

(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
2017年2月16日(16.02.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/026451 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 31/36 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/073322
- (22) 国際出願日: 2016年8月8日(08.08.2016)
- (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 2015-157034 2015年8月7日(07.08.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 渡邊 裕介(WATANABE, Yuusuke); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 東田 潔(TOHTA, Kiyoshi); 〒1020083 東京都千代田区麹町4-3-30 麹町MKビル3階 PDI特許商標事務所 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: CHARGE STATE ESTIMATION APPARATUS FOR BATTERY

(54) 発明の名称: 電池の充電状態推定装置

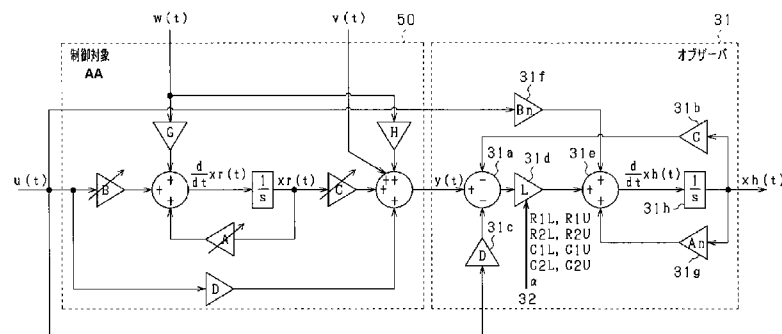


FIG. 3:
31 Observer
AA Control target

(57) Abstract: This charge state estimation apparatus is provided with: a setting unit that uses, as a circuit parameter, a parameter of an equivalent circuit model of a battery, the value of which varies in accordance with the temperature of the battery, selects, from among a plurality of temperature ranges set by dividing the operating temperature range of the battery, the temperature range that includes the temperature acquired by the temperature acquisition unit, and sets upper and lower limit values of the circuit parameter to correspond to the boundaries of the selected temperature range; and a gain calculation unit that calculates an observer gain used in the observer on the basis of the upper and lower limit values of the circuit parameter set by the setting unit.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/026451 A1

充電状態推定装置は、電池の温度に応じて値が変わる、該電池の等価回路モデルのパラメータを回路パラメータとし、前記電池の使用温度範囲が分割されて複数設定された各温度範囲の中から前記温度取得部によって取得された温度が含まれる温度範囲を選択し、選択した温度範囲の境界に対応する前記回路パラメータの上下限值を設定する設定部と、前記設定部により設定された前記回路パラメータの上下限值に基づいて、前記オブザーバで用いられるオブザーバゲインを算出するゲイン算出部と、を備えている。

明 細 書

発明の名称：電池の充電状態推定装置

技術分野

[0001] 本開示は、電池の充電状態推定装置に関する。

背景技術

[0002] この種の充電状態推定装置としては、例えば下記特許文献1に見られる充電状態推定装置がある。この充電状態推定装置は、電池温度に応じて変化する電池等価回路モデルの抵抗成分等の回路パラメータを逐次同定し、同定した回路パラメータに基づいて、電池の充電状態を逐次推定するオブザーバを備えるものが知られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2015-81800号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] オブザーバにおいては、電池の充電状態を推定するためにオブザーバゲインが設計される。このオブザーバゲインは、設計時に想定した電池の使用温度範囲に対応する回路パラメータの変動範囲において、推定された充電状態が真の充電状態に収束するまでの時間を所定時間以下とすること、およびオブザーバの安定性を保証することを満足するように設計されている。言い換えれば、オブザーバゲインは、上記収束時間の低減およびオブザーバの安定性確保を含む、オブザーバに要求されるロバスト性を満たすように設計されている。

[0005] ここで、オブザーバゲイン設計時に想定する電池の使用温度範囲が広いと、回路パラメータの変動範囲も広くなる。回路パラメータの変動範囲が広いと、等価回路モデルの回路パラメータがオブザーバによって逐次同定される場合であっても、電池の使用温度範囲全てにおいて、オブザーバに要求され

るロバスト性を満たすことができないことがある。

このため、例えば、電池の使用温度範囲のうち一部の温度範囲において、オブザーバに要求されるロバスト性を満たすようにオブザーバゲインを設計することも考えられる。ただしこの場合、電池温度が上記一部の温度範囲からはずれると、推定された充電状態が真の充電状態に収束するまでの時間を所定時間以下とすることができなくなったり、オブザーバの安定性を保証できなくなったりする懸念がある。この場合、オブザーバによる充電状態の推定精度が低下する懸念がある。

[0006] 本開示は、電池の使用温度範囲が広い場合であっても、電池の充電状態の推定精度を高めることができる電池の充電状態推定装置を提供することを主たる目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 以下、上記課題を解決するための手段、及びその作用効果について記載する。

[0008] 本開示の第1の態様は、電池（21）に流れる電流値を取得する電流取得部（30b）と、前記電池の温度を取得する温度取得部（30c）と、前記電池に流れる電流値を入力変数、および前記電池の充電状態と相関を有する充電パラメータを状態変数に含む前記電池の等価回路モデルから導かれた状態方程式における前記充電パラメータを、前記電流取得部によって取得された電流値に基づいて逐次推定するオブザーバ（31）と、前記電池の温度に応じて値が変わる前記等価回路モデルのパラメータを回路パラメータとし、前記電池の使用温度範囲が分割されて複数設定された各温度範囲の中から前記温度取得部によって取得された温度が含まれる温度範囲を選択し、選択した温度範囲の境界に対応する前記回路パラメータの上下限值を設定する設定部（32）と、

前記設定部により設定された前記回路パラメータの上下限值に基づいて、前記オブザーバで用いられるオブザーバゲインを算出するゲイン算出部（31d）と、を備えることを特徴とする電池の充電状態推定装置。

- [0009] 上記第1の態様では、オブザーバにより、電池の等価回路モデルから導かれた状態方程式における充電パラメータが、電流取得部によって取得された電流値に基づいて逐次推定される。ここで、等価回路モデルの回路パラメータは、電池の温度に応じて値が変わる。このため、電池の使用温度範囲が広いと、回路パラメータの変動範囲が広くなり、電池の使用温度範囲全てにおいて、オブザーバに要求されるロバスト性を満たすことができないことがある。
- [0010] そこで上記第1の態様では、電池の使用温度範囲が分割されて複数設定された各温度範囲の中から、温度取得部によって取得された電池温度が含まれる温度範囲が選択され、選択された温度範囲の境界に対応する回路パラメータの上下限值が設定される。そして、設定された回路パラメータの上下限值に基づいて、オブザーバで用いられるオブザーバゲインが算出される。
- [0011] 上記第1の態様によれば、使用温度範囲が分割されて複数設定された各温度範囲のそれぞれにおいて、その温度範囲に対応する回路パラメータの変動範囲でオブザーバに要求されるロバスト性を満たすようにオブザーバゲインを算出することができる。このため、電池の使用温度範囲が広い場合であっても、電池の充電状態と相関を有する充電パラメータの推定値の発散を回避できる等、充電パラメータの推定精度を高めることができる。
- [0012] 本開示の第2の態様は、前記使用温度範囲が分割されて複数設定された各温度範囲のそれぞれにおいて、前記オブザーバによって推定された前記充電パラメータを真の前記充電パラメータに収束させる収束率が個別に設定されていることを特徴とする。
- [0013] 上記第2の態様では、各温度範囲のそれぞれにおいて、推定された充電パラメータが真の充電パラメータに収束する時間を短縮できるように収束率が最適化されたオブザーバゲインを算出することができる。このため、充電パラメータの初期の推定値と真の充電パラメータとの間に推定誤差がある場合であっても、この推定誤差を迅速に解消することができる。
- [0014] 本開示の第3の態様は、前記回路パラメータは、前記電池の温度が低いほ

