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置１００は、制御部１３０と接続され、バッテリーセル１１に供給される電流の周波数を前記制御部１３０によって選択された複数の周波数に変更するように構成されたＥＩＳ部をさらに含むことができる。すなわち、ＥＩＳ部１６０は、制御部１３０と電氣的に接続されて互いに信号を送受信でき、バッテリーセル１１に正弦波またはパルス形態の電流を印加することができる。

【００９０】

例えば、上述した実施例のように、制御部１３０が既に保存された周波数テーブルを通じてＦ１、Ｆ２、Ｆ３及びＦ４を選択したと仮定する。制御部１３０は、ＥＩＳ部１６０にＦ１周波数印加信号を送信し得る。制御部１３０のＦ１周波数印加信号を受信したＥＩＳ部１６０は、Ｆ１周波数を有する電流を出力し、結果的にバッテリーセル１１にはＦ１周波数を有する電流が供給され得る。一例において、バッテリーセル１１に供給される電流はパルス電流である。同様に、制御部１３０は、ＥＩＳ部１６０にＦ２周波数印加信号、Ｆ３周波数印加信号及びＦ４周波数印加信号をそれぞれ送信し得る。このとき、制御部１３０は、一定の時間間隔を置いてＥＩＳ部１６０に相異なる周波数印加信号を送信し得る。例えば、制御部１３０は１０ｍｓの間隔を置いてＥＩＳ部１６０に相異なる周波数印加信号を送信し得る。

【００９１】

また、制御部１３０は、ＥＩＳ部１６０によって周波数が変更された複数の電流がバッテリーセル１１に供給される間に測定された複数の電圧に基づいて、バッテリーセル１１に対するインピーダンスを算出するように構成され得る。制御部１３０は、電圧測定部１１０を通じて測定された複数の電圧に基づいて、各バッテリーセル１１のインピーダンスを算出するように構成され得る。すなわち、制御部１３０は、周波数印加信号をＥＩＳ部１６０に送信し、ＥＩＳ部１６０は、受信した周波数印加信号に基づいて特定周波数を有する電流をバッテリーセル１１に印加することができる。各バッテリーセル１１にＥＩＳ部１６０から出力した周波数を有する電流が供給された直後、電圧測定部１１０は、各バッテリーセル１１の電圧を測定することができる。ここで、制御部１３０は、複数の周波数印加信号をＥＩＳ部１６０に送信し、ＥＩＳ部１６０は、受信した複数の周波数印加信号に基づいて相異なる周波数を有する電流を時間間隔を置いて出力することができる。したがって、電圧測定部１１０は、各バッテリーセル１１に相異なる周波数を有する電流が供給される度に、各バッテリーセル１１の電圧を測定することができる。そして、制御部１３０は、電圧測定部１１０から測定された複数の電圧を受信し、受信した複数の電圧に基づいて各バッテリーセル１１のインピーダンスを算出することができる。バッテリーセル１１に周波数が異なる複数の電流を印加した後、バッテリーセル１１の応答特性を用いてバッテリーセル１１の周波数毎のインピーダンスを測定する方法は、ＥＩＳ（Electric Impedance Spectroscopy）との名称で広く知られているため詳しい説明は省略する。

【００９２】

図３の実施形態において、上述した実施例のように、制御部１３０が既に保存された周波数テーブルを通じてＦ１、Ｆ２、Ｆ３及びＦ４を選択したと仮定する。制御部１３０はＥＩＳ部１６０にＦ１周波数印加信号を送信し、ＥＩＳ部１６０はＦ１周波数を有する電流をバッテリーセル１１に印加し、電圧測定部１１０はＦ１周波数を有する電流が供給され

10

20

30

40

50

たバッテリーセル 11 の第 1 電圧を測定し得る。同様に、電圧測定部 110 は、F 2 周波数を有する電流が供給されたバッテリーセル 11 の第 2 電圧、F 3 周波数を有する電流が供給されたバッテリーセル 11 の第 3 電圧、F 4 周波数を有する電流が供給されたバッテリーセル 11 の第 4 電圧を測定し得る。制御部 130 は、電圧測定部 110 から第 1 ～第 4 電圧を受信し、第 1 ～第 4 電圧とバッテリーセル 11 に印加された交流電流を用いてバッテリーセル 11 のインピーダンスを算出し得る。一方、電圧は、各周波数に対して複数回測定可能であるため、第 1 ～第 4 電圧のそれぞれは一つの電圧データまたは複数の電圧データを含み得る。

【0093】

本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置 100 は、バッテリーセル 11 の温度及び充電状態に基づいて選択した複数の周波数をそれぞれ有する電流をバッテリーセル 11 に供給することで、バッテリーセル 11 のインピーダンスをより正確に決定することができる。

【0094】

電圧測定部 110 は、推定された充電状態及び測定された温度で、複数の周波数のうちバッテリーセル 11 の電圧が予め測定されていない周波数を有する電流がバッテリーセル 11 に供給されるとききの電圧を測定するように構成され得る。

【0095】

すなわち、制御部 130 は、既に保存された周波数テーブルから選択した複数の周波数のうち一部に対する周波数印加信号を EIS 部 160 に送信することもできる。ここで、一部周波数は、バッテリーセル 11 のインピーダンス決定に使用されていない未使用周波数である。そして、電圧測定部 110 は、未使用周波数を有する電流がバッテリーセル 11 に供給されるとき、バッテリーセル 11 の電圧を測定することができる。これについて図 4 を参照して説明する。

【0096】

図 4 は、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置に保存されたインピーダンステーブルの一例を示した図である。図 4 を参照すると、インピーダンステーブルは、バッテリーセル 11 の識別番号 (ID)、温度 (T)、充電状態 (SOC) 及びインピーダンス (I) のフィールドを含むことができる。インピーダンステーブルは保存部 150 に保存され得る。

【0097】

インピーダンス (I) フィールドには、制御部 130 によって算出される周波数毎のインピーダンスに対する値が含まれ得る。また、インピーダンス (I) の個数は、前記既に保存された周波数テーブルでバッテリーセル 11 の温度及び充電状態に応じて予め決められた複数の周波数の個数と同一である。

【0098】

例えば、図 4 の第 1 レコード (401) は、インピーダンス (I) フィールドが全て空いている。すなわち、図 3 を参照すると、第 1 レコード (401) に含まれた温度 T₁℃及び充電状態 S₁% に対応する周波数 F₁₁、F₁₂、F₁₃ 及び F₁₄ に対してはインピーダンスが算出されなかったためである。この場合、上述した実施例のように、制御部 130 は、バッテリーセル 11 の温度及び充電状態がそれぞれ T₁℃及び S₁% 状態にある間、周波数 F₁₁、F₁₂、F₁₃ 及び F₁₄ それぞれに対する周波数印加信号を EIS 部 160 に送信することができる。そして、EIS 部 160 は、周波数 F₁₁、F₁₂、F₁₃ 及び F₁₄ を有する電流をそれぞれ出力し、電圧測定部 110 は、周波数 F₁₁、F₁₂、F₁₃ 及び F₁₄ を有する相異なる電流がバッテリーセル 11 に印加されるときバッテリーセル 11 の電圧を測定することができる。

