

(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2021-77516

(P2021-77516A)

(43) 公開日 令和3年5月20日(2021.5.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01M 10/48 (2006.01)	H01M 10/48 P	2G216
G01R 31/392 (2019.01)	G01R 31/392	5G503
G01R 31/367 (2019.01)	G01R 31/367	5H030
G01R 31/389 (2019.01)	G01R 31/389	
H02J 7/00 (2006.01)	H02J 7/00 Y	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2019-203048 (P2019-203048)
 (22) 出願日 令和1年11月8日 (2019.11.8)

(出願人による申告) 平成28年度、国立研究開発法人科学技術振興機構、研究成果展開事業 共創の場形成支援 (産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム) 「人と知能機械との協奏メカニズム解明と協奏価値に基づく新しい社会システムを構築するための基盤技術の創出に関する学校法人早稲田大学による研究開発」委託研究、産業技術力強化法第17条の適用を受ける特許出願」

(71) 出願人 899000068
 学校法人早稲田大学
 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地
 (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 110002907
 特許業務法人イトーシン国際特許事務所
 (72) 発明者 逢坂 哲彌
 東京都新宿区戸塚町一丁目104番地 学
 校法人早稲田大学内
 (72) 発明者 戸ヶ崎 徳大
 東京都新宿区戸塚町一丁目104番地 学
 校法人早稲田大学内

最終頁に続く

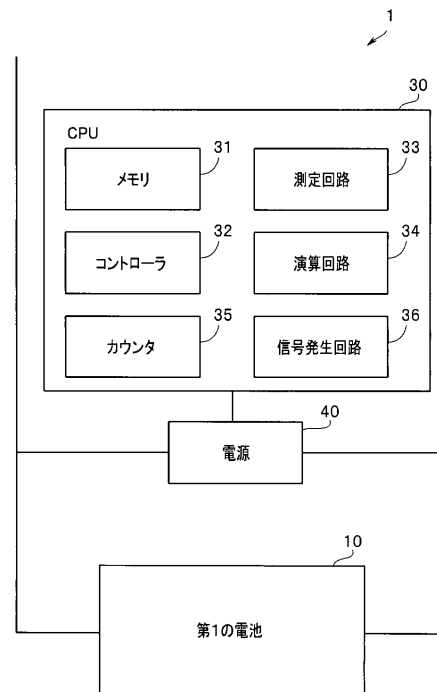
(54) 【発明の名称】 電池システムおよび電池状態予測方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】二次電池の充放電容量の異常減少の発生を予測する電池システムを提供する。

【解決手段】電池システム1は、第1の電池10の充放電回数をカウントするカウンタ35と、所定の充放電回数における前記第1の電池10の充放電容量および負極の電気二重層容量を測定する測定回路33と、前記第1の電池10と同じ仕様の第2の電池の充放電容量の変化および負極の前記電気二重層容量の変化を記憶するメモリ31と、前記第1の電池10の前記充放電容量が、前記第2の電池の前記充放電容量と略同じであり、かつ、前記第1の電池10の前記負極の電気二重層容量が、前記第2の電池の前記負極の電気二重層容量の50%以下の場合に、警告信号を発生する信号発生回路36と、を具備する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 の電池の充放電回数をカウントするカウント手段と、
所定の充放電回数における前記第 1 の電池の充放電容量および負極の電気二重層容量を測定する測定手段と、

前記第 1 の電池と同じ仕様の第 2 の電池の充放電サイクル試験における充放電容量の変化および前記負極の電気二重層容量の変化を記憶する記憶手段と、

前記第 1 の電池の前記充放電容量が、前記第 2 の電池の前記充放電容量と略同じであり、かつ、前記第 1 の電池の前記負極の前記電気二重層容量が、前記第 2 の電池の前記負極の前記電気二重層容量の 50 % 以下の場合に、警告信号を発生する信号発生手段と、を具備することを特徴とする電池システム。

10

【請求項 2】

前記第 2 の電池は、前記充放電容量と充放電回数の平方根とが略直線関係にあることを特徴とする請求項 1 に記載の電池システム。

【請求項 3】

前記第 1 の電池が、リチウム電池であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の電池システム。

【請求項 4】

前記第 1 の電池が、複数の電池セルが直列接続された組電池であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の電池システム。

