(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年7月22日(22.07.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/145437 A1

(51) 国際特許分類:
H01M 10/44 (2006.01)
H01M 10/48 (2006.01)
H02J 7/00 (2006.01)
H02J 7/10 (2006.01)
G01R 31/382 (2019.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/001294

(22) 国際出願日： 2021年1月15日(15.01.2021)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2020-006174 2020年1月17日(17.01.2020) JP
特願 2020-006176 2020年1月17日(17.01.2020) JP
特願 2020-006179 2020年1月17日(17.01.2020) JP

(71) 出願人: 日置電機株式会社 (**HIOKI E.E. CORPORATION**) [JP/JP]; 〒3861192 長野県上田市小泉８１番地 Nagano (JP).

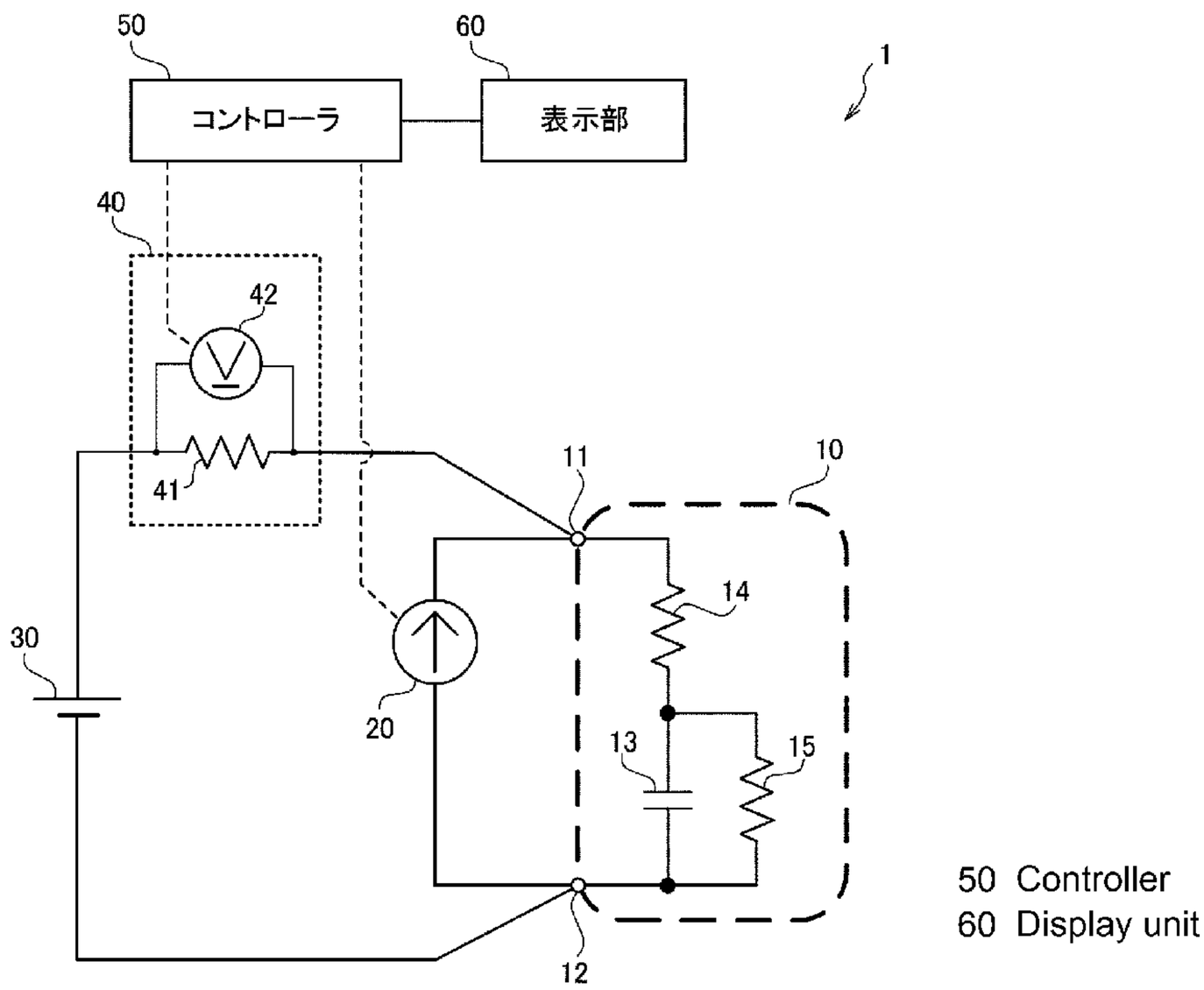
(72) 発明者: 高橋 哲哉 (**TAKAHASHI, Tetsuya**); 〒3861192 長野県上田市小泉８１番地 日置電機株式会社内 Nagano (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人後藤特許事務所(**GOTOH & PARTNERS**); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目３番１号尚友会館 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) **Title:** DEVICE, MEASUREMENT DEVICE, METHOD, AND MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称： 装置、測定装置、方法及び測定方法



(57) **Abstract:** A measurement device 1 that: detects voltage change in a power storage device 10; supplies constant current to the power storage device 10; and measures the voltage of the power storage device 10 to which a constant voltage has been supplied. The measurement device 1 obtains the voltage change for the power storage device 10 on the basis of the electrical characteristics that serve as a reference for the power storage device 10.

［続葉有］

WO 2021/145437 A1

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：測定装置１は、蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する装置であり、蓄電デバイス１０に定電流を供給し、定電圧を供給した蓄電デバイス１０に関する電圧を測定する。そして測定装置１は、蓄電デバイス１０の基準となる電気特性に基づいて蓄電デバイス１０の電圧変化を取得する。

明　細　書

発明の名称 ： 装置、測定装置、方法及び測定方法

技術分野

[0001] 本発明は、蓄電デバイスの電圧変化を検出する装置、測定装置、方法及び測定方法に関する。

背景技術

[0002] ＪＰ２０１５－０７２１４８Ａには、エージング時間における二次電池の電圧降下量に基づいて二次電池の良否判定を行う検査方法が開示されている。この検査方法では、二次電池の状態を正極及び負極を開放した状態で二次電池を数日から数週間保存し、自己放電により電圧が低下した後に電圧を測定することで、二次電池の内部状態を推定している。

発明の概要

[0003] ＪＰ２０１５－０７２１４８Ａの検査方法では、自己放電により電圧が低下するまでエージング時間として数日から数週間の間、二次電池を保存する必要がある。そのため、短い時間で蓄電デバイスの状態を取得することは難しかった。

[0004] 本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、短い時間で蓄電デバイスの状態を取得することを目的とする。

[0005] 本発明のある態様によれば、蓄電デバイスの電圧変化を検出する装置は、前記蓄電デバイスに定電流を供給する定電流供給手段と、前記定電流を供給した前記蓄電デバイスに関する電圧を測定する電圧測定手段と、測定した前記蓄電デバイスの電圧変化を検出する検出手段とを備える。測定装置は、前記蓄電デバイスの基準となる電気特性に基づいて、前記蓄電デバイスの電圧変化を取得する。

[0006] この態様によれば、蓄電デバイスに定電流が供給されることにより、蓄電デバイスの内部状態と相関性を有する蓄電デバイスの電圧変化が大きくなる。この場合において、蓄電デバイスの基準となる電気特性に基づいて蓄電デ

バイスの電圧変化を検出することにより、蓄電デバイスの電圧変化を精度よく取得することが可能となる。それゆえ、蓄電デバイスの状態を短い時間で取得することができる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図１は、第１実施形態に係る蓄電デバイスの測定装置の構成を示す図である。

[図2]図２は、第１実施形態に係る測定装置を用いた蓄電デバイスの測定方法を示すフローチャートである。

[図3]図３は、測定方法に含まれる状態演算処理の一例を示すフローチャートである。

[図4]図４は、蓄電デバイスの充電時間に対しての蓄電デバイスの電圧と基準電圧との電位差の変化の一例を示す図である。

[図5]図５は、蓄電デバイスの充電時間に対しての蓄電デバイスの電圧変化の比較例を示す図である。

[図6]図６は、第２実施形態に係る蓄電デバイスの測定装置の構成を示す図である。

[図7]図７は、第３実施形態に係る状態演算処理を示すフローチャートである。

[図8]図８は、第４実施形態に係る蓄電デバイスの測定装置の構成を示す図である。

[図9]図９は、第４実施形態に係る測定装置を用いた蓄電デバイスの測定方法を示すフローチャートである。

[図10]図１０は、測定方法に含まれる測定用電圧決定処理の一例を示すフローチャートである。

[図11]図１１は、蓄電デバイスの充放電による蓄電デバイスの電圧変化の一例を示す図である。

[図12]図１２は、蓄電デバイスの電圧と蓄電デバイスの静電容量成分との関係を例示する図である。

[図13]図１３は、測定方法に含まれる状態演算処理の一例を示すフローチャートである。

[図14]図１４は、定電流の供給時間に対する蓄電デバイスの電圧変化の一例を示す図である。

[図15]図１５は、図１４の比較例として蓄電デバイスの静電容量成分が最大となる状態での定電流の供給時間に対する蓄電デバイスの電圧変化の例を示す図である。

[図16]図１６は、第５実施形態に係る状態演算処理を示すフローチャートである。

[図17]図１７は、第６実施形態に係る蓄電デバイスの測定装置の構成を示す図である。

[図18]図１８は、第７実施形態に係る蓄電デバイスの測定装置の構成を示す図である。

[図19]図１９は、測定装置に含まれるコントローラの機能構成を示すブロック図である。

[図20]図２０は、第７実施形態に係る測定装置を用いた蓄電デバイスの測定方法を示すフローチャートである。

[図21]図２１は、蓄電デバイスの通常放電後における蓄電デバイスの電圧変動の一例を示す図である。

[図22]図２２は、図２１に示した蓄電デバイスの開放電圧の上昇量を拡大した図である。

[図23]図２３は、測定方法に含まれる状態演算処理の一例を示すフローチャートである。

[図24]図２４は、定電流の充電時の蓄電デバイスの測定電圧の変化と、定電流の充電前の蓄電デバイスの開放電圧の変動と、補正後の測定電圧の変化とを例示する図である。

[図25]図２５は、蓄電デバイスの充電時間に対する補正後の電圧変化の一例を示す図である。

[図26]図２６は、第８実施形態に係る測定方法に含まれる状態演算処理を示すフローチャートである。

[図27]図２７は、第９実施形態に係る蓄電デバイスの測定装置の構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、図面を参照して、本発明の各実施形態に係る測定装置について説明する。各実施形態に係る測定装置は、蓄電デバイスの電圧変化を検出する装置（制御装置）として機能する。この装置は、蓄電デバイスに定電流を供給し、定電流を供給した蓄電デバイスに関する電圧を測定し、測定した蓄電デバイスの電圧変化を検出する。さらに上記装置は、蓄電デバイスの基準となる電気特性に基づいて蓄電デバイスの電圧変化を取得する。ここにいう蓄電デバイスの基準となる電気特性としては、蓄電デバイスの電圧に対して基準となる基準電圧、蓄電デバイスの電圧と蓄電デバイスの静電容量成分との関係、及び、蓄電デバイスの開放電圧の変動などが含まれる。

[0009] （第１実施形態）

以下、図１から図５を参照して、第１実施形態に係る蓄電デバイス１０の測定装置（以下、単に「測定装置」と称する。）１について説明する。

[0010] まず、図１を参照して、蓄電デバイス１０の構成及び測定装置１の構成について説明する。図１は、測定装置１の構成を示す図である。

[0011] 蓄電デバイス１０は、例えば、リチウムイオン二次電池の単一の蓄電セルである。蓄電デバイス１０は、二次電池（化学電池）に限らず、例えば、電気二重層キャパシタであってもよい。また、蓄電デバイス１０は、複数の蓄電セルが直列に接続されてなる蓄電モジュールであってもよい。

[0012] 蓄電デバイス１０は、図１のように、等価回路モデルによって示される。蓄電デバイス１０は、等価回路モデルによれば、正極電極１１と、負極電極１２と、蓄電部１３と、内部抵抗１４と、並列抵抗１５と、を有する。蓄電部１３、内部抵抗１４及び並列抵抗１５は、蓄電デバイス１０の内部状態を表わす等価回路である。

[0013] 蓄電部１３は、蓄電デバイス１０の静電容量成分である。蓄電部１３は、蓄電デバイス１０のセル電圧よりも高い電圧が印加されると、電荷が蓄積されて充電される。蓄電部１３では、充電時に流れる電流が比較的小さい場合には主に電気二重層反応が起こり、充電時に流れる電流が比較的大きい場合には主に化学反応が起こる。ここでは、蓄電部１３の静電容量をＣｓｔ［Ｆ］とし、蓄電部１３に流れる電流をＩｓｔ［Ａ］とする。

[0014] 内部抵抗１４は、正極電極１１と負極電極１２との間で、蓄電部１３に直列に接続される直列抵抗である。ここでは、内部抵抗１４の抵抗値をＲｉｒ［ｍΩ］とし、内部抵抗１４に流れる電流をＩｉｒ［Ａ］とする。

[0015] 並列抵抗１５は、蓄電部１３に並列に接続される抵抗であり、放電抵抗とも称される。並列抵抗１５には、自己放電電流、いわゆる漏れ電流が流れる。ここでは、並列抵抗１５の抵抗値をＲｐｒ［ｋΩ］とし、並列抵抗１５に流れる自己放電電流をＩｐｒ［Ａ］とする。

[0016] 測定装置１は、蓄電デバイス１０の状態を測定するための装置である。測定装置１は、定電流供給手段としての定電流源２０と、電圧生成手段としての基準電圧源３０と、測定手段としての電圧計４０と、演算手段としてのコントローラ５０と、表示部６０と、を備える。

[0017] 定電流源２０は、蓄電デバイス１０に定電流を供給する供給手段として機能する。定電流源２０は、蓄電デバイス１０の内部状態を検出するための定電流を蓄電デバイス１０に供給することにより蓄電デバイス１０を充電する直流電源である。定電流源２０は、蓄電デバイス１０に供給される電流を所定の大きさに維持する。定電流源２０は、蓄電デバイス１０にて過電圧よりも小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電流を供給して蓄電デバイス１０を充電する。このとき、定電流源２０から供給される定電流は、例えば１０［μＡ］である。

[0018] ここで、蓄電デバイス１０に定電圧を印加して蓄電デバイス１０を充電する場合は、蓄電デバイス１０にて過電圧よりも小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電圧を安定して印加することは困難である。これに対

して、定電流源２０を用いて比較的小さい電流を供給することは容易である。よって、測定装置１では、定電流源２０を用いることによって、蓄電デバイス１０にて過電圧よりも小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電流を安定して供給することができる。

[0019] 基準電圧源３０は、蓄電デバイス１０の電圧に対して基準となる基準電圧を生成する。本実施形態における基準電圧源３０は、電圧生成回路によって構成される。基準電圧源３０の基準電圧は、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差が蓄電デバイス１０の電圧よりも小さくなるように定められる。例えば、基準電圧は、複数の蓄電デバイス１０の電圧についての平均値、最頻値又は中央値などの統計値に設定される。

[0020] 本実施形態の基準電圧は、蓄電デバイス１０の電圧を基準とし所定の範囲内の値に設定される。蓄電デバイス１０の電圧が３Ｖ（ボルト）程度である場合は、所定の範囲は、蓄電デバイス１０の電圧に対して「－１Ｖ」から「＋１Ｖ」までの範囲に設定することができる。

[0021] また、電圧計４０の分解能を確保する観点から、電圧計４０が７桁半（7 1/2）の直流電圧計である場合は、上記所定の範囲は、蓄電デバイス１０の電圧に対して「－１００ｍＶ」から「＋１００ｍＶ」までの範囲に設定することが好ましい。蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差が１００ｍＶ未満である場合は、７桁半（7 1/2）の直流電圧計の分解能を１０［ｎＶ］まで上げたとしても、測定した電位差の変化を精度良く検出することが可能となる。

[0022] これに代えて、電圧計４０として測定レンジを±１０ｍＶまで縮小可能な直流電圧計を用いる場合は、上記所定の範囲は、蓄電デバイス１０の電圧に対して「－１０ｍＶ」から「＋１０ｍＶ」までの範囲に設定することがより好ましい。

[0023] 電圧計４０は、定電流を供給した蓄電デバイス１０に関する電圧を測定する測定手段として機能する。電圧計４０は、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧源３０の基準電圧との電位差を測定する直流電圧計である。即ち、電圧

計４０は、定電流源２０から蓄電デバイス１０に定電流が供給されることによって生じる蓄電デバイス１０の電圧変化のうち主に変動成分を抽出する。電圧計４０は、測定した電位差を時系列に示す電気信号をコントローラ５０に出力する。この電気信号には、蓄電デバイス１０の電圧のうち直流成分の一部又は全部が除去されている。

[0024] 本実施形態では、電圧計４０は、定電流源２０から定電流が供給された状態を含み、少なくとも二回以上、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧源３０の基準電圧との電位差を測定する。電圧計４０は、抵抗素子４１と、素子検出手段として機能する検出部４２と、を備える。

[0025] 抵抗素子４１は、蓄電デバイス１０の正極電極１１と基準電圧源３０の正極電極との間に接続される検出抵抗素子である。抵抗素子４１の抵抗値は、例えば１［ＭΩ］以上１０［ＭΩ］以下である。抵抗素子４１に流れる電流は、定電流源２０から蓄電デバイス１０に供給される定電流よりも小さい。

[0026] 蓄電デバイス１０の内部状態を測定する際の測定精度を確保する観点から、抵抗素子４１に流れる電流は、定電流に対して数十分の一未満にするのが好ましい。本実施形態では、抵抗素子４１に流れる電流が定電流に対して百分の一程度となるように抵抗素子４１の抵抗値が設定されている。このため、抵抗素子４１に流れる電流は１００［ｎＡ］程度である。

[0027] 検出部４２は、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差として、抵抗素子４１の両端に生じる電圧を検出する。検出部４２は、検出した電圧の値に対応する電気信号をコントローラ５０に出力する。

[0028] コントローラ５０は、測定した蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する処理手段として機能する。コントローラ５０は、中央演算装置（ＣＰＵ）、読み出し専用メモリ（ＲＯＭ）、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、及び入出力インタフェース（Ｉ／Ｏインタフェース）を備えたマイクロコンピュータで構成される。コントローラ５０は、複数のマイクロコンピュータを用いて構成することも可能である。コントローラ５０は、ＲＯＭに記憶されたプログラムをＣＰＵによって読み出すことによって、測定装置１の各種動作を

制御する制御装置である。

[0029] コントローラ５０は、定電流源２０から蓄電デバイス１０への電力供給を制御し、電圧計４０を用いて蓄電デバイス１０の内部状態を演算する。即ち、コントローラ５０は、電圧計４０が測定した電位差に基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を演算する。

[0030] 本実施形態では、コントローラ５０は、定電流源２０から蓄電デバイス１０に定電流を供給した状態において電圧計４０から電気信号を取得し、その電気信号に示される蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差の時間変化を検出する。検出した電位差の時間変化は、蓄電デバイス１０の電圧変化、即ち直流成分を除去した変動成分として用いられる。コントローラ５０は、検出した蓄電デバイス１０の電圧変化に基づいて蓄電デバイス１０の自己放電状態などの内部状態を推定する。

[0031] 例えば、コントローラ５０は、検出した蓄電デバイス１０の電圧変化に基づき、蓄電デバイス１０の内部状態についての良否を判定する。あるいは、コントローラ５０は、検出した蓄電デバイス１０の電圧変化に基づき、並列抵抗１５に流れる自己放電電流、並列抵抗１５の抵抗値又は蓄電部１３の静電容量を算出してもよい。

[0032] 本実施形態では、コントローラ５０は、蓄電デバイス１０の電圧変化が正常範囲内である場合には、蓄電デバイス１０が正常であると判定し、蓄電デバイス１０の電圧変化が正常範囲内でない場合には、蓄電デバイス１０が異常であると判定する。このように、コントローラ５０は、蓄電デバイス１０の良否を判定する。

[0033] コントローラ５０は、判定した結果を示す判定情報、又は自己放電電流などを算出した結果を示す内部情報を、蓄電デバイス１０の自己放電状態に関する情報として生成する。このように、コントローラ５０は、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差に基づいて蓄電デバイス１０の自己放電状態に関する情報を生成する。

[0034] 表示部６０は、コントローラ５０による判定結果又は算出結果などの情報

を表示して使用者に通知する。表示部６０は、例えばタッチスクリーンであり、使用者が情報を視認可能、かつ使用者が操作可能なように構成される。

[0035] 次に、図２乃至図５を参照して、測定装置１を用いた蓄電デバイス１０の内部状態を測定する方法について説明する。図２及び図３は、本実施形態の測定装置１を用いた測定方法を示すフローチャートである。図４は、蓄電デバイス１０の充電時間に対する蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差の変化の一例を示す図である。図５は、比較例として、蓄電デバイス１０の充電時間に対する蓄電デバイス１０の電圧自体の変化を示す図である。

[0036] 図２に示す例では、測定装置１は、例えば雰囲気温度を一定に維持可能な恒温槽の中に蓄電デバイス１０を収容するなどして、蓄電デバイス１０の温度変化を抑制した環境にて蓄電デバイス１０の状態を測定する処理を実行する。

[0037] まず、上記処理を実行するにあたり、測定装置１を蓄電デバイス１０に接続する。本実施形態では、蓄電デバイス１０、定電流源２０、基準電圧源３０及び電圧計４０を準備し、蓄電デバイス１０に定電流源２０が並列に接続され、蓄電デバイス１０の正極電極１１と定電流源２０の正極電極との間に電圧計４０が接続される。

[0038] ステップＳ１では、基準電圧源３０は、蓄電デバイス１０の電圧に対して基準となる基準電圧を生成する。例えば、コントローラ５０により基準電圧源３０に電力が供給される。

[0039] ステップＳ２では、コントローラ５０は、電圧計４０に対し、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧源３０の基準電圧との電位差を測定させる。これにより、電圧計４０によって、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差に対応する電気信号がコントローラ５０に入力される。

[0040] ステップＳ３では、コントローラ５０は、定電流源２０から蓄電デバイス１０に定電流を供給して充電を開始する。

[0041] ステップＳ４では、コントローラ５０は、電気信号により示される蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差に基づいて蓄電デバイス１０の内部

状態を演算する状態演算処理を実行する。この状態演算処理については図３を参照して後述する。

[0042] ステップＳ４の処理が完了すると、本実施形態における測定方法についての一連の処理手順が終了する。

[0043] 図３には、ステップＳ４で実行される状態演算処理の一例が示されている。この例では、コントローラ５０は、状態演算処理（Ｓ４）として、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差に基づき蓄電デバイス１０の良否を判定する。

[0044] ステップＳ４１では、コントローラ５０は、充電を開始してからの経過時間である充電時間が所定の時間を超えたか否かを判定する。所定の時間は、例えば電圧計４０の分解能を電位差が測定可能な分解能の限界まで上げた状態において蓄電デバイス１０が正常な場合と異常な場合とで電位差の時間変化に差が現れる程度の長さに予め設定される。

[0045] ステップＳ４１にて、充電時間が所定の時間を超えていないと判定された場合には、コントローラ５０は、充電時間が所定の時間を超えると判定されるまで待機する。一方、充電時間が所定の時間を超えたと判定された場合には、コントローラ５０は、ステップＳ４２へ移行する。

[0046] このように、電圧計４０は、定電流の供給開始時（充電開始時）の電位差である初期電位差と、定電流源２０から定電流が供給された状態における電位差である充電電位差と、を測定する。即ち、電圧計４０は、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を、定電流源２０から定電流が供給された状態を含み二回以上測定する。

[0047] ステップＳ４２では、コントローラ５０は、電圧計４０を用いて測定した蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差に基づき、蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する。具体的には、コントローラ５０は、充電開始時の初期電位差と、定電流源２０から定電流が供給された状態における充電電位差と、に基づき、蓄電デバイス１０の電圧変化の近似直線を求める。より詳細には、コントローラ５０は、制御周期ごとに測定した電位差に基づき、最小

二乗法によって蓄電デバイス１０の電圧変化の近似直線を求める。

[0048] これに代えて、コントローラ５０は、充電開始時の初期電位差と、定電流源２０から定電流が供給された状態における充電電位差との差分から蓄電デバイス１０の電圧変化を検出するようにしてもよい。この場合、電圧計４０によって蓄電デバイス１０の電圧を二回測定すればよいので、例えばマルチプレクサを用いて切り換えて電位差測定を行うことも可能である。それゆえ、測定装置１を簡素化することができる。

[0049] ステップＳ４３では、コントローラ５０は、近似直線の傾きが所定範囲内であるか否かを判定する。近似直線の傾きが上限値と下限値との間の所定範囲内であると判定された場合には、蓄電デバイス１０は正常な状態であるので、コントローラ５０は、ステップＳ４４へ移行する。一方、ステップＳ４３にて、近似直線の傾きが所定範囲内ではない、即ち所定範囲の上限値よりも大きいか、又は所定範囲の下限値よりも小さいと判定された場合には、蓄電デバイス１０は異常な状態であるので、コントローラ５０は、ステップＳ４５へ移行する。

[0050] ここで、図４及び図５の具体例を参照して、ステップＳ４２及びステップＳ４３の処理について説明する。図４及び図５の横軸は、共に充電時間［ｓ］であり、蓄電デバイス１０の充電を開始してからの経過時間である。

[0051] 図４に示す例では、電圧計４０によって蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差が測定されており、測定した電位差の直流成分が比較的小さいため、電圧計４０の分解能は１０［ｎＶ］に設定されている。図４の縦軸は、電圧計４０が測定した充電電位差と初期電位差との差分［μＶ］である。

[0052] 図４に示す実線のデータは、蓄電デバイス１０が正常な状態であるときの電位差の変化であり、実線の直線は、ステップＳ４２の処理によって求めた電位差の変化の近似直線Ｌｎ１である。一方、図４に示す点線のデータは、蓄電デバイス１０が異常な状態であるときの電位差の変化であり、破線の直線は、ステップＳ４２の処理によって求めた電位差の変化の近似直線Ｌａ１である。以下では、近似直線Ｌｎ１の傾きをＲｎとし、近似直線Ｌａ１の傾

きをＲａとする。

[0053] また、図４に示す二本の二点鎖線の直線は、近似直線の傾きの上限値ＲｍａｘとＲｍｉｎとを各々示すものであり、二本の二点鎖線の直線の間が、蓄電デバイス１０が正常な状態における傾きである。なお、近似直線の傾きの上限値Ｒｍａｘ及び下限値Ｒｍｉｎは、正常な状態の蓄電デバイス１０を用いて予め実測して求めた近似直線の例えば±１０％に設定される。

[0054] 図４を参照すると、実線で示す近似直線Ｌｎ１（傾きＲｎ）は、近似直線の傾きの上限値ＲｍａｘとＲｍｉｎとの間に入っている。よって、コントローラ５０は、蓄電デバイス１０が正常な状態であると判定する。一方、破線で示す近似直線Ｌａ１（傾きＲａ）は、近似直線の傾きの上限値ＲｍａｘとＲｍｉｎとの間に入っていない。よって、コントローラ５０は、蓄電デバイス１０が異常な状態であると判定する。

[0055] このように、コントローラ５０は、近似直線の傾きが上限値ＲｍａｘとＲｍｉｎとの間に入っているか否かに基づいて、蓄電デバイス１０が正常な状態であるか、あるいは異常な状態であるかを判定する。即ち、コントローラ５０は、測定した蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差に基づき直流成分を大部分除去した蓄電デバイス１０の電圧変化を検出し、当該電圧変化が正常範囲内である場合に蓄電デバイス１０が正常であると判定する。

[0056] なお、図４に示す例では、蓄電デバイス１０の良否判定に６０［ｓ］の測定時間Ｔ１をかけているが、実線で示す近似直線Ｌｎ１と破線で示す近似直線Ｌａ１との傾きの差は、２０［ｓ］程度が経過すれば明確に確認できる。このように、測定装置１では、蓄電デバイス１０の良否判定を数十秒程度の短い時間で実行することができる。

[0057] 一方、図５では、比較例として蓄電デバイス１０の電圧自体が測定されており、直流成分が除去されていないため、電圧計の分解能は１０［μＶ］に設定されている。図５の縦軸は、定電流源２０から定電流を供給した状態における蓄電デバイス１０の電圧である充電電圧と蓄電デバイス１０の開放電

圧（ＯＣＶ）との差分［μＶ］である。

[0058] 実線に示すデータは、蓄電デバイス１０が正常な状態であるときの電圧変化であり、実線の直線は、ステップＳ４２の処理によって求めた電圧変化の近似直線Ｌｎ０である。一方、図５に示す点線のデータは、蓄電デバイス１０が異常な状態であるときの電圧変化であり、破線の直線は、ステップＳ４２の処理によって求めた電圧変化の近似直線Ｌａ０である。

[0059] 蓄電デバイス１０の電圧自体の測定では、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を測定する場合と比較して、蓄電デバイス１０の電圧変化の直流成分が大きいため電圧計の分解能を上げるにつれて電圧計の内部ノイズの影響が大きくなる。それゆえ、図５に示す例では、電圧計の分解能が、図４に示した例に比べて低く設定されている。

[0060] その結果、図５に示すように、蓄電デバイス１０の良否判定には６００［ｓ］の測定時間Ｔ０を要している。実線で示す近似直線Ｌｎ０と破線で示す近似直線Ｌａ０との傾きの差は、２００［ｓ］程度が経過すれば確認できるため、良否判定を数分程度の短い時間で実行することも可能である。しかしながら、蓄電デバイス１０の電圧自体を測定する手法では、図４に示した本実施形態の測定時間Ｔ１と比較して、蓄電デバイス１０の良否判定に十倍程度の時間を要することがわかる。

[0061] 以上のように、本実施形態では、定電流源２０からの定電流によって蓄電デバイス１０を充電し、定電流が供給された状態を含み二回以上電圧を測定して蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する。そして検出した蓄電デバイス１０の電圧変化が正常範囲内であるか否かを判断し、電圧変化が正常範囲内である場合に、蓄電デバイス１０が正常であると判定する。そのため、蓄電デバイス１０の電圧が自己放電により低下するまで待つ必要がないので、蓄電デバイス１０の良否判定にかかる時間が短い。

[0062] これに加え、本実施形態では、電圧計４０を用いて蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を測定することで、蓄電デバイス１０の電圧自体を測定する場合と比較して、電圧計４０の内部ノイズの影響を抑えながら電圧

計４０の分解能を上げることができる。それゆえ、蓄電デバイス１０の良否判定に要する時間を短縮することができる。

[0063] したがって、短い時間で蓄電デバイス１０の良否判定を行うことができる。

[0064] このとき、定電流源２０は、蓄電デバイス１０にて過電圧よりも小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電流を供給して蓄電デバイス１０を充電する。よって、定電流の大きさが小さいので、内部抵抗１４に流れる電流Ｉｉｒ［Ａ］に対して蓄電部１３に流れる電流Ｉｓｔ［Ａ］の割合が大きい。そのため、並列抵抗１５の有無による充電曲線の傾きの差が大きくなるので、蓄電デバイス１０が正常であるか否かの判定が容易である。

[0065] 図３に戻り、ステップＳ４３の処理が終了すると、コントローラ５０は、ステップＳ４４に進む。

[0066] ステップＳ４４では、コントローラ５０は、蓄電デバイス１０が正常な状態であるとして、表示部６０にその旨を表示して使用者に通知する。一方、ステップＳ４５では、コントローラ５０は、蓄電デバイス１０が異常な状態であるとして、表示部６０にその旨を表示して使用者に通知する。

[0067] 以上の状態演算処理（Ｓ４）を実行することにより、蓄電デバイス１０の良否判定が完了する。

[0068] 上記実施形態では電圧計４０が、初期電位差として蓄電デバイス１０の充電を開始してから蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を測定した。これに代えて電圧計４０が、蓄電デバイス１０の充電を開始する前に蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を初期電位差として測定してもよい。この場合であっても、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を、定電流が供給された状態を含み二回以上測定することができるので、蓄電デバイス１０の電圧変化の近似直線を求めることができる。

[0069] 次に、第１実施形態による作用効果について説明する。

[0070] 本実施形態における測定装置１，１Ａは、蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する装置を構成する。測定装置１は、蓄電デバイス１０に定電流を供給

する定電流源２０（供給手段）と、定電流を供給した蓄電デバイス１０に関する電圧を測定する電圧計４０（測定手段）と、測定した蓄電デバイス１０の電圧変化を検出するコントローラ５０（処理手段）とを備える。そして測定装置１は、蓄電デバイス１０の基準となる電気特性に基づいて蓄電デバイス１０の電圧変化を取得する。蓄電デバイス１０の基準となる電気特性としては、蓄電デバイス１０の電圧に対して基準となる基準電圧、蓄電デバイス１０における出力電圧と静電容量との関係、及び、蓄電デバイス１０の開放電圧の変動などが挙げられる。

[0071] また、本実施形態における蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する方法は、蓄電デバイス１０に定電流を供給し、定電流を供給した蓄電デバイス１０に関する電圧を測定し、測定した前記蓄電デバイスの電圧変化を検出する。この方法は、蓄電デバイス１０の基準となる電気特性に基づいて、蓄電デバイス１０の自己放電電流又は放電抵抗の大きさに応じて変化する蓄電デバイス１０の電圧変化を取得する。

[0072] これらの構成によれば、蓄電デバイス１０に定電流が供給されることにより、蓄電デバイス１０の内部状態と相関性を有する蓄電デバイス１０の電圧変化、本実施形態では近似直線の傾きが大きくなる。この場合において、蓄電デバイス１０の基準となる電気特性に基づいて蓄電デバイス１０の電圧変化を検出することにより、蓄電デバイス１０の電圧変化を精度よく取得することが可能となる。したがって、短い時間で精度よく蓄電デバイス１０の状態を取得することができる。

[0073] また、本実施形態における測定装置１，１Ａは、蓄電デバイス１０の電圧に対して基準となる基準電圧に基づいて蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を測定することにより、定電流を供給した蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する。具体的には以下の通りである。

[0074] 本実施形態における蓄電デバイス１０の状態を測定する測定装置１は、蓄電デバイス１０に定電流を供給する定電流源２０と、蓄電デバイス１０の電圧に対して基準となる基準電圧を生成する基準電圧源３０と、を備える。さ

らに測定装置１は、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を測定する電圧計４０と、測定した電位差の変化に基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を演算するコントローラ５０と、を備える。

[0075] また、蓄電デバイス１０の状態を測定する測定方法は、蓄電デバイス１０の電圧に対して基準となる基準電圧を生成する。さらに測定方法は、蓄電デバイス１０に定電流を供給し、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を測定し、測定した電位差の変化に基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を演算する。

[0076] 蓄電デバイス１０の電圧変化は、蓄電デバイス１０の内部状態の違いによって変わる。そのため、上述した構成によれば、蓄電デバイス１０に定電流が供給されることによって蓄電デバイス１０の電圧変化が大きくなるので、蓄電デバイス１０の内部状態を測定するのに要する時間を短縮することができる。

[0077] これに加え、上述した構成によれば、蓄電デバイス１０の電圧を直接測定する代わりに、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を測定するので、蓄電デバイス１０の電圧について主に変動成分を抽出することが可能となる。それゆえ、電圧計４０の分解能を上げることが可能となるので、蓄電デバイス１０の電圧変化を迅速に推定することができる。

[0078] このように、内部状態の違いに起因する蓄電デバイス１０の電圧変化を大きくしつつ電圧計４０の分解能を上げることが可能になるので、短い時間で蓄電デバイス１０の状態を測定することができる。

[0079] さらに、上述した構成によれば、蓄電デバイス１０に定電圧を供給する場合と比較して、定電流源２０を用いて比較的小さい電流を蓄電デバイス１０に供給することは容易である。よって、測定装置１では、定電流源２０を用いることで、蓄電デバイス１０にて過電圧よりも小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電流を安定して供給することができる。

[0080] また、本実施形態における電圧計４０は、蓄電デバイス１０及び基準電圧源３０の各々の正極間に接続される抵抗素子４１と、抵抗素子４１に生じる

電圧を、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差として検出する検出部４２と、を備える。

[0081] この構成によれば、抵抗値が比較的大きい抵抗素子４１を設けることにより、定電流源２０から電圧計４０へ流れる漏れ電流と、基準電圧源３０から蓄電デバイス１０へ流れる余計な電流と、を抑制することができる。それゆえ、蓄電デバイス１０の内部状態についての推定精度の低下を抑制することができる。

[0082] また、本実施形態における抵抗素子４１に流れる電流は、定電流源２０から供給される定電流よりも小さい。

[0083] この構成によれば、定電流よりも小さい電流が抵抗素子４１に流れるので、蓄電デバイス１０に供給される定電流の過不足が抑制されるので、蓄電デバイス１０の測定精度の低下を抑制することができる。

[0084] また、本実施形態における基準電圧源３０によって生成される基準電圧は、抵抗素子４１の両端に生じる電圧が蓄電デバイス１０の電圧よりも小さくなるように設定される。

[0085] この構成によれば、蓄電デバイス１０の電圧を直接測定する場合と比較して、蓄電デバイス１０の電圧変化のうち直流成分が小さくなるので、その分、電圧計４０の分解能を上げることが可能になる。したがって、電圧計４０の内部ノイズを抑制しつつ、短い時間で蓄電デバイス１０の電圧変化を検出することができる。

[0086] また、本実施形態における定電流源２０は、蓄電デバイス１０にて過電圧よりも小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電流を供給する。

[0087] この構成によれば、定電流の大きさが比較的小さいので、内部抵抗１４に流れる電流Ｉｉｒ［Ａ］に対して蓄電部１３に流れる電流Ｉｓｔ［Ａ］の割合が大きくなる。そのため、並列抵抗１５の有無による充電曲線の傾きの差が大きくなるので、蓄電デバイス１０が正常であるか否かの判定が容易である。

[0088] また、本実施形態におけるコントローラ５０は、電圧計４０が測定した電

位差の変化に基づいて蓄電デバイス１０の自己放電状態に関する情報を生成する。例えば、コントローラ５０は、蓄電デバイス１０の自己放電状態に関する情報として、蓄電デバイス１０の良否判定の結果を出力する。

[0089] この構成によれば、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を測定することによって電圧計４０の分解能を上げることが可能になるので、蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する時間を短縮することができる。それゆえ、短い時間で、蓄電デバイス１０の自己放電情報に関する内部情報を生成することが可能になる。

[0090] また、電圧計４０は、定電流の供給開始時の初期電位差と、定電流源２０から定電流が供給された状態における充電電位差と、を測定し、コントローラ５０は、初期電位差と充電電位差とに基づき蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する。

[0091] この構成によれば、コントローラ５０は、定電流の供給開始時の初期電位差と、定電流源２０から定電流が供給された状態における充電電位差と、の差分から電圧変化を検出することが可能となる。この場合、電圧計４０を用いて蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を少なくとも二回測定すればよいので、例えばマルチプレクサを用いて切り換えて測定を行うことも可能である。よって、測定装置１を簡素化することができる。

[0092] （第２実施形態）

次に、図６を参照して、第２実施形態に係る測定装置１Ａの基準電圧源３０について説明する。図６は、測定装置１Ａの構成を示す図である。本実施形態では、基準電圧源３０として、他の蓄電デバイス１０Ａが用いられる点が第１実施形態と異なる。