ど、値が大きくされていることを特徴とする。

[0015] 電池の温度が低いほど回路パラメータの値が大きくされている場合、電池の使用温度範囲が広いと、回路パラメータの変動範囲が広くなりやすい。このため上記第3の態様では、使用温度範囲が分割されて設定された各温度範囲のそれぞれにおいて、その温度範囲の境界に対応する回路パラメータの上下限值に基づいてオブザーバゲインを算出するメリットが大きい。

[0016] 本開示の第4の態様は、前記回路パラメータは、前記電池の温度が低いほど、前記電池の単位温度低下量あたりの増加量が大きくされており、前記使用温度範囲が分割されて複数設定された各温度範囲のそれぞれは、前記電池の温度が低いほど狭く設定されていることを特徴とする。

[0017] 上記第4の態様では、回路パラメータは、電池の温度が低いほど、電池の単位温度低下量あたりの増加量が大きくされている。このため、例えば、温度範囲が互いに同一の複数の温度範囲に使用温度範囲を分割すると、電池温度が低い温度範囲ほど、その温度範囲の境界に対応する回路パラメータの上下限値の差が大きくなる。その結果、電池温度が低い温度範囲ほど、オブザーバに要求されるロバスト性を満たすようにオブザーバゲインを算出することができなくなる懸念がある。

[0018] そこで上記第4の態様では、使用温度範囲が分割されて複数設定された各温度範囲のそれぞれが、電池の温度が低いほど狭く設定されている。このため、電池温度が低い温度範囲ほど、その温度範囲の境界に対応する回路パラメータの上下限値の差が大きくなることを抑制できる。これにより、各温度範囲のそれぞれにおいて、オブザーバに要求されるロバスト性を満たすようにオブザーバゲインを算出することができる。

[0019] 本開示の第5の態様は、前記ゲイン算出部は、前記使用温度範囲が分割されて複数設定された各温度範囲のそれぞれにおける前記回路パラメータの変動に対して前記オブザーバの閉ループを安定とする前記オブザーバゲインを算出することを特徴とする。

[0020] 上記第5の態様では、電池の温度に応じて回路パラメータが変動する場合

であっても、各温度範囲のそれぞれにおいてオブザーバの閉ループの安定性を保証することができる。これにより、充電パラメータの推定値の発散を回避できる等、充電パラメータの推定精度をより高めることができる。

[0021] 本開示の第6の態様は、前記ゲイン算出部は、制御対象となる前記等価回路モデルにおける信号に混入するプロセスノイズ及び観測ノイズに対して前記オブザーバの閉ループを安定とする前記オブザーバゲインを算出することを特徴とする。

[0022] 上記第5の態様では、プロセスノイズ及び観測ノイズが信号に混入する場合であっても、オブザーバを含む閉ループの安定性を保証することができる。これにより、充電パラメータの推定精度をより高めることができる。

[0023] 本開示の第7の態様は、前記充電パラメータは、前記電池の開放端電圧であることを特徴とする。

[0024] 上記第7の態様では、電池の開放端電圧の推定精度を高めることができる。

[0025] 本開示の第8の態様は、前記オブザーバによって推定された前記開放端電圧に基づいて、前記電池の充電率を逐次推定する充電率推定部を備えることを特徴とする。

[0026] 電池の充電率は、電池の開放端電圧から一義的に定まる。この点、上記第8の態様では、オブザーバによって推定された開放端電圧に基づいて、電池の充電率を逐次推定することができる。

[0027] 本開示の第9の態様は、前記充電率推定部を第1充電率推定部とし、前記第1充電率推定部による充電率の推定に要する処理負荷よりも小さい処理負荷で、かつ、前記第1充電率推定部による充電率の推定方法とは異なる方法で前記電池の充電率を推定する第2充電率推定部を備え、前記第1充電率推定部による充電率の推定精度は、前記第2充電率推定部による充電率の推定精度よりも高いものであり、前記電池の信頼性に関連する互いに隣接する第1および第2の充電率範囲が予め設定され、第2の充電率範囲は、前記第1の充電率範囲よりも前記電池の信頼性が低い充電率範囲であり、前記第2充

電率推定部によって推定された充電率が含まれる充電率範囲が前記第 1 の充電率範囲である場合に前記第 2 充電率推定部による充電率の推定を継続し、前記第 2 充電率推定部によって推定された充電率が含まれる充電率範囲が前記第 1 の充電率範囲から前記第 2 の充電率範囲に変わった場合、前記第 1 充電率推定部による充電率の推定に切り替える切替部を備えている。

[0028] 上記第 9 の態様では、第 1 充電率推定部による充電率の推定精度が、第 2 充電率推定部による充電率の推定精度よりも高くされており、また、第 2 充電率推定部による充電率の推定に要する処理負荷が、第 1 充電率推定部による充電率の推定に要する処理負荷よりも小さい。そこで上記第 9 の態様では、第 2 充電率推定部によって推定された充電率が含まれる充電率範囲が第 1 の充電率範囲である場合に第 2 充電率推定部による充電率の推定を継続する。このため、第 2 充電率推定部によって推定された充電率が含まれる充電率範囲が第 1 の充電率範囲から第 2 の充電率範囲に変わるまでは、充電状態推定装置の処理負荷を低減することができる。

[0029] 一方、上記第 9 の態様では、第 2 充電率推定部によって推定された充電率が含まれる充電率範囲が第 1 の充電率範囲から第 2 の充電率範囲に変わった場合、第 2 充電率推定部による充電率の推定から第 1 充電率推定部による充電率の推定に切り替える。このため、推定された充電率が低信頼範囲に含まれる状況下において、充電率の推定精度を高めることができる。これにより、電池が過充電となったり過放電となったりすることを回避できる。

図面の簡単な説明

[0030] [図1]本開示の第 1 実施形態に係る電池ユニットの全体構成を示す図。

[図2]図 1 に示す電池セルの等価回路モデルを示す図。

[図3]図 1 に示すオブザーバの構成を示す図。

[図4]図 1 に示す各電池セルの等価回路モデルの回路パラメータと電池セルの温度との関係を示す図。

[図5]本開示の第 2 実施形態に係る充電率推定処理の手順を示すフローチャート。

発明を実施するための形態

[0031] (第1実施形態)

以下、本開示に係る電池の充電状態推定装置を車載電池ユニットに適用した第1実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

[0032] 図1に示すように、電池ユニット10は、組電池20と、電池ECU30とを備えている。組電池20は、複数の電池セル21の直列接続体から構成され、図示しない回転電機等の電気負荷と電力の授受を行う。各電池セル21は、2次電池であり、本実施形態では、リチウムイオン2次電池を用いている。

[0033] 電池ユニット10は、複数の電圧センサ40、電流センサ41及び温度センサ42を備えている。各電圧センサ40は、複数の電池セル21における対応する電池セル21の端子間電圧を検出する電圧検出部である。電流センサ41は、各電池セル21に入力される充電電流、および各電池セル21から出力される放電電流をそれぞれ検出する電流検出部である。温度センサ42は、各電池セル21の温度を検出する温度検出部である。なお本実施形態では、電圧センサ40、電流センサ41、温度センサ42、組電池20及び電池ECU30が1つの筐体内に収容されることにより、電池ユニット10が構成されている。