20

【請求項 5】

充放電容量と充放電回数の平方根とが略直線関係にある第 2 の電池の充放電サイクル試験における充放電容量の変化および負極の電気二重層容量の変化を記憶する工程と、

前記第 2 の電池と同じ仕様の第 1 の電池の充放電サイクル試験における前記充放電容量の変化および前記負極の前記電気二重層容量を取得する工程と、

前記第 1 の電池の前記充放電容量が、前記第 2 の電池の前記充放電容量と略同じであり、かつ、前記第 1 の電池の前記負極の前記電気二重層容量が、前記第 2 の電池の前記負極の前記電気二重層容量の 50 % 以下の場合に、警告信号を発生する工程と、を具備することを特徴とする電池状態予測方法。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】**【0001】**

本発明の実施形態は、二次電池の劣化を予測する電池システム、および、二次電池の劣化を予測する電池状態予測方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

携帯機器、電動工具および電気自動車等に二次電池が用いられている。二次電池の中でリチウムイオン電池は、リチウムのイオン化傾向が大きいことから、高電圧、高出力、高エネルギー密度である。リチウムイオン電池は、定置用電源および非常用電源などの大型電源への応用も期待されている。

40

【0003】

二次電池の特性を測定する方法として、交流インピーダンス測定法が知られている。特開 2009 - 97878 号公報には、交流インピーダンス法によって取得した電池のコルコールプロットを、等価回路モデルを用いて解析する測定方法が開示されている。

【0004】

電池は、負荷の仕様の電圧となるように、複数の電池（電池セル）が直列接続された組電池として使用される。電池の充放電容量は充放電の繰り返しによって徐々に減少する。組電池に含まれている複数の電池は同じ仕様にもとづき製造され同じ条件で使用される。

【0005】

しかし、組電池には、他の複数の電池よりも充放電容量の減少速度が速い電池が含まれ

50

ることがある。充放電容量が異なる電池が含まれていると、組電池の性能は加速度的に劣化する。もちろん、単電池であっても、充放電容量が異常減少すると、所望の動作を実行できなくなる。このため、組電池だけでなく、単電池（単セル電池）においても、充放電容量の異常減少を予測することが望まれていた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2009-97878号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0007】

本発明の実施形態は、二次電池の充放電容量の異常減少の発生を予測する電池システム、および、二次電池の充放電容量の異常減少の発生を予測する電池状態予測方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の実施形態の電池システムは、第1の電池の充放電回数をカウントするカウント手段と、

所定の充放電回数における前記第1の電池の充放電容量および負極の電気二重層容量を測定する測定手段と、前記第1の電池と同じ仕様の第2の電池の充放電サイクル試験における充放電容量の変化および前記負極の電気二重層容量の変化を記憶する記憶手段と、前記第1の電池の前記充放電容量が、前記第2の電池の前記充放電容量と略同じであり、かつ、前記第1の電池の前記負極の前記電気二重層容量が、前記第2の電池の前記負極の前記電気二重層容量の50%以下の場合に、警告信号を発生する信号発生手段と、を具備する。

20

【0009】

別の実施形態の電池状態予測方法は、充放電容量と充放電回数の平方根とが略直線関係にある第2の電池の充放電サイクル試験における充放電容量の変化および負極の電気二重層容量の変化を記憶する工程と、前記第2の電池と同じ仕様の第1の電池の充放電サイクル試験における前記充放電容量の変化および前記負極の前記電気二重層容量を取得する工程と、前記第1の電池の前記充放電容量が、前記第2の電池の前記充放電容量と略同じであり、かつ、前記第1の電池の前記負極の前記電気二重層容量が、前記第2の電池の前記負極の前記電気二重層容量の50%以下の場合に、警告信号を発生する工程と、を具備する。

30

【発明の効果】

【0010】

本発明の実施形態によれば、二次電池の充放電容量の異常減少の発生を予測する電池システム、および、二次電池の充放電容量の異常減少の発生を予測する電池状態予測方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