[0093] 本実施形態に係る基準電圧源３０は、蓄電デバイス１０と同じ種類である他の蓄電デバイス１０Ａである。蓄電デバイス１０Ａは、測定対象である蓄電デバイス１０の電圧に対して基準となる基準電圧を生成する。

[0094] 蓄電デバイス１０の良否判定においては、多数の蓄電デバイス１０，１０Ａが同じ環境下に置かれることが想定される。蓄電デバイス１０，１０Ａに

ついては、その雰囲気温度及び雰囲気湿度などが変化することにより、蓄電デバイス１０，１０Ａの内部状態が互いに同じように変化する。

[0095] 例えば、雰囲気温度の変化に伴い蓄電デバイス１０の内部温度の変化量が大きくなるにつれて蓄電デバイス１０の電圧変化の傾きも変化してしまう。この対策として、本実施形態では、蓄電デバイス１０と同一環境下に置かれた他の蓄電デバイス１０Ａの電圧が蓄電デバイス１０の基準電圧として用いられる。

[0096] 蓄電デバイス１０の電圧変化のうち雰囲気温度及び雰囲気湿度の違いに起因する環境変動成分は、蓄電デバイス１０Ａの電圧においても同じように重畳されている。それゆえ、蓄電デバイス１０の電圧変化を検出するにあたり、蓄電デバイス１０の電圧と蓄電デバイス１０Ａの電圧との電位差を測定することによって、蓄電デバイス１０の電圧のうち環境変動成分が主に除去されるので、電圧変化の検出精度を高めることができる。

[0097] 以上のように、第２実施形態によれば、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を測定するにあたり、基準電圧として蓄電デバイス１０Ａの電圧が用いられるので、測定環境の違いによる蓄電デバイス１０の電圧変化の変動を低減することができる。

[0098] また、他の蓄電デバイス１０Ａを基準電圧源３０として用いることによって、電圧生成回路を用いる場合と比較して、簡易に測定装置１Ａを構成することができる。したがって、測定装置１Ａを簡易に構成しつつ蓄電デバイス１０の内部状態を精度よく測定することができる。

[0099] （第３実施形態）

次に、第３実施形態に係る測定装置１のコントローラ５０について説明する。以下では、並列抵抗１５の抵抗値を放電抵抗Ｒｐｒと称し、並列抵抗１５に流れる電流を自己放電電流Ｉｐｒと称する。

[0100] 本実施形態に係るコントローラ５０は、蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒ又は自己放電電流Ｉｐｒを演算する点が第１実施形態及び第２実施形態とは異なる。

[0101] コントローラ５０は、定電流源２０から蓄電デバイス１０に供給される定電流を、第一の電流値を示す定電流と、第二の電流値を示す定電流と、の間で切り替える。以下では、第一の電流値を示す定電流を、単に「第一の定電流」とも称し、第二の電流値を示す定電流を、単に「第二の定電流」とも称する。

[0102] 本実施形態では、第一の電流値は、第１実施形態の定電流と同様、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒの基準値に対して一倍又は数倍に設定される。例えば、第一の電流値は、自己放電電流Ｉｐｒの基準値を一倍した１０［μＡ］に設定される。また、第二の電流値は、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒの基準値に対して数十倍以上に設定される。例えば、第二の電流値は、自己放電電流Ｉｐｒの基準値の五十倍に設定される。

[0103] 上述した自己放電電流Ｉｐｒの基準値は、既知の情報であり、例えば、多数の蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを集計した統計データ、又は、電気特性が正常である特定の蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒの試験結果などを用いて予め定められる。

[0104] 続いて、コントローラ５０は、定電流源２０から蓄電デバイス１０に供給された定電流ごとに、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差に基づいて蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する。

[0105] 本実施形態では、コントローラ５０は、定電流の各々について、図４に示したように、定電流の供給開始時の初期電位差と、定電流源２０から定電流が供給された状態における充電電位差と、に基づき蓄電デバイス１０の電圧変化の傾きを求める。これに代えてコントローラ５０は、蓄電デバイス１０に供給される定電流ごとに、蓄電デバイス１０の電圧変化の近似直線Ｌｎ１を求め、その近似直線Ｌｎ１の傾きを電圧変化の傾きとして用いてもよい。

[0106] コントローラ５０は、定電流ごとに求められた蓄電デバイス１０の電圧変化の傾きと、蓄電デバイス１０の蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求める数式と、を用いて、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを演算する。ここで、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒの演算手法について以下に説明す

る。

[0107] 蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求める数式は、第一の電流値Ｉ１を示す定電流を蓄電デバイス１０に充電したときの電圧変化の傾きＡ１と、蓄電部１３に充電される電流Ｉｓｔ［Ａ］と、を用いて表わすことができる。蓄電部１３に充電される電流Ｉｓｔ［Ａ］は、静電容量Ｃｓｔに蓄積される単位時間あたりの電荷量であり、図１に示した内部抵抗１４に流れる電流である第一の電流値Ｉ１から、並列抵抗１５に流れる自己放電電流Ｉｐｒを減じた値（Ｉ１－Ｉｐｒ）に相当する。

[0108] したがって、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求める数式は、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒと、第一の電流値Ｉ１と、第一の定電流を蓄電デバイス１０に充電したときの電圧変化の傾きＡ１と、を用いて、次式（１）のように表わすことができる。

[0109] [数1]

$$C_{st}=\frac{I_1-I_{pr}}{A1} \qquad \cdots (1)$$

[0110] さらに、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求める数式は、第二の電流値Ｉ２と、第二の電流値Ｉ２を示す定電流を蓄電デバイス１０に充電したときの電圧変化の傾きＡ２と、を用いて、次式（２）のように表わすことができる。

[0111] [数2]

$$C_{st}=\frac{I_2}{A2} \qquad \cdots (2)$$

[0112] 上式（２）については、蓄電部１３に充電される電流Ｉｓｔ［Ａ］は、蓄電デバイス１０に供給された第二の定電流の電流値Ｉ２から自己放電電流Ｉｐｒを減じた値（Ｉ２－Ｉｐｒ）に相当する。しかしながら、図１に示した内部抵抗１４に流れる第二の定電流の電流値Ｉ２は、上述のとおり、並列抵抗１５に流れる自己放電電流Ｉｐｒよりも十分に大きいため、次式（３）のように近似することができる。

[0113]

[数3]

$$I_2 \approx (I_2 - I_{pr}) \qquad \cdots (3)$$

[0114] したがって、上式（２）においては、第二の定電流の電流値Ｉ２から自己放電電流Ｉｐｒを減じた電流値（Ｉ２－Ｉｐｒ）に代えて、第二の定電流の電流値Ｉ２が用いられている。

[0115] 続いて、式（１）及び式（２）を自己放電電流Ｉｐｒについて解くと、次式（４）が導出される。

[0116] [数4]

$$I_{pr} = I_1 - \frac{A1}{A2} I_2 \qquad \cdots (4)$$

[0117] このように、定電流ごとに求めた電圧変化の傾きＡ１，Ａ２及び定電流の電流値Ｉ１，Ｉ２を、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求める数式に代入することにより、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを算出することができる。

[0118] 続いて、コントローラ５０は、算出した自己放電電流Ｉｐｒに基づいて蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを演算する。

[0119] 本実施形態では、コントローラ５０は、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒにより蓄電デバイス１０の開放電圧（ＯＣＶ）を除して蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを算出する。蓄電デバイス１０の開放電圧（ＯＣＶ）は、定電流の供給を開始する前に電圧計４０によって測定された蓄電デバイス１０の電圧値を用いてもよく、あるいは、蓄電デバイス１０の試験結果などを用いて予め定められた電圧値を用いてもよい。

[0120] これに代えて、コントローラ５０は、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒと放電抵抗Ｒｐｒとの関係を表わす対応テーブル又は関数を予め記憶しておき、この対応テーブル又は関数を用いて放電抵抗Ｒｐｒを算出してもよい。

[0121] この後、コントローラ５０は、算出した蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒに基づいて蓄電デバイス１０が正常であるか否かを判定する。

[0122] 本実施形態では、コントローラ５０は、蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の抵抗範囲内にあるか否かを判定する。所定の抵抗範囲の上限値及び下限値は、複数の蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを集計した統計データ、又は、電気特性が正常である特定の蓄電デバイス１０の試験結果などを用いて予め定められる。

[0123] コントローラ５０は、放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の抵抗範囲内にあると判定した場合には、蓄電デバイス１０が正常な状態であると判定し、放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の範囲内にないと判定した場合には、蓄電デバイス１０が異常であると判定する。

[0124] これに代えて、放電抵抗Ｒｐｒごとに蓄電デバイス１０の正常又は異常を示す診断テーブルをコントローラ５０に予め記憶しておいてもよい。この場合、コントローラ５０は、蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを算出すると、診断テーブルを参照し、算出した放電抵抗Ｒｐｒに対応付けられた蓄電デバイス１０の内部状態を特定する。

[0125] 最後に、コントローラ５０は、蓄電デバイス１０の正常な状態又は異常な状態を示す判定結果を表示部６０に出力する。これにより、表示部６０の画面には蓄電デバイス１０の判定結果が表示される。

[0126] なお、本実施形態ではコントローラ５０が放電抵抗Ｒｐｒの算出値に基づいて蓄電デバイス１０の良否判定を行ったが、これに代えて、自己放電電流Ｉｐｒの算出値を用いて蓄電デバイス１０が正常な状態であるか否かを判定してもよい。この場合、コントローラ５０は、自己放電電流Ｉｐｒの算出値が例えば所定の電流範囲内にあるか否かを判定し、その算出値が所定の電流範囲内にあると判定したときに蓄電デバイス１０が正常な状態であると判定する。

[0127] また、本実施形態ではコントローラ５０が、蓄電デバイス１０に電流値が異なる定電流を順次供給するように定電流源２０の動作を制御したが、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔが既知であれば、第一の電流値Ｉ１を示す定電流のみ供給するようにしてもよい。この場合、コントローラ５０には蓄電部１３

の静電容量Ｃｓｔが予め記憶され、コントローラ５０は、その静電容量Ｃｓｔと、第一の電流値Ｉ１と、第一の電流値Ｉ１に対応する電圧変化の傾きＡ１と、を上式（１）に代入して自己放電電流Ｉｐｒを算出する。

[0128] コントローラ５０に記憶される蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔについては、複数の蓄電デバイス１０における蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを集計した統計データ、又は、特定の蓄電デバイス１０の試験結果などを用いて予め定められる。これに代えて、コントローラ５０は、第二の電流値Ｉ２を示す定電流を蓄電デバイス１０に充電し、そのときの電圧変化の傾きＡ２と第二の電流値Ｉ２とを上式（２）に代入して蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求めてもよい。

[0129] 次に、図７を参照して、第３実施形態に係る測定装置１を用いた状態演算処理（Ｓ４）について説明する。図７は、測定装置１を用いた測定方法を示すフローチャートである。

[0130] 本実施形態に係る状態演算処理（Ｓ４）は、図３に示したステップＳ４３の処理に代えて、ステップＳ５１乃至Ｓ５５の処理を備えている。そのため、ステップＳ５１乃至Ｓ５５の各処理についてのみここでは説明する。

[0131] ステップＳ４２にて、コントローラ５０は、図２のステップＳ３の処理によって設定された第一の電流値Ｉ１を示す定電流を充電したときの蓄電デバイス１０の電圧変化の近似直線Ｌｎ１を求めて近似直線Ｌｎ１の傾きＡ１を取得し、ステップＳ５１へ進む。

[0132] ステップＳ５１では、コントローラ５０は、定電流源２０から蓄電デバイス１０に供給される定電流を、第一の定電流から、第一の電流値Ｉ１よりも大きい第二の電流値Ｉ２を示す定電流へ切り替える。

[0133] ステップＳ５２及びステップＳ５３の処理は、それぞれステップＳ４１及びステップＳ４２の処理と同様である。そのため、ステップＳ５２及びＳ５３では、コントローラ５０は、所定の時間だけ蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を測定し、第二の定電流を充電したときの電圧変化の近似直線Ｌｎ２を求めて近似直線Ｌｎ２の傾きＡ２を取得する。

[0134] ステップＳ５４では、コントローラ５０は、第一の電流値Ｉ１及び第二の電流値Ｉ２を示す定電流ごとに取得した近似直線の傾きＡ１，Ａ２に基づいて蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを演算する。

[0135] 本実施形態では、コントローラ５０は、第一の電流値Ｉ１と、近似直線の傾きＡ１と、第二の電流値Ｉ２と、近似直線の傾きＡ２と、を上式（４）に代入して蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを算出する。そしてコントローラ５０は、蓄電デバイス１０の開放電圧（ＯＣＶ）を蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒで除して蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを算出する。

[0136] ステップＳ５５では、コントローラ５０は、算出した蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒに基づいて蓄電デバイス１０が正常であるか否かを判定する。

[0137] 本実施形態では、コントローラ５０は、放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の抵抗範囲内にあるか否かを判定する。放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の抵抗範囲内にあると判定された場合には、コントローラ５０は、蓄電デバイス１０は正常な状態であるため、ステップＳ４４へ進む。一方、放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の抵抗範囲内にはない、即ち、抵抗範囲の上限値よりも大きいか、又は抵抗範囲の下限値よりも小さいと判定された場合には、蓄電デバイス１０は異常な状態であるため、コントローラ５０は、ステップＳ４５へ進む。

[0138] 以上の状態演算処理（Ｓ４）を実行することで、蓄電デバイス１０の良否判定が完了する。

[0139] なお、図７に示す例では、コントローラ５０は、蓄電デバイス１０に供給される定電流の大きさを一回だけ切り替えて蓄電デバイス１０の電圧変化の傾きを二回求めることで蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを算出した。これに代えて、複数回、定電流の大きさを切り替えて電圧変化の近似直線の傾きを順次求めることにより複数の自己放電電流Ｉｐｒを算出し、これらの平均値又は中央値などの統計値を最終結果として用いてもよい。

[0140] また、本実施形態ではコントローラ５０が定電流源２０から蓄電デバイス１０の正極電極１１に供給される定電流の大きさを切り替えて蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを算出したが、これに限られるものではない。例えば、定電流源２０と蓄電デバイス１０との接続関係を逆にし、定電流源２０から蓄電デバイス１０の負極電極１２に定電流を供給して蓄電デバイス１０を放電し、この状態において定電流の大きさを切り替えてもよい。この場合であっても、上記実施形態のように、蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを算出することが可能である。

[0141] さらに、本実施形態では定電流源２０から蓄電デバイス１０に供給される定電流の大きさを切り替えたが、定電流の向きを切り替えても自己放電電流Ｉｐｒ及び放電抵抗Ｒｐｒを算出することができる。以下に、蓄電デバイス１０に供給される定電流の向きを切り替えた場合における蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを演算する手法について簡単に説明する。

[0142] 蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔは、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒと、第一の電流値Ｉ１を示す定電流を蓄電デバイス１０に充電したときの電圧変化の傾きＡｃと、を用いて次式（５）のように表わすことができる。さらに蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔは、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒと、第二の電流値Ｉ２を示す定電流によって蓄電デバイス１０が放電したときの電圧変化の傾きＡｄと、を用いて次式（６）のように表わすことができる。

[0143] [数5]

$$C_{st} = \frac{I_1 - I_{pr}}{Ac} \qquad \cdots (5)$$

[数6]

$$C_{st} = \frac{I_2 + I_{pr}}{Ad} \qquad \cdots (6)$$

[0144] 上記の式（５）及び式（６）を自己放電電流Ｉｐｒについて解くと、次式（７）が導出される。

[0145] [数7]

$$I_{pr} = \frac{I_1 \cdot Ad - I_2 \cdot Ac}{Ad + Ac} \quad \cdots (7)$$

[0146] したがって、第一の電流値Ｉ１を示す定電流を充電したときの電圧変化の傾きＡｃと、第二の電流値Ｉ２を示す定電流で放電したときの電圧変化の傾きＡｄと、を上式（７）に代入することで、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを算出することができる。そして、算出した自己放電電流Ｉｐｒで蓄電デバイス１０の開放電圧（ＯＣＶ）を除すことにより放電抵抗Ｒｐｒが算出される。

[0147] この場合、第一の電流値Ｉ１及び第二の電流値Ｉ２については、少なくとも一方の絶対値が、自己放電電流Ｉｐｒの基準値に対して一倍又は数倍に設定されていればよく、双方の絶対値が、互いに同じ値でも異なる値であってもよい。例えば、第一の電流値Ｉ１は、自己放電電流Ｉｐｒの基準値を一倍した１０［μＡ］に設定され、第二の電流値Ｉ２は、第一の電流値Ｉ１に「－１」を乗算した値、即ち－１０［μＡ］に設定される。また、電圧変化の傾きＡｃ，Ａｄについては、図４で述べた手法と同様の手法により取得される。

[0148] また、本実施形態ではコントローラ５０が定電流の大きさを切り替えたが、定電流の大きさを切り替えた後に定電流の向きを切り替えてもよく、定電流の向きを切り替えた後に定電流の大きさを切り替えてもよい。この場合には、複数の自己放電電流Ｉｐｒが得られるので、これらの平均値などを最終結果として用いてもよい。

[0149] また、本実施形態ではコントローラ５０が定電流の大きさを切り替えて蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを算出したが、定電流の大きさを切り替えることなく自己放電電流Ｉｐｒを算出してもよい。例えば、式（１）中の蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔが既知であれば、蓄電デバイス１０の電圧変化の近似直線の傾きＡ１を求め、その傾きＡ１と、第一の電流値Ｉ１と、既知の静電容量Ｃｓｔを上式（１）に代入して自己放電電流Ｉｐｒを算出して

もよい。

[0150] あるいは、上式（１）中の蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔ及び第一の電流値Ｉ１に、予め実測した測定値又は予測値をそれぞれ代入して近似直線の傾きＡ１と自己放電電流Ｉｐｒとの関係を示す演算テーブルを生成する。そして、生成した演算テーブルをコントローラ５０に予め記録しておいてもよい。この場合、コントローラ５０は、近似直線の傾きＡ１を求めると、演算テーブルを参照し、求めた近似直線の傾きＡ１に関係付けられた自己放電電流Ｉｐｒを算出する。

[0151] また、蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒは、上述したように、蓄電デバイス１０の開放電圧（ＯＣＶ）を自己放電電流Ｉｐｒで除して算出される。このため、蓄電デバイス１０の開放電圧（ＯＣＶ）が既知であれば、近似直線の傾きＡ１と放電抵抗Ｒｐｒとの関係を示す演算テーブルを生成してコントローラ５０に予め記憶しておいてもよい。この場合、コントローラ５０は、蓄電デバイス１０の電圧変化の近似直線の傾きＡ１を求めると、演算テーブルを参照し、求めた近似直線の傾きＡ１に関係付けられた放電抵抗Ｒｐｒを算出する。

[0152] 以上のように、本実施形態では、短時間で検出した蓄電デバイス１０の一又は複数の電圧変化に基づいて自己放電電流Ｉｐｒ又は放電抵抗Ｒｐｒが算出されるので、コントローラ５０は、短い時間で蓄電デバイス１０の内部状態を推定することができる。

[0153] 次に、第３実施形態による作用効果について説明する。

[0154] 本実施形態におけるコントローラ５０は、電圧計４０が測定した電位差の変化に基づき、蓄電デバイス１０の自己放電状態に関する情報として蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒ又は放電抵抗Ｒｐｒを示す内部情報を生成する。

[0155] 例えば、コントローラ５０は、定電流源２０を用いて蓄電デバイス１０に第一の定電流を供給し、所定の時間経過後に蓄電デバイス１０に供給される定電流を切り替えて第二の定電流を供給する。これと共にコントローラ５０

は、第一及び第二の定電流ごとに、電圧計４０から蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を取得し、取得した電位差に基づいて蓄電デバイス１０の電圧変化の傾きＡ１，Ａ２を定電流ごとに算出する。

[0156] そして、コントローラ５０は、蓄電デバイス１０の電圧変化の傾きＡ１，Ａ２に基づいて、式（４）又は式（７）を用いて蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを算出し、算出した自己放電電流Ｉｐｒに基づいて放電抵抗Ｒｐｒを算出する。コントローラ５０は、自己放電電流Ｉｐｒ及び放電抵抗Ｒｐｒの算出値を蓄電デバイス１０の内部情報として表示部６０に出力する。

[0157] このような構成によれば、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を測定することによって電圧計４０の分解能を上げることが可能になるので、第１実施形態及び第２実施形態と同様、短い時間で蓄電デバイス１０の内部情報を生成することができる。

[0158] また、本実施形態におけるコントローラ５０は、電圧計４０が測定した電位差の変化に基づき、蓄電デバイス１０の自己放電状態に関する情報として蓄電デバイス１０の良否を示す判定情報を生成する。

[0159] 例えば、コントローラ５０は、電圧計４０が測定した電位差の変化に基づき算出した自己放電電流Ｉｐｒ又は放電抵抗Ｒｐｒが所定の正常範囲内にあるか否かを判定し、判定した結果を判定情報として表示部６０に出力する。

[0160] このような構成によれば、上述した蓄電デバイス１０の内部情報と同様、短い時間で蓄電デバイス１０の判定情報を生成することができる。

[0161] このように、本実施形態におけるコントローラ５０は、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差の変化に基づいて蓄電デバイス１０の自己放電状態に関する情報を生成する。これにより、短い時間で蓄電デバイス１０の状態を表示したり、通知したりすることができる。

[0162] 以上、本実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではない。

[0163] 例えば、蓄電デバイス１０の電圧変化の程度は蓄電デバイス１０の内部温

度に応じて変わる。この性質を利用して蓄電デバイス１０の電圧変化と内部温度との関係を示す温度テーブルをコントローラ５０に予め記憶しておき、コントローラ５０は、検出した蓄電デバイス１０の電圧変化に基づいて蓄電デバイス１０の内部温度を推定してもよい。

[0164] また、上記実施形態では蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差の変化を用いて自己放電電流Ｉｐｒ及び放電抵抗Ｒｐｒを算出したが、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを算出してもよい。例えば、第二の電流値Ｉ２を示す定電流を蓄電デバイス１０に充電したときの電圧変化の傾きＡ２と第二の電流値Ｉ２とを上式（２）に代入して蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを算出する。

[0165] これに加え、コントローラ５０は、算出した蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔに基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を判定してもよい。例えば、コントローラ５０は、静電容量Ｃｓｔの算出値が所定の正常範囲内にあるか否かを判定することにより、蓄電デバイス１０の良否を判定する。

[0166] また、上記実施形態では一つの蓄電デバイス１０を測定したが、複数の蓄電デバイス１０が直列接続された蓄電装置を測定することができる。また、測定装置１には表示部６０が含まれているが、表示部６０を省略してもよい。

[0167] （第４実施形態）

以下の各実施形態に係る測定装置は、蓄電デバイス１０の開放状態での電気特性を示す情報に基づいて蓄電デバイス１０の電圧変化を検出するための処理を実行する。まず、図８から図１５を参照して、第４実施形態に係る蓄電デバイス１０の測定装置（以下、単に「測定装置」と称する。）１Ｂについて説明する。

[0168] まず、図８を参照して、蓄電デバイス１０の構成及び測定装置１Ｂの構成について説明する。図８は、測定装置１Ｂの構成を示す図である。

[0169] 蓄電デバイス１０は、例えば、リチウムイオン二次電池の単一の蓄電セルである。蓄電デバイス１０は、二次電池（化学電池）に限らず、例えば、電

気二重層キャパシタであってもよい。また、蓄電デバイス１０は、複数の蓄電セルが直列に接続されてなる蓄電モジュールであってもよい。

[0170] 蓄電デバイス１０は、図８のように、等価回路モデルによって示される。蓄電デバイス１０は、等価回路モデルによれば、正極電極１１と、負極電極１２と、蓄電部１３と、内部抵抗１４と、並列抵抗１５と、を有する。蓄電部１３、内部抵抗１４及び並列抵抗１５は、それぞれ蓄電デバイス１０の内部状態を表わす等価回路の素子である。

[0171] 蓄電部１３は、蓄電デバイス１０の静電容量成分であり、この静電容量成分は、例えば、数百［Ｆ］又は数千［Ｆ］程度である。蓄電部１３は、蓄電デバイス１０のセル電圧よりも高い電圧が印加されると、電荷が蓄積されて充電される。蓄電部１３では、充電時に流れる電流が比較的小さい場合には、主に電気二重層反応が起こり、充電時に流れる電流が比較的大きい場合には、主に化学反応が起こる。ここでは、蓄電部１３の静電容量をＣｓｔ［Ｆ］とし、蓄電部１３に流れる電流をＩｓｔ［Ａ］とする。

[0172] 内部抵抗１４は、正極電極１１と負極電極１２との間で、蓄電部１３に直列に接続される直列抵抗である。ここでは、内部抵抗１４の抵抗値をＲｉｒ［ｍΩ］とし、内部抵抗１４に流れる電流をＩｉｒ［Ａ］とする。

[0173] 並列抵抗１５は、蓄電部１３に並列に接続される放電抵抗である。並列抵抗１５に流れる電流は、自己放電電流、いわゆる漏れ電流である。ここでは、並列抵抗１５の抵抗値をＲｐｒ［ｋΩ］とし、並列抵抗１５に流れる自己放電電流をＩｐｒ［Ａ］とする。

[0174] 測定装置１Ｂは、蓄電デバイス１０の状態を測定するための装置又はシステムであり、蓄電デバイス１０の電圧についての時間変化、即ち電圧変化を検出する検出装置を含む。測定装置１Ｂは、供給手段としての定電流源２０Ｂと、検出手段及び測定手段としての電圧センサ４０Ｂと、演算手段としてのコントローラ５０Ｂと、表示部６０Ｂと、を備える。

[0175] 定電流源２０Ｂは、蓄電デバイス１０の内部状態を検出するための定電流を蓄電デバイス１０に供給することによって蓄電デバイス１０を充電する直

流電源である。定電流源２０Ｂは、蓄電デバイス１０に供給される電流を所定の大きさに維持する。定電流源２０Ｂは、蓄電デバイス１０にて過電圧よりも小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電流を供給して蓄電デバイス１０を充電する。

[0176] 定電流源２０Ｂから蓄電デバイス１０に供給される定電流は、蓄電デバイス１０の自己放電電流の値に基づき設定することができ、例えば１０［μＡ］である。以下では、このような定電流のことを「微小な定電流」とも称し、定電流を供給して充電することを「微小充電」とも称する。

[0177] ここで、蓄電デバイス１０に定電圧を印加して蓄電デバイス１０を充電する場合は、蓄電デバイス１０にて過電圧よりも小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電圧を安定して印加することは困難である。これに対して、定電流源２０Ｂを用いてマイクロアンペア（μＡ）オーダーの比較的小さい電流を供給することは容易である。よって、測定装置１Ｂでは、定電流源２０Ｂを用いることによって、蓄電デバイス１０にて過電圧よりも小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電流を安定して供給することができる。

[0178] 電圧センサ４０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧を測定する直流電圧計である。電圧センサ４０Ｂは、測定した電圧を時系列に示す電気信号をコントローラ５０Ｂに出力する。本実施形態では、電圧センサ４０Ｂは、定電流源２０Ｂから定電流が供給された状態を含み、少なくとも二回以上、蓄電デバイス１０の電圧を測定する。

[0179] コントローラ５０Ｂは、中央演算装置（ＣＰＵ）、読み出し専用メモリ（ＲＯＭ）、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、及び入出力インタフェース（Ｉ／Ｏインタフェース）を備えたマイクロコンピュータで構成される。コントローラ５０Ｂは、複数のマイクロコンピュータで構成することも可能である。コントローラ５０Ｂは、ＲＯＭに記憶されたプログラムをＣＰＵによって読み出すことによって測定装置１Ｂの各種動作を制御する制御装置である。

[0180] コントローラ５０Ｂは、定電流源２０Ｂから蓄電デバイス１０への電流供給を制御し、電圧センサ４０Ｂを用いて蓄電デバイス１０の内部状態を演算する。即ち、コントローラ５０Ｂは、電圧センサ４０Ｂが測定した電圧を示す電気信号に基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を演算する。

[0181] 本実施形態では、コントローラ５０Ｂは、定電流源２０Ｂから蓄電デバイス１０に定電流を供給した状態において電圧センサ４０Ｂから電気信号を取得し、その電気信号に示される蓄電デバイス１０の電圧について時間変化を検出する。コントローラ５０Ｂは、検出した蓄電デバイス１０の電圧変化に基づいて蓄電デバイス１０の自己放電状態などの内部状態を推定する。

[0182] 例えば、コントローラ５０Ｂは、検出した蓄電デバイス１０の電圧変化に基づき、蓄電デバイス１０の内部状態についての良否を判定する。あるいは、コントローラ５０Ｂは、検出した蓄電デバイス１０の電圧変化に基づき、並列抵抗１５に流れる自己放電電流、並列抵抗１５の抵抗値又は蓄電部１３の静電容量を算出してもよい。

[0183] 本実施形態では、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧変化が正常範囲内である場合には、蓄電デバイス１０が正常であると判定する。一方、蓄電デバイス１０の電圧変化が正常範囲内でない場合には、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０が異常であると判定する。このように、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の良否を判定する。

[0184] 表示部６０Ｂは、コントローラ５０Ｂによる判定結果又は算出結果などの情報を表示して使用者に通知する。表示部６０Ｂは、例えばタッチスクリーンであり、使用者が情報を視認可能、かつ使用者が操作可能なように構成される。

[0185] 次に、本実施形態に係る測定装置１Ｂの動作について図面を参照して説明する。

[0186] 図９は、測定装置１Ｂを用いて蓄電デバイス１０の状態を測定する測定方法の一例を示すフローチャートである。図９に示す例では、測定装置１Ｂは、例えば雰囲気温度を一定に維持可能な恒温槽の中に蓄電デバイス１０を収

容するなどして、蓄電デバイス１０の温度変化を抑制した環境にて測定を実行する。

[0187] まず、上記測定を実行するにあたり、測定装置１Ｂを蓄電デバイス１０に接続し、電圧センサ４０Ｂによって蓄電デバイス１０の電圧を測定可能な状態にするとともに、定電流源２０Ｂから蓄電デバイス１０に定電流を供給可能な状態にする。

[0188] ステップＳＢ１では、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の測定用電圧決定処理を実行する。この測定用電圧決定処理において、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧と蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔとの関係に基づいて蓄電デバイス１０の測定用電圧（指定電圧）を決定する。

[0189] 蓄電デバイス１０の測定用電圧とは、蓄電デバイス１０に定電流を供給して蓄電デバイス１０の状態を測定する際の蓄電デバイス１０の電圧のことである。測定用電圧は、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔを考慮した所定の値であり、電圧値又は電圧範囲を示す。

[0190] 上述した蓄電デバイス１０の電圧と蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔとの関係は、例えば、蓄電デバイス１０の実測データ、シミュレーション結果などの解析データ、理論データ又は統計データに基づいて求められる。本実施形態では、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧に対する静電容量Ｃｓｔの特性を特定するための実測データを用いて蓄電デバイス１０の測定用電圧を決定する。この測定用電圧決定処理については図１０を参照して後述する。

[0191] ステップＳＢ２では、コントローラ５０Ｂは、電圧センサ４０Ｂに対し、蓄電デバイス１０の電圧を測定させる。これにより、電圧センサ４０Ｂから、蓄電デバイス１０の電圧に対応する電気信号がコントローラ５０Ｂに入力される。

[0192] ステップＳＢ３では、コントローラ５０Ｂは、電気信号によって示される蓄電デバイス１０の電圧が所定範囲内にあるか否かを判定する。即ちコントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧が所定の値を示す測定用電圧であ

るか否かを判断する判断手段を構成する。ステップＳＢ３にて、蓄電デバイス１０の電圧が所定範囲内にあると判定された場合には、コントローラ５０Ｂは、ステップＳＢ４へ進む。蓄電デバイス１０の電圧が所定範囲内にないと判定された場合には、コントローラ５０Ｂは、ステップＳＢ７へ進む。

[0193] ステップＳＢ７では、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧を測定用電圧に調整するための電圧制御を実行する。この電圧制御においてコントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０で化学反応が起きるように比較的大きな電流を供給して蓄電デバイス１０を充電又は放電する。このような充電又は放電のことを、以下では「通常充電」又は「通常放電」とも称する。

[0194] 本実施形態では、コントローラ５０Ｂは、定電流源２０Ｂから蓄電デバイス１０へ微小な定電流よりも大きな充電電流又は放電電流を供給して蓄電デバイス１０を充電又は放電する。このとき、定電流源２０Ｂから蓄電デバイス１０の正極電極１１へ供給される充電電流は、例えば＋１９０［ｍＡ］であり、定電流源２０Ｂから蓄電デバイス１０の負極電極１２へ供給される放電電流は、例えば－１９０［ｍＡ］である。

[0195] これに代えて、蓄電デバイス１０の性能試験での充放電サイクル工程において、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧が測定用電圧に達した際に、この工程を中断する。これによって、蓄電デバイス１０の電圧を測定用電圧に調整してもよい。

[0196] ステップＳＢ７にて電圧制御が完了すると、コントローラ５０Ｂは、ステップＳＢ２に戻り、ステップＳＢ３にて蓄電デバイス１０の電圧が所定範囲内にあると判定し場合には、ステップＳＢ４へ進む。

[0197] ステップＳＢ４では、コントローラ５０Ｂは、定電流源２０Ｂから蓄電デバイス１０に微小な定電流を供給して微小充電を開始する。

[0198] ステップＳＢ５では、電圧センサ４０Ｂは、微小充電状態において蓄電デバイス１０の電圧を測定する。これにより、コントローラ５０Ｂは、電圧センサ４０Ｂから測定データとして、定電流を供給した蓄電デバイス１０の電圧を示す電気信号を取得することができる。

[0199] ステップＳＢ６では、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の状態演算処理を実行する。この状態演算処理においてコントローラ５０Ｂは、電気信号により示される蓄電デバイス１０の電圧に基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を演算する。この状態演算処理の詳細については図１３を参照して後述する。

[0200] ステップＳＢ６の処理が完了すると、測定装置１Ｂによる測定方法についての一連の処理手順が終了する。

[0201] 次に、図１０を参照して、ステップＳＢ１で実行される測定用電圧決定処理について説明する。図１０は、測定装置１Ｂによる測定用電圧決定処理（ＳＢ１）の一例を示すフローチャートである。

[0202] ステップＳＢ１１では、コントローラ５０Ｂは、電圧センサ４０Ｂに対し、蓄電デバイス１０の電圧を測定させる。これにより、電圧センサ４０Ｂから、蓄電デバイス１０の電圧に対応する電気信号がコントローラ５０Ｂに入力される。

[0203] ステップＳＢ１２では、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０で化学反応が起こるように蓄電デバイス１０を充電又は放電する充放電制御を実行する。本実施形態では、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０に充電電流を供給して通常充電を行う充電制御と、蓄電デバイス１０に放電電流を供給して通常放電を行う放電制御と、を共に一回以上行う。放電電流及び充電電流の絶対値は、定電流に対して数万倍の大きさに設定される。

[0204] ステップＳＢ１３では、電圧センサ４０Ｂは、蓄電デバイス１０に充放電制御を行っているときに蓄電デバイス１０の電圧を測定する。これにより、コントローラ５０Ｂは、電圧センサ４０Ｂから測定データとして、充放電制御を行っている際の蓄電デバイス１０の電圧を示す電気信号を取得することができる。この電気信号は、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔと蓄電デバイス１０の電圧との関係を特定するための測定データとして用いられる。

[0205] ステップＳＢ１４では、コントローラ５０Ｂは、電圧センサ４０Ｂから取得した電気信号に基づいて、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔと蓄電デバ

イス１０の電圧との関係を示す特性データを生成する。

[0206] 本実施形態では、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧値ごとに、次式（８）のように、電流Ｉとしての充電電流Ｉｃ又は放電電流Ｉｄと単位電圧ｄＶあたりの時間変化量ｄｔとを乗じて蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔを算出する。このように、コントローラ５０Ｂは、上記特性データを生成する。この特性データは、コントローラ５０Ｂのメモリに記録される。

[0207] [数8]

$$C_{st} = I \cdot \frac{dt}{dV} \qquad \cdots (8)$$

[0208] これに代えて、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧値ごとに単位時間あたりの電圧変化量、即ち蓄電デバイス１０の電圧変化の傾きを算出する。これによって、蓄電デバイス１０の電圧と電圧変化の傾きとの関係を示す特性データを生成してもよい。この場合、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが小さくなるにつれて蓄電デバイス１０の電圧変化の傾きは大きくなる。

[0209] ステップＳＢ１５では、コントローラ５０Ｂは、生成した特性データに基づいて蓄電デバイス１０の測定用電圧を決定する。

[0210] 本実施形態では、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが、その最大値よりも小さな閾値を下回る電圧値を、蓄電デバイス１０の測定用電圧として決定する。即ち、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが最大となる電圧値近傍を避けるように測定用電圧を決定する。

[0211] これにより、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔがその最大値よりも小さくなるので、蓄電デバイス１０に微小な定電流を供給した際の蓄電デバイス１０の電圧変化を大きくすることができる。上述した閾値は、例えば、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔの最大値又は平均値に基づいて設定される。

[0212] ステップＳＢ１５の処理が完了すると、本実施形態における測定用電圧決

定処理についての一連の処理手順が終了し、コントローラ５０Ｂは、図９に示した測定方法の処理手順に戻り、ステップＳＢ２へ進む。

[0213] ここで、ステップＳＢ１３乃至ＳＢ１５の処理の具体例について、図１１及び図１２を参照して説明する。図１１は、蓄電デバイス１０に充放電制御を実行した際の経過時間に対する蓄電デバイス１０の電圧の変化を例示する図である。図１２は、蓄電デバイス１０の電圧と静電容量Ｃｓｔとの関係を例示する図である。

[0214] 図１１に示す例では、蓄電デバイス１０に＋１９０［ｍＡ］の充電電流Ｉｃを供給する充電制御が行われた後、蓄電デバイス１０に－１９０［ｍＡ］の放電電流Ｉｄを供給する放電制御が行われ、このときの蓄電デバイス１０の電圧変化が示されている。ここでは、横軸が、蓄電デバイス１０に対して充放電制御を開始してからの経過時間を示し、縦軸が、蓄電デバイス１０の電圧を示す。

[0215] 図１１に示す実線は、ステップＳＢ１３の処理によって取得された測定データに基づいて描かれている。蓄電デバイス１０の充電容量が０％（パーセント）のときの蓄電デバイス１０の完全放電電圧ＶＩが約３．０［Ｖ］であり、蓄電デバイス１０の充電容量が１００％のときの蓄電デバイス１０の満充電電圧Ｖｕが約４．２［Ｖ］である。このように、充放電制御を行ったときに完全放電電圧ＶＩから満充電電圧Ｖｕまでの範囲で、蓄電デバイス１０の電圧が変化する。

[0216] 図１１に示すように、蓄電デバイス１０の電圧が３．０［Ｖ］から３．５［Ｖ］までの範囲では、実線の傾きが大きいので、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが小さいといえる。電圧が３．５［Ｖ］から３．７［Ｖ］までの範囲では、実線の傾きが小さいので、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが大きいとえる。

[0217] このように、充放電制御を行った際の蓄電デバイス１０の電圧変化を示す測定データを取得することによって、静電容量Ｃｓｔが比較的大きくなる蓄電デバイス１０の電圧値を特定することが可能となる。したがって、この測