【0099】

図 4 の第 2 レコード (402) には、インピーダンス (I) フィールドの一部のみが記録されている。すなわち、図 3 を参照すると、図 4 の第 2 レコード (402) のような場合は、温度 T₂℃と充電状態 S₂% に対応する周波数 F₂₁、F₂₂、F₂₃ 及び F₂₄ の

10

20

30

40

50

うち F 2 1 及び F 2 2 に対する周波数印加信号が過去に E I S 部 1 6 0 に送信され、F 2 1 及び F 2 2 周波数を有する電流がバッテリーセル 1 1 に印加されるときに測定された電圧に基づいて、I 2 1 及び I 2 2 インピーダンスが予め算出された場合である。このような場合は、周波数 F 2 1、F 2 2、F 2 3 及び F 2 4 それぞれに対するインピーダンス I 2 1、I 2 2、I 2 3 及び I 2 4 を算出する過程で、内部または外部の何らかの原因によって I 2 3 及び I 2 4 が算出される前にインピーダンス算出過程が終了した場合である。このような場合に制御部 1 3 0 は、既に算出したインピーダンスをインピーダンステーブルに記録し得る。そして、制御部 1 3 0 は、インピーダンスを算出する過程で、インピーダンステーブルを参照して、既に算出したインピーダンスに対しては重複して算出しなくてもよい。すなわち、図 4 の第 2 レコードの場合、制御部 1 3 0 は I 2 1 及び I 2 2 の算出は省略し、I 2 3 及び I 2 4 のみを算出し得る。したがって、制御部 1 3 0 は、F 2 3 及び F 2 4 に対する周波数印加信号のみを E I S 部 1 6 0 に送信することができる。そして、E I S 部 1 6 0 は周波数 F 2 3 及び F 2 4 を有する電流をそれぞれ出力し、電圧測定部 1 1 0 は周波数 F 2 3 及び F 2 4 を有する電流それぞれがバッテリーセル 1 1 に印加されるときにバッテリーセル 1 1 の電圧を測定することができる。

【0100】

本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置 1 0 0 は、周波数テーブル及びインピーダンステーブルを保存し、既に測定した値を記録しておくことで、同じ条件でインピーダンスが重複して算出されることを予め防止することができる。したがって、バッテリーモデルの更新にかかる時間が短縮され、バッテリーセル 1 1 の急速充電状況でもバッテリーモデルを迅速に更新することができる。

【0101】

望ましくは、パラメータ推定値は、ニューラルネットワークを用いて取得された値であって、予め定義されたバッテリーモデルのパラメータに対応する値を含むことができる。すなわち、制御部 1 3 0 は、ニューラルネットワークから出力された値を加工してパラメータ推定値を取得し、取得されたパラメータ推定値は予め定義されたバッテリーモデルのパラメータのうち一部に対応することができる。

【0102】

したがって、制御部 1 3 0 は、バッテリーモデルのパラメータのうち取得したパラメータ推定値に対応するパラメータを取得したパラメータ推定値に変更してバッテリーモデルを 1 次更新するように構成され得る。

【0103】

本発明において、バッテリーモデルは、予め学習されたニューラルネットワークを通じてバッテリーセル 1 1 の温度、充電状態及びインピーダンスに基づいて更新されるため、バッテリー管理装置 1 0 0 は、バッテリーセル 1 1 のそれぞれに対して最適化したバッテリーモデルを用いてそれぞれのバッテリーセル 1 1 の内部状態をより正確に判断することができる。

【0104】

図 2 を参照すると、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置 1 0 0 は、制御部 1 3 0 と接続され、バッテリーセル 1 1 に電流を供給する充電部 1 7 0 をさらに含むことができる。すなわち、バッテリーセル 1 1 に電流を供給する充電部 1 7 0 は、バッテリー管理装置 1 0 0 の内部に含まれてもよく、バッテリー管理装置 1 0 0 の外部に備えられてもよい。

【0105】

バッテリー管理装置 1 0 0 の内部に含まれる充電部 1 7 0 及びバッテリー管理装置 1 0 0 の外部に備えられる充電部 1 7 0 は、何れも制御部 1 3 0 と電氣的に接続され、バッテリーセル 1 1 に電流を供給することができる。

【0106】

一実施例において、バッテリー管理装置 1 0 0 の外部に備えられた充電部 1 7 0 は、コネクタを通じて制御部 1 3 0 と接続され得る。前記コネクタには通信線路が含まれ、充電部

10

20

30

40

50

１７０が制御部１３０と通信可能である。

【０１０７】

充電部１７０は、制御部１３０によって前記バッテリーモデルが１次更新されれば、前記推定された充電状態と前記測定された温度に応じて既に設定されたＣ－レートで前記バッテリーセル１１を充電するように構成され得る。すなわち、充電部１７０は、制御部１３０によってバッテリーモデルが１次更新されれば、制御部１３０の要請に従って、バッテリーセル１１の推定された充電状態と測定された温度に応じて既に設定されたＣ－レートでバッテリーセル１１を充電することができる。充電部１７０は、バッテリーモデルの１次更新が完了すれば、制御部１３０から既に設定されたＣ－レートを含むバッテリー充電信号を受信し得る。このとき、充電部１７０は、既に設定されたＣ－レートでバッテリーセル１１を充電することができる。既に設定されたＣ－レートは保存部１５０に保存されたものであって、制御部１３０は、バッテリー充電信号とともに既に設定されたＣ－レートを充電部１７０に送信し得る。

10

【０１０８】

制御部１３０は、既に設定されたＣ－レートでバッテリーセル１１が充電されるとき、同一時点で測定された測定電圧値と１次更新されたバッテリーモデルから取得した推定電圧値との電圧差に応じてバッテリーモデルのパラメータを更新してバッテリーモデルを２次更新するように構成され得る。すなわち、電圧測定部１１０は、既に設定されたＣ－レートで充電される第１時点でバッテリーセル１１の電圧を測定し、測定した測定電圧値を制御部１３０に送信し得る。制御部１３０は、前記第１時点で更新されたバッテリーモデルを用いて推定電圧値を取得し、取得した推定電圧値と受信した測定電圧値とを比較することができる。そして、制御部１３０は、比較結果に基づいてバッテリーモデルを２次更新することができる。

20

【０１０９】

上述した例示と同様に、制御部１３０は、推定電圧値と測定電圧値との電圧差に応じてバッテリーモデルを２次更新することができる。ここで、電圧差は「 $|$ 推定電圧値－測定電圧値 $|$ 」によって算出され得る。