40

【0011】

【図1】実施形態の電池システムの構成図である。

【図2】二次電池のコールコールプロットの一例である。

【図3】二次電池の等価回路モデルの一例である。

【図4】二次電池の充放電回数に対する充放電容量の変化を示すグラフである。

【図5】充放電容量が異常減少する二次電池の充放電回数に対する負極の電気二重層容量の変化を示すグラフである。

【図6】実施形態の予測方法を説明するためのフローチャートである。

【図7】実施形態の変形例の電池システムの構成図である。

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 1 2 】

< 電池システムの構成 >

図 1 に示すように、実施形態の電池システム 1 は、第 1 の電池 1 0 と、C P U 3 0 と、電源 4 0 と、を具備する。第 1 の電池 1 0 および電源 4 0 は図示しない負荷（モーター等）と接続されている。

【 0 0 1 3 】

第 1 の電池 1 0 は、例えば、リチウムイオンを吸蔵 / 放出する正極と、電解質と、セパレータと、リチウムイオンを吸蔵 / 放出する負極と、からなる単位セルを有するリチウムイオン二次電池である。正極はニッケル酸化物、コバルト酸化物等の遷移金属酸化物を含有している。負極は例えば炭素材料を含有している。セパレータは例えばポリオレフィンからなる。電解質は例えば L i P F 6 を環状および鎖状カーボネートに溶解した電解質である。第 1 の電池 1 0 は、多孔質等からなるセパレータの内部に電解質が充填された構造であってもよい。

10

【 0 0 1 4 】

電源 4 0 は、第 1 の電池 1 0 に測定信号を印加する。C P U 3 0 は、記憶手段であるメモリ 3 1 と、コントローラ 3 2 と、測定手段である測定回路 3 3 と、演算手段である演算回路 3 4 と、カウント手段であるカウンタ 3 5 と、信号発生手段である信号発生回路 3 6 と、を含む。メモリ 3 1 は、電池システム 1 の制御データを記憶している。カウンタ 3 5 は充放電回数をカウントし記憶する。制御データは、後述する第 2 の電池（不図示）のデータを含んでいる。

20

【 0 0 1 5 】

第 2 の電池は、第 1 の電池 1 0 と同じ仕様であり、充放電サイクル試験において充放電容量が異常減少しない電池である。

【 0 0 1 6 】

制御手段であるコントローラ 3 2 は、電池システム 1 の全体を制御する。測定回路 3 3 は所定の充放電回数毎に、充放電容量および第 1 の電池 1 0 の複素インピーダンスを測定する。演算回路 3 4 は複素インピーダンスをもとに、等価回路モデルを用いて負極の電気二重層容量を算出する。コントローラ 3 2 はメモリ 3 1 に記憶されている第 2 の電池のデータと、演算回路 3 4 の算出結果と、をもとに、警告信号を発生する。

【 0 0 1 7 】

なお、メモリ 3 1 と、コントローラ 3 2 と、測定回路 3 3 と、演算回路 3 4 と、カウンタ 3 5 と、信号発生回路 3 6 と、は独立した回路でもよいし、これらは、プログラムにもとづき C P U 3 0 が行う機能でもよい。電池システム 1 が別体の他のシステムの一部として使用されている場合等において、他のシステムの C P U を、C P U 3 0 として用いてもよい。他のシステムは、複数の電池システム 1 が共通に用いるクラウドシステムでもよい。

30

【 0 0 1 8 】

後述するように、電池システム 1 のメモリ 3 1 に記憶されている第 2 の電池のデータは、所定の充放電回数における充放電容量と負極の電気二重層容量と、を含む。第 2 の電池のデータは、複数の電池システム 1 の共通データであり、それぞれの電池システム 1 を製造する前に取得される。第 2 の電池のデータを用いて、複数の電池システム 1 のそれぞれの第 1 の電池 1 0 の充放電容量の異常減少の発生が予測される。

40

【 0 0 1 9 】

それぞれの電池システム 1 は、第 2 の電池のデータを取得する機能を有している必要は無い。

【 0 0 2 0 】

電池システム 1 では、測定回路 3 3 が測定した複素インピーダンスと、メモリ 3 1 が記憶している第 2 の電池のデータとから、第 1 の電池 1 0 の充放電容量の異常減少の発生を C P U 3 0 が予測する。