[0034] 電池ECU30は、CPU、メモリ及び図示しないI/O等を備えるコンピュータとして構成されている。電池ECU30には、電圧センサ40、電流センサ41及び温度センサ42の検出値が入力される。電池ECU30は、電圧センサ40に検出された各電池セル21の電圧検出値を取得する電圧取得部30aと、電流センサ41に検出された各電池セル21の充電電流および放電電流それぞれの検出値を取得する電流取得部30bと、温度センサ42により検出された各電池セル21の温度検出値を取得する温度取得部30cとを備えている。

[0035] 電池ECU30は、電圧センサ40によって検出された電池セル21の電圧値、すなわち端子間電圧（以下「検出電圧CCV」という。）、電流セン

サ41によって検出された充伝電流あるいは放電電流（以下「検出電流 I_s 」という。）、及び温度センサ42によって検出された温度（以下「検出温度 T_s 」という。）に基づいて、各電池セル21の充電率（State Of Charge：SOC）を推定する機能を備えている。なお、検出電流 I_s の極性は、該検出電流 I_s が各電池セル21から放電される際に負となり、該検出電流 I_s が電池セル21に対して充電される際に正となる。

上記推定機能を実現するために、本実施形態に係る電池ECU30は、オブザーバによって構成されたOCV推定部31と、設定部32と、SOC推定部33を備えている。

OCV推定部31は、各電池セル21の開放端電圧OCVを逐次推定する。SOC推定部33は、推定された各電池セル21の開放端電圧OCVに基づいて、対応する電池セル21の充電率SOCを逐次推定する。SOC推定部33は、例えば、各電池セル21の開放端電圧OCVと関係付けられた充電率SOCが規定されるマップを用いて、対応する電池セル21の開放端電圧OCVの値に対応する充電率SOCの値を取得する。以下、OCV推定部31の設計手法、及び電池ECU30が行う開放端電圧OCVの推定処理の順に説明する。

[0036] <1. OCV推定部31の設計手法について>

図2に、本実施形態に係る各電池セル21の等価回路モデルを示す。本実施形態において、等価回路モデルは、各電池セル21の開放端電圧を表すためのコンデンサ21a、直流抵抗21b、及び複数（2つ）のRC並列回路（第1RC並列回路21c、第2RC並列回路21d）で表現されている。図2では、コンデンサ21aの容量を「 C_{ocv} 」にて示し、直流抵抗21bの抵抗値を「 R_0 」にて示し、第1RC並列回路21cの抵抗体21c1の第1抵抗値を「 R_1 」にて示し、第1RC並列回路21cのコンデンサ21c2の第1容量を「 C_1 」にて示す。また、第2RC並列回路21dの抵抗体21d1の第2抵抗値を「 R_2 」にて示し、第2RC並列回路21dのコンデンサ21d2の第2容量を「 C_2 」にて示す。本実施形態において、

これらパラメータ R_1 , R_2 , C_1 , C_2 が回路パラメータに相当する。

[0037] また、図2において、容量が C_{ocv} のコンデンサ 21a の端子間電圧を各電池セル 21 の開放端電圧 $OCV(t)$ とし、各 RC 並列回路 21c および 21c の端子間電圧を $V_1(t)$, $V_2(t)$ とし、等価回路モデル全体の端子間電圧を出力変数 $y(t)$ とする。また、等価回路モデルに流れる電流を $u(t)$ とする。

[0038] 図2に示す等価回路モデルから、下式 (eq1) に示す状態方程式と、下式 (eq2) に示す出力方程式とが導かれる。

[0039] [数1]

$$\begin{bmatrix} \frac{d}{dt} OCV(t) \\ \frac{d}{dt} V_1(t) \\ \frac{d}{dt} V_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{C_1 \cdot R_1} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{C_2 \cdot R_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} OCV(t) \\ V_1(t) \\ V_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{C_{ocv}} \\ \frac{1}{C_1} \\ \frac{1}{C_2} \end{bmatrix} u(t) \quad \dots \quad (eq1)$$

[0040] [数2]

$$CCV(t) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} OCV(t) \\ V_1(t) \\ V_2(t) \end{bmatrix} + R_0 \cdot u(t) \quad \dots \quad (eq2)$$

ここで、状態変数 x_r 、システム行列 A 、制御行列 B 、出力行列 C 及び伝達行列 D を下式 (eq3) のように定義する。

[0041] [数3]

$$x_r(t) = \begin{bmatrix} OCV(t) \\ V_1(t) \\ V_2(t) \end{bmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{C_1 \cdot R_1} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{C_2 \cdot R_2} \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} \frac{1}{C_{ocv}} \\ \frac{1}{C_1} \\ \frac{1}{C_2} \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \quad D = R_0 \quad \dots \quad (eq3)$$

上式 (eq3) により、上式 (eq1) は下式 (eq4) のように表される。また、上式 (eq3) により、上式 (eq2) は下式 (eq5) のよう

に表される。

[0042] [数4]

$$\frac{d}{dt}x_r(t) = Ax_r(t) + Bu(t) \quad \dots \quad (eq4)$$

[0043] [数5]

$$y(t) = Cx_r(t) + Du(t) \quad \dots \quad (eq5)$$

上式（eq 5）において、出力変数 $y(t)$ は電池セル 21 の端子間電圧となる。上式（eq 4）、（eq 5）のそれぞれに、観測ノイズ $v(t)$ 及びプロセスノイズ $w(t)$ の影響を反映させたものを下式（eq 6）、（eq 7）に示す。

[0044] [数6]

$$\frac{d}{dt}x_r(t) = Ax_r(t) + Bu(t) + Gw(t) \quad \dots \quad (eq6)$$

[0045] [数7]

$$y(t) = Cx_r(t) + Du(t) + Hw(t) + v(t) \quad \dots \quad (eq7)$$

上式（eq 6）、（eq 7）において、行列 G 、 H は、プロセスノイズ $w(t)$ を、制御対象の入力に混入するノイズと制御対象の出力に混入するノイズとのそれぞれに振り分ける重み付けを行うための重み付け行列である。上式（eq 6）、（eq 7）において、観測ノイズ $v(t)$ 及びプロセスノイズ $w(t)$ は、白色雑音とする。このため、観測ノイズ $v(t)$ 及びプロセスノイズ $w(t)$ について下式（eq 8）が成立するものとする。

[0046] [数8]

$$E[v(t)] = E[w(t)] = 0 \quad \dots \quad (eq8)$$

また、観測ノイズ $v(t)$ 及びプロセスノイズ $w(t)$ について、下式（eq 9）が成立するものとする。

[0047]

[数9]

$$E[v(t)v^T(t)] = R_r, \quad E[w(t)w^T(t)] = Q_r, \quad E[w(t)v^T(t)] = N_r, \quad \dots \quad (eq9)$$

上式 (eq 9) において、 R_r 、 Q_r は各ノイズ $v(t)$ 、 $w(t)$ の共分散行列を示し、 N は観測ノイズ $v(t)$ 及びプロセスノイズ $w(t)$ の相関に係る行列を示す。上式 (eq 9) において、添え字の T は転置行列であることを示す。図 3 に、上式 (eq 6)、(eq 7) に基づく制御対象 50 の状態変数線図を示す。図 3 において、入力変数 $u(t)$ は検出電流 $I_s(t)$ であり、出力変数 $y(t)$ は検出電圧 $CCV(t)$ である。