【０１１０】

一実施例において、充電部１７０が４ＣのＣ－レートでバッテリーセル１１を充電しており、同一時点基準にして測定電圧値が４．０５〔Ｖ〕と測定され、推定電圧値が４．１〔Ｖ〕と取得されたと仮定する。制御部１３０は、推定電圧値と測定電圧値との電圧差の絶対値の大きさに応じてバッテリーモデルを２次更新し得る。すなわち、制御部１３０は、０．０５〔Ｖ〕の誤差を補正するため、バッテリーモデルを２次更新し得る。具体的には、制御部１３０は、０．０５〔Ｖ〕の誤差を補正するため、バッテリーモデルに含まれたパラメータのうちパラメータ推定値を通じて１次更新されたパラメータを更新し得る。

30

【０１１１】

本発明によれば、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置１００は、既に設定されたＣ－レートでバッテリーセル１１を充電しながら、測定電圧値と推定電圧値との電圧差に応じてバッテリーモデルを２次更新することができる。このようにバッテリー管理装置１００は、バッテリーモデルを複数回更新することで、バッテリーモデルの出力値に対する信頼度を向上させ、バッテリーセル１１の内部状態をより正確に判断することができる。

40

【０１１２】

制御部１３０は、前記電圧差が臨界値以上であれば、前記充電部を制御して充電電流のＣ－レートを変更するように構成され得る。

【０１１３】

ここで、臨界値は、推定電圧値と測定電圧値との電圧差の絶対値に対する臨界値であって、保存部１５０に予め保存された値であり得る。

【０１１４】

制御部１３０は、推定電圧値と測定電圧値との電圧差が臨界値以上であれば、異常充電状態であると判断し、充電部１７０にＣ－レートの変更を命令する信号を送信し得る。すな

50

わち、制御部 130 は、充電部 170 に C-レートの変更を命令し、バッテリーセル 11 に供給される電流の強さを調整することができる。

【0115】

逆に、制御部 130 は、推定電圧値と測定電圧値との電圧差が臨界値未満であれば、推定電圧値が正常範囲に属すると判断し、更新されたバッテリーモデルをそれ以上更新しない。

【0116】

本発明によれば、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置 100 は、制御部 130 によって推定された推定電圧値と電圧測定部 110 によって測定された測定電圧値とが完璧に同一でなくても、推定電圧値と測定電圧値との電圧差が設定された臨界値未満であれば、バッテリーモデルの 2 次更新を終了させることで、バッテリーモデルの最適化にかかる時間を短縮することができる。また、バッテリー管理装置 100 は、推定電圧値と測定電圧値との電圧差が臨界値以上であれば、C-レート、すなわち、バッテリーセル 11 に供給される電流の強さを調整することで、電圧差を補正することができる。

【0117】

望ましくは、制御部は、前記電圧差が臨界値以上であって、前記推定電圧値が前記測定電圧値以上である場合、前記充電部を制御して前記 C-レートを増加させるように構成され得る。

【0118】

例えば、上述した例示と同様に、同一時点を基準にして推定電圧値が 4.1 [V] であり、測定電圧値が 4.05 [V] であり、臨界値が 0.05 [V] で設定されたと仮定する。制御部 130 は、測定電圧値と推定電圧値との電圧差の絶対値として 0.05 [V] を算出する。この場合、臨界値と算出された電圧差とが同じであり、推定電圧値が測定電圧値以上であるため、制御部 130 は、充電部 170 に C-レートの増加を命令する C-レート増加信号を送信し得る。すなわち、既に設定された C-レートでバッテリーセル 11 を充電しても、測定電圧値が推定電圧値に到達できなかった場合であるため、制御部 130 は、未だバッテリーセル 11 の充電限界値に到達していないと判断して、C-レート増加信号を充電部 170 に送信することができる。

【0119】

逆に、制御部は、前記電圧差が臨界値以上であって、前記推定電圧値が前記測定電圧値未満である場合、前記充電部を制御して前記 C-レートを減少させるように構成され得る。

【0120】

例えば、推定電圧値が 4 [V] であり、測定電圧値が 4.1 [V] であり、臨界値が 0.05 [V] に設定されたと仮定する。制御部 130 は、測定電圧値と推定電圧値との電圧差の絶対値として 0.1 [V] を算出する。この場合、算出された電圧差が臨界値を超え、推定電圧値が測定電圧値未満であるため、制御部 130 は、充電部 170 に C-レートの減少を命令する C-レート減少信号を送信し得る。すなわち、既に設定された C-レートでバッテリーセル 11 を充電して測定電圧値が推定電圧値を超過した場合であるため、制御部 130 は、既に設定された C-レートがバッテリーセル 11 の充電限界値に近いか又は限界値を超えたと判断して、充電部 170 を制御して C-レートを減少させることができる。

【0121】

本発明によれば、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置 100 は、電圧差、臨界値、推定電圧値及び測定電圧値をすべて考慮して C-レートを増加または減少させることができる。したがって、バッテリー管理装置 100 は、バッテリーセル 11 に印加される電流を調整することで、バッテリーモデルのパラメータを最適化する過程でバッテリーセル 11 の過充電または過放電を予め防止することができる。

【0122】

制御部 130 は、C-レートが変更された後、同一時点で電圧測定部 110 で測定されたバッテリーセル 11 の測定電圧値と学習されたバッテリーモデルを用いて取得した推定電圧値との電圧差が臨界値未満になるまで、バッテリーモデルのパラメータを調整するよう

10

20

30

40

50

に構成され得る。制御部 130 は、電圧差が臨界値未満になるまでバッテリーモデルのパラメータを調整することで、バッテリーモデルを 2 次更新し得る。具体的には、バッテリーモデルのパラメータのうち 1 次更新過程でパラメータ推定値で更新されたパラメータが 2 次更新され得る。

【0123】

一実施例において、制御部 130 は、1 次更新されたバッテリーモデルを用いて第 1 時点で取得した推定電圧値と第 1 時点で測定されたバッテリーセル 11 の測定電圧値との第 1 電圧差を臨界値と比較し得る。第 1 電圧差が臨界値以上であれば、制御部 130 は、充電電流の大きさを調整し得る。そして、制御部 130 は、1 次更新されたバッテリーモデルを用いて第 2 時点で取得した推定電圧値と第 2 時点で測定されたバッテリーセル 11 の測定電圧値との第 2 電圧差を臨界値と比較することができる。第 2 電圧差が臨界値以上であれば、制御部 130 は、1 次更新されたバッテリーモデルのパラメータを変更し、バッテリーモデルを 2 次更新し得る。望ましくは、制御部 130 は、推定電圧値と測定電圧値との電圧差が臨界値未満の条件が満たされるまで、バッテリーモデルのパラメータを繰り返して調整し得る。

【0124】

本発明によれば、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置 100 は、推定電圧値と測定電圧値との電圧差が臨界値未満になるまでバッテリーモデルを更新するため、バッテリーモデルの出力である推定電圧値に対する信頼度をさらに向上させることができる。