【 0 0 2 1 】

50

後述するように、電池システム 1 は、第 2 の電池のデータを用いることによって、第 1 の電池 10 の充放電容量の異常減少の発生を予測できる、

< 電池システムの動作 >

【0022】

最初に、電池の交流インピーダンス法について説明する。交流インピーダンス法では、電池に対し直流電圧に微小な交流電圧を重ねさせた電圧を印加し、応答特性から複素インピーダンスを測定する。交流インピーダンス測定法は、印加する交流電圧が小さいので、測定対象の二次電池の状態を変化させることなく複素インピーダンスを測定できる。

【0023】

直流電圧成分は、測定する電池の電圧程度に設定される。また、重ねる交流電圧成分は、電池の特性に影響を与えない程度の電圧に設定される。なお重ねる交流電圧成分は、電池の特性に影響を与えない程度の電圧に設定される交流電流を用いても良い。

【0024】

交流インピーダンス測定法では、交流電圧の周波数を高い周波数から低い周波数へ掃引し、所定の周波数間隔で、各周波数における電池の複素インピーダンスを測定する。

【0025】

なお、以下、コールコールプロットを作成するための交流インピーダンス測定は以下の条件にて行った。

【0026】

周波数測定範囲：10 kHz ~ 10 mHz

電圧振幅：10 mV

温度：25

【0027】

測定された複素インピーダンスの周波数特性は、実数軸を抵抗成分、虚数軸をリアクタンス成分（容量成分）とする複素平面図に表すことができる。図 2 に示すように、測定周波数を高周波から低周波に変化させていくと、時計回りに半円含むインピーダンスの軌跡であるコールコールプロットが得られる。

【0028】

コールコールプロットをもとに電池の特性を解析するためには、等価回路モデルをもとにしたフィッティング処理が行われる。図 3 に示す等価回路モデルは、電池の構造に対応する第 1 回路と、負極に対応する第 2 回路と、正極に対応する第 3 回路と、から構成されている。

【0029】

すなわち、電池内部に対向する電極（正極、負極）が存在し、それぞれで電気化学反応が進行する。そして、反応場とインピーダンス測定システムとの間にインダクタンス成分が考えられる。

【0030】

図 3 に示す等価回路モデルは、第 1 回路（インダクタンス L_0 、抵抗 R_0 ）と、溶液抵抗 R_s と、第 2 回路（負極の電気二重層容量 C_{PE1} 、抵抗 R_1 、拡散抵抗 Z_{W1} ）と、第 3 回路（正極の電気二重層容量 C_{PE2} 、抵抗 R_2/x 、抵抗 $R_2(1-x)$ 、拡散抵抗 Z_{W2} 、 Z_{W3} ）と、からなる。

【0031】

そして、シミュレータに等価回路モデルと各パラメータの初期値を入力し、計算により求められたコールコールプロットが測定データに一致するように各パラメータを調整しながら繰り返し計算するフィッティング処理が行われる。

【0032】

図 3 に示した等価回路モデルでは、正極と負極の 2 つの電極が存在するため、コールコールプロットは 2 つの半円が重なった軌跡を描く。

【0033】

図 4 に、組電池に含まれる複数の第 1 の電池 10 のうちの電池 A と電池 B との、充放電

10

20

30

40

50

回数に対する充放電容量の変化を示す。電池 A では、充放電回数の増加にともない充放電容量が徐々に減少している。なお、充放電容量と充放電回数の平方根とが直線関係にあるのは、熱力学的な劣化モードを含むことを示している。

【 0 0 3 4 】

これに対して、電池 B では、充放電回数 1 5 0 回までは電池 A と略同じように充放電容量が徐々に減少しているが、充放電回数 2 0 0 回以上では充放電容量が急激に減少している。すなわち、充放電回数 2 0 0 回では充放電容量が大きく減少している。この減少は、充放電回数 2 0 0 回未満の充放電容量と充放電回数の平方根の関係式（直線）よりも小さくなっている異常減少である。

【 0 0 3 5 】

これに対して、図 5 は、充放電回数に対する電池 A と電池 B との負極の電気二重層容量 C P E 1 の変化を示す。電池 A では、充放電回数 2 0 0 回までは、電気二重層容量 C P E 1 は大きく変化していない。これに対して、電池 B の電気二重層容量 C P E 1 は、充放電回数 5 0 回までは電池 A の電気二重層容量 C P E 1 と略同じであるが、充放電回数 1 0 0 回において大きく減少している。