[0048] 上式 (eq 6)、(eq 7) で表される制御対象 50 に対して、オブザーバ方程式を下式 (eq 10) により表す。

[0049] [数10]

$$\frac{d}{dt} x_h(t) = Ax_h(t) + Bu(t) + L(y(t) - Cx_h(t) - Du(t)) \quad \dots \quad (eq10)$$

上式 (eq 10) において、 $x_h(t)$ は状態変数 $x_r(t)$ の推定値を示し、 L はオブザーバゲインを示し、ゲイン行列ともいう。本実施形態において、オブザーバゲイン L は下式 (eq 11) で表される。

[0050] [数11]

$$\left. \begin{aligned} L &= (PC^T + N_b)R_b^{-1} \\ R_b &= R_r + HN_r + N_r^T H^T + HQ_r H^T \\ N_b &= G(Q_r H^T + N_r) \end{aligned} \right\} \quad \dots \quad (eq11)$$

上式 (eq 11) において、行列 P は代数リカッチ方程式の解を示し、正定対称行列である。オブザーバゲイン L は、行列 P 、出力行列 C 、重み付け行列 G 、 H 、各ノイズ $v(t)$ 、 $w(t)$ の共分散行列 R_r 、 Q_r 、及び各ノイズ $v(t)$ 、 $w(t)$ の相関に係る行列 N_r に基づいて算出される。

[0051] ここで、システム行列 A を構成する回路パラメータ R_1 、 R_2 、 C_1 、 C_2 は、対応する電池セル 21 の温度に応じて変化する。このため、オブザーバに要求されるロバスト性を満たすために、OCV 推定部 31 が備えるオブ

ザーバは、回路パラメータ R_1 , R_2 , C_1 , C_2 の変動に対して 2 次安定性を満たすオブザーバゲイン L を算出する。また、OCV 推定部 31 が備えるオブザーバは、各ノイズ $v(t)$, $w(t)$ に対しても 2 次安定性を満たすオブザーバゲイン L を算出する。

[0052] 詳しくは、まず、簡略化のため、オブザーバの状態方程式において観測ノイズ $v(t)$ 及びプロセスノイズ $w(t)$ の影響を無視する。また、システム行列 A 及び制御行列 B を構成する回路パラメータ R_1 , R_2 , C_1 , C_2 の変動をポリトープ形式で示す。ここでは、第 1 抵抗値 R_1 の上限値, 下限値を R_{1U} , R_{1L} とし、第 2 抵抗値 R_2 の上限値, 下限値を R_{2U} , R_{2L} とし、第 1 容量 C_1 の上限値, 下限値を C_{1U} , C_{1L} とし、第 2 容量 C_2 の上限値, 下限値を C_{2U} , C_{2L} とする。

[0053] 回路パラメータ R_1 , R_2 , C_1 , C_2 の組み合わせは、2 の 4 乗通り (16 通り) であるため、パラメータボックスの頂点は 16 個となる。パラメータボックスの頂点である回路パラメータ R_1 , R_2 , C_1 , C_2 のそれぞれの上下限値を用い、上式 (eq 10) に示す各行列 A , B , C , D を行列 A_n , B_n , C_n , D_n ($n=1, 2, \dots, 16$) として表すこととする。ここで、各行列 A_n , B_n , C_n , D_n は、下式 (eq 12) のように表される。

[0054] [数12]

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \sum_{n=1}^{16} k_n \begin{bmatrix} A_n & B_n \\ C_n & D_n \end{bmatrix} \quad \dots \quad (eq12)$$

$$\text{ただし、} k_n \geq 0, \quad \sum_{n=1}^{16} k_n = 1$$

$$\begin{aligned} A_1 &= A(R_{1L}, R_{2L}, C_{1L}, C_{2L}), & A_2 &= A(R_{1U}, R_{2L}, C_{1L}, C_{2L}), & A_3 &= A(R_{1L}, R_{2U}, C_{1L}, C_{2L}) \\ A_4 &= A(R_{1U}, R_{2U}, C_{1L}, C_{2L}), & A_5 &= A(R_{1L}, R_{2L}, C_{1U}, C_{2L}), & A_6 &= A(R_{1U}, R_{2L}, C_{1U}, C_{2L}) \\ A_7 &= A(R_{1L}, R_{2U}, C_{1U}, C_{2L}), & A_8 &= A(R_{1U}, R_{2U}, C_{1U}, C_{2L}), & A_9 &= A(R_{1L}, R_{2U}, C_{1L}, C_{2U}) \\ A_{10} &= A(R_{1U}, R_{2L}, C_{1L}, C_{2U}), & A_{11} &= A(R_{1L}, R_{2U}, C_{1L}, C_{2U}), & A_{12} &= A(R_{1U}, R_{2U}, C_{1L}, C_{2U}) \\ A_{13} &= A(R_{1L}, R_{2L}, C_{1U}, C_{2U}), & A_{14} &= A(R_{1U}, R_{2L}, C_{1U}, C_{2U}), & A_{15} &= A(R_{1L}, R_{2U}, C_{1U}, C_{2U}) \\ A_{16} &= A(R_{1U}, R_{2U}, C_{1U}, C_{2U}) \\ B_1 &= B_2 = B_3 = B_4 = B(C_{1L}, C_{2L}), & B_5 &= B_6 = B_7 = B_8 = B(C_{1U}, C_{2L}) \\ B_9 &= B_{10} = B_{11} = B_{12} = B(C_{1L}, C_{2U}), & B_{13} &= B_{14} = B_{15} = B_{16} = B(C_{1U}, C_{2U}) \\ C_1 &= \dots = C_{16} = C, & D_1 &= \dots = D_{16} = D \end{aligned}$$

上式 (eq 6) における状態変数 $x_r(t)$ と上式 (eq 10) における推定値 $x_h(t)$ の間の推定誤差 $e(t)$ を下式 (eq 13) で表す。

[0055] [数13]

$$e(t) = x_h(t) - x_r(t) \quad \dots \quad (eq13)$$

上式 (eq 4), (eq 10) をポリトープ形式で表現したものと、上式 (eq 13) とに基づいて、誤差ダイナミクスとして下式 (eq 14) が導かれる。

[0056] [数14]

$$\frac{d}{dt}e(t) = (A_n - LC)e(t) \quad \dots \quad (eq14)$$

上式 (eq 14) で表される誤差ダイナミクスの 2 次安定性を示すため、下式 (eq 15) で表されるリアプノフ関数を用いる。

[0057] [数15]

$$V(e) = e^T(t)Pe(t) \quad \dots \quad (eq15)$$

2 次安定性を示すためには、上式 (eq 15) の微分値が負定であればよい。上式 (eq 15) を微分すると、下式 (eq 16) が導かれる。

[0058] [数16]

$$\frac{d}{dt}V(e) = e^T(t) \left(A_n^T P + P A_n - C^T R_b^{-1T} C P^2 + C^T R_b^{-1T} N_b^T P - P^2 C^T R_b^{-1} C - P N_b R_b^{-1} C \right) e(t) \quad \dots (eq16)$$

上式 (eq 16) において「 $S = P^2$ 」とすると、下式 (eq 17) で表される線形行列不等式 (LMI) が導かれる。

[0059] [数17]

$$(A_n^T P + P A_n - C^T R_b^{-1T} C S + C^T R_b^{-1T} N_b^T P - S C^T R_b^{-1} C - P N_b R_b^{-1} C) < 0 \quad \dots \quad (eq17)$$