定データは、蓄電デバイス１０の電圧に対する静電容量Ｃｓｔの特性を特定するための特性データとして用いることができる。

[0218] 続いて、蓄電デバイス１０の電圧と蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔとの関係についてより詳細に説明する。

[0219] 図１２の横軸は、蓄電デバイス１０の電圧を示し、縦軸は、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔを示す。蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔは、上式（８）のように算出される。

[0220] 図１２に示す実線は、蓄電デバイス１０の電圧－静電容量特性を示す線であり、ステップＳＢ１４の処理によって生成される特性データに基づいて描かれている。充電制御時の静電容量Ｃｓｔはプラスの値で示され、放電制御時の静電容量Ｃｓｔは便宜的にマイナスの値で示されており、両者の電圧－静電容量特性は同様の特性を有している。以下では、充電制御時における電圧－静電容量特性に着目して説明する。

[0221] 図１２に示すように、蓄電デバイス１０の電圧が約３．４［Ｖ］と約３．７［Ｖ］のときに、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが極大となり、電圧が約３．７［Ｖ］のときに静電容量Ｃｓｔが最大となる。

[0222] 本実施形態では、蓄電デバイス１０の内部状態を測定するにあたり、蓄電デバイス１０に微小な定電流を供給した際の蓄電デバイス１０の電圧変化を求めることが必要となる。この蓄電デバイス１０の電圧変化については、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが大きいほど電圧変化の程度が小さくなってしまうので、電圧変化を測定するのに時間を要する。

[0223] この対策として、図１０に示したステップＳＢ１５の処理を次のように行う。すなわち、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが最大となる最大点Ｂに対応する蓄電デバイス１０の電圧値とその近傍を避けるように、蓄電デバイス１０の測定用電圧を決定する。

[0224] 具体的には、蓄電デバイス１０の測定用電圧は、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが所定の閾値Ｔｈを下回る電圧値に設定される。例えば、閾値Ｔｈは、静電容量Ｃｓｔの最大値に基づいて定められ、本実施形態では静電容

量Ｃｓｔの最大値の二分の一の値に設定されている。これに代えて、閾値Ｔｈは、静電容量Ｃｓｔの平均値に基づいて定められてもよい。

[0225] また、蓄電デバイス１０がリチウムイオン二次電池である場合は、蓄電デバイス１０の電圧が満充電電圧Ｖｕに近づくほど、蓄電デバイス１０において分解反応が起こり易くなる。したがって、蓄電デバイス１０の劣化を抑制する観点から、蓄電デバイス１０の測定用電圧は、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが最大となる特定の電圧値よりも低い電圧値に設定されることが好ましい。それゆえ、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが最大となる特定の電圧値よりも蓄電デバイス１０の測定用電圧を低くしてもよい。

[0226] 本実施形態では、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが最小となる最小点Ａに対応する蓄電デバイス１０の電圧値、即ち完全放電電圧ＶＩ近傍の電圧値を、蓄電デバイス１０の測定用電圧として決定する。これにより、蓄電デバイス１０の微小充電時の電圧変化を最大にすることができる。

[0227] これに代えて、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが極小となる極小点Ｃに対応する蓄電デバイス１０の電圧値に測定用電圧を決定する。これにより、蓄電デバイス１０が安定した状態において迅速に蓄電デバイス１０の電圧変化を検出することができる。

[0228] この後、コントローラ５０Ｂは、ステップＳＢ３にて、蓄電デバイス１０の電圧が所定範囲を示す測定用電圧にあるか否かを判断する。即ち、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧に基づいて、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが閾値を超えているか否かを判断する。

[0229] 次に、図９に示したステップＳＢ６で実行される状態演算処理について図１３乃至図１５を参照して説明する。

[0230] 図１３は、測定装置１Ｂによる状態演算処理（ＳＢ６）の一例を示すフローチャートである。図１４は、本実施形態における微小な定電流の供給時間に対する蓄電デバイス１０の電圧変化の例を示す図である。図１５は、比較

例として、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが最大となる特定の電圧値においての微小な定電流の供給時間に対する蓄電デバイス１０の電圧変化の例を示す図である。

[0231] 図１３に示す例では、コントローラ５０Ｂは、状態演算処理（ＳＢ６）として、蓄電デバイス１０の電圧変化に基づき蓄電デバイス１０の良否を判定する。

[0232] ステップＳＢ６１では、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０に微小な定電流の供給を開始してからの経過時間である供給時間が所定の時間を超えたか否かを判定する。所定の時間は、蓄電デバイス１０が正常な場合と異常な場合とで電圧の変化に差が現れる程度の長さに予め設定される。

[0233] ステップＳＢ６１にて、定電流の供給時間が所定の時間を超えていないと判定された場合には、コントローラ５０Ｂは、供給時間が所定の時間を超えると判定されるまで、蓄電デバイス１０に微小な定電流を供給し続ける。一方、供給時間が所定の時間を超えたと判定された場合には、コントローラ５０Ｂは、ステップＳＢ６２へ移行する。

[0234] このように、電圧センサ４０Ｂは、定電流の供給開始時の電圧である初期電圧と、定電流源２０Ｂから定電流が供給された状態における微小充電電圧と、を測定する。即ち、電圧センサ４０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧を、定電流源２０Ｂから定電流が供給された状態を含み二回以上測定する。

[0235] ステップＳＢ６２では、コントローラ５０Ｂは、電圧センサ４０Ｂによって測定した蓄電デバイス１０の電圧に基づき、蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する。具体的には、コントローラ５０Ｂは、供給開始時の初期電圧と、定電流源２０Ｂから定電流が供給された状態における微小充電電圧と、に基づき、蓄電デバイス１０の電圧変化の近似直線を求める。より詳細には、コントローラ５０Ｂは、制御周期ごとに測定した微小充電電圧に基づき、最小二乗法によって蓄電デバイス１０の電圧変化の近似直線を求める。

[0236] これに代えて、コントローラ５０Ｂは、供給開始時の初期電圧と、定電流源２０Ｂから定電流が供給された状態における供給電圧との差分から蓄電デ

バイス１０の電圧変化を検出するようにしてもよい。この場合、電圧センサ４０Ｂによって蓄電デバイス１０の電圧を二回測定すればよいので、例えばマルチプレクサを用いて切り換えて電圧測定を行うことも可能である。それゆえ、測定装置１Ｂを簡素化することができる。

[0237] ステップＳＢ６３では、近似直線の傾きが所定範囲内であるか否かを判定する。近似直線の傾きが上限値と下限値との間の所定範囲内であると判定された場合には、蓄電デバイス１０は正常な状態であるので、ステップＳＢ６４へ移行する。一方、ステップＳＢ６３にて、近似直線の傾きが所定範囲内ではない、即ち所定範囲の上限値よりも大きいか、又は所定範囲の下限値よりも小さいと判定された場合には、蓄電デバイス１０は異常な状態であるので、ステップＳＢ６５へ移行する。

[0238] ステップＳＢ６４では、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０が正常な状態であるとして、表示部６０Ｂにその旨を表示して使用者に通知する。一方、ステップＳＢ６５では、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０が異常な状態であるとして、表示部６０Ｂにその旨を表示して使用者に通知する。

[0239] 以上の状態演算処理（ＳＢ６）を実行することにより、蓄電デバイス１０の良否判定が完了する。

[0240] 次に、ステップＳＢ６２及びステップＳＢ６３の処理の具体例について図１４及び図１５を参照して説明する。図１４及び図１５の横軸は、蓄電デバイス１０に微小な定電流の供給を開始してからの経過時間である供給時間［ｓ］を示し、縦軸は、電圧センサ４０Ｂが測定した微小充電電圧と初期電圧との差分［μＶ］を示す。

[0241] 図１４に示す例では、供給開始時の初期電圧が、図１２に示した最小点Ａに対応する電圧値であり、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが最も小さい状態であるときの測定データが示されている。

[0242] 図１４に示す実線のデータは、蓄電デバイス１０が正常な状態であるときの電圧変化であり、実線の直線は、ステップＳＢ６２の処理によって求めた

電圧変化の近似直線Ｌｎ１Ｂである。一方、図１４に示す点線のデータは、蓄電デバイス１０が異常な状態であるときの電圧変化であり、破線の直線は、ステップＳＢ６２の処理によって求めた電圧変化の近似直線Ｌａ１Ｂである。また、近似直線Ｌｎ１Ｂの傾きをＲｎとし、近似直線Ｌａ１Ｂの傾きをＲａとする。

[0243] また、図１４に示す二本の二点鎖線の直線は、近似直線の傾きの上限値Ｒｍａｘと下限値Ｒｍｉｎとを各々示すものであり、二本の二点鎖線の直線の間が、蓄電デバイス１０が正常な状態における傾きである。なお、近似直線の傾きの上限値Ｒｍａｘ及び下限値Ｒｍｉｎは、正常な状態の蓄電デバイス１０を用いて予め実測して求めた近似直線の例えば±１０％に設定される。

[0244] 図１４を参照すると、実線で示す近似直線Ｌｎ１Ｂ（傾きＲｎ）は、近似直線の傾きの上限値Ｒｍａｘと下限値Ｒｍｉｎとの間に入っている。よって、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０が正常な状態であると判定する。一方、破線で示す近似直線Ｌａ１Ｂ（傾きＲａ）は、近似直線の傾きの上限値Ｒｍａｘと下限値Ｒｍｉｎとの間に入っていない。よって、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０が異常な状態であると判定する。

[0245] このように、コントローラ５０Ｂは、近似直線の傾きが上限値Ｒｍａｘと下限値Ｒｍｉｎとの間に入っているか否かに基づいて、蓄電デバイス１０が正常な状態であるか、あるいは異常な状態であるかを判定する。

[0246] なお、図１４に示す例では、蓄電デバイス１０の良否判定に６００［ｓ］の測定時間ＴＢ１をかけているが、実線で示す近似直線Ｌｎ１Ｂと破線で示す近似直線Ｌａ１Ｂとの傾きの差は、供給時間が１００［ｓ］程度経過すれば明確に確認できる。このように、測定装置１Ｂでは、蓄電デバイス１０の良否判定を数分程度の短い時間で実行することができる。

[0247] 一方、図１５に示す例では、供給開始時の初期電圧が、図１２に示した最大点Ｂに対応する電圧値であり、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが最も大きい状態であるときの測定データが示されている。実線のデータは、蓄電デバイス１０が正常な状態であるときの電圧変化であり、実線の直線は、ス

テップＳＢ６２の処理によって求めた電圧変化の近似直線Ｌｎ０Ｂである。

[0248] 図１５に示すように、６００［ｓ］の測定時間ＴＢ１では実線で示す近似直線Ｌｎ０Ｂの傾きがほぼゼロであるため、良否判定を行うことは困難である。このため、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが比較的大きいときには、良否判定を行う時間を長くしなければならない。

[0249] 以上のように、本実施形態の測定装置１Ｂは、定電流源２０Ｂからの微小な定電流によって蓄電デバイス１０を充電し、定電流が供給された状態における微小充電電圧を測定して蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する。そして検出した蓄電デバイス１０の電圧変化が正常範囲内であるか否かを判断し、電圧変化が正常範囲内である場合に、蓄電デバイス１０が正常であると判定する。そのため、蓄電デバイス１０の電圧が自己放電により低下するまで待つ必要がないので、蓄電デバイス１０の良否判定にかかる時間が短い。

[0250] このとき、定電流源２０Ｂは、蓄電デバイス１０にて過電圧よりも小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電流を供給して蓄電デバイス１０を充電する。よって、定電流の大きさが比較的小さいので、内部抵抗１４に流れる電流Ｉｉｒ［Ａ］に対して蓄電部１３に流れる電流Ｉｓｔ［Ａ］の割合が大きい。そのため、並列抵抗１５の有無による微小充電曲線の傾きの差が大きくなるので、蓄電デバイス１０が正常であるか否かの判定が容易である。

[0251] これに加え、測定装置１Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧に対する静電容量Ｃｓｔの特性に基づいて蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔの最大値を避けるように測定用電圧を決定する。そして、測定装置１Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧が測定用電圧となるときに微小充電を行う。そのため、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔに起因する電圧変化の縮小が抑制される。

[0252] したがって、短い時間で蓄電デバイス１０の良否判定を行うことができる。

[0253] なお、上記実施形態では電圧センサ４０Ｂが微小な定電流の供給を開始してから初期電圧として蓄電デバイス１０の電圧を測定した。しかしながら、

これに代えて微小な定電流の供給を開始する前に、電圧センサ４０Ｂが初期電圧として蓄電デバイス１０の電圧を測定してもよい。この場合であっても、蓄電デバイス１０の電圧を、定電流が供給された状態を含み二回以上測定することができるので、蓄電デバイス１０の電圧変化の近似直線を求めることができる。

[0254] 次に、第４実施形態による作用効果について説明する。

[0255] 本実施形態における測定装置１Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する装置を構成する。測定装置１Ｂは、蓄電デバイス１０に定電流を供給する定電流源２０Ｂ（供給手段）と、定電流を供給した蓄電デバイス１０に関する電圧を測定する電圧センサ４０Ｂ（測定手段）と、を備える。さらに測定装置１Ｂは、測定した蓄電デバイス１０の電圧変化を検出するコントローラ５０Ｂ（処理手段）を備える。そして測定装置１Ｂは、蓄電デバイス１０の基準となる電気特性に基づいて、蓄電デバイス１０の電圧変化を取得する。

[0256] また、本実施形態における蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する方法は、蓄電デバイス１０に定電流を供給し、定電流を供給した蓄電デバイス１０に関する電圧を測定し、測定した前記蓄電デバイスの電圧変化を検出する。この方法は、蓄電デバイス１０の基準となる電気特性に基づいて、蓄電デバイス１０の自己放電電流又は放電抵抗の大きさに応じて変化する蓄電デバイス１０の電圧変化を取得する。

[0257] 上述した蓄電デバイス１０の基準となる電気特性とは、蓄電デバイス１０の開放状態での電気特性のことであり、蓄電デバイス１０の開放状態における出力電圧と静電容量Ｃｓｔとの関係、及び、蓄電デバイス１０の開放電圧の変動などが含まれる。

[0258] 本実施形態における測定装置１Ｂは、蓄電デバイス１０の開放状態での電気特性を示す情報に基づいて蓄電デバイス１０の電圧変化を検出するための処理を実行する。具体的には、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧が、蓄電デバイス１０の開放状態における出力電圧と静電容量Ｃｓｔと

の関係に基づく測定用電圧（指定電圧）になったか否かを判断する。そしてコントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧が測定用電圧になった場合に定電流源２０Ｂから定電流を蓄電デバイス１０に供給させることにより、蓄電デバイス１０の電圧変化を取得する。より詳細には以下に示す通りである。

[0259] 本実施形態における蓄電デバイス１０の状態を測定する測定方法は、蓄電デバイス１０の電圧と蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔとの関係に基づいて蓄電デバイス１０の状態を測定する際の電圧値を示す測定用電圧を決定する決定ステップ（ＳＢ１）を備える。さらに、測定方法は、蓄電デバイス１０の電圧が上記測定用電圧であるときに蓄電デバイス１０に定電流を供給する供給ステップ（ＳＢ４）と、定電流を供給した蓄電デバイス１０の電圧を測定する測定ステップ（ＳＢ５）と、を備える。また、測定方法は、測定した蓄電デバイス１０の電圧変化に基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を演算する演算ステップ（ＳＢ６）と、を備える。

[0260] そして、本実施形態における蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する検出装置を含む測定装置１Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧が所定の値であるときに蓄電デバイス１０に定電流を供給する定電流源２０Ｂを備える。また、測定装置１Ｂは、定電流を供給した蓄電デバイス１０の電圧を測定する電圧センサ４０Ｂと、測定した蓄電デバイス１０の電圧に基づいて蓄電デバイス１０の電圧変化を検出するコントローラ５０Ｂと、を備える。上記所定の値は、蓄電デバイス１０の電圧と蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔとの関係を特定するためのデータに基づいて定められる。なお、上述した蓄電デバイス１０における電圧と静電容量Ｃｓｔとの関係は、蓄電デバイス１０の基準となる電気特性に含まれる。それゆえ、所定の値は、蓄電デバイス１０の基準となる電気特性に基づく電圧値である。

[0261] さらに、本実施形態における蓄電デバイス１０の状態を測定する測定装置１Ｂは、上述した定電流源２０Ｂ、電圧センサ４０Ｂ及びコントローラ５０Ｂを備える。また、コントローラ５０Ｂは、測定した蓄電デバイス１０の電

圧変化に基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を演算する。

[0262] まず、蓄電デバイス１０の内部状態の違いは、蓄電デバイス１０の電圧の時間変化の違いに現われる。そのため、上述した構成によれば、蓄電デバイス１０に定電流が供給されることによって蓄電デバイス１０の電圧変化を大きくすることができる。したがって、蓄電デバイス１０の電圧変化及び内部状態を求める時間を短縮することができる。

[0263] これに加え、上述した構成によれば、蓄電デバイス１０の電圧と蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔとの関係を考慮して測定用電圧が所定の値に決定される。これにより、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが比較的小さいときに蓄電デバイス１０に定電流を供給することが可能になるので、蓄電デバイス１０の電圧変化を大きくすることができる。

[0264] このように、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔを考慮して蓄電デバイス１０の電圧変化を大きくすることが可能となるので、短い時間で蓄電デバイス１０の状態を求めることができる。

[0265] また、上述した構成によれば、蓄電デバイス１０に定電圧を供給する場合と比較して、定電流源２０Ｂを用いて比較的小さい電流を供給することは容易である。よって、測定装置１Ｂでは、定電流源２０Ｂを用いることで、蓄電デバイス１０にて過電圧よりも小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電流を安定して供給することができる。

[0266] また、本実施形態における測定装置１Ｂのコントローラ５０Ｂは、通常の放電又は充電によって蓄電デバイス１０の電圧が変化する範囲のうち、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが最大となる特定の電圧値近傍を避けるよう測定用電圧を決定する。例えば、測定用電圧は、放電又は充電によって蓄電デバイス１０の電圧が変化する範囲のうち、蓄電デバイス１０の静電容量成分が閾値を下回る電圧値に設定される。閾値は、前記蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔの最大値又は平均値に基づいて設定される。

[0267] この構成によれば、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが最大値（上限値）よりも小さいときに蓄電デバイス１０に定電流が供給される。これにより

、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが最大となる状態で微小充電を行う場合に比べて、蓄電デバイス１０の電圧変化を大きくすることができる。

[0268] また、本実施形態におけるコントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが最大となる特定の電圧値よりも蓄電デバイス１０の測定用電圧を低くする。これにより、蓄電デバイス１０で生じる分解反応が起こり難くなるので、蓄電デバイス１０の電圧変化を大きくしつつ蓄電デバイス１０の劣化を抑制することができる。

[0269] また、本実施形態におけるコントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０を充電又は放電する制御を行う制御ステップ（ＳＢ１２）と、この制御を行っているときに蓄電デバイス１０の電圧を測定する制御測定ステップ（ＳＢ１３）と、を実行する。さらに、コントローラ５０Ｂは、測定した蓄電デバイス１０の電圧に基づいて蓄電デバイス１０の電圧と蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔとの関係を特定するためのデータを生成する生成ステップ（ＳＢ１４）を実行する。

[0270] この構成によれば、蓄電デバイス１０の実測データに基づいて蓄電デバイス１０の測定用電圧が決定されることになるので、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが最大となる特定の電圧値を的確に避けることができる。

[0271] また、本実施形態における定電流源２０Ｂは、蓄電デバイス１０にて過電圧よりも小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電流を供給する。

[0272] この構成によれば、定電流の大きさが小さいので、内部抵抗１４に流れる電流Ｉｉｒ［Ａ］に対して蓄電部１３に流れる電流Ｉｓｔ［Ａ］の割合が大きくなる。そのため、並列抵抗１５の有無による微小充電曲線の傾きの差が大きくなるので、蓄電デバイス１０が正常であるか否かの判定が容易である。

[0273] ＜変形例＞

次に、第４実施形態の変形例に係る測定装置１Ｂのコントローラ５０Ｂについて説明する。本変形例のコントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の測

定条件に基づいて測定用電圧を決定する点が上記実施形態と異なる。

[0274] 本変形例のコントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧を測定するための測定時間ＴＢ１又は電圧変化の検出に必要とされる電圧変化量ΔＶに基づいて、図１２に示した静電容量Ｃｓｔに関する閾値Ｔｈを設定する。ここでは、電圧変化量ΔＶは、初期電圧から測定時間ＴＢ１が経過した時の変化量を指す。

[0275] 例えば、別個の測定装置１Ｂごとに測定時間ＴＢ１又は電圧変化量ΔＶが異なる場合は、コントローラ５０Ｂは、予め定められた測定時間ＴＢ１と電圧変化量ΔＶとに基づいて、電圧変化を検出可能な静電容量Ｃｓｔの上限値を算出する。具体的には、コントローラ５０Ｂは、上式（８）を用いて、測定時間ＴＢ１の値をｄｔに代入し、電圧変化量ΔＶの値をｄｔに代入することにより、静電容量Ｃｓｔの上限値を算出する。

[0276] そしてコントローラ５０Ｂは、算出した静電容量Ｃｓｔの上限値を閾値Ｔｈに設定する。閾値Ｔｈは、言い換えると、測定時間ＴＢ１又は電圧変化量ΔＶに基づいて設定される。これにより、コントローラ５０Ｂは、算出した静電容量Ｃｓｔの上限値を下回る電圧値を測定用電圧として決定することができる。

[0277] このように、コントローラ５０Ｂは、測定時間ＴＢ１又は電圧変化量ΔＶに基づいて蓄電デバイス１０の測定用電圧を決定する。

[0278] また、測定時間ＴＢ１が可変である場合は、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧の現在値に基づいて測定時間ＴＢ１を設定してもよい。この場合、コントローラ５０Ｂは、電圧センサ４０Ｂから蓄電デバイス１０の電圧を取得すると、図１２に示した特性データを参照し、取得した電圧に対応付けられた静電容量Ｃｓｔを算出する。そしてコントローラ５０Ｂは、算出した静電容量Ｃｓｔと予め定められた電圧変化量ΔＶとを式（８）に代入して、測定時間ＴＢ１の値を算出する。電圧変化量ΔＶが可変である場合についても同様である。

[0279] 第４実施形態の変形例によれば、コントローラ５０Ｂは、定電流を供給し

た蓄電デバイス１０の電圧変化を検出するための測定時間ＴＢ１又は検出に必要とされる電圧変化量ΔＶに基づいて蓄電デバイス１０の測定用電圧を決定する。これにより、蓄電デバイス１０の静電容量Ｃｓｔが上限を超えない状態で微小充電が行われるので、蓄電デバイス１０の測定精度を確保することができる。

[0280] （第５実施形態）

次に、第５実施形態に係る測定装置１Ｂのコントローラ５０Ｂについて説明する。以下では、並列抵抗１５の抵抗値を放電抵抗Ｒｐｒと称し、並列抵抗１５に流れる電流を自己放電電流Ｉｐｒと称する。

[0281] 本実施形態のコントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒ又は自己放電電流Ｉｐｒを演算する点が第４実施形態とは異なる。

[0282] コントローラ５０Ｂは、定電流源２０Ｂから蓄電デバイス１０に供給される定電流を、第一の電流値を示す定電流と、第二の電流値を示す定電流と、の間で切り替える。以下では、第一の電流値を示す定電流を、単に「第一の定電流」とも称し、第二の電流値を示す定電流を、単に「第二の定電流」とも称する。

[0283] 第一の電流値は、第４実施形態と同様、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒの基準値に対して一倍又は数倍に設定され、本実施形態では、自己放電電流Ｉｐｒの基準値を一倍した１０［μＡ］に設定される。また、第二の電流値は、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒの基準値に対して数十倍以上に設定され、本実施形態では、自己放電電流Ｉｐｒの基準値の五十倍に設定される。

[0284] 上述した自己放電電流Ｉｐｒの基準値は、既知の情報である。例えば、自己放電電流Ｉｐｒの基準値は、多数の蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを集計した統計データ、又は、電気特性が正常である特定の蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒの試験結果などを用いて予め定められる。

[0285] 続いて、コントローラ５０Ｂは、定電流源２０Ｂから供給された定電流の大きさごとに、蓄電デバイス１０の電圧に基づいて蓄電デバイス１０の電圧

変化を検出する。

[0286] 本実施形態では、コントローラ５０Ｂは、定電流の各々について、図１４に示したように、定電流の供給開始時の初期電圧と、定電流源２０Ｂから定電流が供給された状態における微小充電電圧と、に基づき蓄電デバイス１０の電圧変化の傾きを求める。これに代えて、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０に供給される定電流の大きさごとに、蓄電デバイス１０の電圧変化の近似直線Ｌｎ１Ｂを求め、その近似直線Ｌｎ１Ｂの傾きを電圧変化の傾きとして用いてもよい。

[0287] コントローラ５０Ｂは、定電流の大きさごとに求められた蓄電デバイス１０の電圧変化の傾きと、蓄電デバイス１０の蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求める数式と、を用いて、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを演算する。ここで、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒの演算手法について説明する。

[0288] 蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求める数式は、第一の電流値Ｉ１を示す定電流を蓄電デバイス１０に充電したときの電圧変化の傾きＡ１と、蓄電部１３に充電される電流Ｉｓｔ［Ａ］と、を用いて表わすことができる。蓄電部１３に充電される電流Ｉｓｔ［Ａ］は、静電容量Ｃｓｔに蓄積される単位時間あたりの電荷量である。蓄電部１３に充電される電流Ｉｓｔ［Ａ］は、図８に示した内部抵抗１４に流れる電流である第一の電流値Ｉ１から、並列抵抗１５に流れる自己放電電流Ｉｐｒを減じた値（Ｉ１－Ｉｐｒ）に相当する。

[0289] したがって、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求める数式は、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒと、第一の電流値Ｉ１と、第一の定電流を蓄電デバイス１０に充電したときの電圧変化の傾きＡ１と、を用いて表すことができる。蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求める数式を、次式（９）に示す。

[0290] [数9]

$$C_{st} = \frac{I_1 - I_{pr}}{A1} \qquad \cdots (9)$$

[0291] さらに、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求める数式は、第二の電流値Ｉ２と、第二の電流値Ｉ２を示す定電流を蓄電デバイス１０に充電したときの電圧変化の傾きＡ２と、を用いて、次式（１０）のように表わすことができる。

[0292] [数10]

$$C_{st}=\frac{I_2}{A2} \qquad \cdots (10)$$

[0293] 上式（１０）において、静電容量Ｃｓｔに充電される電流Ｉｓｔ［Ａ］は、第二の定電流の電流値Ｉ２から自己放電電流Ｉｐｒを減じた値（Ｉ２－Ｉｐｒ）に相当する。しかしながら、図８に示した内部抵抗１４に流れる電流である第二の定電流の電流値Ｉ２は、上述のとおり、並列抵抗１５に流れる自己放電電流Ｉｐｒよりも十分に大きいため、次式（１１）のように近似することができる。

[0294] [数11]

$$I_2 \approx (I_2 - I_{pr}) \qquad \cdots (11)$$

[0295] このため、上式（１０）では、第二の定電流の電流値Ｉ２から自己放電電流Ｉｐｒを減じた電流値（Ｉ２－Ｉｐｒ）に代えて、第二の定電流の電流値Ｉ２が用いられている。続いて、式（９）及び式（１０）を自己放電電流Ｉｐｒについて解くと、次式（１２）が導出される。

[0296] [数12]

$$I_{pr}=I_1-\frac{A1}{A2}I_2 \qquad \cdots (12)$$

[0297] このように、定電流の大きさごとに求めた電圧変化の傾きＡ１，Ａ２及び定電流の電流値Ｉ１，Ｉ２を、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求める数式に代入することにより、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを算出することができる。

[0298] 続いて、コントローラ５０Ｂは、算出した自己放電電流Ｉｐｒに基づいて蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを演算する。

[0299] 本実施形態では、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒにより蓄電デバイス１０の開放電圧（ＯＣＶ）を除して蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを算出する。蓄電デバイス１０の開放電圧（ＯＣＶ）は、定電流の供給を開始する前に電圧センサ４０Ｂによって測定された蓄電デバイス１０の電圧値を用いてもよく、あるいは、蓄電デバイス１０の試験結果などを用いて予め定められた電圧値を用いてもよい。

[0300] これに代えて、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒと放電抵抗Ｒｐｒとの関係を表わす対応テーブル又は関数を予め記憶しておき、この対応テーブル又は関数を用いて放電抵抗Ｒｐｒを算出してもよい。

[0301] 最後に、コントローラ５０Ｂは、算出した放電抵抗Ｒｐｒに基づいて蓄電デバイス１０が正常であるか否かを判定する。

[0302] 本実施形態では、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の抵抗範囲内にあるか否かを判定する。所定の抵抗範囲の上限値及び下限値は、複数の蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを集計した統計データ、又は、電気特性が正常である特定の蓄電デバイス１０の試験結果などを用いて予め定められる。

[0303] そしてコントローラ５０Ｂは、放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の抵抗範囲内にあると判定した場合には、蓄電デバイス１０が正常な状態であると判定する。また、コントローラ５０Ｂは、放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の範囲内にないと判定した場合には、蓄電デバイス１０が異常であると判定する。

[0304] これに代えて、放電抵抗Ｒｐｒごとに蓄電デバイス１０の正常又は異常を示す診断テーブルをコントローラ５０Ｂに予め記憶してもよい。この場合、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを算出すると、診断テーブルを参照し、算出した放電抵抗Ｒｐｒに対応付けられた蓄電デバイス１０の内部状態を特定する。

[0305] なお、本実施形態ではコントローラ５０Ｂが、放電抵抗Ｒｐｒの算出値に基づいて蓄電デバイス１０の良否判定を行ったが、これに代えて、自己放電

電流Ｉｐｒの算出値を用いて蓄電デバイス１０が正常な状態であるか否かを判定してもよい。この場合、コントローラ５０Ｂは、自己放電電流Ｉｐｒの算出値が、例えば所定の電流範囲内にあるか否かを判定し、その算出値が所定の電流範囲内にあると判定したときに蓄電デバイス１０が正常な状態であると判定する。

[0306] また、本実施形態ではコントローラ５０Ｂが、蓄電デバイス１０に電流値が異なる定電流を順次供給するように定電流源２０Ｂの動作を制御した。しかしながら、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔが既知であれば、第一の電流値Ｉ１を示す定電流のみ供給するようにしてもよい。この場合、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔがコントローラ５０Ｂに予め記憶される。そして、コントローラ５０Ｂは、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔと、第一の電流値Ｉ１と、第一の電流値Ｉ１に対応する電圧変化の傾きＡ１と、を上式（９）に代入して自己放電電流Ｉｐｒを算出する。

[0307] コントローラ５０Ｂに記憶される静電容量Ｃｓｔについては、複数の蓄電デバイス１０における蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを集計した統計データ、又は、特定の蓄電デバイス１０の試験結果などを用いて予め定められる。これに代えて、第二の電流値Ｉ２を示す定電流を蓄電デバイス１０に充電し、そのときの電圧変化の傾きＡ２と第二の電流値Ｉ２とを上式（１０）に代入して蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求めてもよい。

[0308] 次に、図１６を参照して、第５実施形態に係る測定装置１Ｂを用いた測定方法について説明する。図１６は、測定装置１Ｂによる状態演算処理（ＳＢ６）の一例を示すフローチャートである。

[0309] 本実施形態に係る状態演算処理（ＳＢ６）は、図１３に示したステップＳＢ６３の処理に代えて、ステップＳＢ６３１乃至ＳＢ６３５の処理を備えている。ここでは、ステップＳＢ６３１乃至ＳＢ６３５の各処理についてのみ説明し、他の処理については第４実施形態と同じであるため説明を省略する。

[0310] ステップＳＢ６２にて、コントローラ５０Ｂは、図９のステップＳＢ４で

設定された第一の電流値Ｉ１を示す定電流を充電したときの蓄電デバイス１０の電圧変化の近似直線Ｌｎ１Ｂを求めて近似直線Ｌｎ１Ｂの傾きＡ１を取得する。そして、コントローラ５０Ｂは、ステップＳＢ６３１へ進む。

[0311] ステップＳＢ６３１では、コントローラ５０Ｂは、定電流源２０Ｂから蓄電デバイス１０に供給される定電流を、第一の定電流から、第一の電流値Ｉ１よりも大きい第二の電流値Ｉ２を示す定電流へ切り替える。

[0312] ステップＳＢ６３２及びステップＳＢ６３３の処理は、それぞれステップＳＢ６１及びステップＳＢ６２の処理と同様である。そのため、ステップＳＢ６３２及びＳＢ６３３では、コントローラ５０Ｂは、所定の時間だけ蓄電デバイス１０の電圧を測定し、第二の定電流を充電したときの電圧変化の近似直線Ｌｎ２を求めて近似直線Ｌｎ２の傾きＡ２を取得する。

[0313] ステップＳＢ６３４では、コントローラ５０Ｂは、第一の電流値Ｉ１及び第二の電流値Ｉ２を示す定電流の大きさごとに取得した近似直線の傾きＡ１，Ａ２に基づいて蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを演算する。

[0314] 本実施形態では、コントローラ５０Ｂは、第一の電流値Ｉ１と、近似直線の傾きＡ１と、第二の電流値Ｉ２と、近似直線の傾きＡ２と、を上式（１２）に代入して蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを算出する。そしてコントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の開放電圧（ＯＣＶ）を蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒで除して蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを算出する。

[0315] ステップＳＢ６３５では、コントローラ５０Ｂは、算出した蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒに基づいて蓄電デバイス１０が正常であるか否かを判定する。

[0316] 本実施形態では、コントローラ５０Ｂは、放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の抵抗範囲内にあるか否かを判定する。放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の抵抗範囲内にあると判定された場合には、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０は正常な状態であるため、ステップＳＢ６４へ進む。一方、放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の抵抗範囲内にはない、即ち、抵抗範囲の上限値より

も大きいか、又は抵抗範囲の下限値よりも小さいと判定された場合には、蓄電デバイス１０は異常な状態である、コントローラ５０Ｂは、ステップＳＢ６５へ進む。

[0317] 以上の状態演算処理（ＳＢ６）を実行することで、蓄電デバイス１０の良否判定が完了する。

[0318] なお、図１６に示した例では、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０に供給される定電流の大きさを一回だけ切り替えて蓄電デバイス１０の電圧変化の傾きを二回求めることにより自己放電電流Ｉｐｒを算出した。これに代えて、複数回、定電流の大きさを切り替えて電圧変化の近似直線の傾きを順次求めることにより複数の自己放電電流Ｉｐｒを算出し、これらの平均値又は中央値などの統計値を最終結果として用いてもよい。

[0319] また、本実施形態ではコントローラ５０Ｂが定電流源２０Ｂから蓄電デバイス１０の正極電極１１に供給される定電流の大きさを切り替えて自己放電電流Ｉｐｒを算出したが、これに限られるものではない。例えば、定電流源２０Ｂと蓄電デバイス１０との接続関係を逆にし、定電流源２０Ｂから蓄電デバイス１０の負極電極１２に定電流を供給して蓄電デバイス１０を放電し、この状態において定電流の大きさを切り替えてもよい。この場合であっても、上記実施形態のように自己放電電流Ｉｐｒを算出することが可能である。

[0320] さらに、本実施形態では定電流源２０Ｂから蓄電デバイス１０に供給される定電流の大きさを切り替えたが、定電流の向きを切り替えても自己放電電流Ｉｐｒ及び放電抵抗Ｒｐｒを算出することができる。以下に、蓄電デバイス１０に供給される定電流の向きを切り替えた場合における蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを演算する手法について簡単に説明する。

[0321] 蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔは、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒと、第一の電流値Ｉ１を示す定電流を蓄電デバイス１０に充電したときの電圧変化の傾きＡｃと、を用いて次式（１３）のように表わすことができる。さらに蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔは、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉ

ｐｒと、第二の電流値Ｉ２を示す定電流によって蓄電デバイス１０が放電したときの電圧変化の傾きＡｄと、を用いて次式（１４）のように表わすことができる。

[0322] [数13]

$$C_{st}=\frac{I_1-I_{pr}}{Ac} \quad \cdots (13)$$

[数14]

$$C_{st}=\frac{I_2+I_{pr}}{Ad} \quad \cdots (14)$$

[0323] 上記の式（１３）及び式（１４）を自己放電電流Ｉｐｒについて解くと、次式（１５）が導出される。

[0324] [数15]

$$I_{pr}=\frac{I_1\cdot Ad-I_2\cdot Ac}{Ad+Ac} \quad \cdots (15)$$

[0325] したがって、第一の電流値Ｉ１を示す定電流を充電したときの電圧変化の傾きＡｃと、第二の電流値Ｉ２を示す定電流で放電したときの電圧変化の傾きＡｄと、を上式（１５）に代入することで、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを算出することができる。算出した自己放電電流Ｉｐｒで蓄電デバイス１０の開放電圧を除して放電抵抗Ｒｐｒが算出される。

[0326] この場合、第一の電流値Ｉ１及び第二の電流値Ｉ２については、少なくとも一方の絶対値が、自己放電電流Ｉｐｒの基準値に対して一倍又は数倍に設定されていればよく、双方の絶対値が、互いに同じ値でも異なる値であってもよい。例えば、第一の電流値Ｉ１は、自己放電電流Ｉｐｒの基準値を一倍した１０［μＡ］に設定され、第二の電流値Ｉ２は、第一の電流値Ｉ１に「－１」を乗算した値、即ち－１０［μＡ］に設定される。また、電圧変化の傾きＡｃ，Ａｄについては、図１４で述べた手法と同様の手法により取得される。

[0327] また、本実施形態ではコントローラ５０Ｂが定電流の大きさを切り替えたが、定電流の大きさを切り替えた後に定電流の向きを切り替えてもよく、定

電流の向きを切り替えた後に定電流の大きさを切り替えてもよい。この場合には、複数の自己放電電流Ｉｐｒが得られるので、これらの平均値などを最終結果として用いてもよい。

[0328] また、本実施形態ではコントローラ５０Ｂが定電流を切り替えて蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを算出したが、定電流を切り替えることなく自己放電電流Ｉｐｒを算出してもよい。例えば、式（９）中の蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔが既知であれば、蓄電デバイス１０の電圧変化の近似直線の傾きＡ１を求め、その傾きＡ１と、第一の電流値Ｉ１と、既知の静電容量Ｃｓｔを上式（９）に代入して自己放電電流Ｉｐｒを算出してもよい。あるいは、上式（９）中の蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔ及び第一の電流値Ｉ１に、予め実測した測定値又は予測値をそれぞれ代入して近似直線の傾きＡ１と自己放電電流Ｉｐｒとの関係を示す演算テーブルを生成する。そして、生成した演算テーブルをコントローラ５０Ｂに予め記録しておいてもよい。この場合、コントローラ５０Ｂは、近似直線の傾きＡ１を求めると、演算テーブルを参照し、求めた近似直線の傾きＡ１に関係付けられた自己放電電流Ｉｐｒを算出する。

[0329] また、蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒは、上述したように、蓄電デバイス１０の開放電圧（ＯＣＶ）を自己放電電流Ｉｐｒで除して算出される。このため、蓄電デバイス１０の開放電圧（ＯＣＶ）が既知であれば、近似直線の傾きＡ１と放電抵抗Ｒｐｒとの関係を示す演算テーブルを生成してコントローラ５０Ｂに予め記憶しておいてもよい。この場合、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧変化の近似直線の傾きＡ１を求めると、演算テーブルを参照し、求めた近似直線の傾きＡ１に関係付けられた放電抵抗Ｒｐｒを算出する。