【0125】

制御部 130 は、前記バッテリーセルが充電される間、前記 2 次更新されたバッテリーモデルを用いて前記バッテリーセルの負極に対する状態情報を推定し得る。例えば、バッテリーセル 11 の負極に対する状態情報は、バッテリーセル 11 の負極に対するリチウムイオン推定比率及び負極電位のうち少なくとも一つを含み得る。

【0126】

すなわち、2 次更新されたバッテリーモデルは、バッテリーセル 11 に対する推定電圧値だけでなく、バッテリーセル 11 の負極に対する表面リチウムイオン濃度及び負極電位のうち少なくとも一つ以上を決定するように構成され得る。ここで、表面リチウムイオン濃度は数式 4 の

【数 11】

$$C_S$$

であり、負極電位は数式 2 の

【数 12】

$$\varphi_S$$

である。

【0127】

制御部 130 は、推定したバッテリーセルの負極に対する状態情報が臨界条件に到達しないように、バッテリーセルに印加される充電電流の大きさを調節するように構成され得る。例えば、制御部 130 は、リチウムイオン推定比率が上限臨界値に到達しないように、バッテリーセル 11 の充電電流の大きさを調節するように構成され得る。また、制御部 130 は、負極電位が下限臨界値に到達しないように、前記バッテリーセル 11 の充電電流の大きさを調節するように構成され得る。すなわち、制御部 130 は、取得したリチウムイオン推定比率または負極電位に基づいて、バッテリーセル 11 の充電電流の大きさを調節し得る。

【0128】

ここで、バッテリーセル 11 の負極に対するリチウムイオン推定比率及び負極電位は、バ

バッテリーセル１１の急速充電時に必須に考慮される因子である。リチウムイオン推定比率が臨界値以上になるか又は負極電位がマイナス電位を有する場合、制御部１３０は、バッテリーセル１１にリチウムメッキ（*Li plating*）が発生したと判断し得る。すなわち、制御部１３０は、バッテリーセル１１の負極でリチウムイオン同士が結合してリチウムとして析出されたと判断し得る。リチウムは水と激しく反応する金属であって、バッテリーセル１１の内部でリチウムイオンの結合によりリチウムが析出される場合、バッテリーセル１１の内部に染み込む水分などによってバッテリーセル１１が膨れ上がるスウェリング（*Swelling*）現象が生じ、バッテリーセル１１の爆発につながるおそれがある。したがって、制御部１３０は、２次更新されたバッテリーモデルからバッテリーセル１１の負極に対するリチウムイオン推定比率及び負極電位のうち少なくとも一つを取得し、バッテリーセル１１の充電過程で、バッテリーセル１１の内部状態に対応するＣ－レートを決定し得る。そして、制御部１３０は、充電部１７０を制御して現在バッテリーセルに印加される充電電流のＣ－レートを決定したＣ－レートに変更することができる。

10

【０１２９】

図５は、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置において、バッテリーモデルから取得した負極のリチウムイオン推定比率の一例を示した図である。図６は、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置において、バッテリーモデルから取得した負極電位の一例を示した図である。

【０１３０】

図５を参照すると、制御部１３０は、２次更新されたバッテリーモデルからバッテリーセル１１の負極に対するリチウムイオン推定比率を決定することができる。ここで、リチウムイオン推定比率は、２次更新されたバッテリーモデルによって推定された値であって、「リチウムイオン推定濃度÷リチウムイオン濃度臨界値」によって算出され得る。すなわち、リチウムイオン推定比率は、リチウムイオン濃度臨界値に対するリチウムイオン推定濃度の比率であり得る。ここで、リチウムイオン推定濃度は数式４の

20

【数１３】

$$C_S$$

であり、リチウムイオン濃度臨界値は、負極でリチウムメッキが発生する臨界値であって、実験を通じて予め設定される値である。

30

【０１３１】

図５の実施形態において、バッテリーセル１１のリチウムイオン推定比率は充電時間が増加するほど１に近くなっている。したがって、充電によってバッテリーセル１１のリチウムイオン推定濃度がリチウムイオン濃度臨界値に近づいているため、制御部１３０は、リチウムイオン推定濃度がリチウムイオン濃度臨界値付近の予め設定された値まで増加すれば、バッテリーセル１１の充電Ｃ－レートが減少するように、Ｃ－レート減少信号を充電部１７０に送信し得る。

【０１３２】

また、図６を参照すると、制御部１３０は、２次更新されたバッテリーモデルからバッテリーセル１１に対する負極電位を決定することができる。ここで、負極電位は、２次更新されたバッテリーモデルによって推定された値であって、数式２の

40

【数１４】

$$\varphi_S$$

である。図６の実施形態において、バッテリーセル１１の負極電位は充電時間が増加するほど０〔Ｖ〕に近くなっている。したがって、制御部１３０は、負極電位が０〔Ｖ〕付近の予め設定された値まで低下すれば、バッテリーセル１１の充電Ｃ－レートが減少するように、Ｃ－レート減少信号を充電部１７０に送信し得る。すなわち、制御部１３０は、充

50

電部 170 を制御してバッテリーセル 11 に印加される充電電流の C-レートを減少させることができる。

【0133】

本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置 100 は、バッテリーセル 11 に対して事実上直接的に測定できないリチウムイオン推定比率及び負極電位を 2 次更新されたバッテリーモデルを用いて推定することで、バッテリーセル 11 の内部状態をより正確に測定し、バッテリーセル 11 に最適化した充電電流を決定することができる。したがって、バッテリー管理装置 100 は、バッテリーセル 11 の急速充電時に充電 C-レートを適切に調整し、安全且つ迅速にバッテリーセル 11 を急速充電することができる。

【0134】

図 7 は、本発明の一実施形態によるバッテリー管理方法を概略的に示したフロー図である。バッテリー管理方法は、本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置 100 によって実行できる。

【0135】

図 7 を参照すると、本発明の一実施形態によるバッテリー管理方法は、周波数選択段階 S100、インピーダンス算出段階 S200、パラメータ推定値取得段階 S300、バッテリーモデル 1 次更新段階 S400 及びバッテリーモデル 2 次更新段階 S500 を含むことができる。

【0136】

周波数選択段階 S100 は、バッテリーセル 11 の温度及び充電状態に対応する複数の周波数を選択する段階であって、制御部 130 によって実行できる。

【0137】

制御部 130 は、保存部 150 に既に保存された周波数テーブルを用いて、バッテリーセル 11 の現在温度及び充電状態に対応する複数の周波数を選択し得る。現在温度及び充電状態の算出方法については上述した。

【0138】

インピーダンス算出段階 S200 は、周波数選択段階 S100 で選択された複数の周波数を有する電流をバッテリーセル 11 に印加して前記バッテリーセル 11 の周波数毎のインピーダンスを算出する段階であって、制御部 130 及び EIS 部 160 によって実行できる。