【 0 0 3 6 】

すなわち、負極の電気二重層容量 C P E 1 は、充放電容量が異常減少する充放電回数よりも少ない充放電回数において大きく減少している。このため、電池システム 1 では、負極の電気二重層容量 C P E 1 を取得することによって、充放電容量が実際に減少する前に、充放電容量の異常減少の発生が予測できる。

【 0 0 3 7 】

後述するように、第 1 の電池 1 0 の充放電容量が、第 2 の電池の充放電容量と略同じであり、かつ、第 1 の電池 1 0 の負極の電気二重層容量が、第 2 の電池の負極の電気二重層容量の 5 0 % 以下の場合、第 1 の電池 1 0 の充放電容量の異常減少が発生することを予測できる。なお、第 1 の電池 1 0 の充放電容量が、第 2 の電池の充放電容量と略同じとは、第 1 の電池 1 0 の充放電容量が、第 2 の電池の充放電容量の 7 5 % 以上 1 2 5 % 以下であることを意味する。

【 0 0 3 8 】

< 電池システムの動作 >

図 6 のフローチャートにそって、電池システムの電池状態予測方法について説明する。

【 0 0 3 9 】

< ステップ S 1 0 > 第 2 の電池の測定

ステップ S 1 0 では、第 1 の電池 1 0 と同じ仕様の第 2 の電池（不図示）の充放電サイクル試験が行われて、充放電容量および複素インピーダンスが、メモリ 3 1 に記憶されている所定回数の充放電毎に測定される。

【 0 0 4 0 】

例えば、複素インピーダンス測定のための交流正弦波信号が充電中または放電中の電池に電源から印加される。測定回路 3 3 によって充電容量および放電容量の両方が測定され、2 つの容量を平均化することによって充放電容量が取得される。なお、充電容量と放電容量とは略同じであるため、充電容量または放電容量のいずれかを測定して、その容量を充放電容量として用いてもよい。

【 0 0 4 1 】

測定頻度は、特に限定されるものではなく、例えば、1 0 回以上 1 0 0 回以下の充放電毎に測定が行われる。

【 0 0 4 2 】

< ステップ S 2 0 > 第 2 の電池の特性算出

ステップ S 2 0 では、複素インピーダンスを用いて、等価回路モデルをもとにしたフィッティング処理が行われ、正極の電気二重層容量 C P E 2 が算出される。測定温度は、電池が劣化しない温度範囲、例えば、- 2 0 以上 6 0 以下の任意の温度である。本実施形態では第 1 の電池 1 0 の測定温度と略同じ 2 5 である。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 3 】

なお、この段階では、どの電池が、充放電容量が異常減少するかを予測することはできない。このため、複数の電池を測定し、充放電容量が異常減少しなかった電池、すなわち、充放電容量と充放電回数の平方根とが直線関係にある電池を第 2 の電池とする。

【 0 0 4 4 】

< ステップ S 3 0 > 第 2 の電池の特性記憶

測定条件、測定頻度、充放電回数毎の充放電容量、および、充放電回数毎の負極の電気二重層容量 C P E 1 を含む第 2 の電池のデータが、電池システム 1 のメモリ 3 1 に記憶される。

【 0 0 4 5 】

複数の第 2 の電池のデータが平均化されて、平均化されたデータが電池システム 1 に用いられても良い。

【 0 0 4 6 】

< ステップ S 4 0 > 第 1 の電池の充放電

コントローラ 3 2 の制御によって、第 1 の電池 1 0 の充放電が行われる。すなわち、第 1 の電池 1 0 が放電することによって負荷に電力が供給される。第 1 の電池 1 0 に充電された電気量が所定以下（例えば、所定電圧以下）になると、第 1 の電池 1 0 に電力が供給され充電が行われる。そして、充放電回数が、カウンタ 3 5 に記憶される。

【 0 0 4 7 】

< ステップ S 5 0 > 充放電回数？

カウンタ 3 5 に記憶された充放電回数がメモリ 3 1 に記憶されている所定の充放電回数になった場合（Y E S）には、ステップ S 6 0 に移行する。充放電回数が所定の充放電回数未満の場合には、ステップ S 4 0 から充放電が行われる。