[0330] 以上のように、本実施形態では、短い時間で検出した蓄電デバイス１０の一又は複数の電圧変化に基づいて自己放電電流Ｉｐｒ又は放電抵抗Ｒｐｒが算出されるので、コントローラ５０Ｂは、蓄電デバイス１０の内部状態を迅速に推定することができる。

[0331] 次に、第５実施形態による作用効果について説明する。

[0332] 本実施形態における測定装置１Ｂのコントローラ５０Ｂは、測定した蓄電デバイス１０の電圧変化に基づいて蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒ又は自己放電電流Ｉｐｒが流れる蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを演算する。

[0333] この構成によれば、短い時間で蓄電デバイス１０の電圧変化の検出した結果を、例えば上記の式（９）、式（１２）又は式（１５）に代入することにより、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒ又は放電抵抗Ｒｐｒを求めることができる。したがって、短い時間で、蓄電デバイス１０の内部状態として自己放電電流Ｉｐｒ及び放電抵抗Ｒｐｒを測定することができる。

[0334] （第６実施形態）

次に、図１７を参照して、第６実施形態に係る測定装置２Ｂについて説明する。図１７は、測定装置２Ｂの構成を示す図である。測定装置２Ｂは、図８に示した構成に加えて基準電圧源３０Ｂを備えている。

[0335] 基準電圧源３０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧に対して基準となる基準電圧を生成する。例えば、基準電圧は、蓄電デバイス１０の電圧が３Ｖ程度である場合は、蓄電デバイス１０の電圧に対して「－１Ｖ」から「＋１Ｖ」までの範囲内に設定される。基準電圧源３０Ｂは、例えば電圧生成回路によって構成される。

[0336] 電圧センサ４０Ｂは、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を測定する。すなわち、電圧センサ４０Ｂは、間接的に蓄電デバイス１０の電圧の変化を測定する。

[0337] 第６実施形態によれば、蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差を測定することによって、蓄電デバイス１０の電圧の直流成分の一部が除去されるので、電圧センサ４０Ｂの分解能を上げることができる。それゆえ、電圧センサ４０Ｂの内部ノイズによる影響が低減されるので、測定時間を短縮することができる。

[0338] なお、基準電圧源３０Ｂは、蓄電デバイス１０と同じ種類である他の蓄電

デバイスによって構成されてもよい。同じ環境下にある蓄電デバイス１０と他の蓄電デバイスとの電位差を測定することによって、蓄電デバイス１０の温度変化に伴う電圧変動成分が除去されるので、蓄電デバイス１０の内部状態の違いに起因する電圧変化の検出精度を高めることができる。

[0339] 以上、第４乃至第６実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではない。

[0340] 例えば、蓄電デバイス１０の電圧変化の程度は蓄電デバイス１０の内部温度に応じて変わる。この性質を利用して蓄電デバイス１０の電圧変化と内部温度との関係を示す温度テーブルをコントローラ５０Ｂに予め記憶しておく。そして、コントローラ５０Ｂは、検出した蓄電デバイス１０の電圧変化に基づいて蓄電デバイス１０の内部温度を推定してもよい。

[0341] また、上記実施形態では蓄電デバイス１０の電圧変化を用いて自己放電電流Ｉｐｒ及び放電抵抗Ｒｐｒを算出したが、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを算出してもよい。例えば、第二の電流値Ｉ２を示す定電流を蓄電デバイス１０に充電したときの電圧変化の傾きＡ２と第二の電流値Ｉ２とを上式（１０）に代入して蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを算出する。

[0342] これに加え、コントローラ５０Ｂは、算出した静電容量Ｃｓｔに基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を判定してもよい。例えば、コントローラ５０Ｂは、静電容量Ｃｓｔの算出値が所定の正常範囲内にあるか否かを判定することで、蓄電デバイス１０の良否を判定する。

[0343] また、上記実施形態では一つの蓄電デバイス１０を測定したが、複数の蓄電デバイス１０が直列接続された蓄電装置を測定することができる。また、測定装置１Ｂには表示部６０Ｂが含まれているが、表示部６０Ｂを省略してもよい。

[0344] （第７実施形態）

以下、図１８から図２５を参照して、第７実施形態に係る蓄電デバイス１０の測定装置（以下、単に「測定装置」と称する。）１Ｃについて説明する

。

[0345] まず、図１８を参照して、蓄電デバイス１０の構成及び測定装置１Ｃの構成について説明する。図１８は、測定装置１Ｃの構成を示す図である。

[0346] 蓄電デバイス１０は、例えば、リチウムイオン二次電池の単一の蓄電セルである。蓄電デバイス１０は、二次電池（化学電池）に限らず、例えば、電気二重層キャパシタであってもよい。また、蓄電デバイス１０は、複数の蓄電セルが直列に接続されてなる蓄電モジュールであってもよい。

[0347] 蓄電デバイス１０は、図１８のように、等価回路モデルによって示される。蓄電デバイス１０は、等価回路モデルによれば、正極電極１１と、負極電極１２と、蓄電部１３と、内部抵抗１４と、並列抵抗１５と、を有する。蓄電部１３、内部抵抗１４及び並列抵抗１５は、それぞれ蓄電デバイス１０の内部状態を表わす等価回路の素子である。

[0348] 蓄電部１３は、蓄電デバイス１０の静電容量成分である。蓄電部１３は、蓄電デバイス１０のセル電圧よりも高い電圧が印加されると、電荷が蓄積されて充電される。蓄電部１３では、充電時に流れる電流が比較的小さい場合には主に電気二重層反応が起こり、充電時に流れる電流が比較的大きい場合には主に化学反応が起こる。ここでは、蓄電部１３の静電容量をＣｓｔ［Ｆ］とし、蓄電部１３に流れる電流をＩｓｔ［Ａ］とする。

[0349] 内部抵抗１４は、正極電極１１と負極電極１２との間で、蓄電部１３に直列に接続される直列抵抗である。ここでは、内部抵抗１４の抵抗値をＲｉｒ［ｍΩ］とし、内部抵抗１４に流れる電流をＩｉｒ［Ａ］とする。

[0350] 並列抵抗１５は、蓄電部１３に並列に接続される放電抵抗である。並列抵抗１５に流れる電流は、自己放電電流、いわゆる漏れ電流である。ここでは、並列抵抗１５の抵抗値をＲｐｒ［ｋΩ］とし、並列抵抗１５に流れる自己放電電流をＩｐｒ［Ａ］とする。

[0351] 測定装置１Ｃは、蓄電デバイス１０の状態を測定するための装置又はシステムであり、蓄電デバイス１０の電圧の時間変化、即ち電圧変化を検出する検出装置を含む。測定装置１Ｃは、供給手段としての定電流源２０Ｃと、測

定手段としての電圧センサ４０Ｃと、取得手段及び演算手段としてのコントローラ５０Ｃと、表示部６０Ｃと、を備える。

[0352] 定電流源２０Ｃは、蓄電デバイス１０の内部状態を検出するための定電流を蓄電デバイス１０の正極電極１１に供給することによって蓄電デバイス１０を充電する直流電源である。定電流源２０Ｃは、蓄電デバイス１０に供給される電流を所定の大きさに維持する。定電流源２０Ｃは、蓄電デバイス１０にて過電圧よりも小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電流を供給して蓄電デバイス１０を充電する。

[0353] 本実施形態では、定電流源２０Ｃから供給される定電流は、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒの基準となる値に対して一倍又は数倍に設定される。自己放電電流Ｉｐｒの基準値は、既知の情報であり、例えば、多数の蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを集計した統計データ、又は、電気特性が正常である特定の蓄電デバイス１０の試験結果などを用いて予め定められる。例えば、定電流源２０Ｃから供給される定電流は１０［μＡ］に設定される。このように、定電流は、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒの値に基づいて定められる。

[0354] ここで、蓄電デバイス１０に定電圧を印加して蓄電デバイス１０を充電する場合は、蓄電デバイス１０にて過電圧よりも小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電圧を安定して印加することは困難である。これに対して、定電流源２０Ｃを用いてマイクロアンペア（μＡ）オーダーの比較的小さな電流を供給することは容易である。よって、測定装置１Ｃでは、定電流源２０Ｃを用いることによって、蓄電デバイス１０にて過電圧よりも小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電流を安定して供給することができる。

[0355] 電圧センサ４０Ｃは、蓄電デバイス１０の電圧を測定する直流電圧計である。電圧センサ４０Ｃは、測定した電圧を時系列に示す電気信号をコントローラ５０Ｃに出力する。本実施形態では、電圧センサ４０Ｃは、定電流源２０Ｃから定電流が供給された状態を含み、少なくとも二回以上、蓄電デバイ

ス１０の電圧を測定する。

[0356] コントローラ５０Ｃは、中央演算装置（ＣＰＵ）、読み出し専用メモリ（ＲＯＭ）、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、及び入出力インタフェース（Ｉ／Ｏインタフェース）を備えたマイクロコンピュータで構成される。コントローラ５０Ｃは、複数のマイクロコンピュータで構成することも可能である。コントローラ５０Ｃは、ＲＯＭに記憶されたプログラムをＣＰＵによって読み出すことによって測定装置１Ｃの各種動作を制御する制御装置である。

[0357] コントローラ５０Ｃは、定電流源２０Ｃ及び電圧センサ４０Ｃを制御して蓄電デバイス１０の内部状態を測定する状態測定処理を実行する。具体的には、コントローラ５０Ｃは、定電流源２０Ｃから蓄電デバイス１０への電流供給を制御するとともに、電圧センサ４０Ｃが測定した電圧を示す電気信号に基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を演算する。

[0358] 例えば、コントローラ５０Ｃは、定電流源２０Ｃから蓄電デバイス１０に定電流を供給した状態において電圧センサ４０Ｃから電気信号を取得し、その電気信号に示される蓄電デバイス１０の電圧についての時間変化を検出する。コントローラ５０Ｃは、検出した蓄電デバイス１０の電圧変化に基づいて蓄電デバイス１０の自己放電状態を推定する。

[0359] 表示部６０Ｃは、コントローラ５０Ｃによる判定結果又は算出結果などの情報を表示して使用者に通知する。表示部６０Ｃは、例えばタッチスクリーンであり、使用者が情報を視認可能、かつ使用者が操作可能なように構成される。

[0360] 操作部７０Ｃは、コントローラ５０Ｃの動作を操作するための操作信号を生成する。操作部７０Ｃは、例えば、キーボード及びマウスなどによって構成される入力装置である。操作部７０Ｃは、使用者の入力操作により、例えば状態測定処理の実行を指示する操作信号をコントローラ５０Ｃに出力する。

[0361] 次に、図１９を参照して、本実施形態に係る測定装置１Ｃのコントローラ

５０Ｃの構成について説明する。図１９は、コントローラ５０Ｃの機能構成を示すブロック図である。

[0362] コントローラ５０Ｃは、操作受付部５１と、測定指令部５２と、電圧取得部５３と、記憶部５４と、演算部５５と、を備える。

[0363] 操作受付部５１は、図１８に示した操作部７０Ｃによって生成される操作信号を受け付ける。操作受付部５１は、蓄電デバイス１０の状態測定処理の実行を指示する操作信号を受け付けると、状態測定処理の実行を測定指令部５２に指示する。

[0364] 測定指令部５２は、操作受付部５１から上述した指示を受けると、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを検出するための電流値を示す制御信号を定電流源２０Ｃに送信する。また、測定指令部５２は、蓄電デバイス１０の電圧測定を指示する制御信号を電圧センサ４０Ｃに送信する。

[0365] 電圧取得部５３は、電圧センサ４０Ｃから蓄電デバイス１０の電圧を示す電気信号を受信する。電圧取得部５３は、受信した電気信号を測定データとして記憶部５４に記録する。

[0366] 記憶部５４は、ＲＯＭ及びＲＡＭによって構成され、蓄電デバイス１０の状態測定処理を実行するためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を構成する。記憶部５４は、蓄電デバイス１０の状態測定処理の実行に必要となる情報を記憶する。

[0367] 本実施形態では、記憶部５４は、定電流記憶部５４１と、変動情報記憶部５４２と、測定電圧記憶部５４３と、を備える。

[0368] 定電流記憶部５４１は、定電流源２０Ｃから蓄電デバイス１０に供給される定電流の電流値を記憶する。定電流記憶部５４１に記憶される電流値は、予め定められたものでもよく、使用者の入力操作によって操作受付部５１から記録されたものでもよい。本実施形態では、定電流の電流値は、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒの基準値に設定され、例えば１０［μＡ］に設定される。

[0369] 変動情報記憶部５４２は、蓄電デバイス１０の開放電圧の変動を特定する

ための変動情報を記憶する。ここにいう蓄電デバイス１０の開放電圧とは、蓄電デバイス１０の状態を正極電極１１及び負極電極１２を開放した状態での蓄電デバイス１０の電圧のことをいう。例えば、蓄電デバイス１０に定電流源２０Ｃが接続された状態であっても定電流源２０Ｃから蓄電デバイス１０への定電流の供給を停止した状態も、蓄電デバイス１０の正極電極１１及び負極電極１２を開放した状態に含まれる。

[0370] 変動情報記憶部５４２に記憶される変動情報としては、例えば、蓄電デバイス１０の開放電圧の時間変化を示す実測データ、統計データ、理論式から得られる理論データ、又は等価回路を用いたシミュレーション結果などが用いられる。また、上記データに代えて、蓄電デバイス１０の開放電圧の時間変化を近似した近似式又は近似直線の傾きなどが変動情報として用いられてもよい。

[0371] 本実施形態では、蓄電デバイス１０の変動情報として、蓄電デバイス１０に定電流を供給する直前に電圧センサ４０Ｃによって測定された蓄電デバイス１０の開放電圧を時系列に示す電気信号が変動情報記憶部５４２に記憶されている。この場合、電圧取得部５３は、定電流源２０Ｃから定電流の供給を開始する直前において電圧センサ４０Ｃから蓄電デバイス１０の開放電圧を示す電気信号を取得する。また、電圧取得部５３は、取得した電気信号を蓄電デバイス１０の変動情報として変動情報記憶部５４２に記録する。

[0372] 測定電圧記憶部５４３は、蓄電デバイス１０の測定電圧を時系列に示す測定データを記憶する。ここにいう蓄電デバイス１０の測定電圧とは、定電流源２０Ｃから定電流を蓄電デバイス１０に供給した状態において電圧センサ４０Ｃが測定した蓄電デバイス１０の電圧のことをいう。蓄電デバイス１０への定電流の供給時に電圧取得部５３が、電圧センサ４０Ｃから取得した電気信号を測定データとして測定電圧記憶部５４３に記録する。

[0373] 演算部５５は、定電流を供給した蓄電デバイス１０の測定電圧の変化に基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を演算する。このとき、演算部５５は、記憶部５４に予め記憶された変動情報に基づいて蓄電デバイス１０の測定電

圧の変化を補正する。

[0374] 本実施形態では、演算部５５は、電圧変化検出部５５１と、電圧変化補正部５５２と、内部状態演算部５５３と、を備える。

[0375] 電圧変化検出部５５１は、電圧センサ４０Ｃが測定した蓄電デバイス１０の測定電圧に基づいて蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を検出する検出手段を構成する。

[0376] 本実施形態では、電圧変化検出部５５１は、測定電圧記憶部５４３から蓄電デバイス１０の測定データを読み出し、読み出した測定データに基づき蓄電デバイス１０の測定電圧の時間変化の傾き、即ち測定電圧の時間変化率を求める。例えば、電圧変化検出部５５１は、測定電圧記憶部５４３を参照する。そして、電圧変化検出部５５１は、定電流の供給開始時の初期電圧と、定電流源２０Ｃから定電流が供給された状態における充電電圧と、に基づいて、定電流を供給した状態での蓄電デバイス１０の電圧変化の傾きを求める。

[0377] 電圧変化検出部５５１は、求めた電圧変化の傾きを検出結果として電圧変化補正部５５２に出力する。電圧変化検出部５５１は、電圧変化の傾きに代えて、定電流の供給開始時から、予め定められた測定時間の経過時までの測定電圧の変化量を検出結果として算出してもよい。

[0378] 電圧変化補正部５５２は、変動情報記憶部５４２に記憶された蓄電デバイス１０の変動情報に基づいて蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を補正する補正手段を構成する。

[0379] 本実施形態では、電圧変化補正部５５２は、変動情報記憶部５４２から蓄電デバイス１０の変動情報を読み出し、読み出した変動情報に基づいて蓄電デバイス１０の開放電圧の変動を特定する。電圧変化補正部５５２は、特定した開放電圧の変動を、電圧変化検出部５５１が検出した蓄電デバイス１０の測定電圧の変化から減じて、蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を補正する。

[0380] 具体的には、電圧変化補正部５５２は、電圧センサ４０Ｃが測定した蓄電

デバイス１０の開放電圧を時系列に示す変動情報に基づき、蓄電デバイス１０の開放電圧の電圧変動の傾きを求める。続いて電圧変化補正部５５２は、電圧変化検出部５５１から蓄電デバイス１０の測定電圧の時間変化の傾きを取得すると、取得した時間変化の傾きを、求めた電圧変動の傾きから減算する。そして電圧変化補正部５５２は、減算した値を補正後の測定電圧の変化として内部状態演算部５５３に出力する。

[0381] これに代えて、電圧変化補正部５５２は、変動情報に基づき蓄電デバイス１０の測定時間あたりの開放電圧の変動量を求めてもよい。そして、電圧変化補正部５５２は、求めた変動量を蓄電デバイス１０の測定時間あたりの測定電圧の変化量から減算した値を補正後の測定電圧の変化として用いてもよい。

[0382] このように、電圧変化補正部５５２は、電圧変化検出部５５１が検出した測定電圧の変化から、蓄電デバイス１０の変動情報にて特定される開放電圧の変動を減算して蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を補正する減算補正手段を構成する。

[0383] 内部状態演算部５５３は、電圧変化補正部５５２が補正した測定電圧の変化に基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を演算する演算手段を構成する。

[0384] 例えば、内部状態演算部５５３は、補正した蓄電デバイス１０の測定電圧の変化に基づき、蓄電デバイス１０の内部状態についての良否を判定する。これに代えて、内部状態演算部５５３は、補正した蓄電デバイス１０の測定電圧の変化に基づき、図１８に示した並列抵抗１５に流れる自己放電電流、並列抵抗１５の抵抗値又は蓄電部１３の静電容量を算出してもよい。

[0385] 本実施形態では、内部状態演算部５５３は、補正後の測定電圧の変化が正常範囲内である場合には、蓄電デバイス１０が正常であると判定し、補正後の測定電圧の変化が正常範囲内でない場合には、蓄電デバイス１０が異常であると判定する。このように、内部状態演算部５５３は、蓄電デバイス１０の良否を判定する。

[0386] 具体的には、内部状態演算部５５３は、電圧変化補正部５５２から補正後

の測定電圧の傾きを取得すると、取得した測定電圧の傾きに基づいて蓄電デバイス１０の良否を判定する。内部状態演算部５５３は、蓄電デバイス１０の異常な状態又は正常な状態を示す判定結果を表示部６０Ｃに出力する。

[0387] 次に、本実施形態に係る測定装置１Ｃの動作について図２０を参照して説明する。

[0388] 図２０は、測定装置１Ｃを用いて蓄電デバイス１０の状態を測定する測定方法の一例を示すフローチャートである。この例では、測定装置１Ｃは、例えば雰囲気温度を一定に維持可能な恒温槽の中に蓄電デバイス１０を収容するなどして、蓄電デバイス１０の温度変化を抑制した環境にて測定を実行する。

[0389] まず、上記測定を実行するにあたり、測定装置１Ｃを蓄電デバイス１０に接続して、電圧センサ４０Ｃにて蓄電デバイス１０の電圧を測定可能な状態にするとともに、定電流源２０Ｃから蓄電デバイス１０に定電流を供給可能な状態にする。

[0390] ステップＳＣ１では、コントローラ５０Ｃは、蓄電デバイス１０の開放電圧の変動を特定するための変動情報を取得する。

[0391] この例では、コントローラ５０Ｃは、定電流源２０Ｃから蓄電デバイス１０に定電流を供給する直前において電圧センサ４０Ｃに蓄電デバイス１０の電圧を測定させる。そしてコントローラ５０Ｃは、電圧センサ４０Ｃから、蓄電デバイス１０の開放電圧を示す電気信号を変動情報として取得し、その後にステップＳＣ２へ進む。

[0392] ステップＳＣ２では、コントローラ５０Ｃは、定電流源２０Ｃから定電流を蓄電デバイス１０に供給して蓄電デバイス１０の充電を開始する。

[0393] ステップＳＣ３では、コントローラ５０Ｃは、電圧センサ４０Ｃに対し、定電流源２０Ｃから定電流を供給した状態での蓄電デバイス１０の電圧を測定させる。これにより、電圧センサ４０Ｃから、蓄電デバイス１０の測定電圧を示す電気信号がコントローラ５０Ｃに入力される。

[0394] ステップＳＣ４では、コントローラ５０Ｃは、電気信号によって示される

蓄電デバイス１０の測定電圧に基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を演算する状態演算処理を実行する。この状態演算処理については図２３を参照して後述する。

[0395] ステップＳＣ４の処理が完了すると、測定装置１Ｃを用いた測定方法についての一連の処理手順が終了する。

[0396] ここで、ステップＳＣ１の処理の具体例について図２１及び図２２を参照して説明する。図２１は、放電試験後における蓄電デバイス１０の開放電圧の変動を例示する図である。図２２は、図２１に示したＰ点からの蓄電デバイス１０の開放電圧の変動を示す図である。

[0397] 図２１に示す放電試験は、蓄電デバイス１０にて主に化学反応が起こる通常放電の試験例である。この放電試験では、蓄電デバイス１０の充電容量が減少するよう蓄電デバイス１０の負極電極１２に対して１０［ｍＡ］の放電電流Ｉｄが約１２０［ｓ］間だけ供給される。ここでは、蓄電デバイス１０の正極電極１１から負極電極１２に向かって流れる電流をプラス（＋）とし、蓄電デバイス１０の負極電極１２から正極電極１１に向かって流れる電流をマイナス（－）とする。

[0398] 放電電流Ｉｄは、本実施形態の定電流源２０Ｃから供給される定電流に比べて約１，０００倍も大きい。このため、定電流源２０Ｃから定電流を蓄電デバイス１０に供給して充電することを「微小充電」と称することもできる。

[0399] 図２１に示すように、放電試験の直後は、蓄電デバイス１０の開放電圧が急峻に上昇し、その後は緩やかに上昇しながら丸印のＰ点に到達する。Ｐ点に到達した後も、蓄電デバイス１０の開放電圧は数時間以上も変動し続ける。充電試験後も同様である。

[0400] 例えば、本実施形態の状態測定処理を行うために、Ｐ点において定電流源２０Ｃから定電流の供給を開始した場合は、図２２に示すように、蓄電デバイス１０の開放電圧の上昇量は６００秒で約１５０［μＶ］になる。

[0401] これに対し、定電流源２０Ｃから蓄電デバイス１０に定電流を供給した状

態での蓄電デバイス１０の測定電圧の変化量は、例えば６００［ｓ］で数十［μＶ］程度である。それゆえ、充放電後における蓄電デバイス１０の開放電圧の変動は、測定装置１Ｃによる測定精度に大きな影響を与えることを発明者は知見した。

[0402] そのため、蓄電デバイス１０の充放電試験を実施した後に、本実施形態の状態測定処理を行う場合は、測定精度を確保するために数時間以上待機してから状態測定処理を行わなければならず、速やかに測定を行うことが難しかった。

[0403] この対策として、本実施形態では、蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を補正するために、図２０に示したステップＳＣ１にてコントローラ５０Ｃが蓄電デバイス１０の開放電圧の変動に関する変動情報を取得する。

[0404] 図２２に示す破線Ｍ０のデータは、ステップＳＣ１の処理によって取得された変動情報の一例である。破線Ｍ０のデータは、定電流源２０Ｃから定電流を蓄電デバイス１０に供給する直前において電圧センサ４０Ｃが測定した蓄電デバイス１０の開放電圧を示す測定データである。

[0405] このように、ステップＳＣ１の処理においてコントローラ５０Ｃは、蓄電デバイス１０に定電流の供給を開始する前に電圧センサ４０Ｃから出力された電気信号を変動情報として取得する。この変動情報については、一例として電圧センサ４０Ｃからの電気信号が用いられたが、シミュレーション結果又は理論式などが用いられてもよい。

[0406] 次に、図２３乃至図２５を参照して、図２０に示したステップＳＣ４で実行される状態演算処理について説明する。

[0407] 図２３は、測定装置１Ｃによる状態演算処理（ＳＣ４）の一例を示すフローチャートである。図２４は、本実施形態における蓄電デバイス１０の充電時間に対する測定電圧の変化を例示する図である。図２５は、本実施形態における蓄電デバイス１０の充電時間に対する補正後の測定電圧の変化を例示する図である。

[0408] 図２３に示す例では、コントローラ５０Ｃは、状態演算処理（ＳＣ４）と

して、蓄電デバイス１０の電圧変化に基づき蓄電デバイス１０の良否を判定する。

[0409] ステップＳＣ４１では、コントローラ５０Ｃは、蓄電デバイス１０定電流の供給を開始してからの経過時間である充電時間が所定の時間を超えたか否かを判定する。所定の時間は、蓄電デバイス１０が正常な場合と異常な場合とで電圧の変化に差が現れる程度の長さに予め設定される。

[0410] ステップＳＣ４１にて、充電時間が所定の時間を超えていないと判定された場合には、コントローラ５０Ｃは、充電時間が所定の時間を超えると判定されるまで、蓄電デバイス１０に定電流を供給し続ける。一方、充電時間が所定の時間を超えたと判定された場合には、コントローラ５０Ｃは、ステップＳＣ４２へ移行する。

[0411] ステップＳＣ４２では、コントローラ５０Ｃは、電圧センサ４０Ｃによって測定された蓄電デバイス１０の測定電圧に基づき、蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を検出する。

[0412] 具体例として、コントローラ５０Ｃは、充電開始時の初期電圧と、定電流源２０Ｃから定電流が供給された状態における充電電圧と、に基づき、蓄電デバイス１０の測定電圧の時間変化を直線で近似した近似直線を求める。より詳細には、コントローラ５０Ｃは、制御周期ごとに測定した微小充電電圧に基づき、最小二乗法によって蓄電デバイス１０の測定電圧の近似直線を求める。

[0413] これに代えて、コントローラ５０Ｃは、充電開始時の初期電圧と、定電流源２０Ｃから定電流が供給された状態における充電電圧との差分から蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を検出するようにしてもよい。この場合、電圧センサ４０Ｃによって蓄電デバイス１０の電圧を二回測定すればよいので、例えばマルチプレクサを用いて切り換えて電圧測定を行うことも可能である。それゆえ、測定装置１Ｃを簡素化することができる。

[0414] ステップＳＣ４３では、コントローラ５０Ｃは、ステップＳＣ１にて取得されたに基づいて近似直線を補正する。即ち、コントローラ５０Ｃは、検出

した蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を変動情報に基づいて補正する。

[0415] 具体例として、まず、コントローラ５０Ｃは、蓄電デバイス１０の変動情報に基づいて蓄電デバイス１０の開放電圧の変動を直線で近似した近似直線を求め、その近似直線の傾きを取得する。続いて、コントローラ５０Ｃは、取得した開放電圧の近似直線の傾きを、ステップＳＣ３にて求めた測定電圧の近似直線の傾きから減じた値を、補正後における測定電圧の近似直線の傾きとして算出する。

[0416] ステップＳＣ４４では、コントローラ５０Ｃは、補正後の近似直線の傾きが所定範囲内であるか否かを判定する。補正後の近似直線の傾きが上限値と下限値との間の所定範囲内であると判定された場合には、蓄電デバイス１０は正常な状態であるので、ステップＳＣ４５へ移行する。一方、ステップＳＣ４４にて、補正後の近似直線の傾きが所定範囲内ではない、即ち所定範囲の上限値よりも大きいか、又は所定範囲の下限値よりも小さいと判定された場合には、蓄電デバイス１０は異常な状態であるので、ステップＳＣ４６へ移行する。

[0417] ステップＳＣ４５では、コントローラ５０Ｃは、蓄電デバイス１０が正常な状態であるとして、表示部６０Ｃにその旨を表示して使用者に通知する。一方、ステップＳＣ４６では、コントローラ５０Ｃは、蓄電デバイス１０が異常な状態であるとして、表示部６０Ｃにその旨を表示して使用者に通知する。

[0418] 以上の状態演算処理（ＳＣ４）を実行することにより、蓄電デバイス１０の良否判定が完了する。

[0419] 次に、ステップＳＣ４２乃至ＳＣ４４の処理の具体例について図２４及び図２５を参照して説明する。図２４及び図２５の横軸は、蓄電デバイス１０に定電流の供給を開始してからの経過時間である充電時間［ｓ］を示し、縦軸は、電圧センサ４０Ｃがそれぞれ測定した初期電圧と充電電圧との差［μＶ］を示す。

[0420] 図２４に示す破線ＭＯのデータは、図２２に示した蓄電デバイス１０の開

放電圧の上昇を示す測定データであり、即ち、蓄電デバイス１０の開放電圧の変動を示す。実線の近似直線Ｌｍ０は、ステップＳＣ４３の処理によって求めた開放電圧の近似直線である。

[0421] 一方、破線Ｍ１のデータは、蓄電デバイス１０が正常な状態であるときに定電流源２０Ｃから電流値Ｉ１が＋１０［μＡ］の定電流を充電したときの蓄電デバイス１０の測定電圧の上昇量を示すデータである。実線の直線は、ステップＳＣ４２の処理によって求めた測定電圧の近似直線Ｌｍ１である。

[0422] 図２４に示す実線Ｃ１のデータは、ステップＳＣ４３の処理によって補正された測定電圧の変化であり、互いに対応する破線Ｍ１のデータと破線Ｍ０のデータとの差分を取った差分データである。この実線Ｃ１のデータは、蓄電デバイス１０の開放電圧の変動成分を取り除いたものであり、即ち、蓄電デバイス１０への定電流の供給に起因する測定電圧の電圧変化成分である。

[0423] そして実線の近似直線Ｌｎ１Ｃは、近似直線Ｌｍ１の傾きから近似直線Ｌｍ０の傾きを減じて得られた補正後の傾きＲｎを有する直線であり、補正後における測定電圧の変化の近似直線である。

[0424] 図２４を参照すると、近似直線Ｌｍ１のうち蓄電デバイス１０の充放電に伴う電圧変動成分が、蓄電デバイス１０への定電流供給に起因する電圧変化成分よりも大きい。そこで、コントローラ５０Ｃは、定電流の供給開始前の開放電圧を近似した近似直線Ｌｍ０の傾きを定電流供給時の測定電圧を近似した近似直線Ｌｍ１の傾きから減じる。これにより、蓄電デバイス１０への定電流供給に起因する電圧変化成分を抽出することが可能となる。このように、コントローラ５０Ｃは、定電流を供給した蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を補正する。

[0425] 図２５では、補正後の測定電圧の変化が拡大されており、図２４に示した破線Ｍ１，Ｍ０及び近似直線Ｌｍ１，Ｌｍ０が省略されている。ここでは、縦軸のスケールのみが、図２４に示した縦軸のスケールよりも拡大されている。

[0426] 図２５に示す点線のデータは、蓄電デバイス１０が異常な状態であるとき

の電圧変化の例であり、点線の直線は、ステップＳＣ４２の処理によって求めた電圧変化の近似直線Ｌａ１Ｃである。また、近似直線Ｌｎ１Ｃの傾きをＲｎとし、近似直線Ｌａ１Ｃの傾きをＲａとする。

[0427] また、図２５に示す二本の二点鎖線の直線は、近似直線の傾きの上限値Ｒｍａｘと下限値Ｒｍｉｎとを各々示すものであり、二本の二点鎖線の直線の間が、蓄電デバイス１０が正常な状態における傾きである。なお、近似直線の傾きの上限値Ｒｍａｘ及び下限値Ｒｍｉｎは、正常な状態の蓄電デバイス１０を用いて予め実測して求めた近似直線の例えば±１０％に設定される。

[0428] 図２５を参照すると、実線で示す近似直線Ｌｎ１Ｃ（傾きＲｎ）は、近似直線の傾きの上限値Ｒｍａｘと下限値Ｒｍｉｎとの間に入っている。よって、コントローラ５０Ｃは、蓄電デバイス１０が正常な状態であると判定する。一方、破線で示す近似直線Ｌａ１Ｃ（傾きＲａ）は、近似直線の傾きの上限値Ｒｍａｘと下限値Ｒｍｉｎとの間に入っていない。よって、コントローラ５０Ｃは、蓄電デバイス１０が異常な状態であると判定する。

[0429] このように、コントローラ５０Ｃは、近似直線の傾きが上限値Ｒｍａｘと下限値Ｒｍｉｎとの間に入っているか否かに基づいて、蓄電デバイス１０が正常な状態であるか、あるいは異常な状態であるかを判定する。

[0430] なお、図２５に示す例では、蓄電デバイス１０の良否判定に６００［ｓ］の測定時間ＴＣ１をかけているが、実線で示す近似直線Ｌｎ１Ｃと破線で示す近似直線Ｌａ１Ｃとの傾きの差は、１００［ｓ］程度が経過すれば明確に確認できる。このように、測定装置１Ｃでは、蓄電デバイス１０の良否判定を数分程度の短い時間で実行することができる。

[0431] 以上のように、本実施形態の測定装置１Ｃは、定電流源２０Ｃからの微小な定電流によって蓄電デバイス１０を充電し、定電流が供給された状態における充電電圧を測定して蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を検出する。そして測定装置１Ｃは、検出した蓄電デバイス１０の測定電圧の変化が正常範囲内であるか否かを判断し、測定電圧の変化が正常範囲内である場合に、蓄電デバイス１０が正常であると判定する。そのため、蓄電デバイス１０の電

圧が自己放電により低下するまで待つ必要がないので、蓄電デバイス１０の良否判定にかかる時間が短い。

[0432] このとき、定電流源２０Ｃは、蓄電デバイス１０にて過電圧よりも小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電流を供給して蓄電デバイス１０を充電する。蓄電デバイス１０に供給される定電流の大きさは比較的小さいので、内部抵抗１４に流れる電流Ｉｉｒ［Ａ］に対して蓄電部１３に流れる電流Ｉｓｔ［Ａ］の割合が大きい。そのため、並列抵抗１５の有無による充電曲線の傾きの差が大きくなるので、蓄電デバイス１０が正常であるか否かの判定が容易である。

[0433] これに加え、測定装置１Ｃは、蓄電デバイス１０の開放電圧の変動を特定するための変動情報に基づいて蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を補正する。そのため、蓄電デバイス１０の測定電圧の電圧変化のうち、定電流供給に起因する電圧変化成分以外の変動成分が低減される。よって、蓄電デバイス１０の開放電圧の変動が大きい状況であっても、その変動が収まるまで待つ必要がないので、速やかに蓄電デバイス１０の良否判定を行うことが可能となる。

[0434] したがって、短い時間で蓄電デバイス１０の良否判定を行うことができる。

[0435] なお、上記実施形態では電圧センサ４０Ｃが定電流の供給を開始してから初期電圧として蓄電デバイス１０の電圧を測定したが、これに代えて定電流の供給を開始する前に、電圧センサ４０Ｃが初期電圧として蓄電デバイス１０の電圧を測定してもよい。この場合であっても、蓄電デバイス１０の電圧を、定電流が供給された状態を含み二回以上測定することができるので、蓄電デバイス１０の電圧変化の近似直線を求めることができる。

[0436] 次に、第７実施形態による作用効果について説明する。

[0437] 本実施形態における測定装置１Ｃは、蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する装置を構成する。測定装置１Ｃは、蓄電デバイス１０に定電流を供給する定電流源２０Ｃ（供給手段）と、定電流を供給した蓄電デバイス１０に関

する電圧を測定する電圧センサ４０Ｃ（測定手段）と、を備える。さらに測定装置１Ｃは、測定した蓄電デバイス１０の電圧変化を検出するコントローラ５０Ｃ（処理手段）を備える。そして測定装置１Ｃは、蓄電デバイス１０の基準となる電気特性に基づいて蓄電デバイス１０の電圧変化を取得する。

[0438] また、本実施形態における蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する方法は、蓄電デバイス１０に定電流を供給し、定電流を供給した蓄電デバイス１０に関する電圧を測定し、測定した前記蓄電デバイスの電圧変化を検出する。この方法は、蓄電デバイス１０の基準となる電気特性に基づいて、蓄電デバイス１０の自己放電電流又は放電抵抗の大きさに応じて変化する蓄電デバイス１０の電圧変化を取得する。

[0439] 上述した蓄電デバイス１０の基準となる電気特性とは、本実施形態では蓄電デバイス１０の開放状態での電気特性のことであり、具体的には蓄電デバイス１０の開放電圧の変動のことである。本実施形態における測定装置１Ｃは、蓄電デバイス１０の開放電圧の変動に基づいて定電流を供給した蓄電デバイス１０の電圧変化を検出した結果を補正することにより、蓄電デバイス１０の補正後の電圧変化を取得する。具体的には以下の通りである。

[0440] 本実施形態における蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する検出装置を含む測定装置１Ｃは、蓄電デバイス１０の開放電圧の変動を特定するための変動情報を取得するコントローラ５０Ｃの電圧取得部５３を備える。また、測定装置１Ｃは、蓄電デバイス１０に定電流を供給する定電流源２０Ｃと、定電流を供給した蓄電デバイス１０の電圧を測定する電圧センサ４０Ｃと、を備える。さらに測定装置１Ｃは、測定した蓄電デバイス１０の電圧に基づいて蓄電デバイス１０の電圧変化を検出するコントローラ５０Ｃの演算部５５を備える。そして演算部５５は、検出した蓄電デバイス１０の電圧変化を変動情報に基づいて補正する。

[0441] そして、本実施形態における蓄電デバイス１０の状態を測定する測定装置１Ｃは、上述した定電流源２０Ｃ、電圧センサ４０Ｃ、及び電圧取得部５３を備える。これに加えて、測定装置１Ｃは、測定した蓄電デバイス１０の電

圧である測定電圧の変化に基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を演算する演算部５５を備える。そして演算部５５は、蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を変動情報に基づいて補正する。

[0442] さらに、本実施形態における蓄電デバイス１０の状態を測定する測定方法は、蓄電デバイス１０の開放電圧の変動を特定するための変動情報を取得する取得ステップ（ＳＣ１）を備える。また、この測定方法は、蓄電デバイス１０に定電流を供給する供給ステップ（ＳＣ２）と、定電流を供給した蓄電デバイス１０の電圧を測定する測定ステップ（ＳＣ３）と、を備える。さらに、この測定方法は、測定した蓄電デバイス１０の測定電圧の変化に基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を演算する演算ステップ（ＳＣ４）と、を備える。そして演算ステップ（ＳＣ４）は、蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を変動情報に基づいて補正する。

[0443] まず、蓄電デバイス１０の内部状態の違いは、蓄電デバイス１０の電圧の時間変化の違いに現われやすい。そのため、上述した構成によれば、蓄電デバイス１０に定電流が供給されるので蓄電デバイス１０の電圧変化を大きくすることができる。したがって、蓄電デバイス１０の電圧変化及び内部状態を求める時間を短縮することができる。