【0139】

まず、制御部 130 は、周波数選択段階 S100 で選択した複数の周波数を EIS 部 160 に送信することができる。そして、EIS 部 160 は、一定の時間間隔を置いて、受信した複数の周波数に対応する相異なる電流をバッテリーセル 11 に印加することができる。

【0140】

また、制御部 130 は、周波数選択段階で選択した複数の周波数を一定の時間間隔を置いて EIS 部 160 に一つずつ送信し得る。この場合、EIS 部 160 は、制御部 130 から周波数を受信すれば、受信した周波数を有する電流を直ちにバッテリーセル 11 に印加し得る。

【0141】

電圧測定部 110 は、周波数の異なる複数の電流がバッテリーセル 11 に供給される度に、バッテリーセル 11 の電圧を 1 回以上測定することができる。そして、電圧測定部 110 は、測定した電圧に対する電圧値を制御部 130 に送信し得る。制御部 130 は、電圧測定部 110 から受信した電圧値に基づいてバッテリーセル 11 のインピーダンスを算出することができる。

【0142】

パラメータ推定値取得段階 S300 は、前記インピーダンス算出段階 S200 で算出された周波数毎のインピーダンスを予め学習されたニューラルネットワークに入力して予め定義されたバッテリーモデルのパラメータ推定値を取得する段階であって、制御部 130 によって実行できる。

10

20

30

40

50

【0143】

具体的には、パラメータ推定値取得段階S300は、予め学習されたニューラルネットワークを用いて、バッテリーセル11の温度、充電状態及びインピーダンスに基づいて予め定義されたバッテリーモデルに対するパラメータ推定値を取得する段階である。

【0144】

すなわち、制御部130は、温度測定部120から受信したバッテリーセル11の温度、電圧測定部110から受信したバッテリーセル11の開放回路電圧に基づいて推定した充電状態、及びインピーダンス算出段階S200で算出したインピーダンスを、予め学習されたニューラルネットワークに入力し得る。そして、制御部130は、ニューラルネットワークから出力抵抗及び容量に関連する値を取得し、取得した抵抗及び容量に関連する値を加工してパラメータ推定値を取得することができる。

10

【0145】

バッテリーモデル1次更新段階S400は、取得されたパラメータ推定値を用いてバッテリーモデルを1次更新する段階であって、制御部130によって実行できる。

【0146】

制御部130は、バッテリーモデルのパラメータのうち一部をパラメータ推定値取得段階S300で取得したパラメータ推定値に変更することができる。すなわち、ニューラルネットワークを用いて取得したパラメータ推定値はバッテリーモデルのパラメータのうち一部に対応するため、制御部130は、バッテリーモデルのパラメータのうち一部を取得したパラメータ推定値に変更することで、バッテリーモデルを1次更新することができる。

20

【0147】

バッテリーモデル2次更新段階S500は、前記バッテリーモデル1次更新段階S400で1次更新されたバッテリーモデルを通じて算出された推定電圧値と前記バッテリーセル11に対する測定電圧値との電圧差が臨界値未満になるまで前記バッテリーモデルのパラメータを繰り返して調整して前記バッテリーモデルを2次更新する段階であって、制御部130によって実行できる。

【0148】

具体的には、バッテリーモデル2次更新段階S500は、バッテリーセル11の充電を予め設定されたC-レートで進行しながら、1次更新されたバッテリーモデルを用いて算出した推定電圧値とバッテリーセル11の実測電圧である測定電圧値との電圧差に応じてバッテリーモデルのパラメータを再度調整することで、バッテリーモデルを2次更新する段階である。

30

【0149】

制御部130は、バッテリーモデル1次更新段階S400で取得されたバッテリーモデルから正極相電位及び負極相電位を取得し、取得した正極相電位と負極相電位との差を通じてバッテリーセル11に対する推定電圧値を取得し得る。そして、電圧測定部110は、バッテリーセル11の電圧を測定し、測定した測定電圧値を制御部130に送信し得る。制御部130は、推定電圧値と測定電圧値との電圧差が臨界値以上であれば、バッテリーモデルのパラメータを調整し得る。

【0150】

また、制御部130は、バッテリーモデルのパラメータが調整される度にバッテリーモデルを用いて推定電圧値を取得し、取得した推定電圧値と測定電圧値との電圧差が臨界値未満になるまでバッテリーモデル2次更新段階S500を繰り返し得る。望ましくは、推定電圧値の推定時点と測定電圧値の測定時点とは同一である。

40

【0151】

図8は、本発明の他の実施形態によるバッテリー管理方法を概略的に示したフロー図である。図8に示されたバッテリー管理方法は、図7に示されたバッテリー管理方法に、バッテリーセル11の状態確認段階S110及び温度測定及び充電状態推定段階S120をさらに含むことができる。すなわち、図7及び図8に示されたバッテリー管理方法において、周波数選択段階S100、インピーダンス算出段階S200、パラメータ推定値取得段

50

階 S 3 0 0、バッテリーモデル 1 次更新段階 S 4 0 0 及びバッテリーモデル 2 次更新段階 S 5 0 0 はそれぞれ同じ段階である。

【 0 1 5 2 】

図 8 に示されたバッテリー管理方法も本発明の一実施形態によるバッテリー管理装置で動作できる。

【 0 1 5 3 】

バッテリーセル 1 1 の状態確認段階 S 1 1 0 は、バッテリーセル 1 1 の状態が開放回路電圧を測定可能な安定化した状態であるか否かを確認する段階である。

【 0 1 5 4 】

電流測定部 1 4 0 は、バッテリーセル 1 1 の電流を測定し、測定した電流に対する電流値を制御部 1 3 0 に送信し得る。制御部 1 3 0 は、電流測定部 1 4 0 から電流値を受信し、受信した電流値が 0 [A] または 0 [A] から正常範囲内に属する値であって、バッテリーセル 1 1 の無負荷状態または低電流状態が予め設定された時間続いた場合、バッテリーセル 1 1 が安定化した状態であると判断し得る。

10

【 0 1 5 5 】

温度測定及び充電状態推定段階 S 1 2 0 は、安定化した状態のバッテリーセル 1 1 の温度を測定し、充電状態を推定する段階である。

【 0 1 5 6 】

バッテリーセル 1 1 の状態確認段階 S 1 1 0 でバッテリーセル 1 1 の状態が安定化した状態であると判断されれば、温度測定部 1 2 0 はバッテリーセル 1 1 の温度を測定し、電圧測定部 1 1 0 はバッテリーセル 1 1 の開放回路電圧を測定し得る。

20

【 0 1 5 7 】

制御部 1 3 0 は、温度測定部 1 2 0 からバッテリーセル 1 1 の温度値を受信し、電圧測定部 1 1 0 からバッテリーセル 1 1 の開放回路電圧値を受信し得る。制御部 1 3 0 は、受信した開放回路電圧値に基づいて開放回路電圧－充電状態ルックアップテーブルを参照し、前記開放回路電圧値に対応するバッテリーセル 1 1 の充電状態を推定することができる。