【 0 0 4 8 】

< ステップ S 6 0 > 第 1 の電池の測定

コントローラ 3 2 の制御によって、電源 4 0 がメモリ 3 1 に記憶されている条件の測定信号を第 1 の電池 1 0 に印加し、第 1 の電池 1 0 の複素インピーダンスが測定回路 3 3 によって測定される。さらに、測定回路 3 3 は、電流の時間積分値である充放電容量を測定し、メモリ 3 1 に記憶する。

【 0 0 4 9 】

< ステップ S 7 0 > 第 1 の電池の特性算出

測定された複素インピーダンスから演算回路 3 4 によって、等価回路モデルをもとにしたフィッティング処理が行われ、第 1 の電池 1 0 の負極の電気二重層容量 C P E 1 が算出される。

【 0 0 5 0 】

< ステップ S 8 0 > 異常値？

コントローラ 3 2 は、第 1 の電池 1 0 の負極の電気二重層容量 C P E 1 が、メモリ 3 1 に記憶されている同じ充放電回数の第 2 の電池の負極の電気二重層容量 C P E 1 の 5 0 % 超だった場合（N O）には第 1 の電池 1 0 は正常であると判断し、ステップ S 4 0 に移行し、充放電が続けられる。

【 0 0 5 1 】

これに対して、第 1 の電池 1 0 が第 2 の電池と充放電容量が略同じであるが、第 1 の電池 1 0 の負極の電気二重層容量 C P E 1 が、メモリ 3 1 に記憶されている第 2 の電池の負極の電気二重層容量 C P E 1 の 5 0 % 以下だった場合（Y E S）、コントローラ 3 2 は、第 1 の電池 1 0 は充放電容量が急激に減少する前兆現象であると推定し、処理はステップ S 9 0 に移行する。

【 0 0 5 2 】

< ステップ S 9 0 > 警告信号発生

信号発生回路 3 6 が、警告信号を発生する。警告信号によって告知手段であるランプ（不図示）等が点灯する。このため、警告信号によって、第 1 の電池 1 0 の充放電容量が近

10

20

30

40

50

い将来、急激に減少することが使用者等に伝達される。このため、実際に第 1 の電池 1 0 の充放電容量が減少する前に、別の電池に交換することができる。

【 0 0 5 3 】

なお、ステップ S 9 0 に移行する判断基準となる第 1 の電池 1 0 の負極の電気二重層容量 C P E 1 の第 2 の電池の負極の電気二重層容量 C P E 1 に対する比率は、電池システム 1 によって増減するが、間違った予測が行われにくいように、3 0 % 以下がより好ましく、2 0 % 以下が特に好ましい。

【 0 0 5 4 】

すでに説明したように、ステップ S 1 0 ～ステップ S 3 0 は、電池システム 1 の製造工程で行われる複数の電池システム 1 の共通工程である。さらに、ステップ S 6 0 ～ S 9 0 が第 1 の電池 1 0 の工場等で行われる定期検査工程の場合には、C P U 3 0 および電源 4 0 等も、複数の第 1 の電池 1 0 の共通構成であり、検査後に良品と予測された第 1 の電池 1 0 が再使用される。

【 0 0 5 5 】

以上の説明のように、本実施形態の電池状態予測方法によれば、二次電池の充放電容量の異常減少の発生を予測できる。

【 0 0 5 6 】

なお、第 1 の電池 1 0 は、リチウムイオン電池に限られるものではなく、例えばリチウムポリマー電池、または、リチウム硫黄電池でもよい。また、第 1 の電池 1 0 は、電解質が固体電解質である全固体電池でもよい。また、第 1 の電池 1 0 は、隣り合う電池（セル）が、正極と負極とが共通の集電体を有するバイポーラ電池でもよい。また、第 1 の電池 1 0 は、電解質が固体電解質であるバイポーラ全固体電池でもよい。

【 0 0 5 7 】

なぜ負極の電気二重層容量 C P E 1 の異常減少が、充放電容量の異常減少の予測に用いることができるのかは残念ながら不明である。しかし、少なくとも、負極の電気二重層容量 C P E 1 が異常減少すると、その後、充放電容量が異常減少することは確認されている。