[0444] これに加え、上述した構成によれば、蓄電デバイス１０の変動情報に基づいて定電流を供給した蓄電デバイス１０の測定電圧の変化が補正されるので、定電流供給に起因する電圧変化成分以外の変動成分を低減することができる。

[0445] 例えば、図２１に示したように、蓄電デバイス１０の充放電後は、蓄電デバイス１０の開放電圧が安定するのに時間を要する。充放電後、数百［ｓ］が経過した程度では、図２４に示すように、通常の充放電に伴う変動成分（ＬｍＯ）は、蓄電デバイス１０への定電流供給に起因する電圧変化成分（Ｌｎ１Ｃ）よりもかなり大きい。

[0446] このような状況において、上記実施形態のように蓄電デバイス１０の変動情報に基づき蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を補正することによって、

充放電に伴う電圧変動成分が概ね取り除かれる。このため、精度よく蓄電デバイス１０の状態を測定することができる。それゆえ、蓄電デバイス１０の開放電圧が安定するまで蓄電デバイス１０の測定を待たなくてもよいので、速やかに蓄電デバイス１０の測定を開始することができる。

[0447] さらに、蓄電デバイス１０を収容している部屋の雰囲気温度が約１．０［℃］変化するだけでも、測定装置１Ｃの測定精度に影響を与えることを発明者は知見した。図２５に示した例では、定電流の供給に起因する電圧変化成分（Ｌｎ１Ｃ）は、１００［ｓ］で５［μＶ］程度の変化量であり、これは、雰囲気温度が１００［ｓ］で約０．５［℃］変化したときの蓄電デバイス１０の開放電圧の変動量と同程度である。

[0448] したがって、蓄電デバイス１０の雰囲気温度が徐々に上昇又は下降するような環境下では、その変動情報を予め取得しておき、この変動情報に基づき測定電圧の変化を補正することによって、測定電圧のうち温度変動に伴う電圧変動成分を低減することができる。それゆえ、蓄電デバイス１０の雰囲気温度が安定するのを待たなくても精度よく蓄電デバイス１０の状態を求めることができる。

[0449] このように、蓄電デバイス１０の変動情報を用いることにより、蓄電デバイス１０の充放電後の開放電圧の変動、又は雰囲気温度の変化に伴う開放電圧の変動などの環境に起因する変動成分が抑制される。したがって、蓄電デバイス１０の電圧の環境に起因する変動成分が収束するまで測定を待機する必要がなくなる。

[0450] 以上のように、上述した構成によれば、蓄電デバイス１０に定電流を供給して蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を大きくしつつ、その測定電圧に含まれる環境に起因する変動成分を低減することができる。よって、短い時間で蓄電デバイス１０の状態を求めることができる。

[0451] また、本実施形態における電圧センサ４０Ｃは、蓄電デバイス１０の開放電圧を測定し、測定した開放電圧を示す信号を蓄電デバイス１０の変動情報としてコントローラ５０Ｃに出力する。その後に、電圧センサ４０Ｃは、定

電流を供給した蓄電デバイス１０の電圧を測定する。

[0452] この構成によれば、蓄電デバイス１０の開放電圧の実際の変動状況を特定することがでるので、蓄電デバイス１０への定電流供給に起因する測定電圧の変化成分を的確に抽出することができる。また、蓄電デバイス１０への定電流の供給終了後の蓄電デバイス１０の電圧変動は、定電流の供給に伴い不安定になりやすい。したがって、定電流の供給開始前における蓄電デバイス１０の電圧変動を変動情報として用いることにより、蓄電デバイス１０への定電流供給に伴う測定電圧の変動成分を排除することができる。それゆえ、定電流を供給した状態での蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を的確に補正することができる。

[0453] また、本実施形態における演算部５５は、蓄電デバイス１０の測定電圧に基づいてその測定電圧の変化を検出する電圧変化検出部５５１を含む。また、演算部５５は、検出した測定電圧の変化から、変動情報にて特定される開放電圧の変動を減じて測定電圧の変化を補正する電圧変化補正部５５２を含む。

[0454] この構成によれば、蓄電デバイス１０の変動情報を用いて簡易な演算処理により、測定電圧の変化が補正されるので、演算部５５の処理負荷を低減することができる。

[0455] また、本実施形態における定電流源２０Ｃは、蓄電デバイス１０にて過電圧よりも小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電流を供給する。

[0456] この構成によれば、蓄電デバイス１０に供給される定電流の大きさが小さいので、内部抵抗１４に流れる電流Ｉｉｒ［Ａ］に対して蓄電部１３に流れる電流Ｉｓｔ［Ａ］の割合が大きくなる。そのため、並列抵抗１５の有無による充電曲線の傾きの差が大きくなるので、蓄電デバイス１０の状態を求めることが容易である。

[0457] （第８実施形態）

次に、第８実施形態に係る測定装置１Ｃのコントローラ５０Ｃについて説

明する。本実施形態に係る測定装置１Ｃの基本構成は、図１８及び図１９に示した構成と同じであり、第７実施形態と重複する説明については省略する。以下では、図１８に示した蓄電デバイス１０の並列抵抗１５の抵抗値を放電抵抗Ｒｐｒと称し、並列抵抗１５に流れる電流を自己放電電流Ｉｐｒと称する。さらに、自己放電電流Ｉｐｒ及び放電抵抗Ｒｐｒの少なくとも一方のことを「自己放電に関するパラメータ」とも称する。

[0458] 本実施形態におけるコントローラ５０Ｃは、蓄電デバイス１０に定電流を供給した状態において電圧センサ４０Ｃが測定した蓄電デバイス１０の測定電圧に基づいて、蓄電デバイス１０の内部状態として自己放電に関するパラメータを演算する。この点が上述した第７実施形態とは異なる。

[0459] 具体的には、定電流源２０Ｃが、蓄電デバイス１０に電流値が異なる定電流を順次供給し、電圧センサ４０Ｃが、蓄電デバイス１０に供給される定電流ごとに蓄電デバイス１０の測定電圧を測定する。そしてコントローラ５０Ｃが、定電流ごとに電圧センサ４０Ｃが測定した蓄電デバイス１０の測定電圧の変化に基づいて放電抵抗Ｒｐｒ及び自己放電電流Ｉｐｒを演算する。

[0460] コントローラ５０Ｃの測定指令部５２は、蓄電デバイス１０に供給される定電流を切り替える切替手段を構成する。

[0461] 本実施形態では、測定指令部５２は、定電流源２０Ｃから蓄電デバイス１０に供給される定電流を、第一の電流値を示す定電流と、第二の電流値を示す定電流と、の間で切り替える。第一及び第二の電流値は、定電流記憶部５４１に記憶されている。以下では、第一の電流値を示す定電流を、単に「第一の定電流」とも称し、第二の電流値を示す定電流を、単に「第二の定電流」とも称する。

[0462] 第一の電流値は、第７実施形態と同様、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒの基準値に対して一倍又は数倍に設定され、本実施形態では、自己放電電流Ｉｐｒの基準値を一倍した１０［μＡ］に設定される。また、第二の電流値は、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒの基準値に対して数十倍以上に設定され、本実施形態では、自己放電電流Ｉｐｒの基準値の五十倍に

設定される。このように、第一及び第二の電流値は、共に自己放電電流Ｉｐｒの値に基づいて予め定められる。

[0463] 自己放電電流Ｉｐｒの基準値は、既知の情報であり、例えば、多数の蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを集計した統計データ、又は、電気特性が正常である特定の蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒの試験結果などを用いて予め定められる。

[0464] コントローラ５０Ｃの電圧変化検出部５５１は、定電流源２０Ｃから供給された定電流の大きさごとに、蓄電デバイス１０の測定電圧に基づいて蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を検出する検出手段を構成する。

[0465] 本実施形態では、電圧変化検出部５５１は、定電流の大きさごとに、定電流の供給開始時の初期電圧と、定電流源２０Ｃから定電流が供給された状態における充電電圧と、に基づき蓄電デバイス１０の測定電圧の時間変化の傾きを求める。これに代えて、電圧変化検出部５５１は、定電流の各々について、図２４に示したように、蓄電デバイス１０の測定電圧の時間変化を近似した近似直線Ｌｍ１を求め、その近似直線Ｌｍ１の傾きを測定電圧の傾きとして用いてもよい。

[0466] コントローラ５０Ｃの電圧変化補正部５５２は、測定指令部５２により切り替えられる定電流ごとに、蓄電デバイス１０の変動情報に基づき蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を補正する補正手段を構成する。蓄電デバイス１０の変動情報は、第７実施形態と同様、図２２に示したように、蓄電デバイス１０の開放電圧の変動を特定するための情報であり、変動情報記憶部５４２に予め記憶される。

[0467] 本実施形態では、電圧変化補正部５５２は、第７実施形態と同様、変動情報記憶部５４２から蓄電デバイス１０の変動情報を読み出し、読み出した変動情報に基づいて蓄電デバイス１０の開放電圧の変動を特定する。電圧変化補正部５５２は、特定した開放電圧の変動を、電圧変化検出部５５１が検出した蓄電デバイス１０の測定電圧の変化から減じて、蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を定電流の大きさごとに補正する。

[0468] 例えば、電圧変化補正部５５２は、蓄電デバイス１０の変動情報に基づき、定電流の供給開始前における蓄電デバイス１０の開放電圧の電圧変動の傾きを求める。そして電圧変化補正部５５２は、定電流の大きさごとに、電圧変化検出部５５１が検出した測定電圧の変化から、求めた電圧変動の傾きを減じて補正後の測定電圧の変化を算出する。

[0469] 具体的には、電圧変化補正部５５２は、図２４に示したように、変動情報記憶部５４２に記憶された変動情報に基づき、蓄電デバイス１０の開放電圧の電圧変動を近似した近似直線Ｌｍ０の傾きを求める。そして電圧変化補正部５５２は、第一の定電流を充電した蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を示す近似直線Ｌｍ１の傾きから近似直線Ｌｍ０の傾きを減じて、補正後の測定電圧の変化を近似した直線の傾きを算出する。

[0470] さらに、電圧変化補正部５５２は、第二の定電流を充電した蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を示す近似直線Ｌｍ２の傾きから近似直線Ｌｍ０の傾きを減じて、補正後の測定電圧の変化を近似した直線の傾きを算出する。以下では、補正後の測定電圧の変化を近似した直線の傾きのことを「補正後の測定電圧の傾き」と略す。このように、電圧変化補正部５５２は、定電流の大きさごとに補正した測定電圧の変化率を算出する。

[0471] これに代えて、電圧変化補正部５５２は、変動情報に基づき蓄電デバイス１０の測定時間あたりの開放電圧の変動量を求める。そして、求めた変動量を蓄電デバイス１０の測定時間あたりの測定電圧の変化量から減算した値を補正後の測定電圧の変化として用いてもよい。

[0472] コントローラ５０Ｃの内部状態演算部５５３は、定電流ごとに補正した蓄電デバイス１０の測定電圧の変化に基づいて蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒ又は放電抵抗Ｒｐｒを演算する自己放電演算手段を構成する。

[0473] 本実施形態では、内部状態演算部５５３は、定電流ごとに求められた補正後の電圧変化の傾きと、図１８に示した蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求める数式と、を用いて、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを演算する。ここで、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒの演算手法について説明す

る。

[0474] 蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求める数式は、第一の定電流を蓄電デバイス１０に充電したときの補正後の測定電圧の傾きＡ１と、蓄電部１３に充電される電流Ｉｓｔ［Ａ］と、を用いて表わすことができる。蓄電部１３に充電される電流Ｉｓｔ［Ａ］は、静電容量Ｃｓｔに蓄積される単位時間あたりの電荷量である。電流Ｉｓｔ［Ａ］は、蓄電デバイス１０に供給された第一の定電流の電流値Ｉ１から、並列抵抗１５に流れる自己放電電流Ｉｐｒを減じた値（Ｉ１－Ｉｐｒ）に相当する。

[0475] したがって、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求める数式は、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒと、第一の電流値Ｉ１と、第一の定電流を蓄電デバイス１０に充電したときの補正後の測定電圧の傾きＡ１と、を用いて表すことができる。蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求める数式を、次式（１６）に示す。

[0476] [数16]

$$C_{st} = \frac{I_1 - I_{pr}}{A1} \qquad \cdots (16)$$

[0477] 同様に、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求める数式は、自己放電電流Ｉｐｒと、第二の電流値Ｉ２と、第二の定電流を蓄電デバイス１０に充電したときの補正後の測定電圧の傾きＡ２と、を用いて、次式（１７）のように表わすことができる。

[0478] [数17]

$$C_{st} = \frac{I_2}{A2} \qquad \cdots (17)$$

[0479] 上式（１７）において、蓄電部１３に充電される電流Ｉｓｔ［Ａ］は、第二の定電流の電流値Ｉ２から自己放電電流Ｉｐｒを減じた値（Ｉ２－Ｉｐｒ）に相当する。しかしながら、図１８に示した内部抵抗１４に流れる電流である第二の電流値Ｉ２を示す定電流は、上述のとおり、並列抵抗１５に流れる自己放電電流Ｉｐｒよりも十分に大きいため、次式（１８）のように近似

することができる。

[0480] [数18]

$$I_2 \approx (I_2 - I_{pr}) \qquad \cdots (18)$$

[0481] このため、上式（１７）では、第二の定電流の電流値Ｉ２から自己放電電流Ｉｐｒを減じた電流値（Ｉ２－Ｉｐｒ）に代えて、第二の定電流の電流値Ｉ２が用いられている。続いて、式（１７）及び式（１８）を自己放電電流Ｉｐｒについて解くと、次式（１９）が導出される。

[0482] [数19]

$$I_{pr} = I_1 - \frac{A1}{A2} I_2 \qquad \cdots (19)$$

[0483] このように、定電流ごとに求めた補正後の測定電圧の傾きＡ１，Ａ２及び定電流の電流値Ｉ１，Ｉ２を、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求める数式である式（１６），式（１７）に代入する。これより、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを算出することができる。

[0484] 続いて、内部状態演算部５５３は、算出した自己放電電流Ｉｐｒに基づいて蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを演算する。

[0485] 本実施形態では、内部状態演算部５５３は、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒにより蓄電デバイス１０の開放電圧（ＯＣＶ）を除して蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを算出する。蓄電デバイス１０の開放電圧（ＯＣＶ）は、定電流の供給を開始する前に電圧センサ４０Ｃによって測定される蓄電デバイス１０の電圧値を用いてもよく、あるいは、蓄電デバイス１０の試験結果などを用いて予め定められた電圧値を用いてもよい。

[0486] これに代えて、内部状態演算部５５３は、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒと放電抵抗Ｒｐｒとの関係を表わす対応テーブル又は関数を予め記憶しておき、この対応テーブル又は関数を用いて放電抵抗Ｒｐｒを算出してもよい。

[0487] 最後に、内部状態演算部５５３は、算出した放電抵抗Ｒｐｒに基づいて蓄電デバイス１０が正常であるか否かを判定する。

[0488] 本実施形態では、内部状態演算部５５３は、蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の抵抗範囲内にあるか否かを判定する。所定の抵抗範囲の上限値及び下限値は、複数の蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを集計した統計データ、又は、電気特性が正常である特定の蓄電デバイス１０の試験結果などを用いて予め定められる。

[0489] そして内部状態演算部５５３は、放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の抵抗範囲内にあると判定した場合には、蓄電デバイス１０が正常な状態であると判定する。また、内部状態演算部５５３は、放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の範囲内にないと判定した場合には、蓄電デバイス１０が異常であると判定する。

[0490] これに代えて、放電抵抗Ｒｐｒごとに蓄電デバイス１０の正常又は異常を示す診断テーブルを記憶部５４に予め記憶してもよい。この場合、内部状態演算部５５３は、蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを算出すると、診断テーブルを参照し、算出した放電抵抗Ｒｐｒに対応付けられた蓄電デバイス１０の内部状態を特定する。

[0491] なお、本実施形態では内部状態演算部５５３が、放電抵抗Ｒｐｒの算出値に基づいて蓄電デバイス１０の良否判定を行ったが、これに代えて、自己放電電流Ｉｐｒの算出値を用いて蓄電デバイス１０が正常な状態であるか否かを判定してもよい。この場合、コントローラ５０Ｃは、自己放電電流Ｉｐｒの算出値が、例えば所定の電流範囲内にあるか否かを判定し、その算出値が所定の電流範囲内にあると判定したときに蓄電デバイス１０が正常な状態であると判定する。

[0492] また、本実施形態では測定指令部５２が、蓄電デバイス１０に電流値が異なる定電流を順次供給するように定電流源２０Ｃの動作を制御した。しかし、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔが既知であれば、第一の電流値Ｉ１を示す定電流のみ供給するようにしてもよい。この場合、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔが記憶部５４に予め記憶される。そして、内部状態演算部５５３は、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔと、第一の電流値Ｉ１と、第一の電流値Ｉ１に対応

する補正後の測定電圧の傾きＡ１と、を上式（１６）に代入して自己放電電流Ｉｐｒを算出する。

[0493] 記憶部５４に記憶される静電容量Ｃｓｔについては、複数の蓄電デバイス１０における蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを集計した統計データ、又は、特定の蓄電デバイス１０の試験結果などを用いて予め定められる。これに代えて、内部状態演算部５５３は、第二の電流値Ｉ２を示す定電流を蓄電デバイス１０に充電し、そのときの補正後の測定電圧の傾きＡ２と第二の電流値Ｉ２と、を上式（１７）に代入して蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを求めてもよい。

[0494] 次に、図２６を参照して、第８実施形態に係る測定装置１Ｃを用いた測定方法について説明する。図２６は、測定装置１Ｃのコントローラ５０Ｃによって実行される状態演算処理（ＳＣ４）の一例を示すフローチャートである。

[0495] 本実施形態における状態演算処理（ＳＣ４）は、図２３に示したステップＳＣ４３及びＳＣ４４の処理に代えて、ステップＳＣ５１乃至ＳＣ５６の処理を備えている。ここでは、ステップＳＣ５１乃至ＳＣ５６の各処理についてのみ説明し、他の処理については第７実施形態と同じであるため、同一の符号を付して説明を省略する。

[0496] ステップＳＣ４２にて、コントローラ５０Ｃは、図２０のステップＳＣ２で設定された第一の電流値Ｉ１を示す定電流を充電したときの蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を近似した近似直線Ｌｍ１を求めて近似直線Ｌｍ１の傾きを取得し、ステップＳＣ５１へ進む。

[0497] ステップＳＣ５１では、コントローラ５０Ｃは、定電流源２０Ｃから蓄電デバイス１０に供給される定電流を切り替える。本実施形態では、コントローラ５０Ｃは、第一の定電流から、第一の電流値Ｉ１よりも大きい第二の電流値Ｉ２を示す定電流へ切り替える。

[0498] ステップＳＣ５２及びステップＳＣ５３の処理は、それぞれステップＳＣ４１及びステップＳＣ４２の処理と同様である。そのため、ステップＳＣ５

２及びＳＣ５３では、コントローラ５０Ｃは、所定の時間だけ、第二の定電流を供給した状態での蓄電デバイス１０の電圧を測定し、第二の定電流を充電したときの測定電圧の変化を近似した近似直線Ｌｍ２を求めて近似直線Ｌｍ２の傾きを取得する。

[0499] ステップＳＣ５４では、コントローラ５０Ｃは、第一の電流値Ｉ１及び第二の電流値Ｉ２を示す定電流の大きさごとに、蓄電デバイス１０の変動情報に基づいて蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を補正する。

[0500] 本実施形態では、コントローラ５０Ｃは、図２４に示したように、変動情報記憶部５４２に記憶された変動情報に基づき、定電流の供給開始前における蓄電デバイス１０の開放電圧の電圧変動を近似した近似直線Ｌｍ０の傾きを求める。コントローラ５０Ｃは、第一の電流値Ｉ１を示す定電流を充電したときの測定電圧の変化を近似した近似直線Ｌｍ１の傾きから、近似直線Ｌｍ０の傾きを減じて補正後の測定電圧の変化を近似した直線の傾きＡ１を算出する。

[0501] さらに、コントローラ５０Ｃは、第二の電流値Ｉ２を示す定電流を充電したときの測定電圧の変化を近似した近似直線Ｌｍ２の傾きから近似直線Ｌｍ０の傾きを減じて補正後の測定電圧の変化を近似した近似直線の傾きＡ２を算出する。このように、コントローラ５０Ｃは、定電流の大きさごとに測定電圧の変化を補正する。

[0502] ステップＳＣ５５では、コントローラ５０Ｃは、定電流ごとに補正した近似直線の傾きＡ１，Ａ２に基づいて、蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを演算する。

[0503] 本実施形態では、コントローラ５０Ｃは、第一の電流値Ｉ１と、補正後の近似直線の傾きＡ１と、第二の電流値Ｉ２と、補正後の近似直線の傾きＡ２と、を上式（１９）に代入して蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを算出する。そしてコントローラ５０Ｃは、蓄電デバイス１０の開放電圧（ＯＣＶ）を蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒで除して蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒを算出する。

[0504] ステップＳＣ５６では、コントローラ５０Ｃは、算出した蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒに基づいて蓄電デバイス１０が正常であるか否かを判定する。

[0505] 本実施形態では、コントローラ５０Ｃは、放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の抵抗範囲内にあるか否かを判定する。放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の抵抗範囲内にあると判定された場合には、コントローラ５０Ｃは、蓄電デバイス１０は正常な状態であるため、ステップＳＣ４５へ進む。一方、放電抵抗Ｒｐｒの算出値が所定の抵抗範囲内にはない、即ち、抵抗範囲の上限値よりも大きいか、又は抵抗範囲の下限値よりも小さいと判定された場合には、蓄電デバイス１０は異常な状態である、コントローラ５０Ｃは、ステップＳＣ４６へ進む。

[0506] 以上の状態演算処理（ＳＣ４）を実行することにより、蓄電デバイス１０の良否判定が完了する。

[0507] なお、図２７に示した例では、コントローラ５０Ｃは、定電流の大きさを一回だけ切り替えて蓄電デバイス１０の電圧変化の傾きを二回求めることにより自己放電電流Ｉｐｒを算出した。これに代えて、コントローラ５０Ｃは、複数回、定電流の大きさを切り替えて測定電圧の変化を近似した近似直線の傾きを順次求めることにより複数の自己放電電流Ｉｐｒを算出し、これらの平均値又は中央値などの統計値を最終結果として用いてもよい。

[0508] また、本実施形態ではコントローラ５０Ｃが定電流源２０Ｃから蓄電デバイス１０の正極電極１１へ供給される定電流の大きさを切り替えて自己放電電流Ｉｐｒを算出したが、これに限られるものではない。例えば、定電流源２０Ｃと蓄電デバイス１０との接続関係を逆にし、定電流源２０Ｃから蓄電デバイス１０の負極電極１２へ定電流を供給して蓄電デバイス１０を放電し、この状態において定電流の大きさを切り替えてもよい。この場合であっても、上記実施形態のように自己放電電流Ｉｐｒを算出することができる。

[0509] さらに、本実施形態では定電流源２０Ｃから蓄電デバイス１０に供給される定電流の大きさを切り替えたが、定電流の向きを切り替えたとしても自己

放電電流Ｉｐｒ及び放電抵抗Ｒｐｒを算出することができる。以下に、蓄電デバイス１０に供給される定電流の向きを切り替えた場合における蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを演算する手法について簡単に説明する。

[0510] 蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔは、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒと、第一の電流値Ｉ１を示す定電流を蓄電デバイス１０に充電したときの補正後の測定電圧の傾きＡｃと、を用いて次式（２０）のように表わすことができる。さらに蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔは、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒと、第二の電流値Ｉ２を示す定電流で蓄電デバイス１０を放電させたときの測定電圧の傾きＡｄと、を用いて次式（２１）のように表わすことができる。

[0511] [数20]

$$C_{st}=\frac{I_1-I_{pr}}{Ac} \qquad \cdots (20)$$

[数21]

$$C_{st}=\frac{I_2+I_{pr}}{Ad} \qquad \cdots (21)$$

[0512] 上記の式（２０）及び式（２１）を自己放電電流Ｉｐｒについて解くと、次式（２２）が導出される。

[0513] [数22]

$$I_{pr}=\frac{I_1\cdot Ad-I_2\cdot Ac}{Ad+Ac} \qquad \cdots (22)$$

[0514] したがって、第一の電流値Ｉ１を示す定電流を充電したときの補正後の測定電圧の傾きＡｃと、第二の電流値Ｉ２を示す定電流で放電させたときの補正後の測定電圧の傾きＡｄと、を上式（２２）に代入することにより、自己放電電流Ｉｐｒを算出することができる。算出した自己放電電流Ｉｐｒで蓄電デバイス１０の開放電圧を除して放電抵抗Ｒｐｒが算出される。

[0515] この場合、第一の電流値Ｉ１及び第二の電流値Ｉ２については、少なくとも一方の絶対値が、自己放電電流Ｉｐｒの基準値に対して一倍又は数倍に設

定されていればよく、双方の絶対値が、互いに同じ値でも異なる値であってもよい。例えば、第一の電流値Ｉ１は、自己放電電流Ｉｐｒの基準値を一倍した１０［μＡ］に設定され、第二の電流値Ｉ２は、第一の電流値Ｉ１に「－１」を乗算した値、即ち－１０［μＡ］に設定される。また、電圧変化の傾きＡｃ，Ａｄについては、図２５に示した手法と同様の手法により取得される。

[0516] また、本実施形態ではコントローラ５０Ｃが定電流の大きさを切り替えたが、定電流の大きさを切り替えた後に定電流の向きを切り替えてもよく、定電流の向きを切り替えた後に定電流の大きさを切り替えてもよい。この場合には、複数の自己放電電流Ｉｐｒが得られるので、これらの平均値などを最終結果として用いてもよい。

[0517] また、本実施形態ではコントローラ５０Ｃが定電流を切り替えて蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒを算出したが、定電流を切り替えることなく自己放電電流Ｉｐｒを算出してもよい。

[0518] 例えば、式（１６）中の静電容量Ｃｓｔが既知であれば、第一の定電流を充電したときの補正後の測定電圧の傾きＡ１を求め、その傾きＡ１と、第一の電流値Ｉ１と、既知の静電容量Ｃｓｔと、を上式（１６）に代入して自己放電電流Ｉｐｒを算出してもよい。あるいは、上式（１６）中の静電容量Ｃｓｔ及び第一の電流値Ｉ１の各々に、予め実測した値又は予測値を代入して、近似直線の傾きＡ１と自己放電電流Ｉｐｒとの対応関係を示す対応テーブルを生成し、これをコントローラ５０Ｃに予め記憶しておいてもよい。この場合、コントローラ５０Ｃは、補正後の測定電圧を近似した近似直線の傾きＡ１を求めると、対応テーブルを参照し、求めた近似直線の傾きＡ１に関係付けられた自己放電電流Ｉｐｒを算出する。

[0519] また、蓄電デバイス１０の放電抵抗Ｒｐｒは、上述したように、蓄電デバイス１０の開放電圧（ＯＣＶ）を自己放電電流Ｉｐｒで除して算出される。このため、蓄電デバイス１０の開放電圧（ＯＣＶ）が既知であれば、近似直線の傾きＡ１と放電抵抗Ｒｐｒとの関係を示す対応テーブルを生成してコン

トローラ５０Ｃに予め記憶しておいてもよい。この場合、コントローラ５０Ｃは、補正後の測定電圧を近似した近似直線の傾きＡ１を求めると、対応テーブルを参照し、求めた近似直線の傾きＡ１に関係付けられた放電抵抗Ｒｐｒを算出する。

[0520] 以上のように、コントローラ５０Ｃは、短い時間で蓄電デバイス１０の一又は複数の測定電圧の変化を検出し、検出した測定電圧の変化を補正した情報に基づき自己放電電流Ｉｐｒ又は放電抵抗Ｒｐｒを算出する。それゆえ、蓄電デバイス１０の内部状態を推定する精度を確保しつつ、蓄電デバイス１０の測定を速やかに開始することができる。

[0521] 次に、第８実施形態による作用効果について説明する。

[0522] 本実施形態における測定装置１Ｃのコントローラ５０Ｃは、蓄電デバイス１０の変動情報に基づいて蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を補正する電圧変化補正部５５２を備える。また、コントローラ５０Ｃは、補正した蓄電デバイス１０の測定電圧の変化に基づいて蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒ又は放電抵抗Ｒｐｒを演算する内部状態演算部５５３を備える。

[0523] この構成によれば、電圧変化補正部５５２が蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を補正するので、速やかに蓄電デバイス１０の測定を開始することができる。これに加え、内部状態演算部５５３が、例えば、上記の式（１６）、式（１９）又は式（２２）を用いることにより、補正後の測定電圧の変化に基づき蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒ又は放電抵抗Ｒｐｒを求めることができる。

[0524] したがって、速やかに蓄電デバイス１０の測定を開始することができるとともに、短い時間で蓄電デバイス１０の自己放電状態を求めることができる。

[0525] また、本実施形態におけるコントローラ５０Ｃは、蓄電デバイス１０に供給される定電流を切り替える測定指令部５２をさらに備える。そして電圧変化補正部５５２は、測定指令部５２にとって切り替えられる定電流ごとに、上述の変動情報に基づいて蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を補正する。内部状態演算部５５３は、定電流ごとに補正した蓄電デバイス１０の測定電

圧の変化に基づいて、蓄電デバイス１０の自己放電電流Ｉｐｒ又は放電抵抗Ｒｐｒを演算する。

[0526] この構成によれば、測定指令部５２が定電流を切り替えることにより、互いに異なる定電流ごとに補正後の測定電圧の変化が得られるので、例えば上式（１９）又は上式（２２）を用いることにより、自己放電電流Ｉｐｒを算出することができる。このように、測定対象である蓄電デバイス１０の実測値を用いて自己放電に関するパラメータが得られるので、理論値又は予測値を用いる場合と比較して、自己放電に関するパラメータの誤差を抑制することができる。

[0527] また、本実施形態における測定指令部５２は、蓄電デバイス１０に供給される定電流を、自己放電電流Ｉｐｒを検出するための第一の定電流と、第一の定電流よりも大きな第二の定電流と、の間で切り替える。

[0528] この構成によれば、定電流源２０Ｃから第一の定電流よりも大きな第二の定電流が蓄電デバイス１０に供給されるので、蓄電デバイス１０の測定電圧の変化が大きくなり、測定電圧の変化の傾きＡ２を短い時間で精度よく求めることができる。さらに、電圧センサ４０Ｃによって検出される電圧を示す電気信号の信号対雑音（Ｓ／Ｎ）比が高くなるので、測定電圧の変化の傾きＡ２を算出する精度を高めることができる。

[0529] 例えば、図２２に示したように蓄電デバイス１０の開放電圧が変動する場合は、測定電圧の変化を補正しなければ、放電抵抗Ｒｐｒの算出値は真値に対して十分の一程度の値になってしまう。これに対し、本実施形態のように測定電圧の変化を補正することにより、蓄電デバイス１０自体に電圧変動が生じている状態でも、放電抵抗Ｒｐｒの算出値を真値に近づけることが可能となる。

[0530] （第９実施形態）

次に、図２７を参照して、第９実施形態に係る測定装置２Ｃについて説明する。図２７は、測定装置２Ｃの構成を示す図である。測定装置２Ｃは、図１８に示した構成に加えて基準電圧源３０Ｃを備えている。他の構成につい

ては、図１８に示した構成と同じであるため、同一の符号を付して説明を省略する。

[0531] 基準電圧源３０Ｃは、蓄電デバイス１０の電圧に対して基準となる基準電圧を生成する電圧生成手段を構成する。基準電圧源３０Ｃは、例えば電圧生成回路によって構成される。基準電圧源３０Ｃの基準電圧は、例えば、蓄電デバイス１０の電圧が３［Ｖ］程度である場合は、蓄電デバイス１０の電圧に対して「－１Ｖ」から「＋１Ｖ」までの範囲内に設定される。

[0532] 電圧センサ４０Ｃは、定電流を供給した状態での蓄電デバイス１０の測定電圧と基準電圧との電位差を測定する。即ち、電圧センサ４０Ｃは、間接的に蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を測定する。電圧センサ４０Ｃは、測定した電位差を示す電気信号をコントローラ５０Ｃに出力する。

[0533] コントローラ５０Ｃは、図１９に示した機能構成と基本的に同じであり、図２０及び図２３に示した第７実施形態の測定方法又は図２０及び図２５に示した第８実施形態の測定方法を実行する。

[0534] コントローラ５０Ｃは、蓄電デバイス１０の変動情報と、定電流を供給した蓄電デバイス１０の電圧と基準電圧との電位差とに基づき、測定した電位差の変化を補正する。そして、補正した電位差の変化に基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を演算する演算手段を構成する。

[0535] 本実施形態では、コントローラ５０Ｃは、電圧センサ４０Ｃから出力される電気信号に基づいて蓄電デバイス１０の測定電圧の時間変化を検出し、検出した測定電圧の時間変化を蓄電デバイス１０の変動情報に基づいて補正する。そしてコントローラ５０Ｃは、補正した測定電圧の時間変化に基づいて、蓄電デバイス１０の内部状態の良否又は自己放電状態を測定する。

[0536] このとき、変動情報としては、例えば、蓄電デバイス１０の測定開始前又は測定終了後における蓄電デバイス１０の開放電圧と基準電圧との電位差の時間変化を示す実測データが用いられる。これに代えて、測定開始前又は測定終了後における蓄電デバイス１０の開放電圧自体の時間変化を示す実測データ、統計データ、理論データ、又はシミュレーション結果などが用いられ

てもよい。

[0537] 第９実施形態によれば、本実施形態における測定装置２Ｃは、蓄電デバイス１０の電圧に対して基準となる基準電圧を生成する基準電圧源３０Ｃをさらに備える。電圧センサ４０Ｃは、蓄電デバイス１０の測定電圧と基準電圧との電位差を蓄電デバイス１０の測定電圧として測定する。また、コントローラ５０Ｃは、蓄電デバイス１０の変動情報に基づき補正した電位差の変化に基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を演算する。

[0538] この構成によれば、定電流源２０Ｃから定電流を供給した蓄電デバイス１０の測定電圧と、基準電圧源３０Ｃの基準電圧との電位差を測定することによって、蓄電デバイス１０の電圧の直流成分の一部が除去される。これにより、電圧センサ４０Ｃの分解能を上げることができる。それゆえ、電圧センサ４０Ｃの内部ノイズによる影響が低減されるので、測定時間を短縮することができる。

[0539] これに加え、測定した電圧差の変化を補正することにより、電圧センサ４０Ｃの分解能を上げることに伴って、測定した電位差の変化に現われやすくなる環境起因の変動成分を的確に除去することができる。これにより、蓄電デバイス１０の環境に起因する変動成分を低減しつつ電圧センサ４０Ｃの分解能が上げられるので、精度よく蓄電デバイス１０の測定電圧の変化を検出することができる。

[0540] 第９実施形態では基準電圧源３０Ｃが電圧生成回路によって構成されたが、基準電圧源３０Ｃは、蓄電デバイス１０と同じ種類である他の蓄電デバイスによって構成されてもよい。同じ環境下にある蓄電デバイス１０と他の蓄電デバイスとの電位差を測定することによって、蓄電デバイス１０の温度変化に伴う電圧変動成分が除去されるので、蓄電デバイス１０の内部状態の違いに起因する電圧変化の検出精度を高めることができる。

[0541] 以上、第７乃至第９実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではない。

[0542] 例えば、蓄電デバイス１０の電圧変化の程度は蓄電デバイス１０の内部温度に応じて変わる。この性質を利用して蓄電デバイス１０の電圧変化と内部温度との関係を示す温度テーブルをコントローラ５０Ｃに予め記憶しておく。コントローラ５０Ｃは、補正した蓄電デバイス１０の測定電圧の変化に基づいて蓄電デバイス１０の内部温度を推定してもよい。

[0543] また、上記実施形態では蓄電デバイス１０の補正後の電圧変化を用いて自己放電電流Ｉｐｒ及び放電抵抗Ｒｐｒを算出したが、これに代えて又は加えて、蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを算出してもよい。例えば、第二の電流値Ｉ２を示す定電流を蓄電デバイス１０に充電したときの補正後の電圧変化の傾きＡ２と第二の電流値Ｉ２とを上式（１７）に代入して蓄電部１３の静電容量Ｃｓｔを算出する。

[0544] これに加え、コントローラ５０Ｃは、算出した静電容量Ｃｓｔに基づいて蓄電デバイス１０の内部状態を判定してもよい。例えば、コントローラ５０Ｃは、静電容量Ｃｓｔの算出値が所定の正常範囲内にあるか否かを判定することで、蓄電デバイス１０の良否を判定する。

[0545] また、上記実施形態では一つの蓄電デバイス１０の内部状態を測定したが、複数の蓄電デバイス１０が直列接続された蓄電モジュールの内部状態についても測定することが可能である。また、図１８及び図２７に示した測定装置１Ｃ，２Ｃには、表示部６０Ｃ及び操作部７０Ｃが含まれているが、表示部６０Ｃ及び操作部７０Ｃの少なくとも一つを省略してもよい。

[0546] 以上のように第１乃至第９実施形態の測定装置１，１Ａ，１Ｂ，１Ｃ，２Ｂ，２Ｃは、蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する装置として機能する。この装置は、蓄電デバイス１０に定電流を供給し、定電流を供給した蓄電デバイス１０に関する電圧を測定し、測定した蓄電デバイス１０の電圧変化を検出する。そして上記装置は、蓄電デバイス１０の基準となる電気特性に基づいて蓄電デバイス１０の電圧変化を取得する。

[0547] 本願は２０２０年１月１７日に日本国特許庁に出願された特願２０２０－００６１７４、特願２０２０－００６１７６、及び特願２０２０－００６１

７９に基づく優先権を主張し、この出願の全ての内容は参照により本明細書に組み込まれる。

符号の説明

[0548] １、１Ａ、１Ｂ、１Ｃ、２Ｂ、２Ｃ　　測定装置（装置）

１０、１０Ａ　　蓄電デバイス

１３　　蓄電部

１４　　内部抵抗

１５　　並列抵抗

２０、２０Ｂ、２０Ｃ　　定電流源（供給手段）

３０、３０Ａ　　基準電圧源（電圧生成手段）

４０、４０Ｂ、４０Ｃ　　電圧計、電圧センサ（測定手段）

５０、５０Ｂ、５０Ｃ　　コントローラ（処理手段、演算手段）

Ｓ２、Ｓ３、Ｓ４（測定ステップ、供給ステップ、処理ステップ）

ＳＢ１、ＳＢ４、ＳＢ５、ＳＢ６（決定ステップ、供給ステップ、測定ステップ、演算ステップ）

請求の範囲

[請求項1] 蓄電デバイスの電圧変化を検出する装置であって、

前記蓄電デバイスに定電流を供給する供給手段と、

前記定電流を供給した前記蓄電デバイスに関する電圧を測定する測定手段と、

測定した前記蓄電デバイスの電圧変化を検出する処理手段と、を備え、

前記蓄電デバイスの基準となる電気特性に基づいて、前記蓄電デバイスの電圧変化を取得する装置。

[請求項2] 請求項１に記載の装置であって、

前記蓄電デバイスの電圧変化は、前記蓄電デバイスの自己放電電流又は放電抵抗の大きさに応じて変化する、装置。

[請求項3] 請求項１又は請求項２に記載の装置は、前記蓄電デバイスの状態を測定する測定装置であって、

前記処理手段は、検出した前記電圧変化に基づいて前記蓄電デバイスの内部状態を演算する演算手段を備える、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項4] 請求項３に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記電気特性として前記蓄電デバイスの電圧に対して基準となる基準電圧を生成する電圧生成手段と、を備え、