ここで、推定誤差 $e(t)$ の収束率を α とする。収束率 α を考慮すると、上式 (eq 17) から下式 (eq 18) が導かれる。

[0060]

[数18]

$$(A_n^T P + P A_n + 2\alpha P - C^T R_b^{-1} C S + C^T R_b^{-1} N_b^T P - S C^T R_b^{-1} C - P N_b R_b^{-1} C) < 0 \quad \dots \quad (eq18)$$

なお本実施形態において、収束率 α は、下式（eq 19）に示すように、推定誤差 $e(t)$ の振幅の減衰特性として定義される。

[0061] [数19]

$$\|x_h(t)\| < \rho \cdot \exp(-\alpha \cdot t) \|x_h(0)\| \quad \dots \quad (eq19)$$

ただし、 $\rho > 0$, $\| \cdot \|$ はユークリッドノルム

上式（eq 18）で表されるLMIをパラメータボックスの各頂点で解くことにより、行列Pが算出される。算出された行列Pを上式（eq 11）に入力することにより、回路パラメータ R_1 , R_2 , C_1 , C_2 の変動、及び各ノイズ $v(t)$, $w(t)$ に対して2次安定性を満たすオブザーバゲインLが算出される。

[0062] <2. OCV推定処理について>

続いて、電池ECU30が行う各電池セル21の開放端電圧OCVの推定処理について説明する。図3に、OCV推定部31が備えるオブザーバを示す。

[0063] OCV推定部31が備えるオブザーバは、偏差算出部31a、出力乗算部31b、伝達乗算部31c、ゲイン処理部31d、加算部31e、制御乗算部31f、およびシステム乗算部31gを有している。

偏差算出部31aは、出力乗算部31bから出力された行列 $C \times h(t)$ 、及び伝達乗算部31cから出力された行列 $D u(t)$ を加算した行列を、出力変数 $y(t)$ から減算する。なお、上述したように、入力変数 $u(t)$ は検出電流 $I_s(t)$ であり、出力変数 $y(t)$ は検出電圧 $CCV(t)$ である。

[0064] ゲイン処理部31dは、オブザーバゲインLを算出し、算出したオブザーバゲインLを偏差算出部31aから出力された行列「 $y(t) - C \times h(t) - D u(t)$ 」に乗算する。加算部31eは、ゲイン処理部31dから出

力された行列「 $L(y(t) - Cx_h(t) - Du(t))$ 」と、制御乗算部31fから出力された行列 $Bnu(t)$ と、システム乗算部31gから出力された行列 $A_n \times h(t)$ とを加算する。

[0065] 積分器31hは、加算部31eから出力された行列「 $A_n \times h(t) + Bnu(t) + L(y(t) - Cx_h(t) - Du(t))$ 」を積分することにより、状態変数の推定値 $x_h(t)$ を算出する。算出された推定値 $x_h(t)$ のうち開放端電圧 $OCV(t)$ は、SOC推定部33に入力される。

[0066] ちなみに、システム乗算部31gのシステム行列 A_n 及び制御乗算部31fの制御行列 B_n に含まれる回路パラメータ R_1 , R_2 , C_1 , C_2 は、例えば検出電流 $I_s(t)$ 、検出電圧 $CCV(t)$ 及び検出温度 $T_s(t)$ に基づいて、逐次同定される。ただし、回路パラメータの同定は本実施形態において要部ではないため、同定手法の詳細な説明は省略する。

[0067] ゲイン処理部31dは、上式(eq11)に基づいて、オブザーバゲイン L を算出するゲイン算出部に相当する。詳しくは、ゲイン処理部31dは、まず、上式(eq18)で表される LMI を解くことにより、行列 P を算出する。ここで LMI を解く際の出力行列 C は、逐次同定されたものが用いられる。ゲイン処理部31dは、算出した行列 P 及び逐次同定された出力行列 C を入力として、上式(eq11)に基づいて、オブザーバゲイン L を算出する。

[0068] ここで本実施形態において、ゲイン処理部31dは、電池セル21の使用温度範囲全てにおいて、オブザーバに要求されるロバスト性を満たすようにオブザーバゲイン L を算出する。これは、行列 P を算出する際に考慮すべき回路パラメータの変動範囲を、設定部32によって設定することで実現できる。以下、設定部32について説明する。

[0069] 回路パラメータ R_1 , R_2 , C_1 , C_2 は、図4に示すように、温度 T_0 から温度 T_7 までの対応する電池セル21の使用温度範囲 T_B において、電池セル21の温度が低いほど値が大きくなる。設定部32は、電池セル21の使用温度範囲 T_B が分割されて複数設定された各温度範囲 $T_{A1} \sim T_{A7}$

の中から、検出温度 T_s が含まれる温度範囲を選択する。設定部 32 は、選択した温度範囲の境界に対応する回路パラメータ R_1 , R_2 , C_1 , C_2 の上下限值 R_{1L} , R_{1U} , R_{2L} , R_{2U} , C_{1L} , C_{1U} , C_{2L} , C_{2U} を設定する。図 4 には、検出温度 T_s が温度範囲 T_{A4} に含まれる場合における第 1 抵抗値の上限値 R_{1U} が R_U として設定され、第 1 抵抗値の下限値 R_{1L} が R_L として設定される例を示した。

[0070] 図 4 に示すように、設定部 32 は、使用温度範囲 T_B を分割した各温度範囲 $T_{A1} \sim T_{A7}$ のそれぞれにおいて回路パラメータの上下限值を設定することにより、 $LM1$ を解いて行列 P を算出する際に考慮すべき回路パラメータの変動範囲を狭くできる。特に本実施形態では、回路パラメータ R_1 , R_2 , C_1 , C_2 は、電池セル 21 の温度が低いほど、電池セル 21 の単位温度低下量あたりの増加量が大きくされているため、各温度範囲 $T_{A1} \sim T_{A7}$ のそれぞれは、検出温度 T_s が低いほど狭く設定されている。これにより、考慮すべき回路パラメータの変動範囲をより狭くできる。その結果、分割した各温度範囲 $T_{A1} \sim T_{A7}$ のそれぞれにおいてロバスト性を満たすオブザーバゲイン L を算出でき、ひいては使用温度範囲 T_B 全てにおいてオブザーバのロバスト性を満たすことができる。

[0071] また本実施形態において、設定部 32 は、各温度範囲 $T_{A1} \sim T_{A7}$ のそれぞれに対応してかつ予め設定された収束率 α を記憶している。設定部 32 は、各温度範囲 $T_{A1} \sim T_{A7}$ のうち検出温度 T_s が含まれる温度範囲に対応する収束率 α を選択してゲイン処理部 31d に出力する。これにより、各温度範囲 $T_{A1} \sim T_{A7}$ のそれぞれにおいて、推定された開放端電圧 OCV が真の開放端電圧に収束する時間を短縮できるように、電池セル 21 の温度に応じた収束率 α を用いることができる。

[0072] ちなみに、収束率 α は、各温度範囲 $T_{A1} \sim T_{A7}$ のそれぞれにおいて、互いに同一の値を用いてもよいし、互いに異なる値を用いてもよい。また、ゲイン処理部 31d は、行列「 $A_n - LC$ 」の固有値が負となるようにオブザーバゲイン L を算出する。