【 0 1 5 8 】

その後は図 7 を参照して上述したように、周波数選択段階 S 1 0 0 が実行される。

【 0 1 5 9 】

図 9 は、本発明の一実施形態によるバッテリー管理方法において、バッテリーモデル 2 次更新段階の一例を具体的に示したフロー図である。

30

【 0 1 6 0 】

図 9 を参照すると、バッテリーモデル 1 次更新段階 S 4 0 0 の後、バッテリーモデル 2 次更新段階は、第 1 比較段階 S 5 1 0、C－レート調整段階 S 5 2 0、第 2 比較段階 S 5 3 0、及びバッテリーモデルのパラメータ調整段階 S 5 4 0 を含み得る。

【 0 1 6 1 】

第 1 比較段階 S 5 1 0 は、バッテリーセル 1 1 を予め設定された C－レートで充電しながら、バッテリーモデル 1 次更新段階 S 4 0 0 で更新されたバッテリーモデルを用いて取得された推定電圧値とバッテリーセル 1 1 の実測電圧値である測定電圧値とを比較する段階である。ここで、推定電圧値の推定時点と実測電圧値の測定時点とは同一である。

40

【 0 1 6 2 】

制御部 1 3 0 は、推定電圧値と測定電圧値との電圧差が既に設定された臨界値未満であるか否かを判断し得る。

【 0 1 6 3 】

C－レート調整段階 S 5 2 0 は、前記電圧差が既に設定された臨界値以上である場合に実行される段階であって、前記電圧差に応じてバッテリーセル 1 1 の充電 C－レートを調整する段階である。

【 0 1 6 4 】

制御部 1 3 0 は、推定電圧値と測定電圧値との電圧差が既に設定された臨界値以上であって、推定電圧値が測定電圧値以上であれば、C－レート増加信号を充電部 1 7 0 に送信し

50

得る。

【0165】

逆に、制御部130は、推定電圧値と測定電圧値との電圧差が既に設定された臨界値以上であって、推定電圧値が測定電圧値未満であれば、C-レート減少信号を充電部170に送信し得る。

【0166】

充電部170は、制御部130から受信したC-レート増加信号またはC-レート減少信号に従って充電C-レートを調整し得る。すなわち、制御部130は、充電部170を制御してバッテリーセル11に印加される充電電流のC-レートを調整することができる。

【0167】

第2比較段階S530は、C-レート調整後に測定されたバッテリーセル11の測定電圧値と更新されたバッテリーモデルを用いて取得された推定電圧値との電圧差を比較する段階である。ここで、推定電圧値の推定時点と測定電圧値の測定時点とは同一である。

【0168】

C-レート調整段階S520の後、電圧測定部110は、バッテリーセル11の電圧に対する第2測定電圧値を測定し、測定した第2測定電圧値を制御部130に送信し得る。すなわち、第1比較段階S510ではC-レートを調整する前のバッテリーセル11の第1測定電圧値とバッテリーモデルから出力された第1推定電圧値との電圧差が比較されたが、第2比較段階S530ではC-レートが調整された後のバッテリーセル11の第2測定電圧値と第1推定電圧値との電圧差が比較される。

【0169】

バッテリーモデルのパラメータ調整段階S540は、第2比較段階S530の比較結果に基づいてバッテリーモデルのパラメータを調整することでバッテリーモデルを2次更新する段階である。

【0170】

制御部130は、推定電圧値と測定電圧値との電圧差が既に設定された臨界値以上であれば、バッテリーモデルのパラメータを調整してバッテリーモデルを2次更新することができる。

【0171】

選択的に、第2比較段階S530の後は第1比較段階S510後と異なって、電圧差が既に設定された臨界値以上であってもC-レートを調整しないこともある。

【0172】

バッテリーモデルのパラメータ調整段階S540が完了した後、再び第2比較段階S530が実行される。この場合、第2比較段階S530では、バッテリーセル11の第2測定電圧値とパラメータが調整されたバッテリーモデルを用いて取得された第2推定電圧値との電圧差が比較される。第2比較段階S530及びバッテリーモデルのパラメータ調整段階S540は、推定電圧値と測定電圧値との電圧差が臨界値未満になるまで繰り返して実行され得る。

【0173】

図10は、本発明の一実施形態によるバッテリー管理方法において、バッテリーモデル2次更新段階の他の一例を具体的に示したフロー図である。

【0174】

図10に示されたバッテリーモデル2次更新段階と図9に示されたバッテリーモデル2次更新段階との主な相違点は、第2比較段階S530及びバッテリーモデルのパラメータ調整段階S540の後にC-レート調整段階S520が実行されるか否かである。

【0175】

図9に示されたバッテリー管理方法では、第1比較段階S510の後にC-レート調整段階S520が実行され、その後はC-レートが調整されないが、図10に示されたバッテリー管理方法では、第1比較段階S510及びC-レート調整段階S520が実行された後、第2比較段階S530及びバッテリーモデルのパラメータ調整段階S540の後にも

10

20

30

40

50

Cーレート調整段階S520が実行される。

【0176】

すなわち、図10を参照すると、第2比較段階S530で推定電圧値と測定電圧値との電圧差が臨界値以上である場合、バッテリーモデルのパラメータ調整段階S540でバッテリーモデルのパラメータが調整された後、Cーレートが調整され得る。

【0177】

一実施例において、上述した例示のように、第2比較段階S530で第1推定電圧値と第2測定電圧値との電圧差が比較される。そして、前記電圧差が臨界値以上である場合、バッテリーモデルのパラメータが調整され、Cーレートが調整され得る。その後、第2比較段階S530では、パラメータが調整されたバッテリーモデルを用いて取得された第2推定電圧値と調整されたCーレートで充電されるバッテリーセル11の電圧である第3測定電圧値との電圧差が比較され得る。

10

【0178】

図10に示されたバッテリー管理方法によれば、繰り返される実行過程でバッテリーモデルのパラメータ及びCーレートがすべて調整されるため、バッテリーモデルをバッテリーセル11により適応的に更新することができる。

【0179】

本発明によるバッテリーパック1000は、上述した本発明によるバッテリー管理装置100を含むことができる。また、本発明によるバッテリーパック1000は、バッテリー管理装置100の他に、バッテリーセル11、各種の電装品（BMS、リレー、ヒューズなど）及びパッケージなどをさらに含むことができる。

20

【0180】

また、本発明のさらに他の実施形態において、バッテリー管理装置100は、電気自動車、エネルギー貯蔵システム（Energy Storage System: ESS）などのように電気エネルギーを使用する多様な装置に搭載され得る。

【0181】

特に、本発明によるバッテリー管理装置100は、電気自動車に含まれ得る。すなわち、本発明による電気自動車は、本発明によるバッテリー管理装置100を含むことができる。ここで、バッテリー管理装置100は、バッテリーパック1000に含まれた形態であり得るが、バッテリーパック1000とは別途の装置として具現されてもよい。