【 0 0 5 8 】

また、負極の電気二重層容量 C P E 1 が異常減少した負極の表面には、正極に含まれている遷移金属の析出が確認された。充電時に過充電が行われると正極から遷移金属が溶出し負極に遷移金属が析出することが報告されている。負極に僅かな遷移金属が析出しても充放電容量には大きな影響はないが、インピーダンス測定では微少電圧の交流信号を用いているため、充放電容量の異常減少よりも前に負極の電気二重層容量 C P E 1 が異常減少するとも考えられる。

【 0 0 5 9 】

< 第 1 実施形態の変形例 >

第 1 実施形態の変形例の電池システム 1 A および電池状態予測方法は、第 1 実施形態電池システム 1 および電池状態予測方法と類似し同じ効果を有しているので、同じ機能の構成要素には同じ符号を付し説明は省略する、

【 0 0 6 0 】

図 6 に示すように、電池システム 1 A は、複数の電池 1 0 A が直列接続された組電池 2 0 を具備する。

【 0 0 6 1 】

電池システム 1 A では、複数の電池 1 0 A のそれぞれが、電池システム 1 の第 1 の電池 1 0 に相当する。すなわち、図 6 に示したフローチャートのステップ S 6 0 ～ S 8 0 が、複数の電池 1 0 に対して行われる。

【 0 0 6 2 】

なお、組電池 2 0 を電池システム 1 の第 1 の電池 1 0 に相当すると見なしてもよい。すなわち、組電池によっては、複数の電池 1 0 A に評価のための電線を接続できない構造である。隣り合う電池（セル）が、正極と負極とが共通の集電体を有するバイポーラ電池の

10

20

30

40

50

場合もある。

【 0 0 6 3 】

組電池 2 0 に印可される測定信号の振幅は、組電池 2 0 に含まれる第 1 の電池 1 0 A の数に応じて設定される。例えば、第 1 の電池 1 0 が 2 0 個の第 1 の電池 1 0 A を含む場合には、第 1 の電池 1 0 の測定信号の振幅は、第 2 の電池の測定信号の 2 0 倍とする。

【 0 0 6 4 】

ここで、組電池 2 0 の負極の電気二重層容量 C P E 1 は、直列接続されている k 個 (k は整数) の第 1 の電池 1 0 A の負極の電気二重層容量 C P E 1 の合成容量となる。このため、組電池 2 0 では検出される負極の電気二重層容量 C P E 1 の減少量が、単電池の減少量よりも小さくなる。しかし、充放電容量が異常減少する電池の負極の電気二重層容量 C P E 1 が、正常電池 (第 2 の電池) の負極の電気二重層容量 C P E 1 の 5 0 % 以下であれば、いずれかの電池の充放電容量が異常減少することを予測することができる。

10

【 0 0 6 5 】

本発明は、上述した実施形態等に限定されるものではない。本発明は、本発明の要旨を変えない範囲において、種々の変更、改変、例えば、実施形態の構成要素の組み合わせ等が可能である。

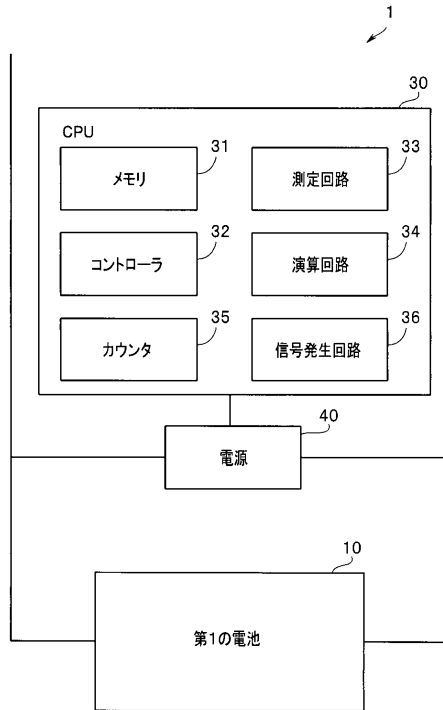
【 符号の説明 】

【 0 0 6 6 】

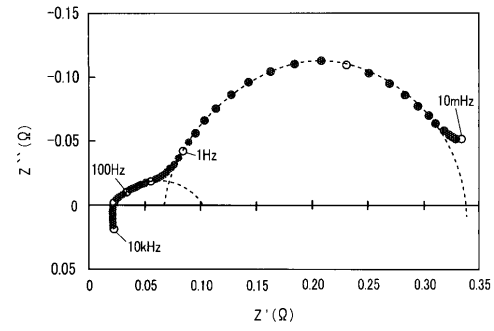
- 1、1 A ... 電池システム
- 1 0、1 0 A ... 第 1 の電池
- 2 0 ... 組電池
- 3 1 ... メモリ
- 3 2 ... コントローラ
- 3 3 ... 測定回路
- 3 4 ... 演算回路
- 3 5 ... カウンタ
- 3 6 ... 信号発生回路
- 4 0 ... 電源