前記測定手段は、前記蓄電デバイスの電圧と前記基準電圧との電位差を測定し、

前記演算手段は、測定した前記電位差の変化を前記電圧変化として検出する、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項5] 請求項４に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記測定手段は、

前記蓄電デバイス及び前記電圧生成手段の正極間に接続される抵抗

素子と、

前記抵抗素子に生じる電圧を前記電位差として検出する素子検出手段と、を備える、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項6] 請求項５に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記抵抗素子に流れる電流は、前記定電流よりも小さい、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項7] 請求項５又は請求項６に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記基準電圧は、前記抵抗素子に生じる電圧が前記蓄電デバイスの電圧よりも小さくなるように設定される、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項8] 請求項７に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記電圧生成手段は、他の蓄電デバイスを含む、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項9] 請求項４から請求項８までのいずれか一項に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記演算手段は、測定した前記電位差の変化に基づいて前記蓄電デバイスの自己放電状態に関する情報を生成する、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項10] 請求項９に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記情報は、前記蓄電デバイスの自己放電電流又は放電抵抗を示す内部情報と、前記蓄電デバイスの良否を示す判定情報と、のうち少なくとも一つを含む、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項11] 請求項３に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記供給手段は、前記蓄電デバイスの電圧が前記電気特性に基づく所定の値であるときに前記蓄電デバイスに定電流を供給し、

前記所定の値は、前記蓄電デバイスの電圧と前記蓄電デバイスの静

電容量成分との関係を特定するためのデータに基づいて定められる、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項12] 請求項１１に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記所定の値は、前記蓄電デバイスの電圧が放電又は充電によって変化する範囲のうち、前記蓄電デバイスの静電容量成分が閾値を下回る電圧値に設定される、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項13] 請求項１２に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記閾値は、前記蓄電デバイスの静電容量成分の最大値又は平均値に基づいて設定される、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項14] 請求項３に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記電気特性として前記蓄電デバイスの開放電圧の変動を特定するための情報を取得する取得手段を備え、

前記演算手段は、

前記測定手段が測定した前記蓄電デバイスの電圧である測定電圧に基づいて当該測定電圧の変化を検出する検出手段と、

検出した前記測定電圧の変化を前記情報に基づいて補正する補正手段と、を備える、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項15] 請求項１４に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記測定手段は、前記蓄電デバイスの開放電圧を測定して当該開放電圧の大きさを示す信号を前記情報として出力し、その後に前記定電流を供給した前記蓄電デバイスの測定電圧を測定する、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項16] 請求項１４又は請求項１５に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記補正手段は、前記検出手段が検出した前記測定電圧の変化から

前記情報にて特定される前記開放電圧の変動を減じて当該測定電圧の変化を補正する、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項17] 請求項１４から請求項１６までのいずれか一項に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記演算手段は、

補正した前記測定電圧の変化に基づいて前記蓄電デバイスの自己放電電流又は放電抵抗を演算する自己放電演算手段を備える、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項18] 請求項１７に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記蓄電デバイスに供給される前記定電流を切り替える切替手段をさらに備え、

前記補正手段は、前記切替手段により切り替えられる定電流ごとに、前記情報に基づいて前記蓄電デバイスの測定電圧の変化を補正し、

前記自己放電演算手段は、前記定電流ごとに補正した測定電圧の変化に基づいて、前記自己放電電流又は放電抵抗を演算する、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項19] 請求項１８に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記切替手段は、前記蓄電デバイスに供給される定電流を、前記自己放電電流を検出するための第一の定電流と、前記第一の定電流よりも大きな第二の定電流と、の間で切り替える、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項20] 請求項１４から請求項１９までのいずれか一項に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記蓄電デバイスの電圧に対して基準となる基準電圧を生成する電圧生成手段をさらに備え、

前記測定手段は、前記測定電圧として前記蓄電デバイスの電圧と前記基準電圧との電位差を測定し、

前記演算手段は、補正した前記電位差の変化に基づいて前記蓄電デバイスの内部状態を演算する、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項21] 請求項１から請求項２０までのいずれか一項に記載の蓄電デバイスの測定装置であって、

前記供給手段は、前記蓄電デバイスにて過電圧より小さく、主に電気二重層反応が発生する大きさの定電流を供給する、

蓄電デバイスの測定装置。

[請求項22] 蓄電デバイスの電圧変化を検出する方法であって、

前記蓄電デバイスに定電流を供給する供給ステップと、

前記定電流を供給した前記蓄電デバイスに関する電圧を測定する測定ステップと、

測定した前記蓄電デバイスの電圧変化を検出する処理ステップと、を備え、

前記蓄電デバイスの基準となる電気特性に基づいて、前記蓄電デバイスの電圧変化を取得する方法。

[請求項23] 請求項２２に記載の方法は、前記蓄電デバイスの状態を測定する測定方法であって、

前記電気特性における前記蓄電デバイスの電圧と前記蓄電デバイスの静電容量成分との関係に基づいて前記蓄電デバイスの状態を測定する際の電圧値を決定する決定ステップを備え、

前記供給ステップは、前記蓄電デバイスの電圧が前記電圧値であるときに前記蓄電デバイスに定電流を供給し、

前記処理ステップは、測定した前記蓄電デバイスの電圧変化に基づいて前記蓄電デバイスの内部状態を演算する、

蓄電デバイスの測定方法。

[請求項24] 請求項２３に記載の蓄電デバイスの測定方法であって、

前記決定ステップは、前記蓄電デバイスの電圧が放電又は充電によ

って変化する範囲のうち前記蓄電デバイスの静電容量成分が最大となる特定の電圧値近傍を避けるように前記電圧値を決定する、

蓄電デバイスの測定方法。

[請求項25] 請求項２３又は請求項２４に記載の蓄電デバイスの測定方法であって、

前記決定ステップは、前記電圧値を前記蓄電デバイスの静電容量成分が最大となる特定の電圧値よりも低くする、

蓄電デバイスの測定方法。

[請求項26] 請求項２３から請求項２５までのいずれか一項に記載の蓄電デバイスの測定方法であって、

前記蓄電デバイスを充電又は放電する制御を行う制御ステップと、

前記制御を行っているときに前記蓄電デバイスの電圧を測定する制御測定ステップと、

測定した前記蓄電デバイスの電圧に基づいて前記関係を特定するためのデータを生成する生成ステップと、

を備える蓄電デバイスの測定方法。

[請求項27] 請求項２３から請求項２６までのいずれか一項に記載の蓄電デバイスの測定方法であって、

前記決定ステップは、前記定電流を供給した前記蓄電デバイスの電圧変化を検出するための時間又は検出に必要とされる電圧変化量に基づいて前記電圧値を決定する、

蓄電デバイスの測定方法。

[請求項28] 請求項２２に記載の方法は、前記蓄電デバイスの状態を測定する測定方法であって、

前記電気特性として前記蓄電デバイスの開放電圧の変動を特定するための情報を取得する取得ステップを備え、

前記処理ステップは、

測定した前記蓄電デバイスの電圧変化を前記情報に基づいて補正し

、

補正した前記電圧変化に基づいて前記蓄電デバイスの内部状態を演算する、

蓄電デバイスの測定方法。

[請求項29] 請求項２２に記載の方法は、前記蓄電デバイスの状態を測定する測定方法であって、

前記蓄電デバイスの電圧に対して基準となる基準電圧を生成する生成ステップを備え、

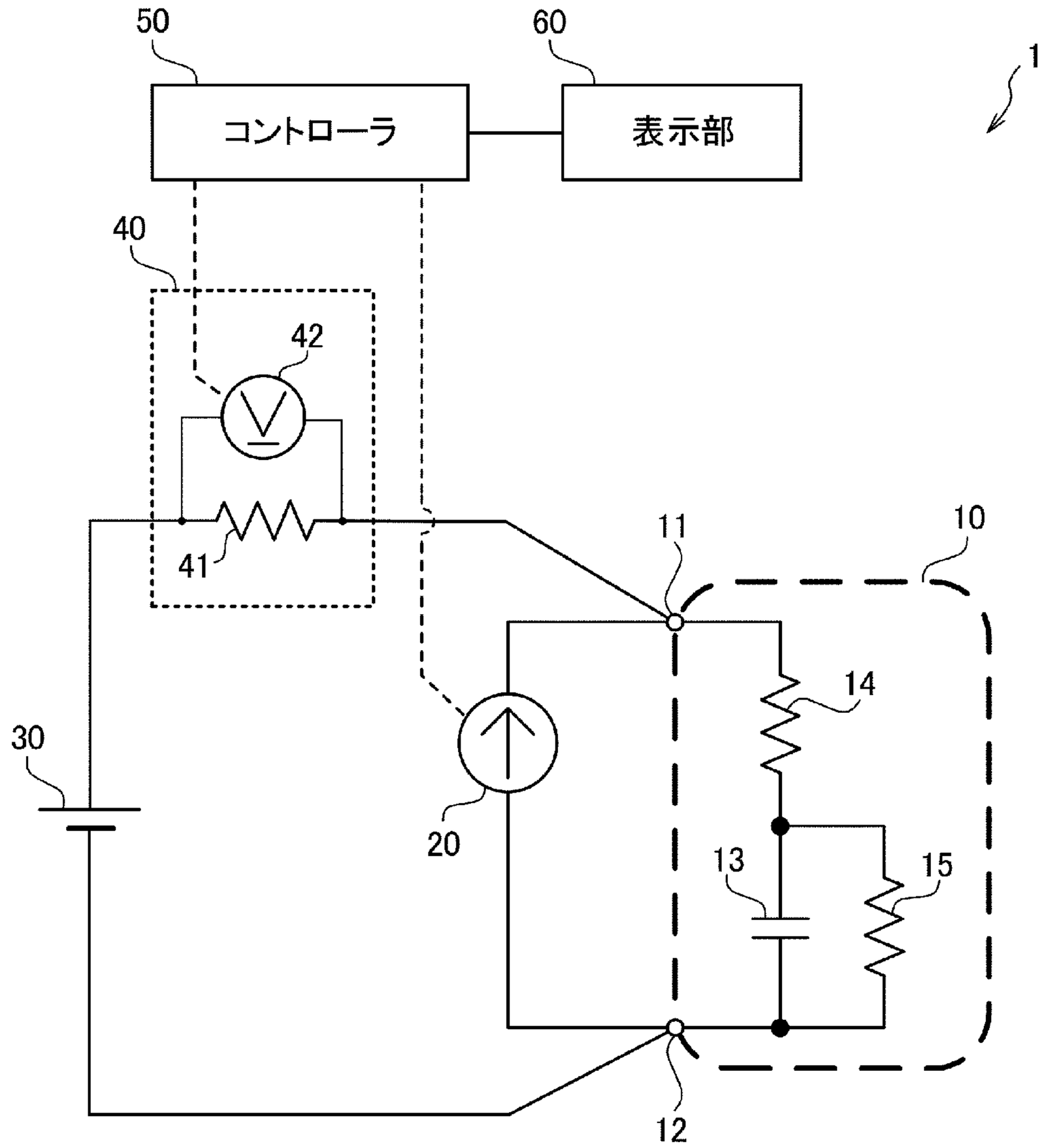
前記測定ステップは、前記蓄電デバイスの電圧と前記基準電圧との電位差を測定し、

前記処理ステップは、測定した前記電位差の変化を前記電圧変化として検出し、

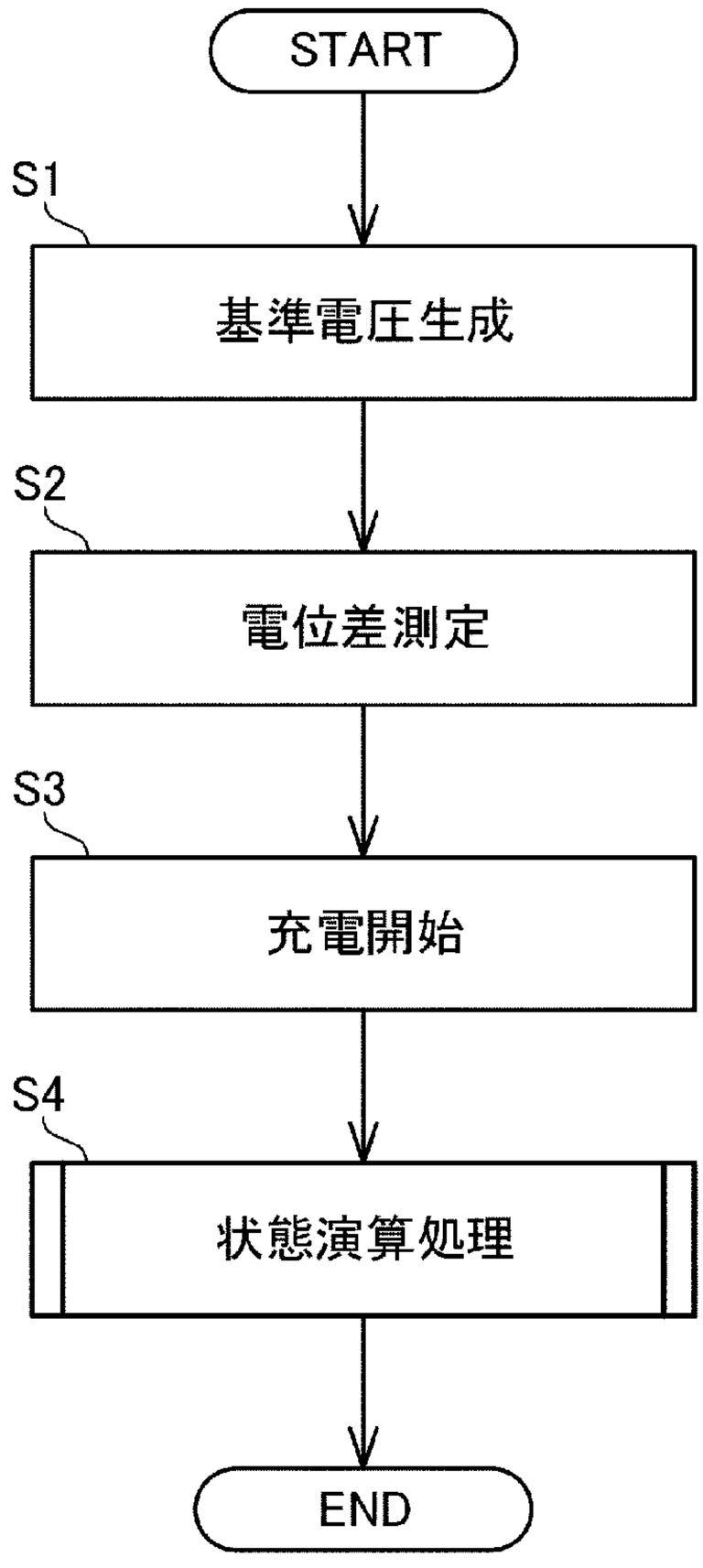
検出した前記電位差の変化に基づいて前記蓄電デバイスの内部状態を演算する、

蓄電デバイスの測定方法。

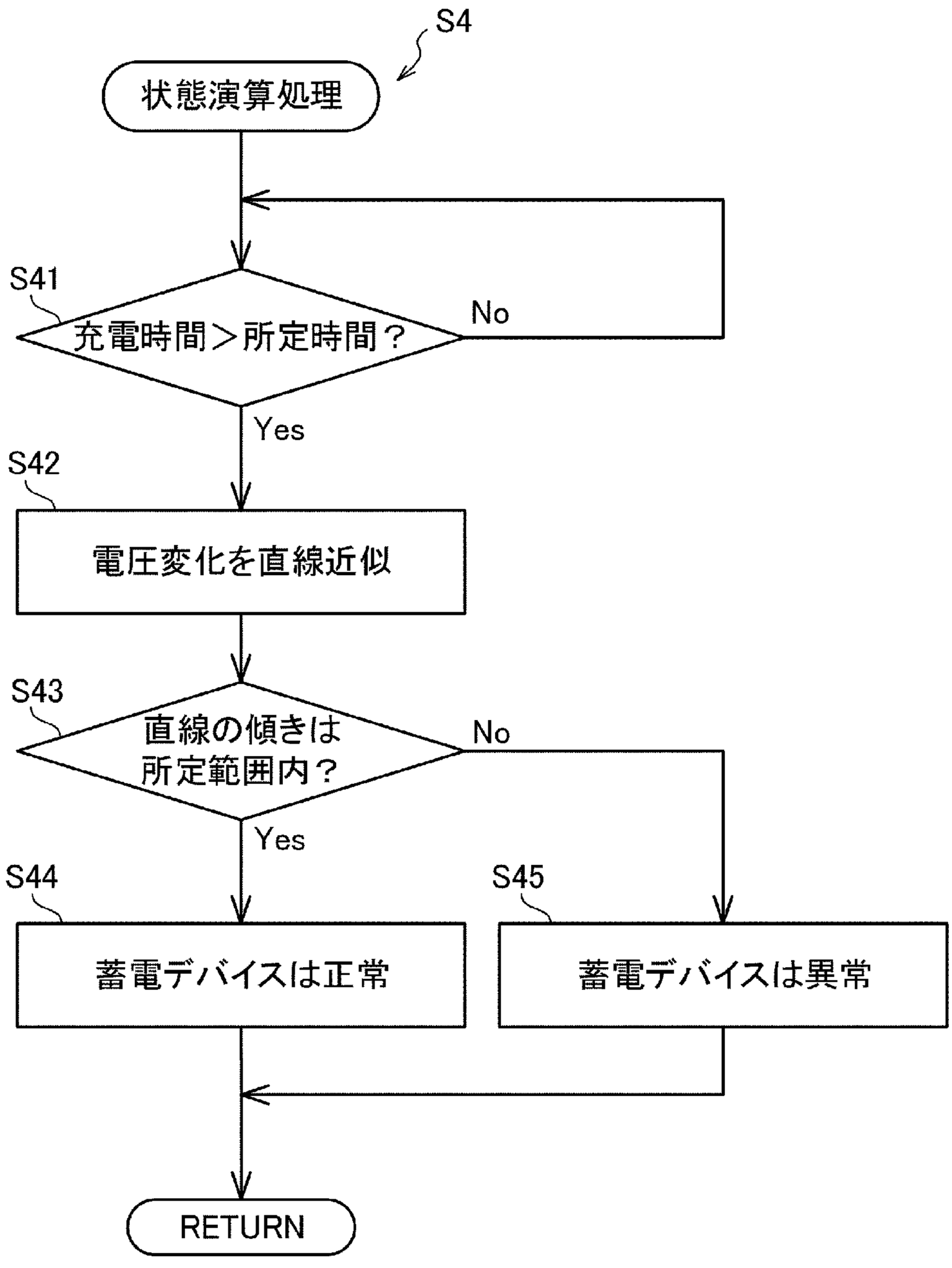
[図1]



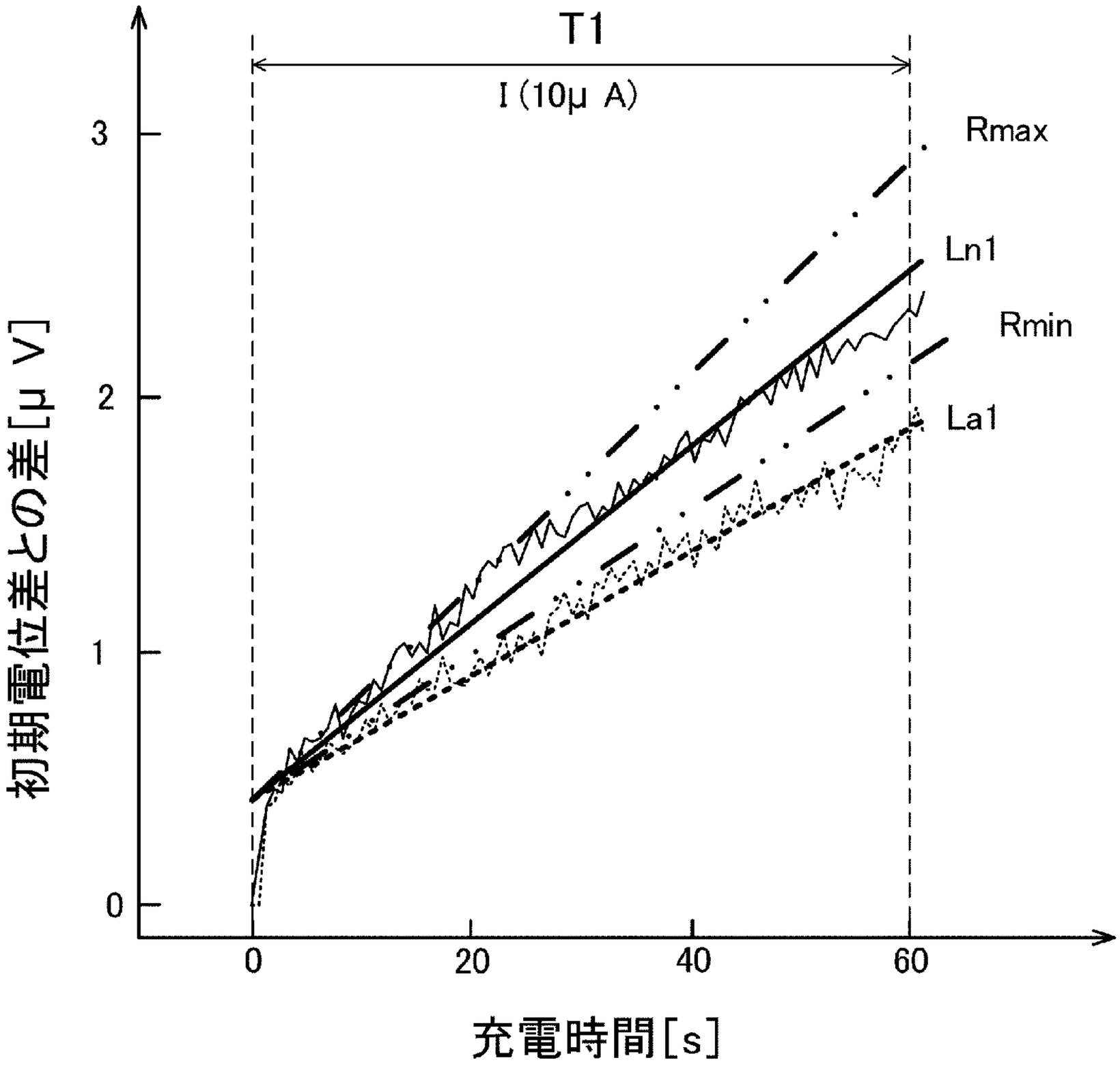
[図2]



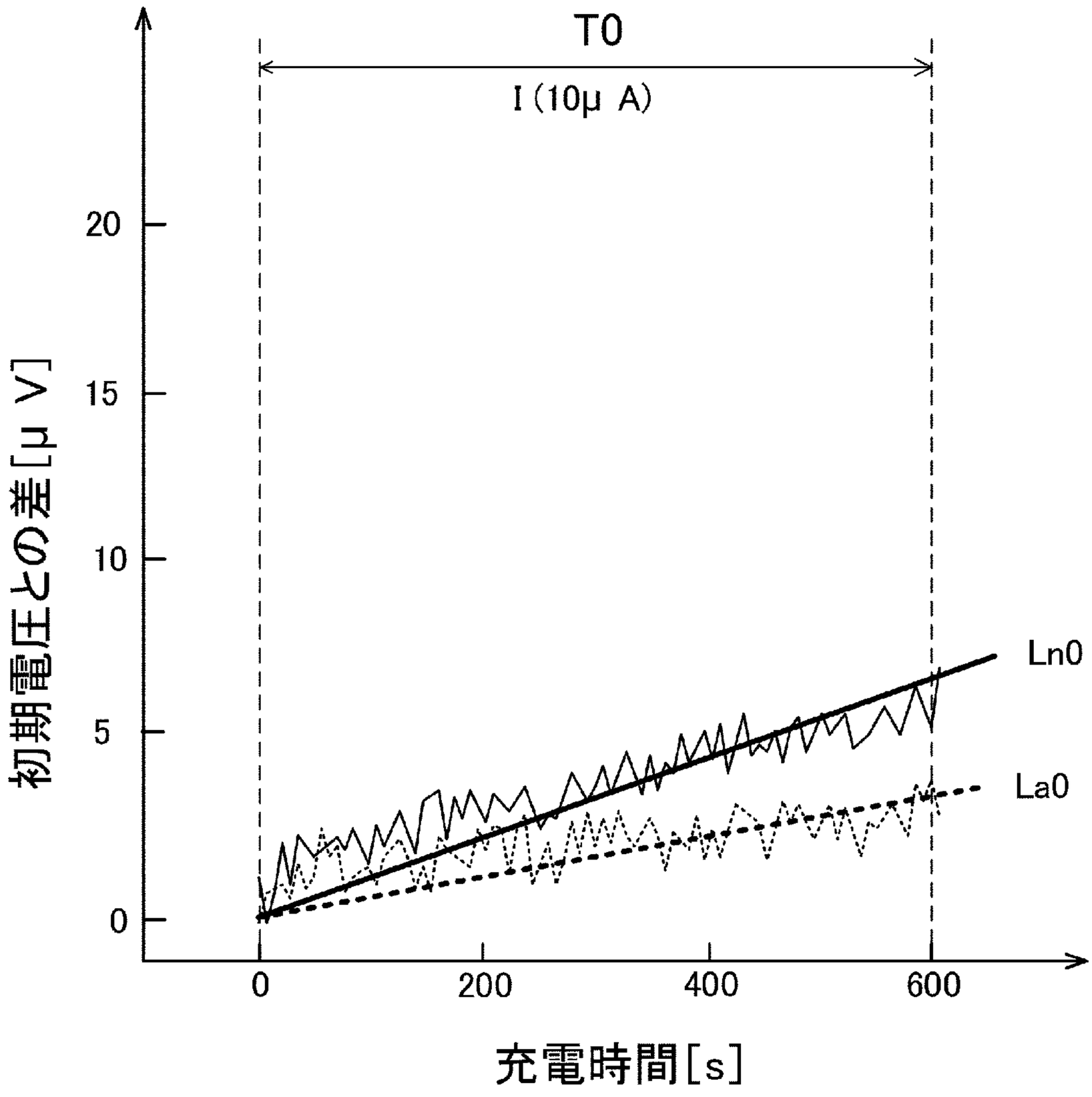
[図3]


S4
状態演算処理
S41
充電時間＞所定時間？
No
Yes
S42
電圧変化を直線近似
S43
直線の傾きは
所定範囲内？
No
Yes
S44
蓄電デバイスは正常
S45
蓄電デバイスは異常
RETURN

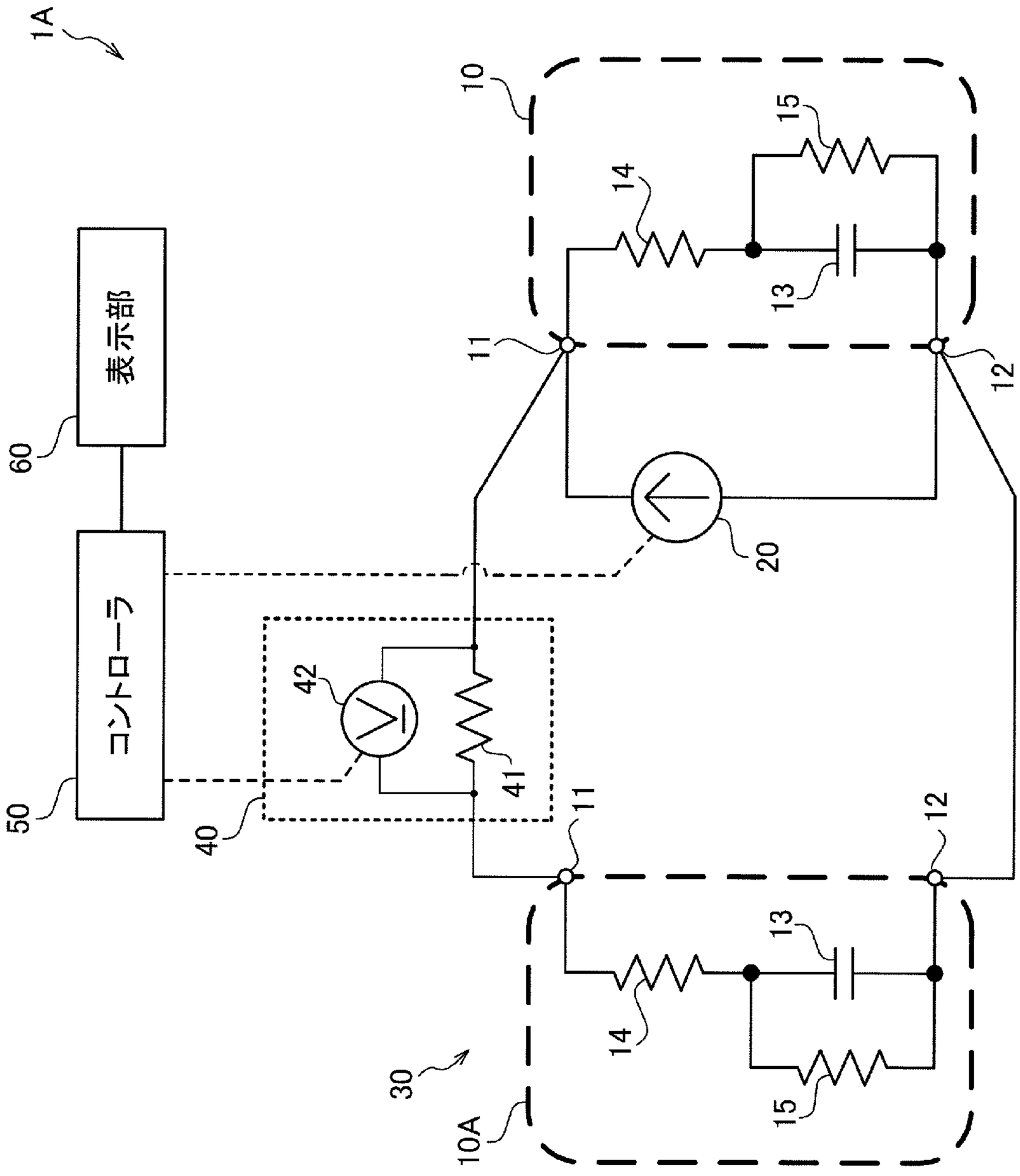
[図4]



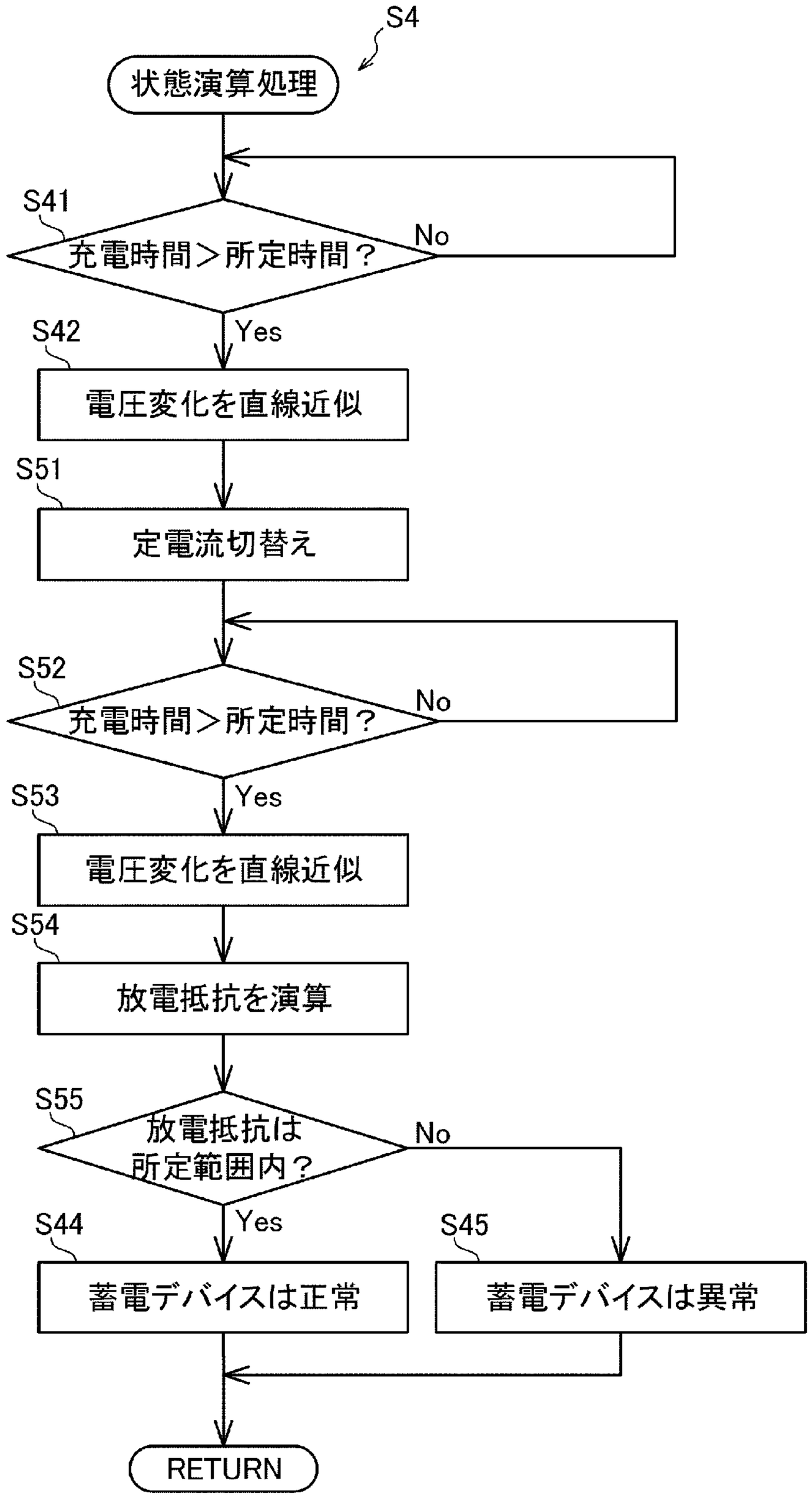
[図5]



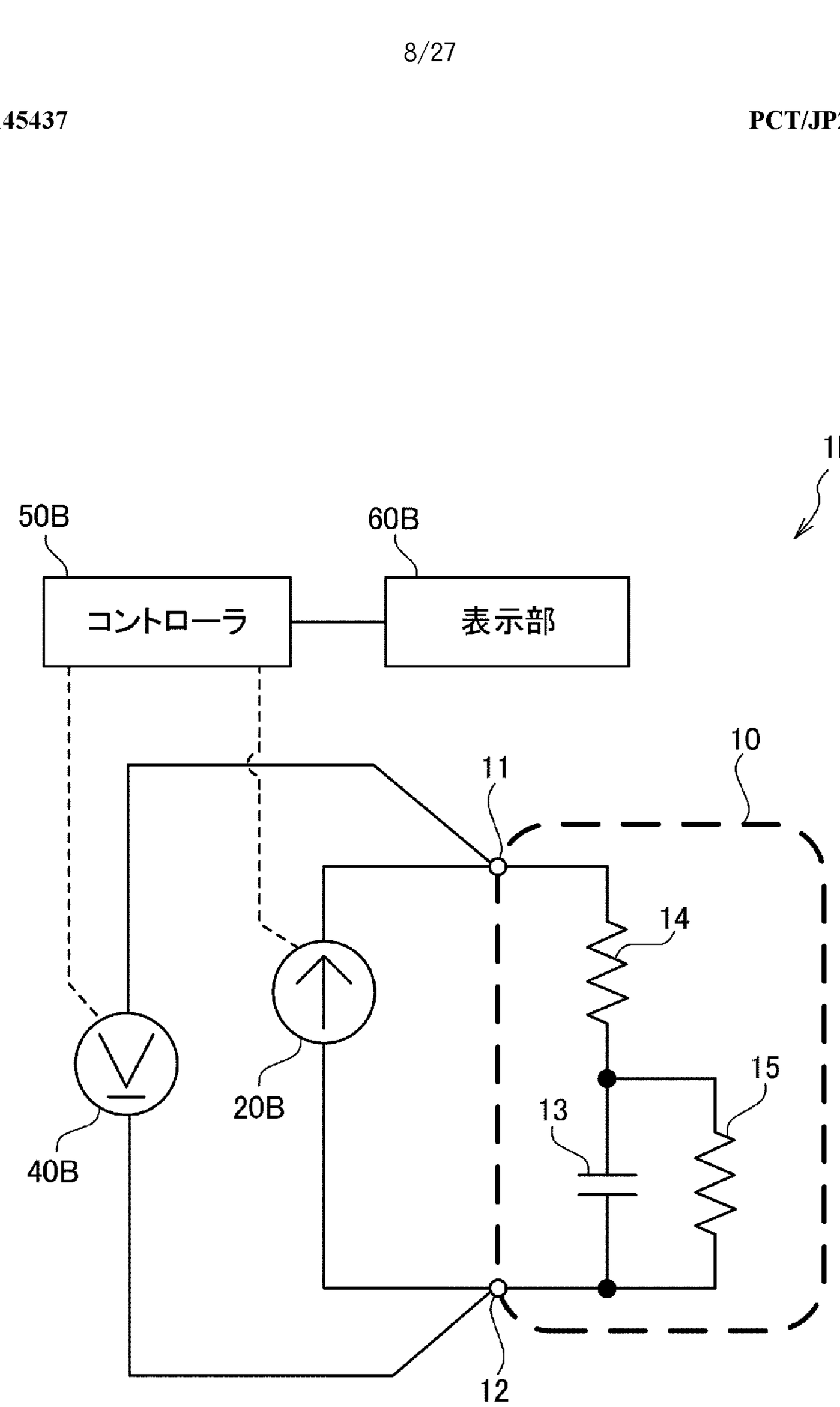
[図6]