30

【0182】

例えば、バッテリー管理装置100の少なくとも一部は、自動車のECU（Electronic Control Unit）によって具現され得る。また、本発明による自動車は、このようなバッテリー管理装置100の他に、自動車に通常備えられる筐体や電子装備などを含むことができる。例えば、本発明による自動車は、本発明によるバッテリー管理装置100の他にも、コンタクタ、インバータ、モータ、一つ以上のECUなどを含み得る。ただし、本発明は、バッテリー管理装置100以外の自動車の他の構成要素などについては特に限定しない。

【0183】

上述した本発明の実施形態は、装置及び方法のみによって具現されるものではなく、本発明の実施形態の構成に対応する機能を実現するプログラムまたはそのプログラムが記録された記録媒体を通じて具現され得、このような具現は上述した実施形態の記載から当業者であれば容易に具現できるであろう。

40

【0184】

以上のように、本発明を限定された実施形態と図面によって説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、本発明の属する技術分野で通常の知識を持つ者によって本発明の技術思想と特許請求の範囲の均等範囲内で多様な修正及び変形が可能であることは言うまでもない。

【0185】

また、上述した本発明は、本発明が属する技術分野で通常の知識を持つ者により、本発明

50

の技術的思想を逸脱しない範囲内で様々な置換、変形及び変更が可能であって、上述した実施形態及び添付の図面によって限定されるものではなく、多様な変形のため各実施形態の全部または一部が選択的に組み合わせられて構成され得る。

【符号の説明】

【 0 1 8 6 】

1 0 : バッテリーモジュール

1 1 : バッテリーセル

1 0 0 : バッテリー管理装置

1 1 0 : 電圧測定部

1 2 0 : 温度測定部

1 3 0 : 制御部

1 4 0 : 電流測定部

1 5 0 : 保存部

1 6 0 : E I S 部

1 7 0 : 充電部

1 0 0 0 : バッテリーパック

10

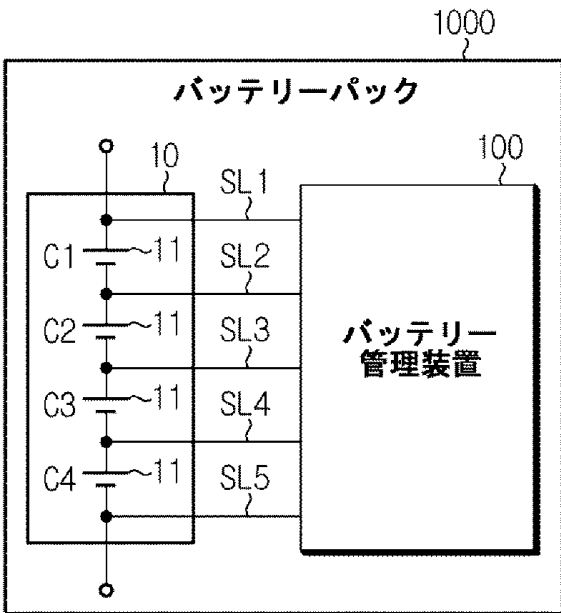
20

30

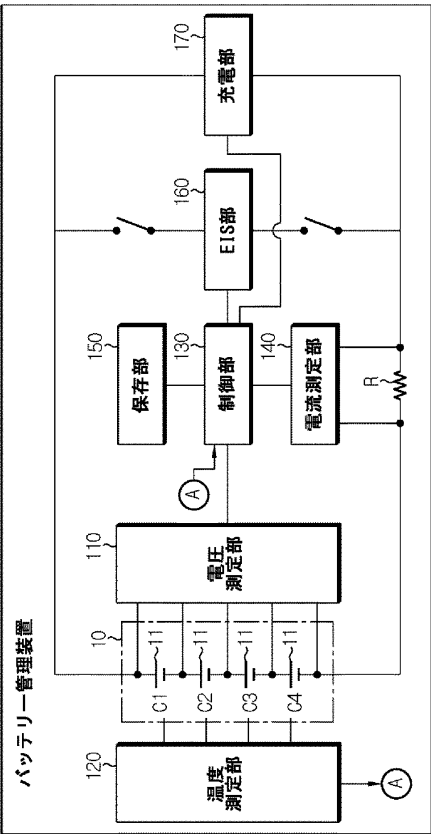
40

50

【図面】
【図 1】



【図 2】



【図 3】

温度 (T)	充電状態 (SOC)	周波数 (F)			
T_1	S_1	F_{11}	F_{12}	F_{13}	F_{14}
T_2	S_2	F_{21}	F_{22}	F_{23}	F_{24}
T_3	S_3	F_{31}	F_{32}	F_{33}	F_{34}
T_4	S_4	F_{41}	F_{42}	F_{43}	F_{44}
$\vdots$					

【図 4】

識別番号 (ID)	温度 (T)	充電状態 (SOC)	インピーダンス (I)			
ID_1	T_1	S_1				
ID_2	T_2	S_2	I_{21}	I_{22}		
$\vdots$	$\vdots$					