[0073] このように本実施形態によれば、電池セル 21 の使用温度範囲 T_B 全てにおいて、開放端電圧 OCV を推定するオブザーバのロバスト性を満たすことができる。このため、寒冷地仕様や温暖地仕様といった車両の使用環境毎にオブザーバを適合することが不要となり、共通のオブザーバを用いることができる。

[0074] 以上詳述した本実施形態によれば、以下の効果が得られるようになる。

[0075] 電池 $ECU30$ は、各電池セル 21 の使用温度範囲 T_B が分割されて複数設定された各温度範囲 $T_{A1} \sim T_{A7}$ のそれぞれにおいて、その温度範囲に対応する回路パラメータ $R1, R2, C1, C2$ の上下限值でロバスト性を満たすようにオブザーバゲイン L を算出した。

換言すれば、電池 $ECU30$ は、検出温度 T_s に応じてオブザーバゲイン L をスケジューリングした。このため、組電池 20 の使用温度範囲 T_B が広い場合であっても、各温度範囲 $T_{A1} \sim T_{A7}$ のそれぞれにおいて、ロバスト性を満たす $LM1$ の解 P を算出できる。これにより、各温度範囲 $T_{A1} \sim T_{A7}$ のそれぞれにおいてロバスト性を満たすオブザーバゲイン L を算出でき、各電池セル 21 の開放端電圧 OCV の推定精度を高めることができる。したがって、各電池セル 21 の開放端電圧 OCV から一義的に定まる該電池セル 21 の充電率 SOC の推定精度を高めることができる。

[0076] また、電池 $ECU30$ は、各温度範囲 $T_{A1} \sim T_{A7}$ のそれぞれにおいて、状態変数の推定値 $x_h(t)$ の収束率 α を個別に設定した。このため、各温度範囲 $T_{A1} \sim T_{A7}$ のそれぞれにおいて、収束率 α を最適化することができる。これにより、推定された各電池セル 21 の開放端電圧 OCV から算出された充電率 SOC と真の充電率 SOC との間に推定誤差がある場合であっても、その推定誤差を速やかに 0 に収束させることができる。

[0077] さらに、電池 $ECU30$ は、各温度範囲 $T_{A1} \sim T_{A7}$ のそれぞれを、対応する電池セル 21 の温度が低いほど狭く設定した。このため、対応する電池セル 21 の温度が低い温度範囲において、その温度範囲の境界における回路パラメータの上下限値の差が大きくなることを抑制できる。これにより、

各温度範囲 $T A 1 \sim T A 7$ のそれぞれにおいて、上式 (eq 18) に示される $L M I$ の行列 P を算出でき、ロバスト性を満たすオブザーバゲイン L を算出できる。

[0078] 上式 (eq 18) に示される $L M I$ を、ノイズに係る行列 $R b$, $N b$ を含むように構成した。これにより、観測ノイズ及びプロセスノイズがある場合であっても、オブザーバにおけるゲイン処理部 31d を含む閉ループの安定性を保証することができる。したがって、各電池セル 21 の開放端電圧 $O C V$ の推定値の発散を回避できる等、該電池セル 21 の開放端電圧 $O C V$ の推定精度をより高めることができる。

[0079] (第2実施形態)

以下、第2実施形態について、上記第1実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。本実施形態では、上記第1実施形態で説明した充電率 $S O C$ の推定処理を第1充電率推定処理ということとする。本実施形態において、電池 $E C U 30$ は、第1充電率推定処理に加えて、第2充電率推定処理を行う。第2充電率推定処理は、下式 (eq 20) に示すように、各電池セル 21 の検出電流 $I s$ の積算値に基づいて該電池セル 21 の充電率 $S O C$ を推定する処理である。

[0080] [数20]

$$SOC = S0 + \frac{\sum I_s \cdot dt}{Ahf} \times 100 \quad \dots \quad (eq20)$$

上式 (eq 20) において、 $S0$ は充電率 $S O C$ の初期値を示し、 $A h f$ は電池セル 21 の満充電容量を示す。なお、充電率の初期値 $S0$ は、例えば以下のように算出すればよい。すなわち、電池 $E C U 30$ は、組電池 20 の充放電が停止されていることを条件として、各電池セル 21 の検出電圧 $C C V$ を、該電池セル 21 の k 開放端電圧 $O C V$ として検出する。そして、電池 $E C U 30$ は、検出された各電池セル 21 の開放端電圧 $O C V$ に基づいて初期値 $S0$ を算出する。

[0081] 図5に、本実施形態にかかる充電率の推定処理の手順を示す。この処理は

、電池ECU30によって例えば所定周期で繰り返し実行される。なお本実施形態では、図5に示す処理において、初回のステップS10、又は初回のステップS10、S11で用いられる充電率SOCは、第1、第2充電率推定処理のうち予め定めた一方により推定された値が用いられることとする。具体的には例えば、推定精度の高い第1充電率推定処理により推定された充電率SOCが用いられることとする。

[0082] この一連の処理では、まずステップS10において、電池ECU30は、第1、第2充電率推定処理のうち、現在実行されている推定処理によって推定された、対象となる電池セル21の充電率SOCが上限充電率 S_{max} を超えたか否かを判定する。上限充電率 S_{max} は、対象電池セル21の信頼性を維持可能な充電率の上限値（以下「許容上限値 S_{ULimit} 」という。）よりも小さい値に設定されている。

[0083] ステップS10で否定判定した場合には、ステップS11において、電池ECU30は、第1、第2充電率推定処理のうち、現在実行されている推定処理によって推定された対象電池セル21の充電率SOCが下限充電率 S_{min} 未満であるか否かを判定する。下限充電率 S_{min} は、上限充電率 S_{max} よりも小さい値であって、かつ、対象電池セル21の信頼性を維持可能な充電率の下限値（以下「許容下限値 S_{LLimit} 」という。）よりも大きい値に設定されている。

[0084] ステップS11において否定判定した場合には、ステップS12において、電池ECU30は、第2充電率推定処理による対象電池セル21の充電率SOCの推定を行う。一方、ステップS10、S11において肯定判定した場合には、ステップS13において、電池ECU30は、第1充電率推定処理を行う。

[0085] ちなみに本実施形態において、下限充電率 S_{min} から上限充電率 S_{max} までの充電率範囲が第1の充電率範囲に相当する。また、下限充電率 S_{min} から許容下限値 S_{LLimit} までの充電率範囲と、上限充電率 S_{max} から許容上限値 S_{ULimit} までの充電率範囲とが第2の充電率範囲に

相当する。

[0086] 本実施形態において、推定された充電率SOCに応じて2つの推定処理を切り替えるのは、以下に説明する理由のためである。

[0087] 本実施形態では、第1充電率推定処理による充電率SOCの推定精度が、第2充電率推定処理による充電率SOCの推定精度よりも高くされている。また、第2充電率推定処理による充電率SOCの推定に要する処理負荷が、第1充電率推定処理による充電率SOCの推定に要する処理負荷よりも小さい。このため、第2充電率推定処理によって推定された充電率SOCが上限充電率Smaxを超えたり下限充電率Sminを下回ったりするまでは、第2充電率推定処理によって充電率SOCが推定される。これにより、第2充電率推定処理によって推定された充電率SOCが上限充電率Smaxを超えたり下限充電率Sminを下回ったりするまでは、電池ECU30の処理負荷を低減することができる。