1A
10
15
14
13
11
12
20
60
表示部
50
コントローラ
40
42
41
11
12
13
14
15
30
10A

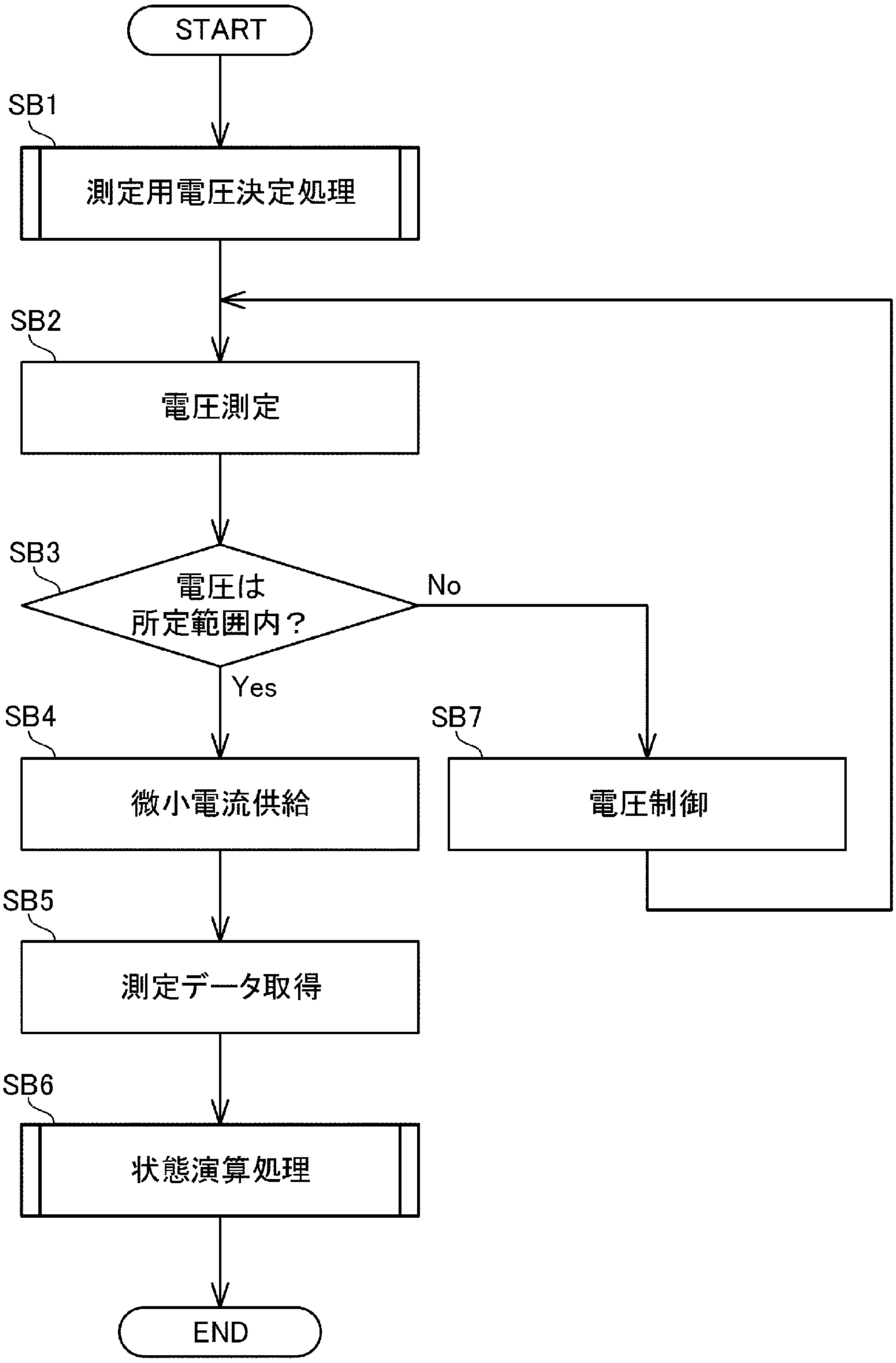
[図7]


S4
状態演算処理
S41
充電時間＞所定時間？
No
Yes
S42
電圧変化を直線近似
S51
定電流切替え
S52
充電時間＞所定時間？
No
Yes
S53
電圧変化を直線近似
S54
放電抵抗を演算
S55
放電抵抗は
所定範囲内？
No
Yes
S44
蓄電デバイスは正常
S45
蓄電デバイスは異常
RETURN

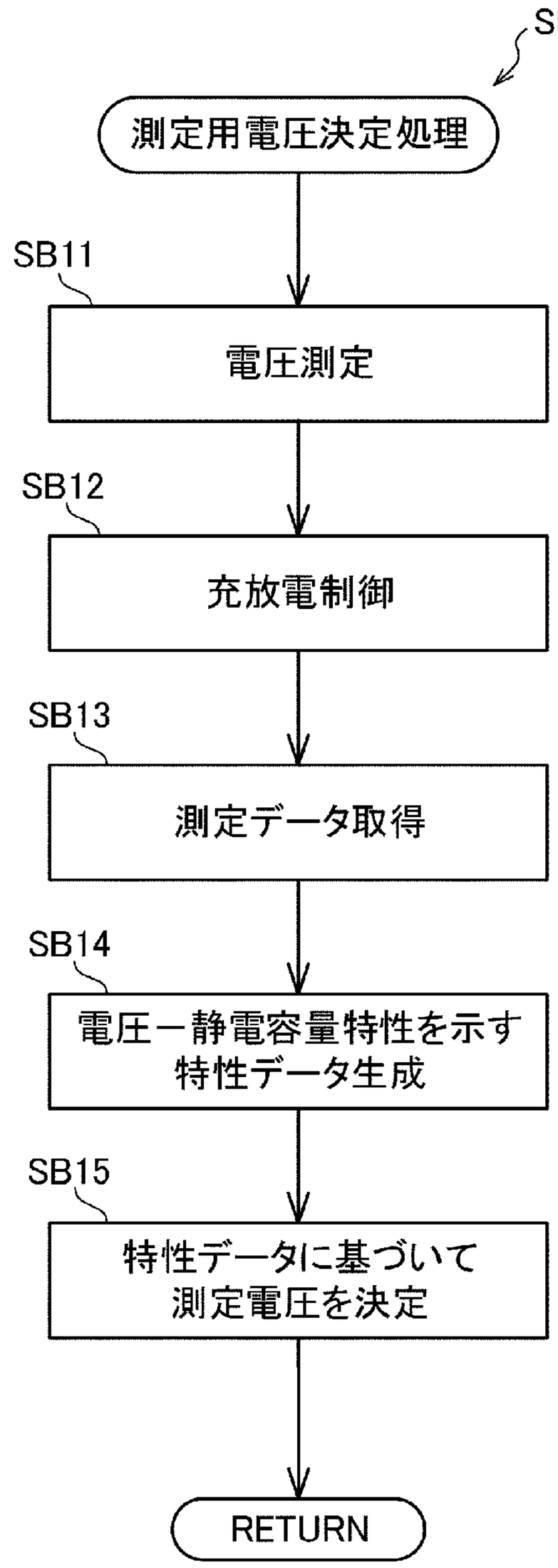
[図8]



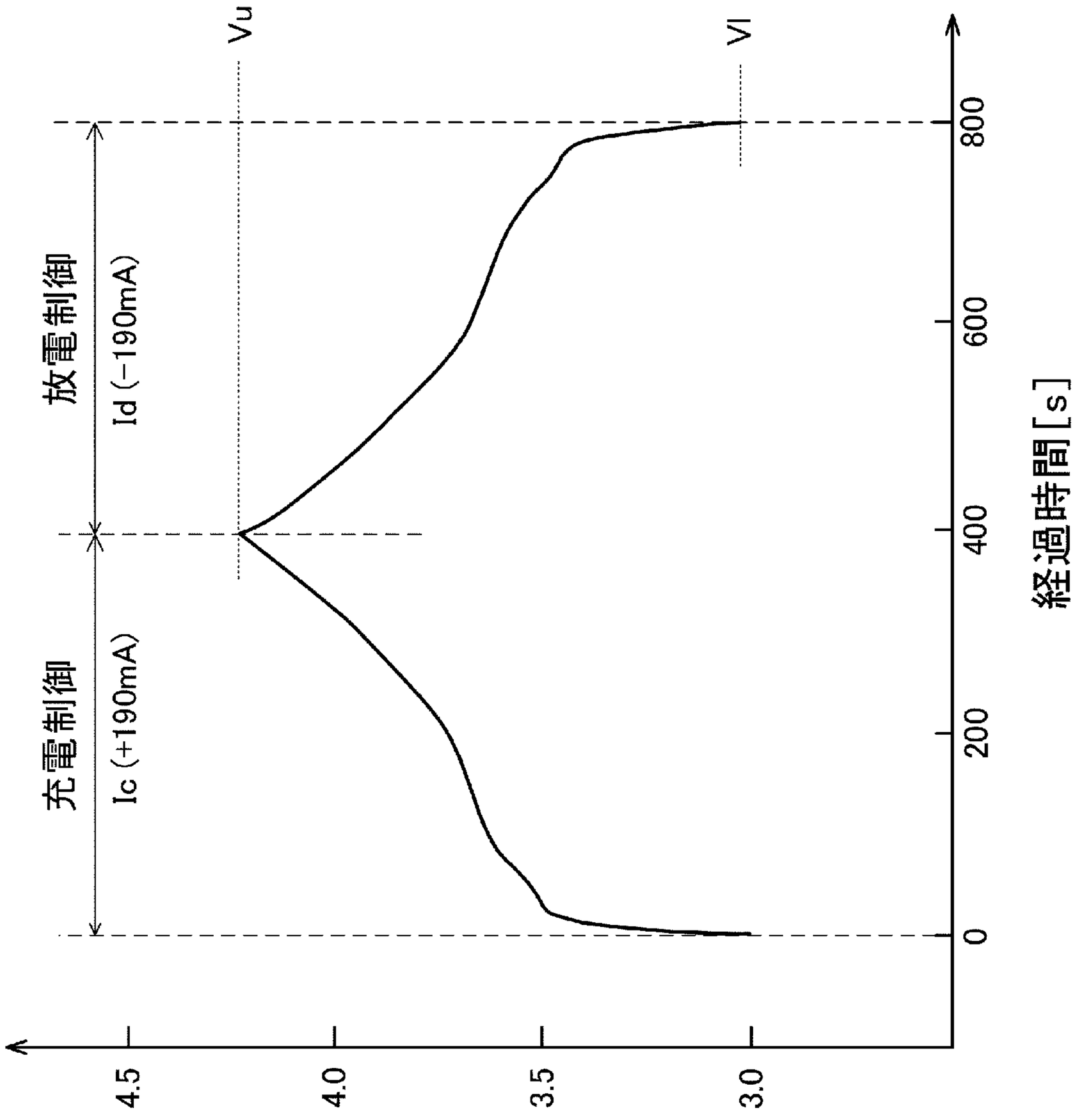
[図9]


START
SB1
測定用電圧決定処理
SB2
電圧測定
SB3
電圧は
所定範囲内？
No
Yes
SB4
微小電流供給
SB7
電圧制御
SB5
測定データ取得
SB6
状態演算処理
END

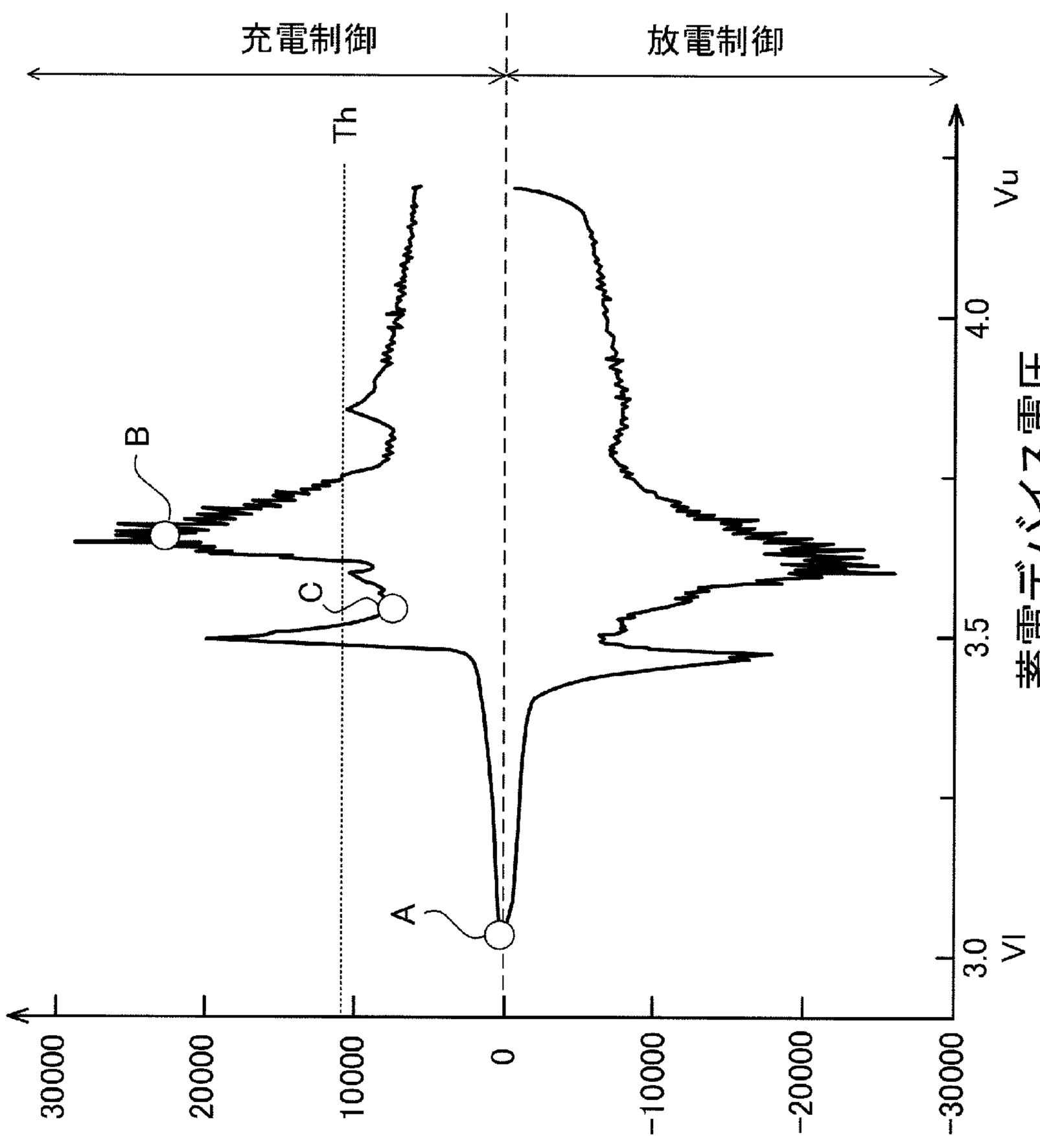
[図10]


SB1
測定用電圧決定処理
SB11
電圧測定
SB12
充放電制御
SB13
測定データ取得
SB14
電圧－静電容量特性を示す
特性データ生成
SB15
特性データに基づいて
測定電圧を決定
RETURN

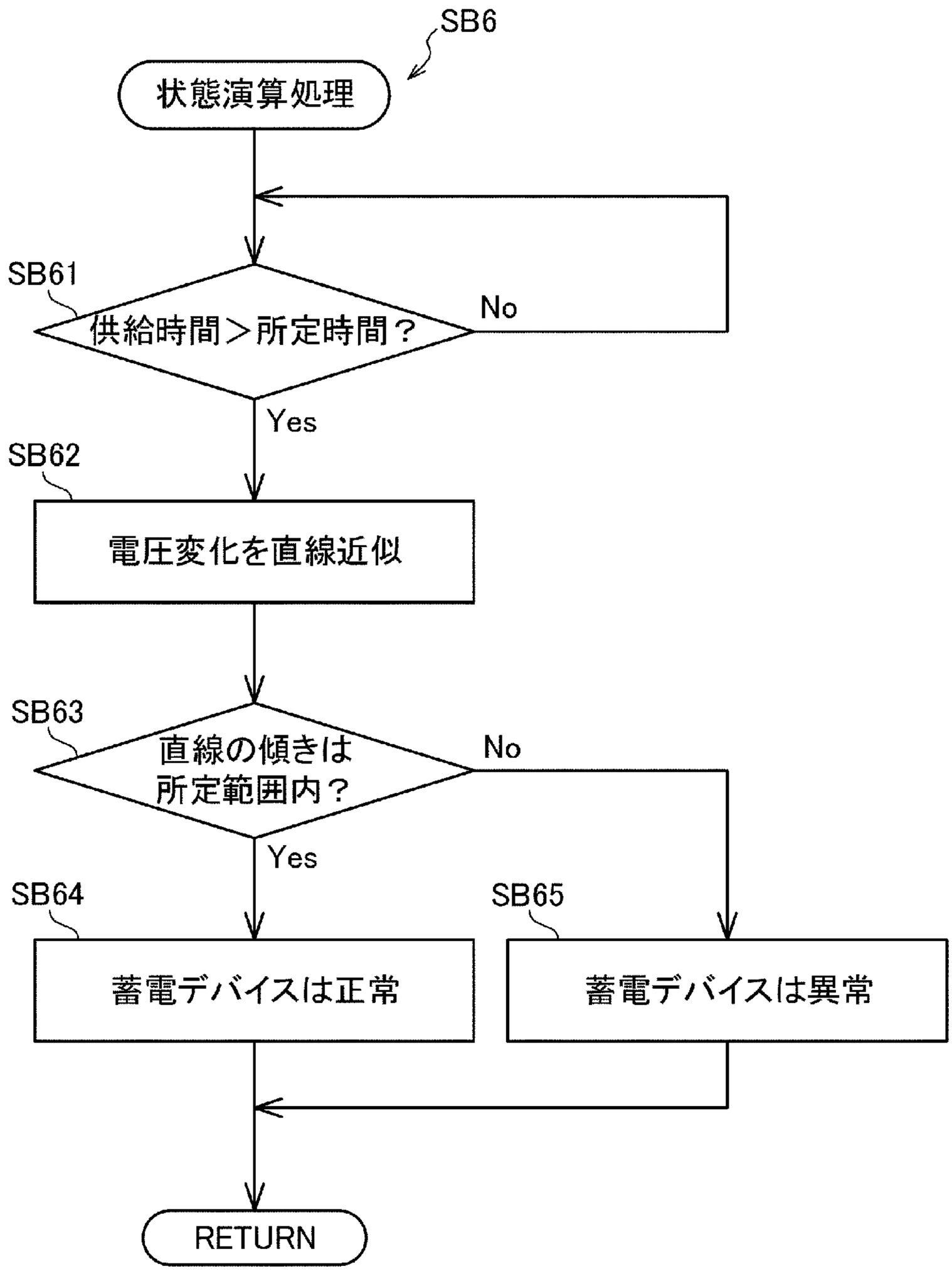
[図11]


Vu
Vl
放電制御
Id (−190mA)
充電制御
Ic (+190mA)
800
600
400
200
0
経過時間[s]
4.5
4.0
3.5
3.0
蓄電デバイス電圧[V]

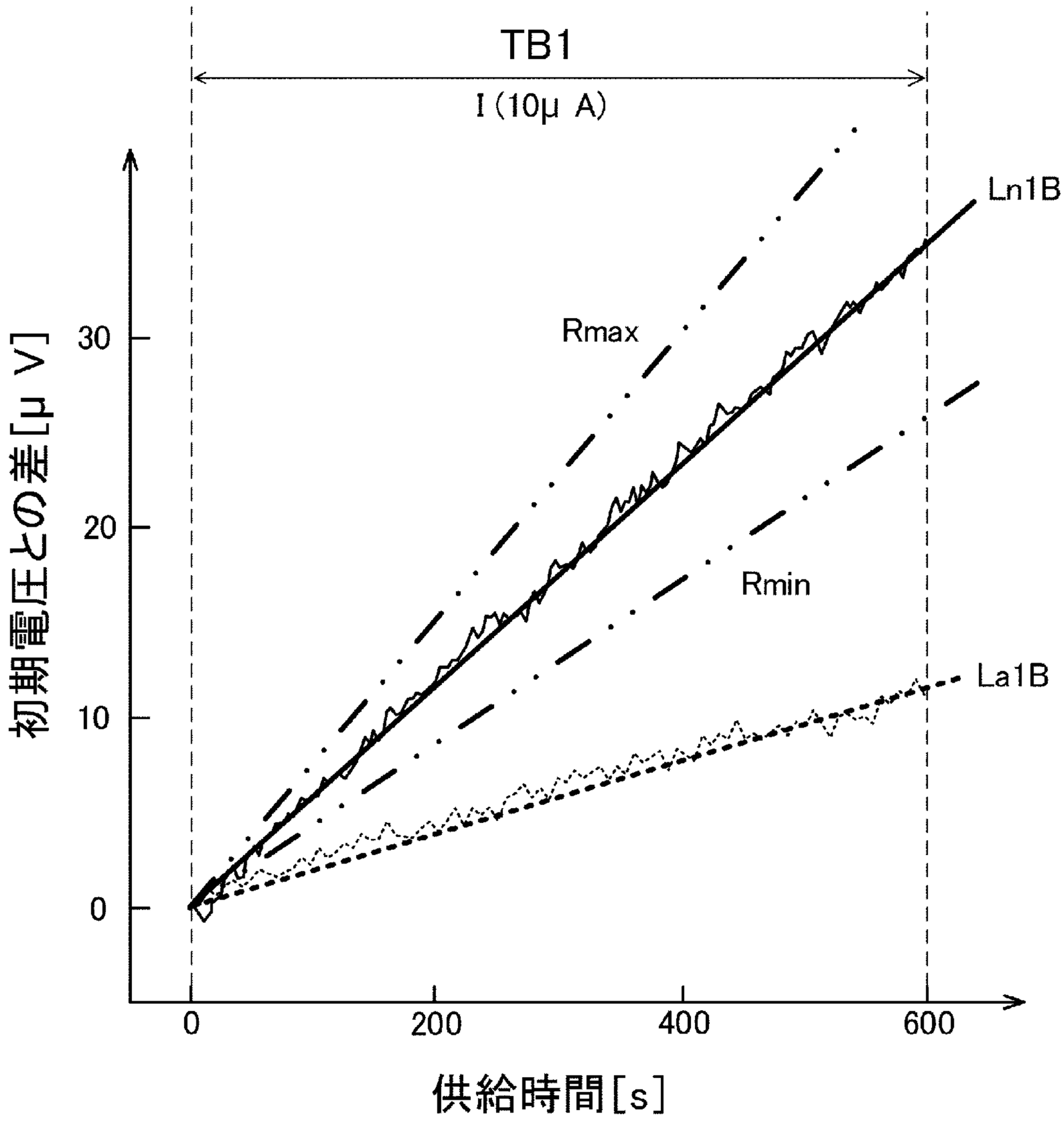
[図12]


充電制御
放電制御
Th
A
B
C
蓄電デバイス電圧 [V]
Vu
Vl
3.5
4.0
3.0
静電容量 [I・dt/dV]
30000
20000
10000
0
−10000
−20000
−30000

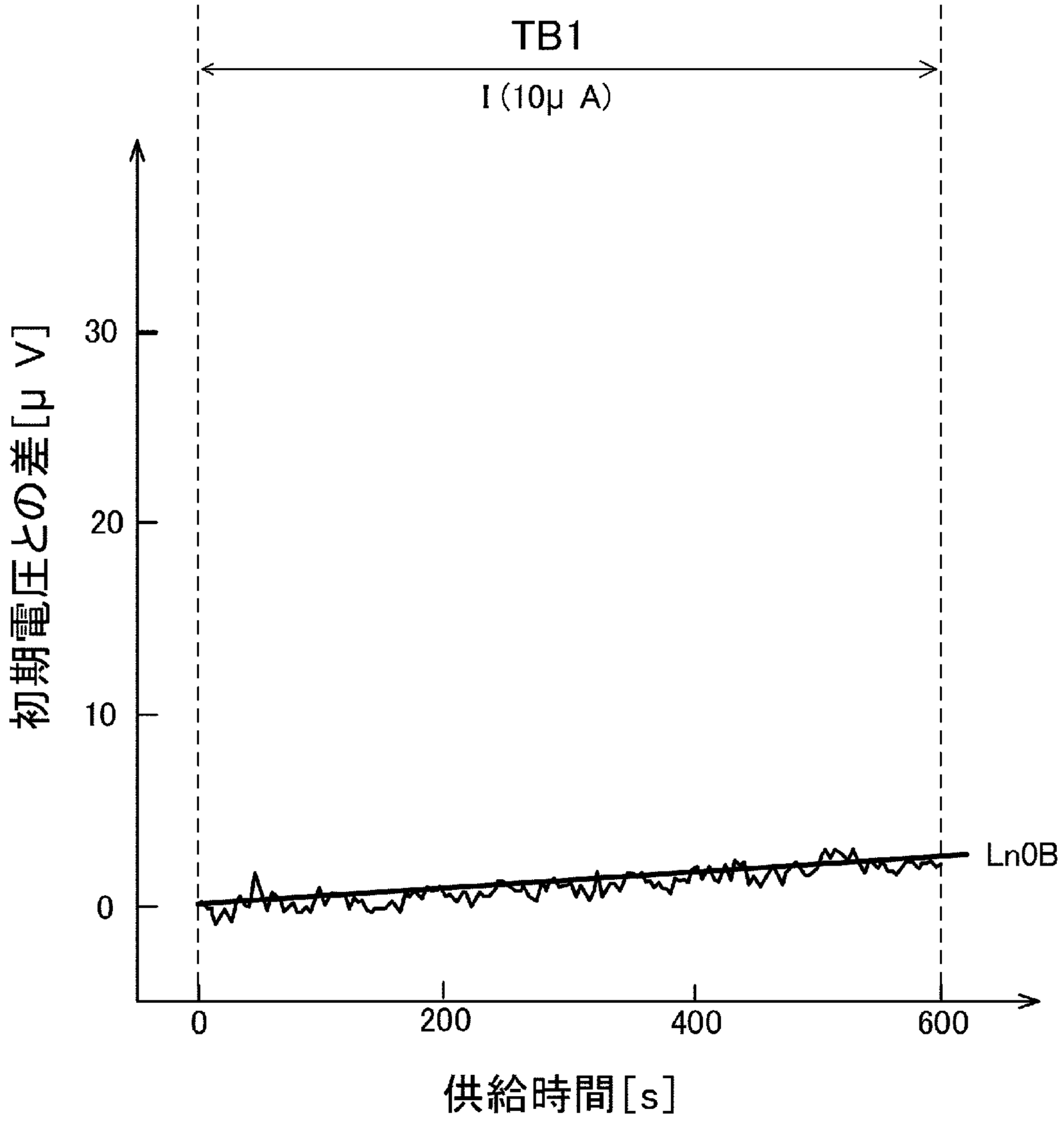
[図13]


SB6
状態演算処理
SB61
供給時間＞所定時間？
No
Yes
SB62
電圧変化を直線近似
SB63
直線の傾きは
所定範囲内？
No
Yes
SB64
蓄電デバイスは正常
SB65
蓄電デバイスは異常
RETURN

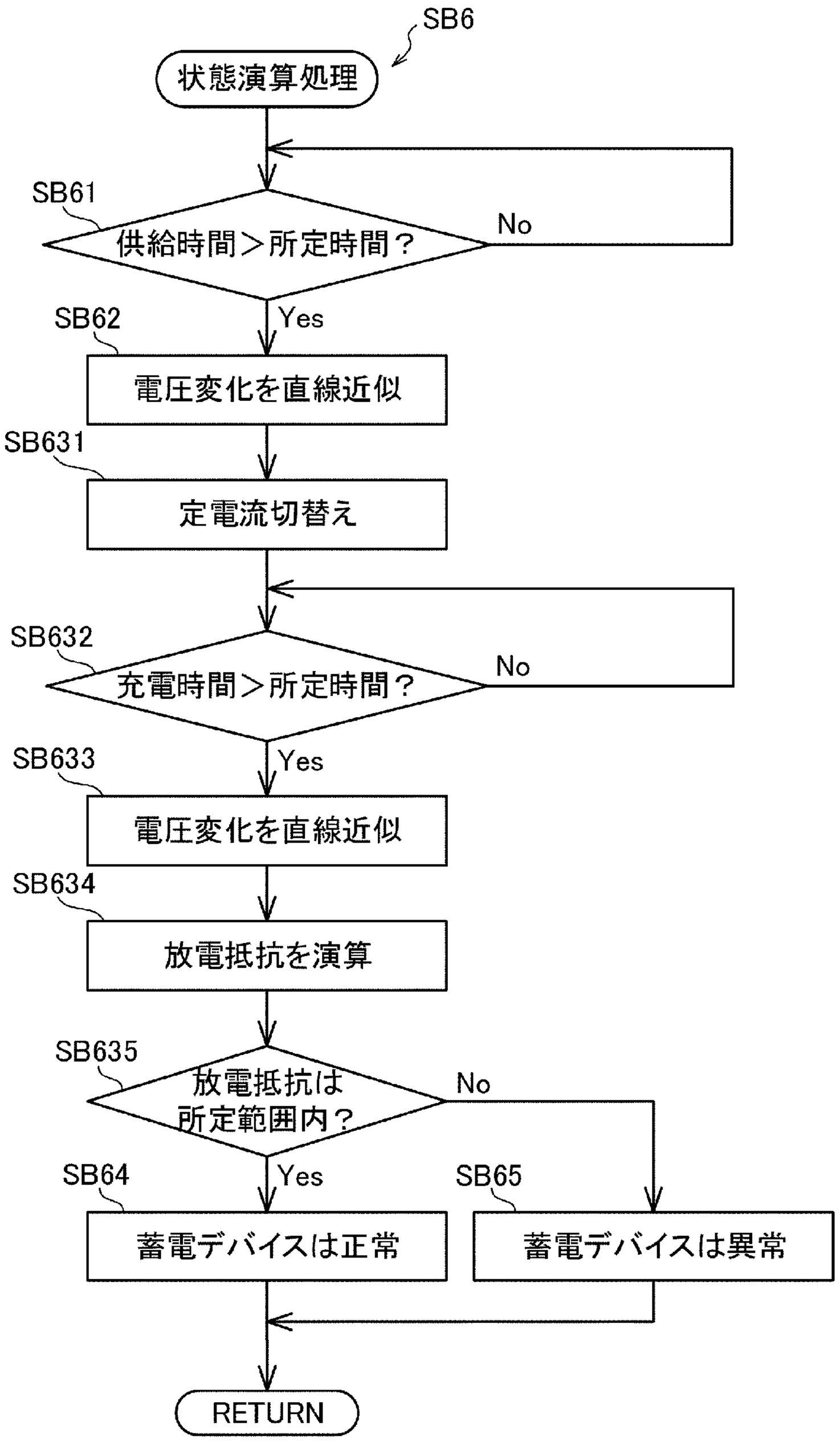
[図14]


TB1
I (10μ A)
Ln1B
Rmax
Rmin
La1B
初期電圧との差[μ V]
30
20
10
0
0
200
400
600
供給時間[s]

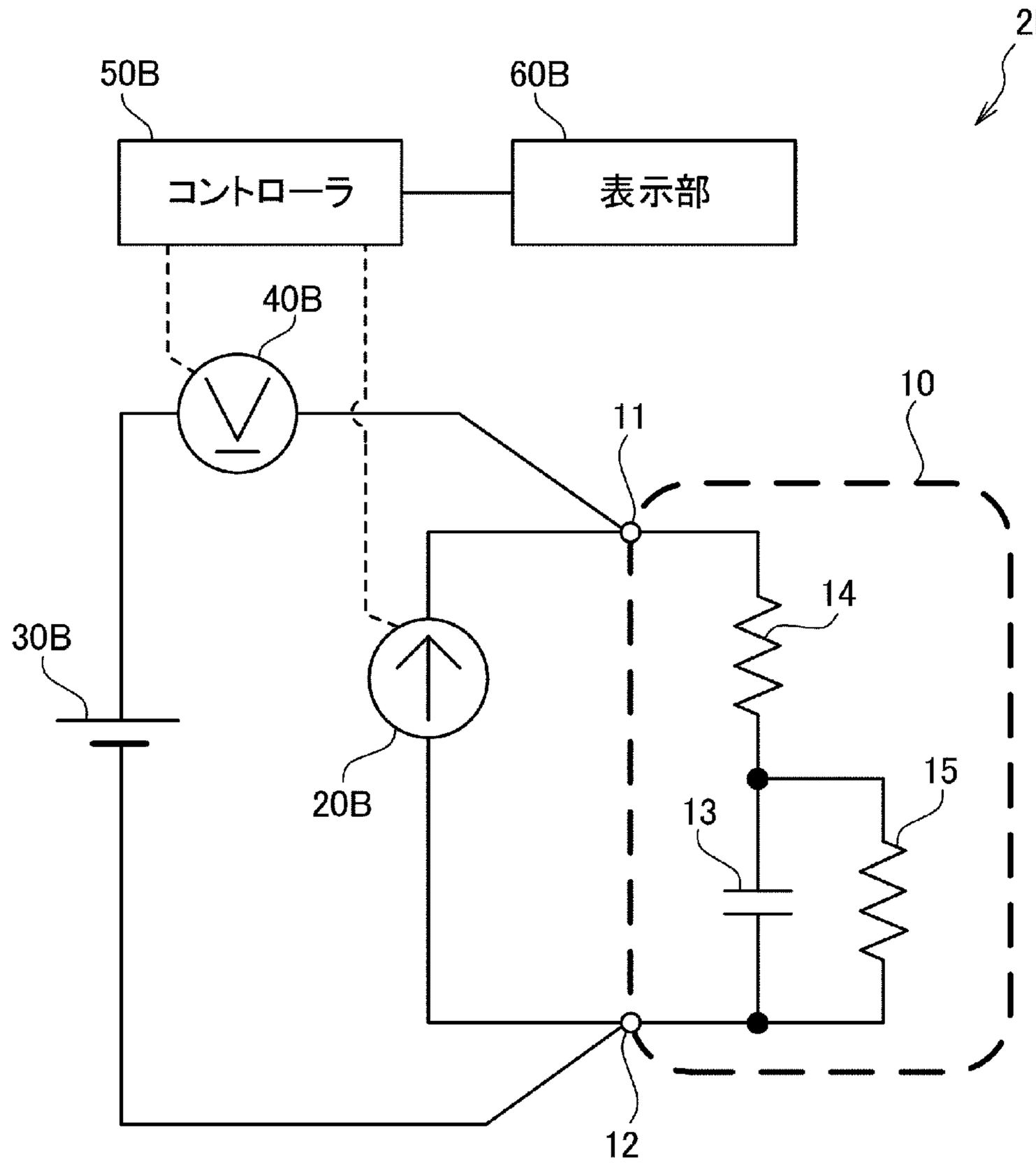
[図15]



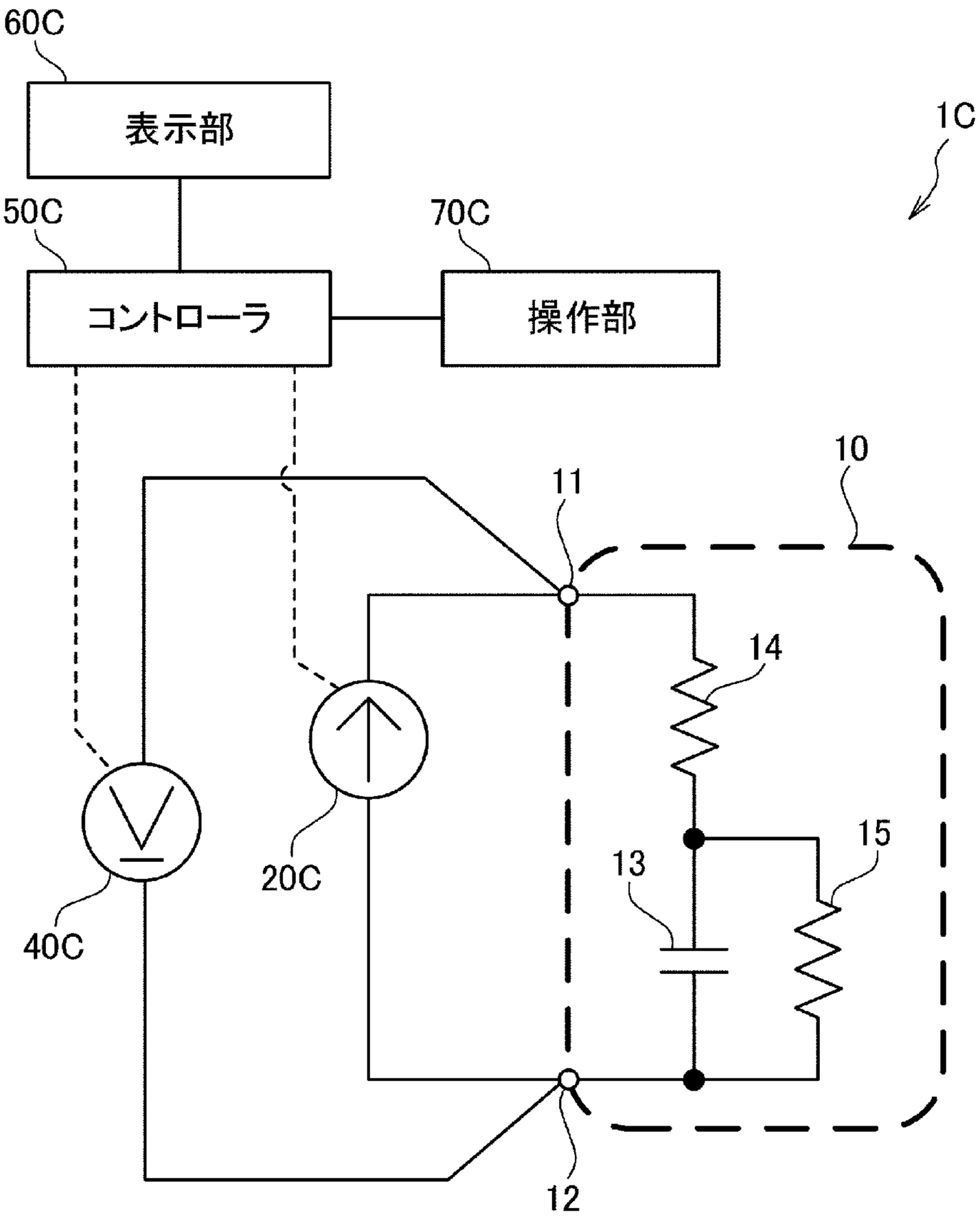
[図16]


SB6
状態演算処理
SB61
供給時間＞所定時間？
No
Yes
SB62
電圧変化を直線近似
SB631
定電流切替え
SB632
充電時間＞所定時間？
No
Yes
SB633
電圧変化を直線近似
SB634
放電抵抗を演算
SB635
放電抵抗は
所定範囲内？
No
Yes
SB64
蓄電デバイスは正常
SB65
蓄電デバイスは異常
RETURN