10

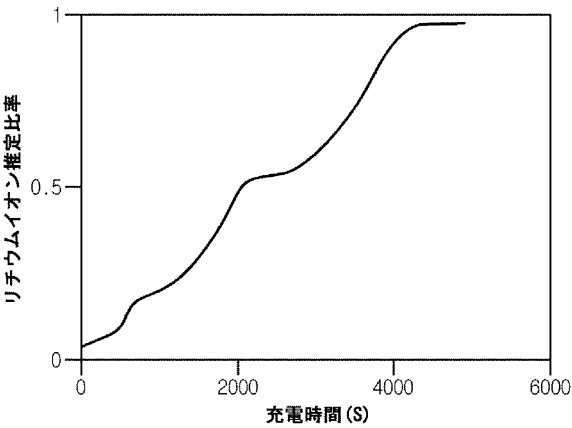
20

30

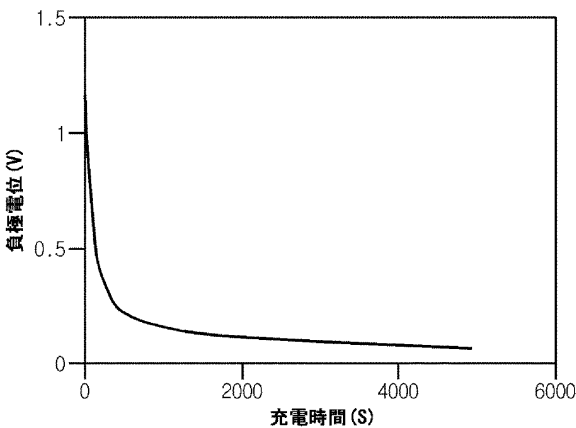
40

50

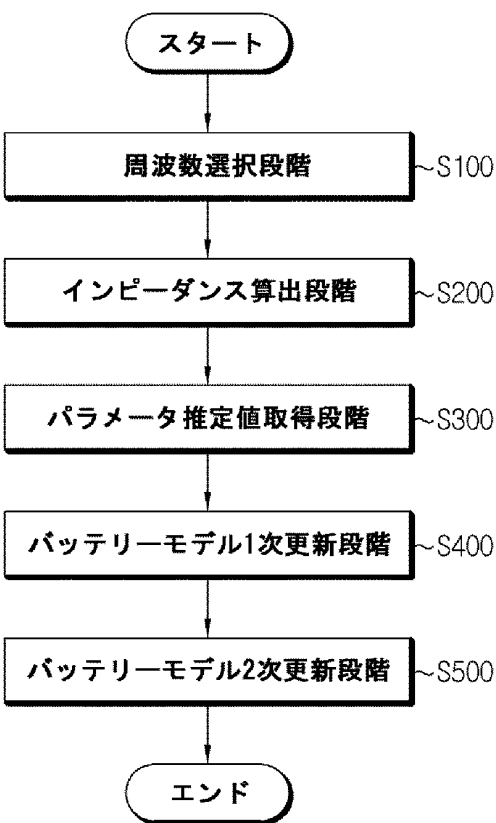
【図 5】



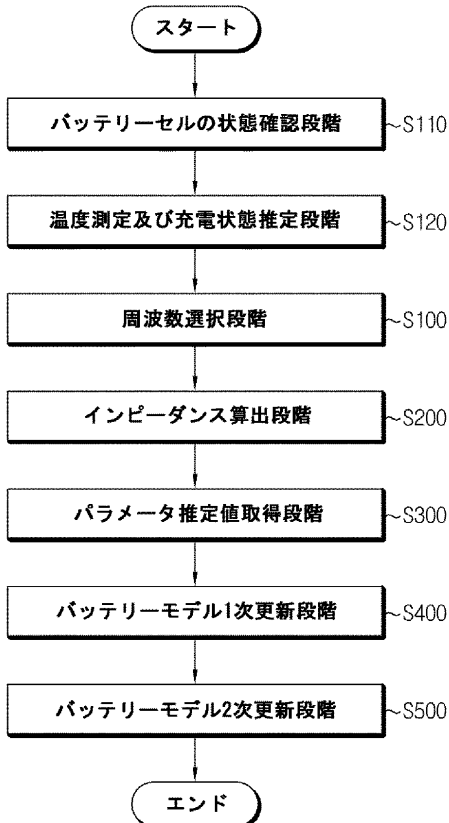
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

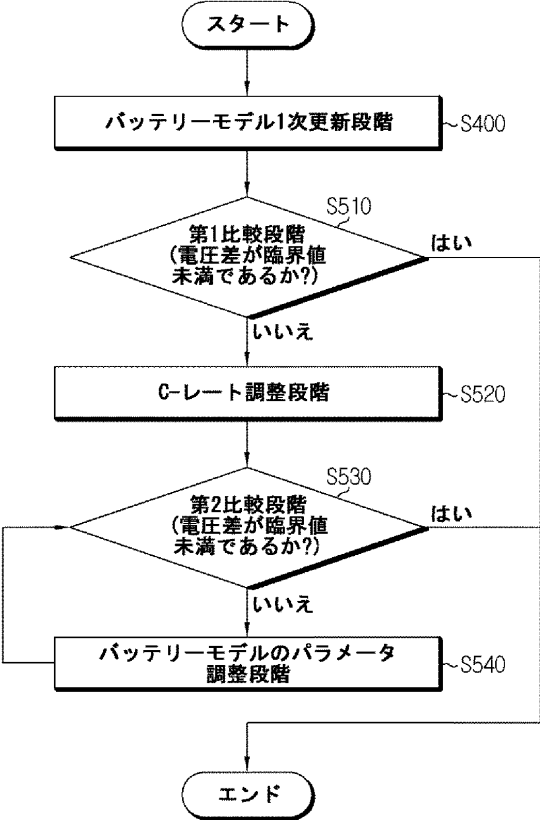
20

30

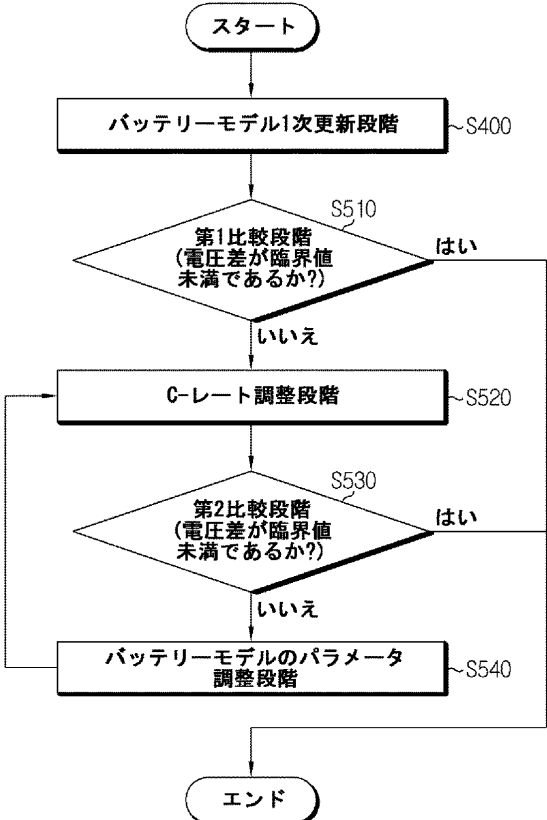
40

50

【図 9】



【図 10】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 R 31/385 (2019.01)**G 0 1 R 31/382****G 0 1 R 31/389 (2019.01)****G 0 1 R 31/385****G 0 1 R 31/389**

審査官 田中 慎太郎

(56)参考文献

特開 2 0 1 3 - 1 9 7 3 0 (J P , A)

特開 2 0 1 6 - 9 0 3 4 6 (J P , A)

国際公開第 0 3 / 0 7 1 6 1 7 (W O , A 2)

特開 2 0 0 7 - 8 5 7 7 2 (J P , A)

特開 2 0 1 9 - 1 6 5 2 8 (J P , A)

特開 2 0 1 8 - 1 7 9 6 5 2 (J P , A)

特開 2 0 1 7 - 1 0 6 8 8 9 (J P , A)

特開 2 0 1 4 - 2 2 4 7 0 6 (J P , A)

特開 2 0 1 3 - 1 7 8 1 4 2 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B名)

H 0 1 M 1 0 / 4 8**H 0 1 M 1 0 / 4 4****H 0 2 J 7 / 0 4****G 0 1 R 3 1 / 3 6 7****G 0 1 R 3 1 / 3 8 2****G 0 1 R 3 1 / 3 8 5****G 0 1 R 3 1 / 3 8 9**