[0088] 一方、第2充電率推定処理によって推定された充電率SOCが上限充電率Smaxを超えたり下限充電率Sminを下回ったりすると、第2充電率推定処理から第1充電率推定処理に切り替えられる。このため、充電率SOCが上昇して許容上限値SULimitに近づいたり、充電率SOCが低下して許容下限値SLLimitに近づいたりする場合において、充電率SOCの推定精度を高めることができる。これにより、各電池セル21が過充電となったり過放電となったりすることを回避できる。

[0089] (その他の実施形態)

なお、上記各実施形態は、以下のように変更して実施してもよい。

[0090] 電池ECU30は、オブザーバゲインLの算出等に用いる各電池セル21の温度を、例えばこの温度の変化に比例して変化するパラメータの値をベースとした公知の温度推定手法を用いることにより、温度センサ42によって直接検出することなく、推定してもよい。

[0091] 上記第1実施形態において、各温度範囲TA1～TA7のそれぞれにおいて、温度範囲の境界に対応する回路パラメータの上下限値の差が互いに等し

くなるように、各温度範囲 $T A 1 \sim T A 7$ のそれぞれの温度範囲を設定してもよい。

[0092] 上記第2実施形態において、第2充電率推定処理によって推定された充電率 $S O C$ が上限充電率 $S m a x$ を超えたときのみにおいて、第1充電率推定処理に切り替えてもよい。また、第2充電率推定処理によって推定された充電率 $S O C$ が下限充電率 $S m i n$ を下回ったときのみにおいて、第1充電率推定処理に切り替えてもよい。

[0093] 上記第2実施形態において、第2充電率推定処理としては、上式 (eq 20) に示したように、検出電流の積算値に基づく処理に限らない。第1充電率推定処理よりも処理負荷が低ければ、検出電流の積算値に基づく処理とは異なる処理であってもよい。

[0094] 回路パラメータとしては、対応する電池セル21の温度が低いほど、値が大きくされているものに限らず、例えば、対応する電池セル21の温度が低いほど、値が小さくされているものであってもよい。要は、使用温度範囲 $T B$ において、対応する電池セル21の温度が低いほど、単位温度低下量あたりの傾きの符号が同一であればよい。

[0095] 電池セル21の等価回路モデルとしては、先の図2に示したものに限らない。例えば、等価回路モデルとして、開放端電圧を表すためのコンデンサ、直流抵抗、及び1つの $R C$ 並列回路を備えるものであってもよい。この場合、 $R C$ 並列回路の回路パラメータ $R 1$ 、 $C 1$ の組み合わせは、2の2乗通り（4通り）となるため、パラメータボックスの頂点は4個となる。

[0096] 各電池セル21の充電状態と相関を有する充電パラメータとしては、開放端電圧 $O C V$ に限らず、対応する電池セル21の充電率 $S O C$ であってもよい。

なお、本出願は、日本特許出願 2015-157034 を基礎として優先権を主張するものであり、この優先権の基礎となる日本特許出願の開示内容は、参照書類として本出願に組み込まれている。

符号の説明

[0097] 21…電池セル、30…電池ECU、31…OCV推定部、32…設定部、33…SOC推定部。

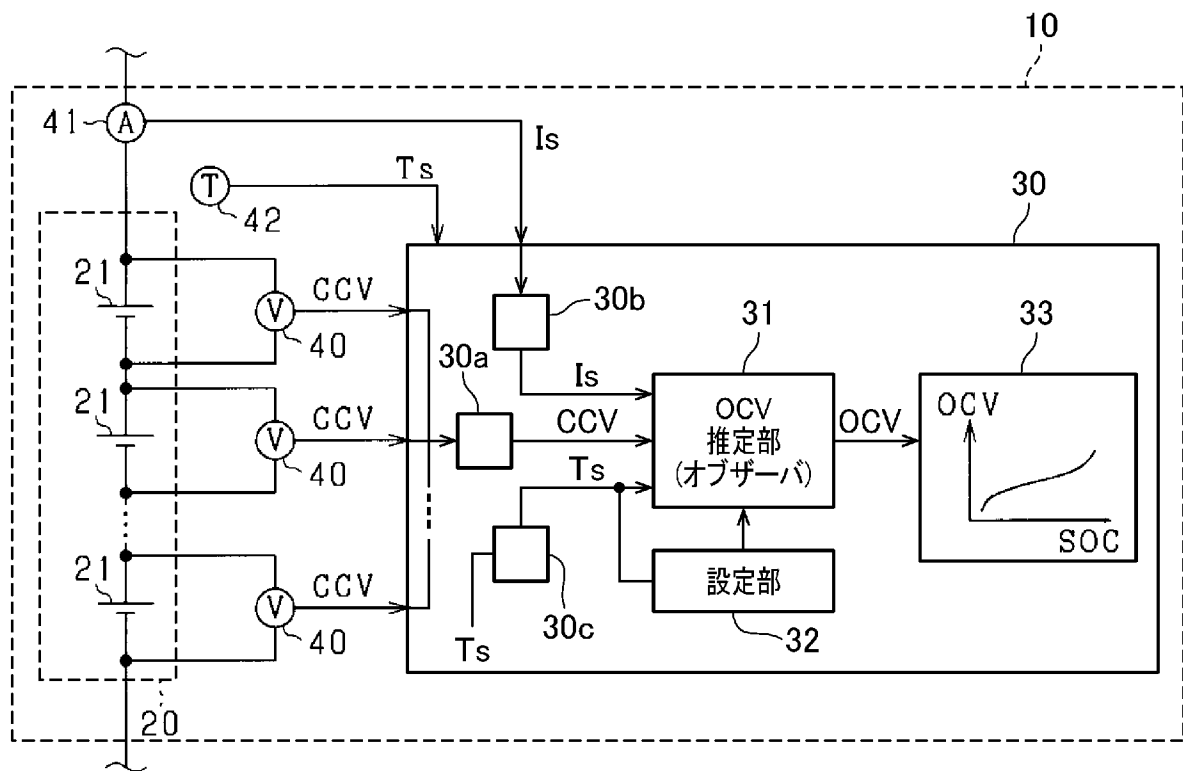
請求の範囲

- [請求項1] 電池（21）に流れる電流値を取得する電流取得部（30b）と、
前記電池の温度を取得する温度取得部（30c）と、前記電池に流れる電流値を入力変数、および前記電池の充電状態と相関を有する充電パラメータを状態変数に含む前記電池の等価回路モデルから導かれた状態方程式における前記充電パラメータを、前記電流取得部によって取得された電流値に基づいて逐次推定するオブザーバ（31）と、
前記電池の温度に応じて値が変わる前記等価回路モデルのパラメータを回路パラメータとし、前記電池の使用温度範囲が分割されて複数設定された各温度範囲の中から前記温度取得部によって取得された温度が含まれる温度範囲を選択し、選択した温度範囲の境界に対応する前記回路パラメータの上下限值を設定する設定部（32）と、
前記設定部により設定された前記回路パラメータの上下限值に基づいて、前記オブザーバで用いられるオブザーバゲインを算出するゲイン算出部（31d）と、を備えることを特徴とする電池の充電状態推定装置。
- [請求項2] 前記使用温度範囲が分割されて複数設定された各温度範囲のそれぞれにおいて、前記オブザーバによって推定された前記充電パラメータを真の前記充電パラメータに収束させる収束率が個別に設定されていることを特徴とする請求項1に記載の電池の充電状態推定装置。
- [請求項3] 前記回路パラメータは、前記電池の温度が低いほど、その値が大きくされていることを特徴とする請求項1に記載の電池の充電状態推定装置。
- [請求項4] 前記回路パラメータは、前記電池の温度が低いほど、前記電池の単位温度低下量あたりの増加量が大きくされており、
前記使用温度範囲が分割されて複数設定された各温度範囲のそれぞれは、前記電池の温度が低いほど狭く設定されていることを特徴とする請求項3に記載の電池の充電状態推定装置。