20

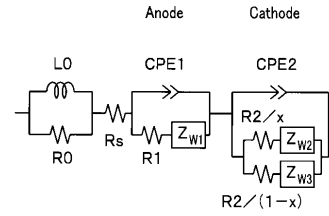
【図 1】



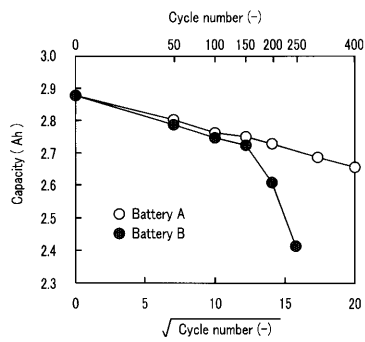
【図 2】



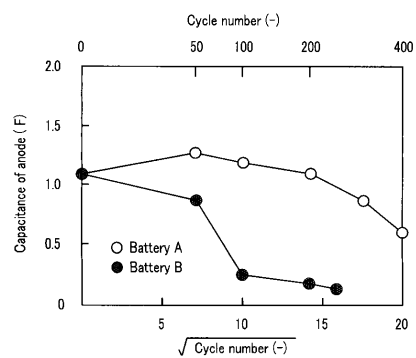
【図 3】



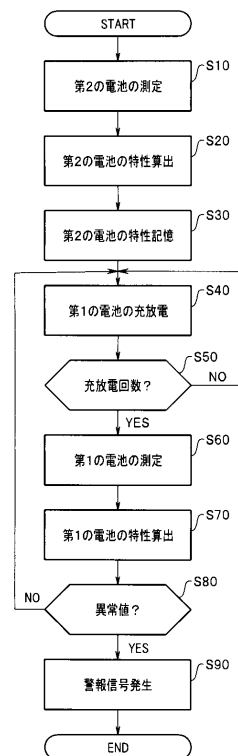
【図 4】



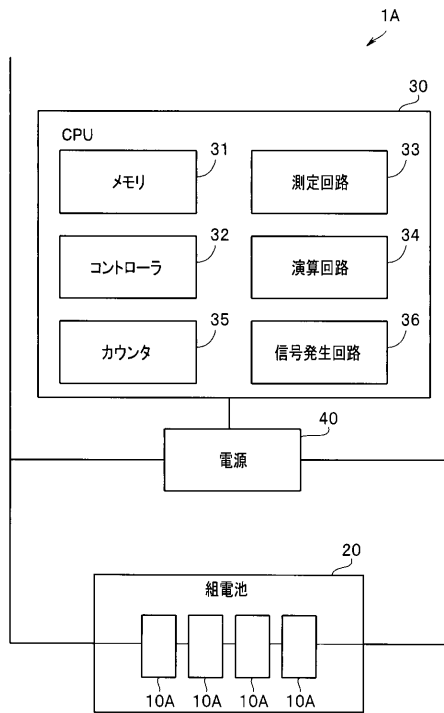
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (72)発明者 横島 時彦
東京都新宿区戸塚町一丁目 1 0 4 番地 学校法人早稲田大学内
- (72)発明者 内海 和明
東京都新宿区戸塚町一丁目 1 0 4 番地 学校法人早稲田大学内
- (72)発明者 津田 信悟
東京都新宿区戸塚町一丁目 1 0 4 番地 学校法人早稲田大学内
- (72)発明者 小熊 泰正
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 BA23 BA29 BA56 CB12 CB15 CB31 CB55 CD03
5G503 AA01 BA03 BB02 EA05 EA08 GD03 GD06
5H030 AA06 AS03 AS08 AS12 AS14 FF41