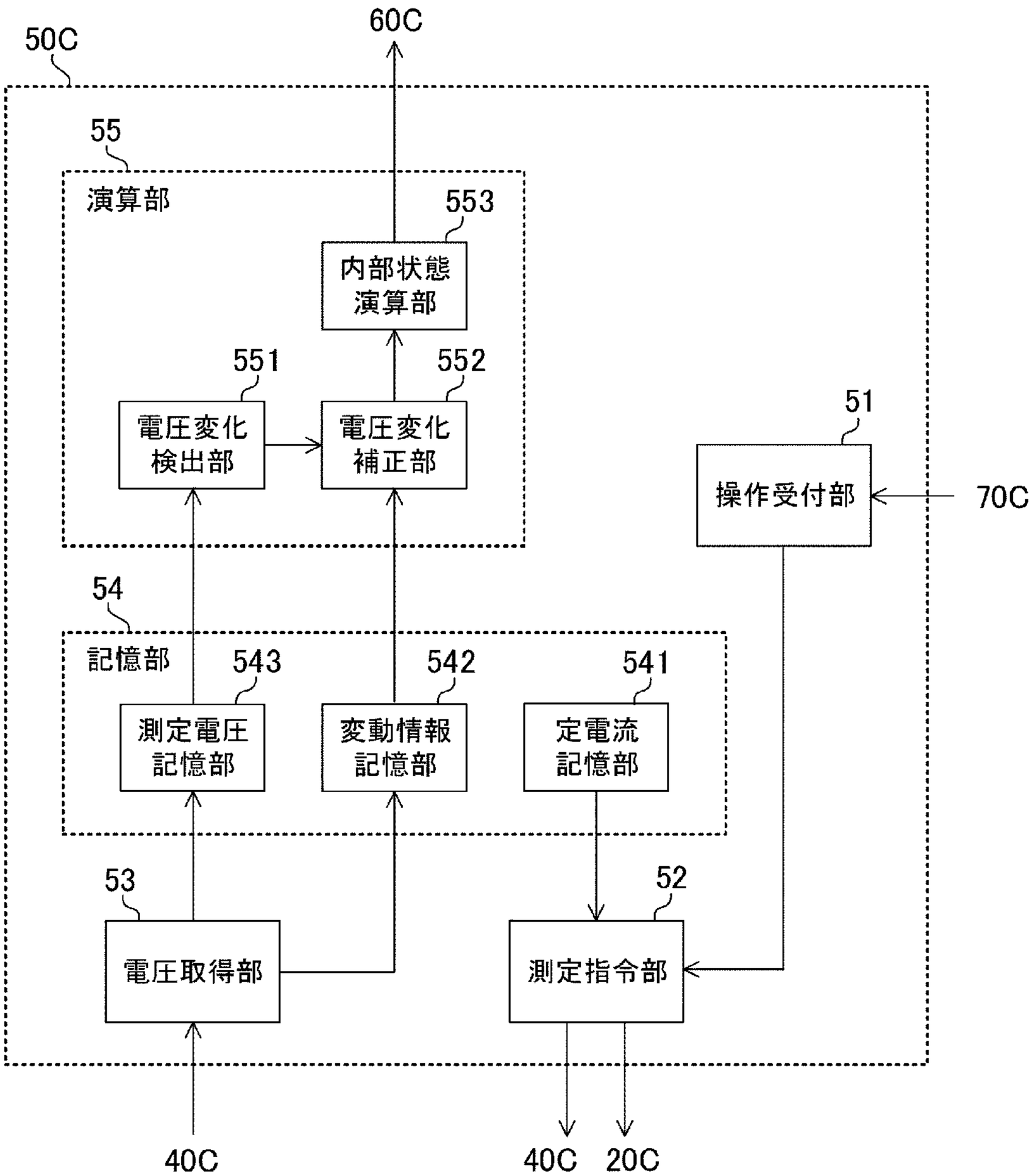
[図17]



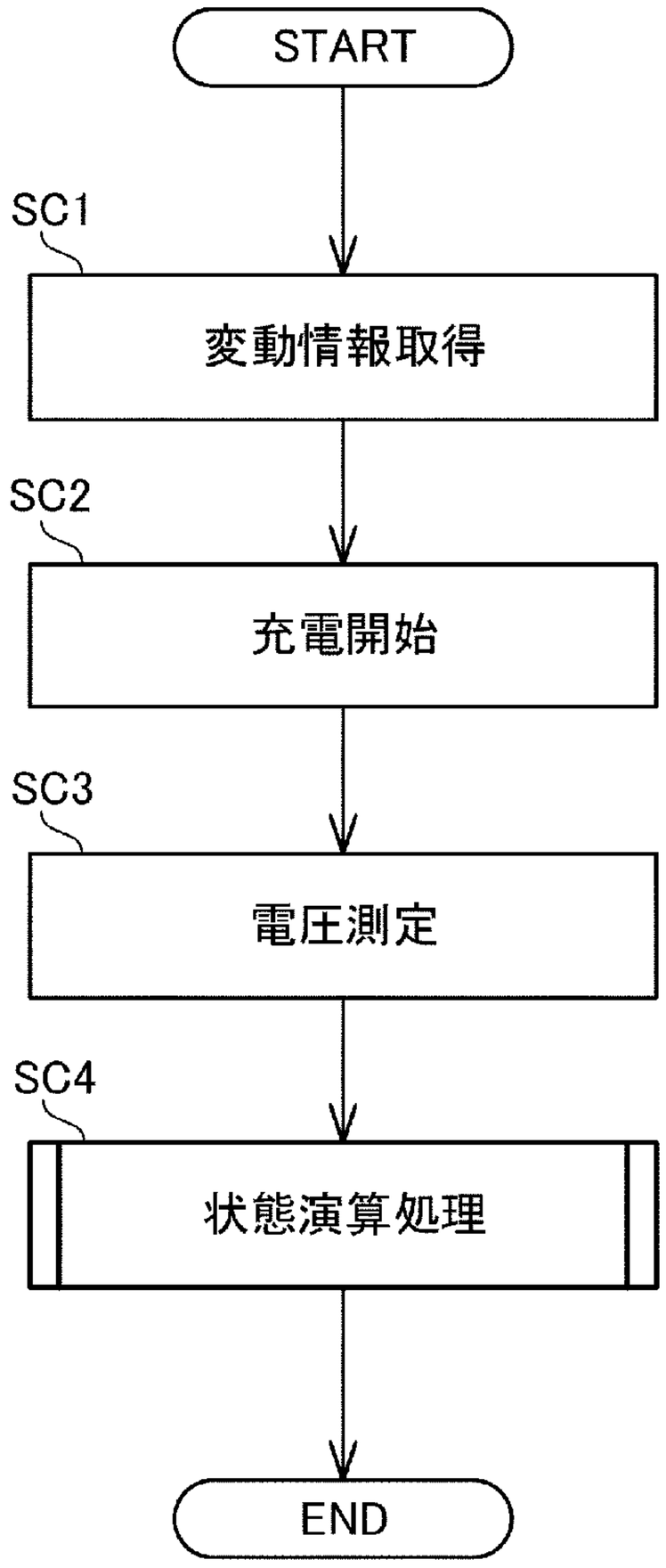
[図18]



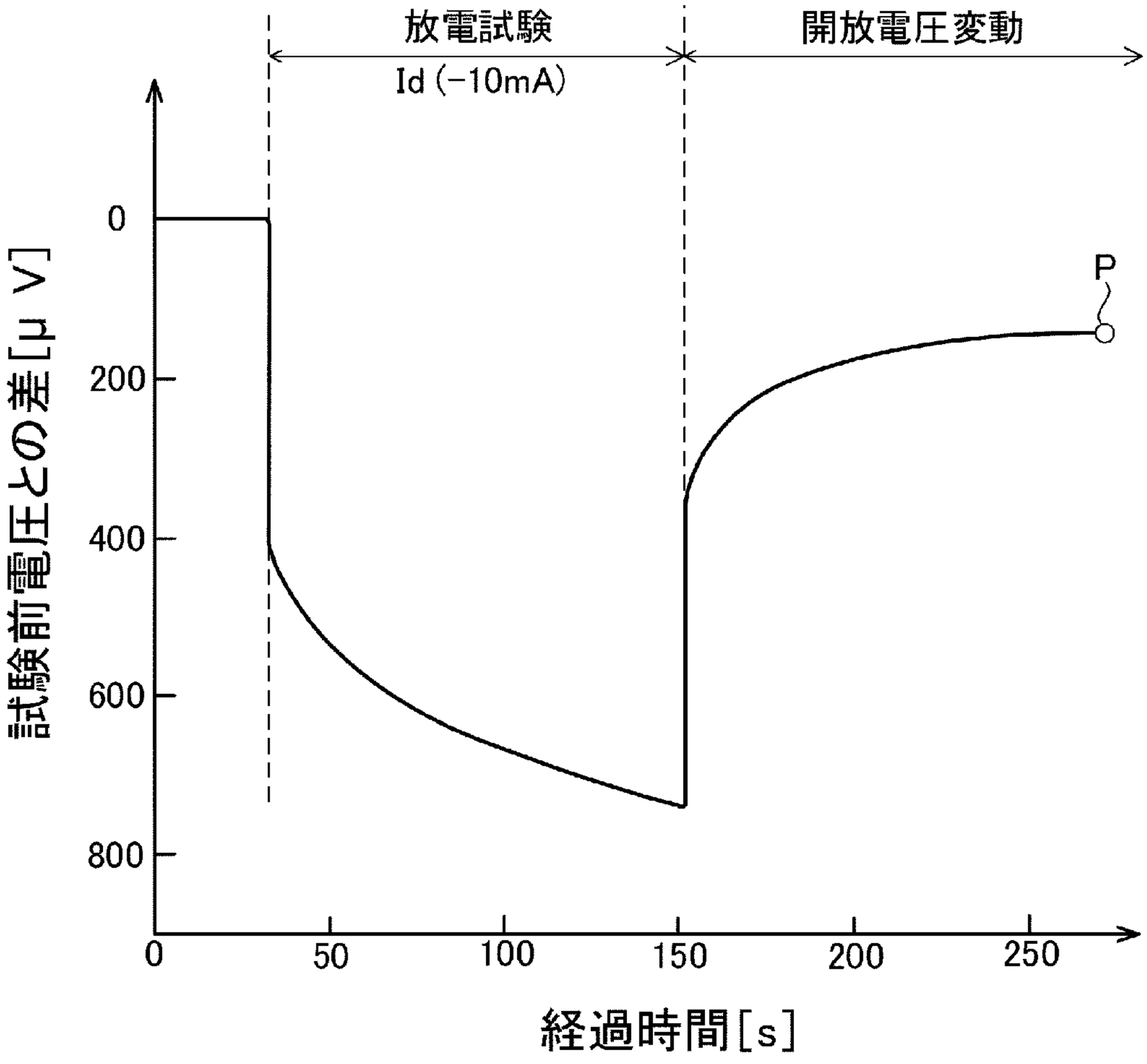
[図19]


50C
60C
55
演算部
553
内部状態
演算部
551
552
電圧変化
検出部
電圧変化
補正部
51
操作受付部
70C
54
記憶部
543
542
541
測定電圧
記憶部
変動情報
記憶部
定電流
記憶部
53
52
電圧取得部
測定指令部
40C
40C
20C

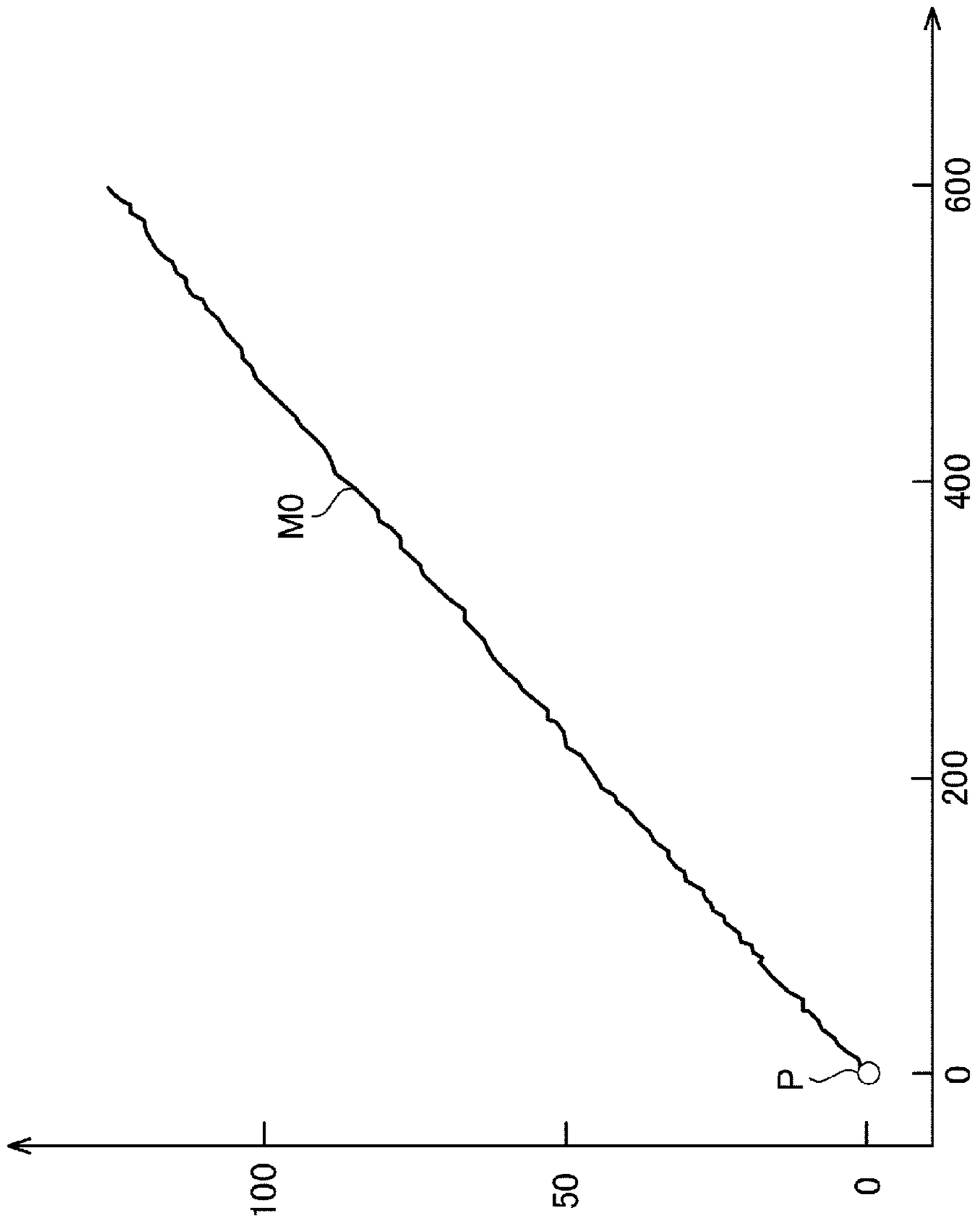
[図20]



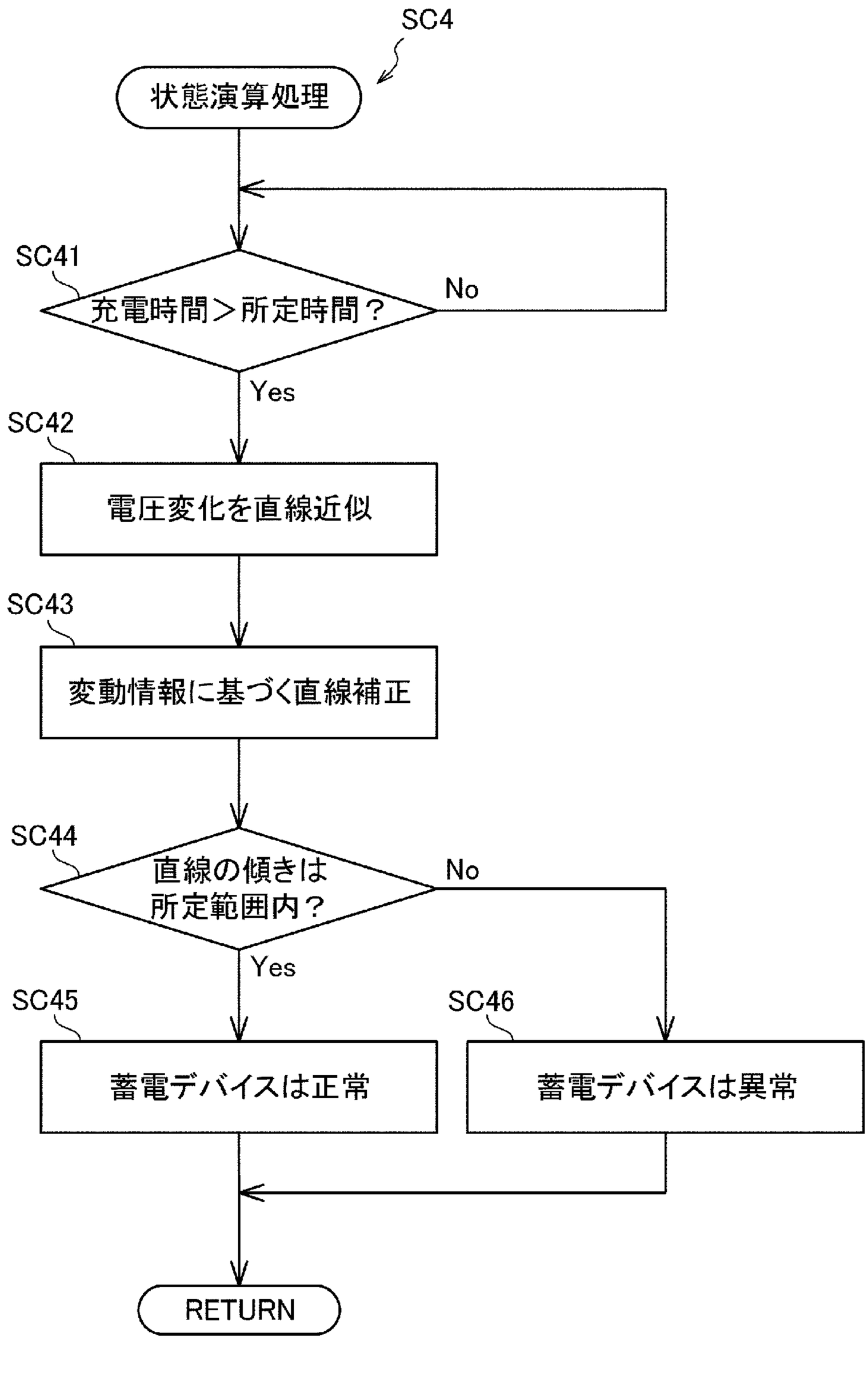
[図21]


放電試験
Id (−10mA)
開放電圧変動
P
0
200
400
600
800
試験前電圧との差[μV]
0
50
100
150
200
250
経過時間[s]

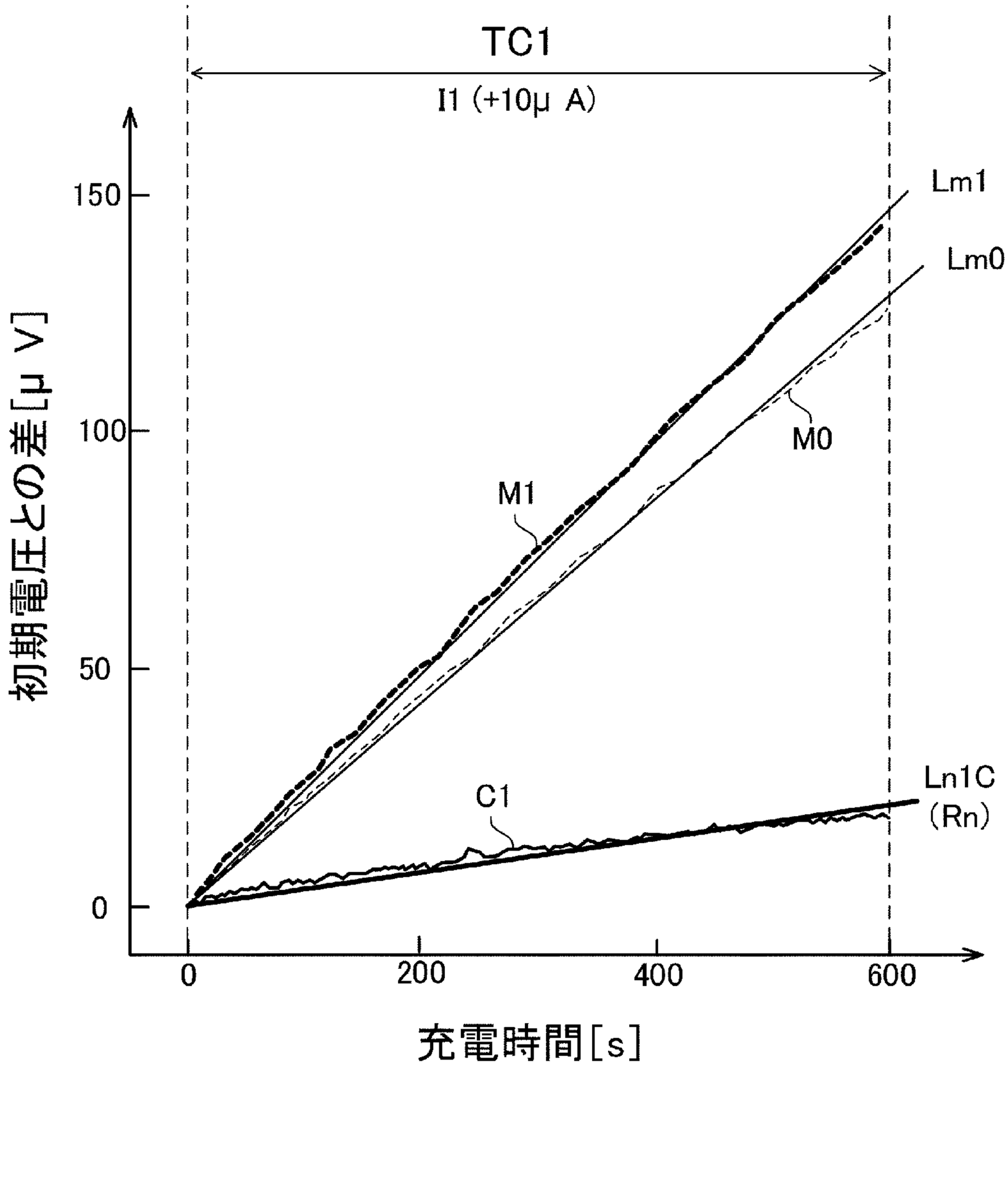
[図22]



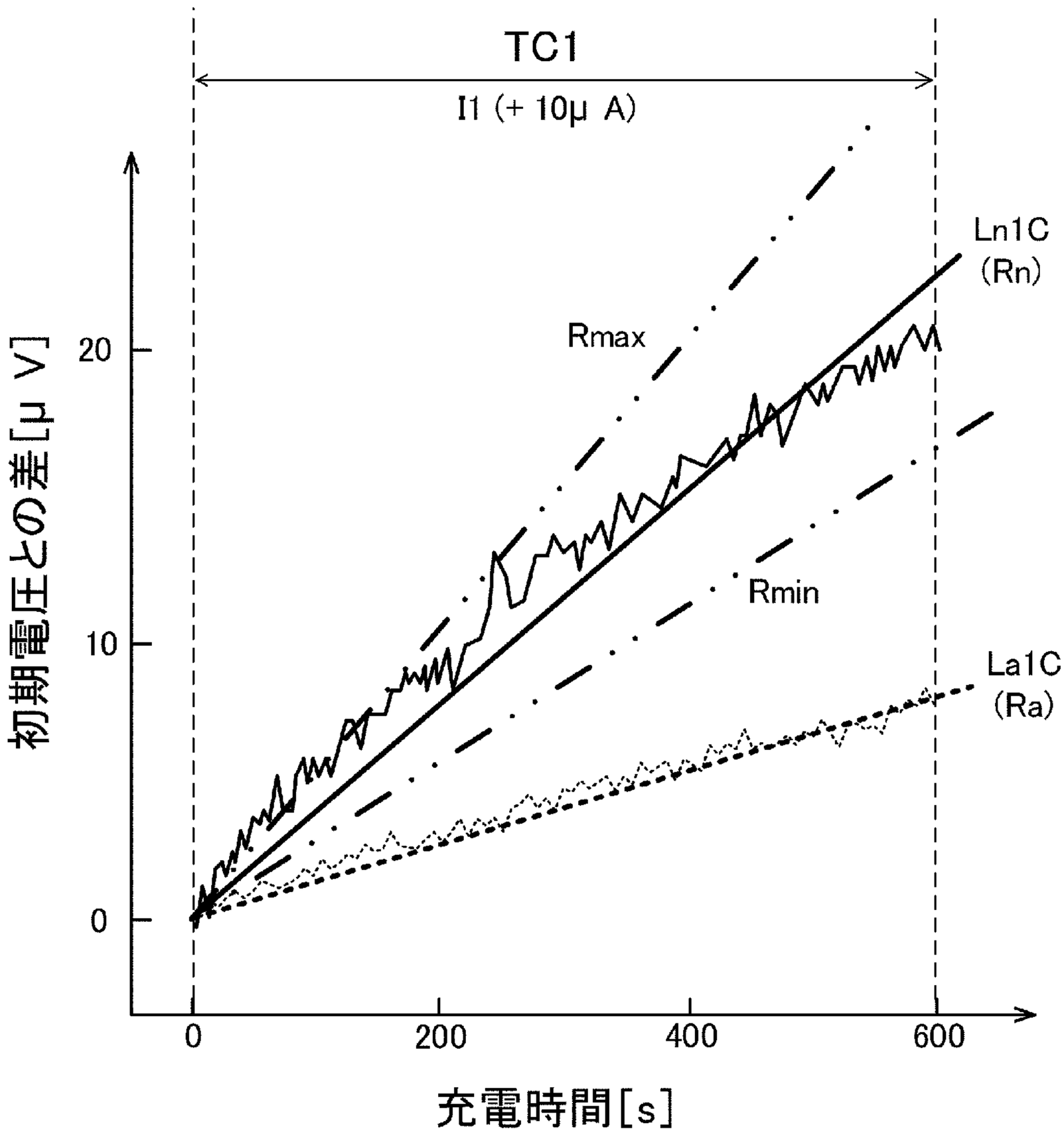
[図23]


SC4
状態演算処理
SC41
充電時間＞所定時間？
No
Yes
SC42
電圧変化を直線近似
SC43
変動情報に基づく直線補正
SC44
直線の傾きは
所定範囲内？
No
Yes
SC45
蓄電デバイスは正常
SC46
蓄電デバイスは異常
RETURN

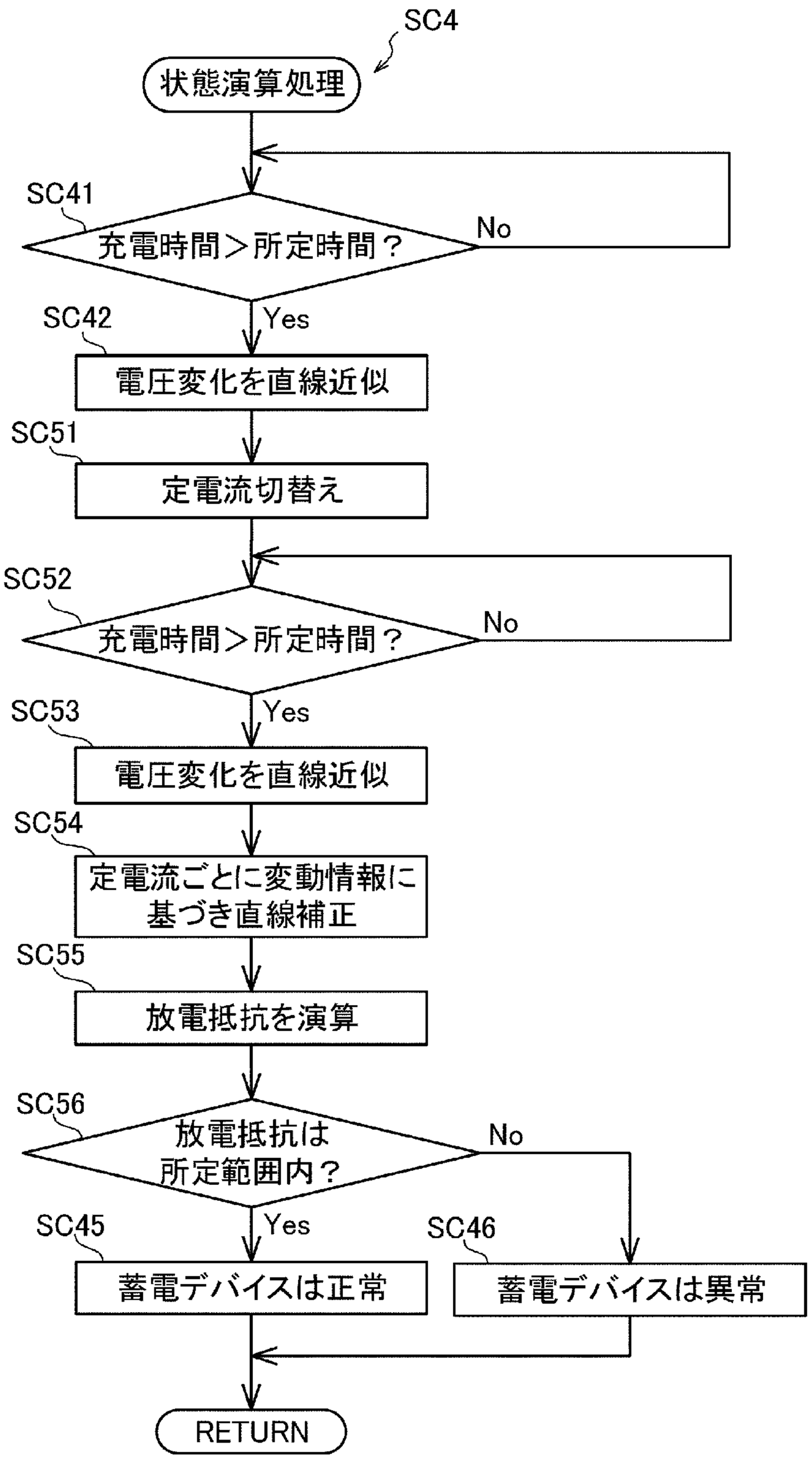
[図24]


TC1
I1 (+10μ A)
Lm1
Lm0
M0
M1
C1
Ln1C
(Rn)
150
100
50
0
0
200
400
600
初期電圧との差[μ V]
充電時間[s]

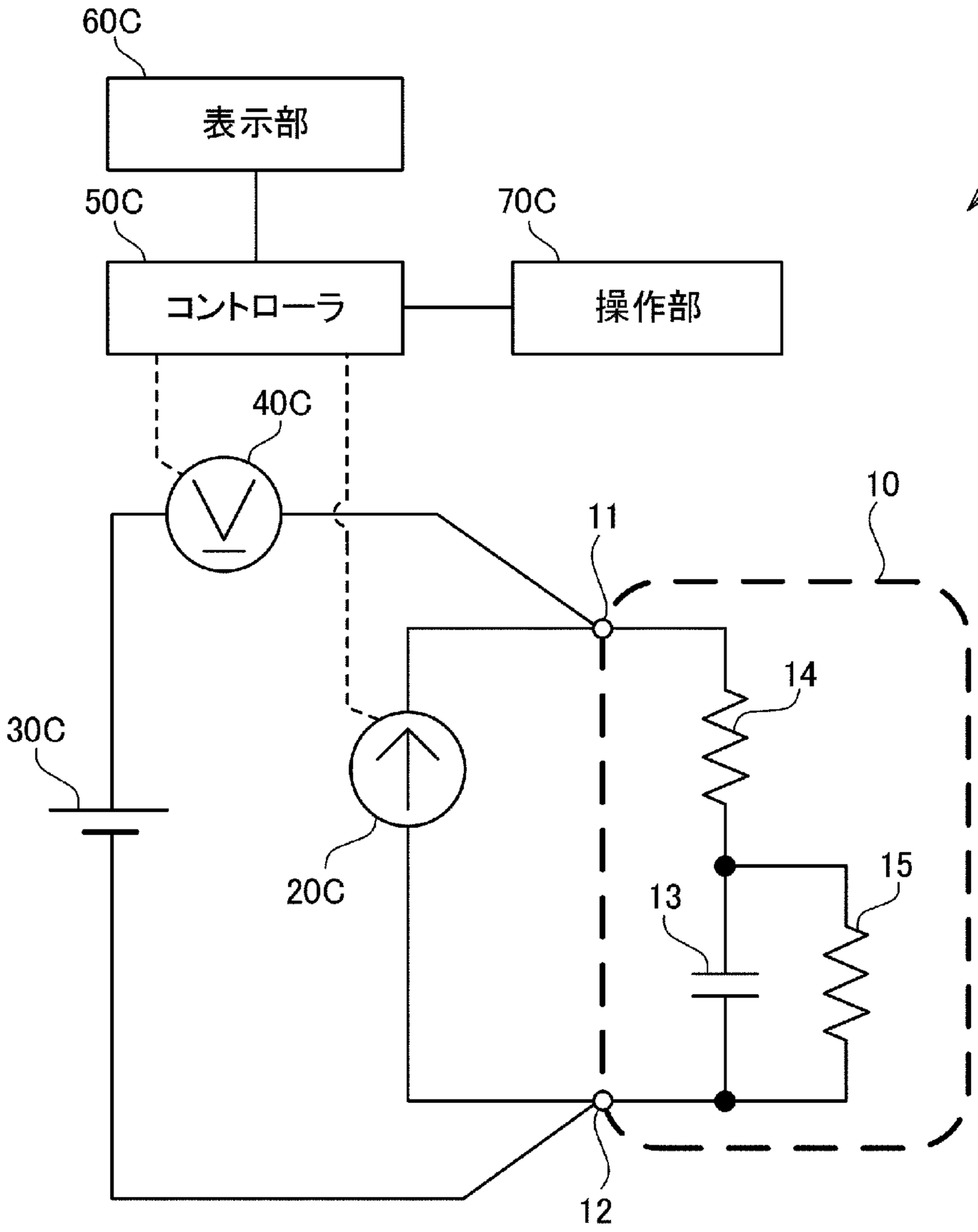
[図25]


TC1
I1 (+ 10μ A)
Ln1C
(Rn)
Rmax
Rmin
La1C
(Ra)
初期電圧との差[μ V]
20
10
0
0
200
400
600
充電時間[s]

[図26]


SC4
状態演算処理
SC41
充電時間＞所定時間？
No
Yes
SC42
電圧変化を直線近似
SC51
定電流切替え
SC52
充電時間＞所定時間？
No
Yes
SC53
電圧変化を直線近似
SC54
定電流ごとに変動情報に
基づき直線補正
SC55
放電抵抗を演算
SC56
放電抵抗は
所定範囲内？
No
Yes
SC45
蓄電デバイスは正常
SC46
蓄電デバイスは異常
RETURN

[図27]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/001294

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01M 10/44(2006.01)i; H01M 10/48(2006.01)i; H02J 7/00(2006.01)i; H02J 7/10(2006.01)i; G01R 31/382(2019.01)i
FI: G01R31/382; H01M10/48 P; H01M10/44 Q; H02J7/00 Q; H01M10/44 P; H02J7/10 H

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01M10/44; H01M10/48; H02J7/00; H02J7/10; G01R31/382

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2009/013898 A1 (PANASONIC CORP.) 29 January 2009 (2009-01-29) paragraphs [0001]-[0071], fig. 1-4	1-3, 21-22 4-20, 23-29
X A	JP 2005-45950 A (DENSEI LAMBDA KK) 17 February 2005 (2005-02-17) paragraphs [0001]-[0076], fig. 1-3	1, 3, 22 2, 4-21,23-29
A	JP 2012-141166 A (YOKOGAWA ELECTRIC CORP.) 26 July 2012 (2012-07-26)	1-29
A	JP 2016-122531 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 07 July 2016 (2016-07-07)	1-29
A	JP 2019-113469 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 11 July 2019 (2019-07-11)	1-29

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
11 March 2021 (11.03.2021)	06 April 2021 (06.04.2021)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/001294

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-123961 A (SONY CORP.) 29 May 2008 (2008-05-29)	1-29
A	WO 2015/129032 A1 (HITACHI, LTD.) 03 September 2015 (2015-09-03)	1-29
A	JP 2013-55849 A (DENSO CORP.) 21 March 2013 (2013-03-21)	1-29
A	US 2019/0252890 A1 (ANPEC ELECTRONICS CORPORATION) 15 August 2019 (2019-08-15)	1-29
E, A	JP 2021-21686 A (HIOKI E.E. CORPORATION) 18 February 2021 (2021-02-18)	1-29
E, A	JP 2021-21685 A (HIOKI E.E. CORPORATION) 18 February 2021 (2021-02-18)	1-29

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/001294

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2009/013898 A1	29 Jan. 2009	US 2010/0188054 A1 paragraphs [0001]-[0076], fig. 1-4 EP 2175515 A1 CN 101765941 A KR 10-2010-0050514 A	
JP 2005-45950 A	17 Feb. 2005	(Family: none)	
JP 2012-141166 A	26 Jul. 2012	(Family: none)	
JP 2016-122531 A	07 Jul. 2016	US 2016/0190831 A1 CN 105743159 A KR 10-2016-0078250 A	
JP 2019-113469 A	11 Jul. 2019	(Family: none)	
JP 2008-123961 A	29 May 2008	(Family: none)	
WO 2015/129032 A1	03 Sep. 2015	(Family: none)	
JP 2013-55849 A	21 Mar. 2013	(Family: none)	
US 2019/0252890 A1	15 Aug. 2019	CN 108075533 A	
JP 2021-21686 A	18 Feb. 2021	(Family: none)	
JP 2021-21685 A	18 Feb. 2021	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/001294

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01M 10/44(2006.01)i; H01M 10/48(2006.01)i; H02J 7/00(2006.01)i; H02J 7/10(2006.01)i;
G01R 31/382(2019.01)i
FI: G01R31/382; H01M10/48 P; H01M10/44 Q; H02J7/00 Q; H01M10/44 P; H02J7/10 H

B.　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01M10/44; H01M10/48; H02J7/00; H02J7/10; G01R31/382

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	WO 2009/013898 A1（パナソニック株式会社）29.01.2009（2009-01-29） 第0001-0071段落,第1-4図	1-3,21-22
A		4-20,23-29
X	JP 2005-45950 A（デンセイ・ラムダ株式会社）17.02.2005（2005-02-17） 第0001-0076段落,第1-3図	1,3,22
A		2,4-21,23-29
A	JP 2012-141166 A（横河電機株式会社）26.07.2012（2012-07-26）	1-29
A	JP 2016-122531 A（トヨタ自動車株式会社）07.07.2016（2016-07-07）	1-29
A	JP 2019-113469 A（トヨタ自動車株式会社）11.07.2019（2019-07-11）	1-29
A	JP 2008-123961 A（ソニー株式会社）29.05.2008（2008-05-29）	1-29
A	WO 2015/129032 A1（株式会社日立製作所）03.09.2015（2015-09-03）	1-29
A	JP 2013-55849 A（株式会社デンソー）21.03.2013（2013-03-21）	1-29

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

*　引用文献のカテゴリー
“A”　特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E”　国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L”　優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O”　口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P”　国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T”　国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X”　特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y”　特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&”　同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
11.03.2021	06.04.2021

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
青木　洋平　2S 3104
電話番号 03-3581-1101 内線 3216

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/001294

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	US 2019/0252890 A1 (ANPEC ELECTRONICS CORPORATION) 15.08.2019 (2019-08-15)	1-29
E, A	JP 2021-21686 A (日置電機株式会社) 18.02.2021 (2021-02-18)	1-29
E, A	JP 2021-21685 A (日置電機株式会社) 18.02.2021 (2021-02-18)	1-29

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/001294

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2009/013898 A1	29.01.2009	US 2010/0188054 A1 第0001-0076段落,第1-4図 EP 2175515 A1 CN 101765941 A KR 10-2010-0050514 A	
JP 2005-45950 A	17.02.2005	(ファミリーなし)	
JP 2012-141166 A	26.07.2012	(ファミリーなし)	
JP 2016-122531 A	07.07.2016	US 2016/0190831 A1 CN 105743159 A KR 10-2016-0078250 A	
JP 2019-113469 A	11.07.2019	(ファミリーなし)	
JP 2008-123961 A	29.05.2008	(ファミリーなし)	
WO 2015/129032 A1	03.09.2015	(ファミリーなし)	
JP 2013-55849 A	21.03.2013	(ファミリーなし)	
US 2019/0252890 A1	15.08.2019	CN 108075533 A	
JP 2021-21686 A	18.02.2021	(ファミリーなし)	
JP 2021-21685 A	18.02.2021	(ファミリーなし)	