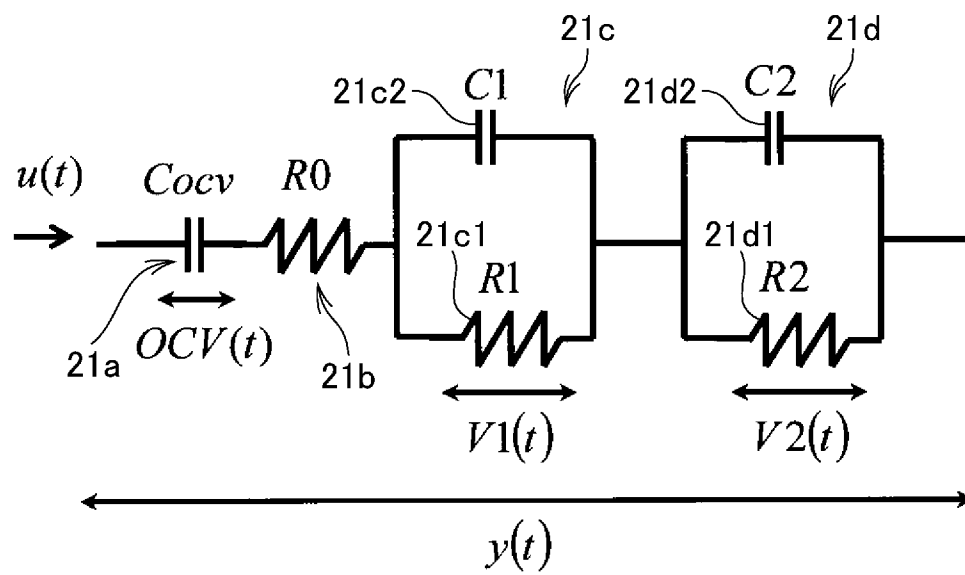
- [請求項5] 前記ゲイン算出部は、前記使用温度範囲が分割されて複数設定された各温度範囲のそれぞれにおける前記回路パラメータの変動に対して前記オブザーバの閉ループを安定とする前記オブザーバゲインを算出することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の電池の充電状態推定装置。
- [請求項6] 前記ゲイン算出部は、制御対象となる前記等価回路モデルにおける信号に混入するプロセスノイズ及び観測ノイズに対して前記オブザーバの閉ループを安定とする前記オブザーバゲインを算出することを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の電池の充電状態推定装置。
- [請求項7] 前記充電パラメータは、前記電池の開放端電圧であることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の電池の充電状態推定装置。
- [請求項8] 前記オブザーバによって推定された前記開放端電圧に基づいて、前記電池の充電率を逐次推定する充電率推定部を備えることを特徴とする請求項7に記載の電池の充電状態推定装置。
- [請求項9] 前記充電率推定部を第1充電率推定部とし、
前記第1充電率推定部による充電率の推定に要する処理負荷よりも小さい処理負荷で、かつ、前記第1充電率推定部による充電率の推定方法とは異なる方法で前記電池の充電率を推定する第2充電率推定部を備え、
前記第1充電率推定部による充電率の推定精度は、前記第2充電率推定部による充電率の推定精度よりも高いものであり、
前記電池の信頼性に関連する互いに隣接する第1および第2の充電率範囲が予め設定され、第2の充電率範囲は、前記第1の充電率範囲よりも前記電池の信頼性が低い充電率範囲であり、
前記第2充電率推定部によって推定された充電率が含まれる充電率範囲が前記第1の充電率範囲である場合に前記第2充電率推定部による充電率の推定を継続し、前記第2充電率推定部によって推定された

充電率が含まれる充電率範囲が前記第 1 の充電率範囲から前記第 2 の充電率範囲に変わった場合、前記第 1 充電率推定部による充電率の推定に切り替える切替部を備えることを特徴とする請求項 8 に記載の電池の充電状態推定装置。

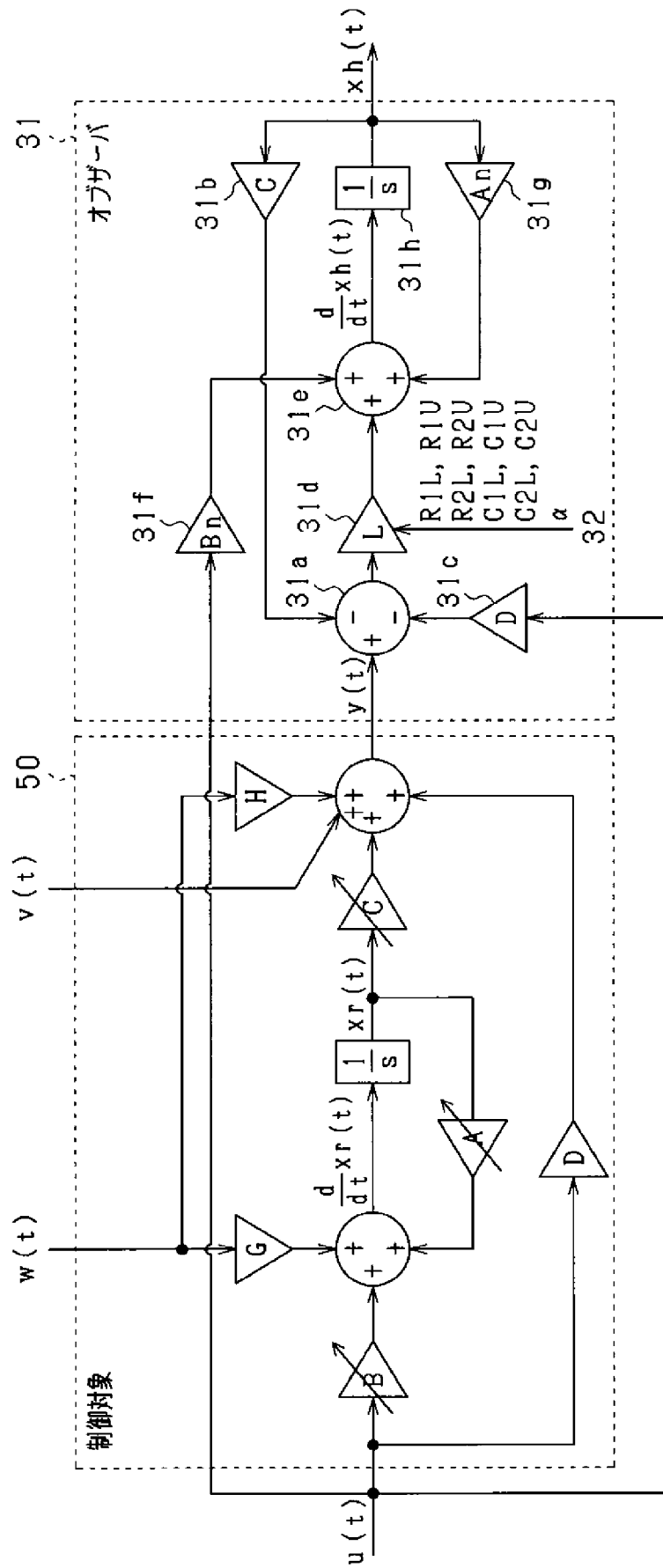
[図1]



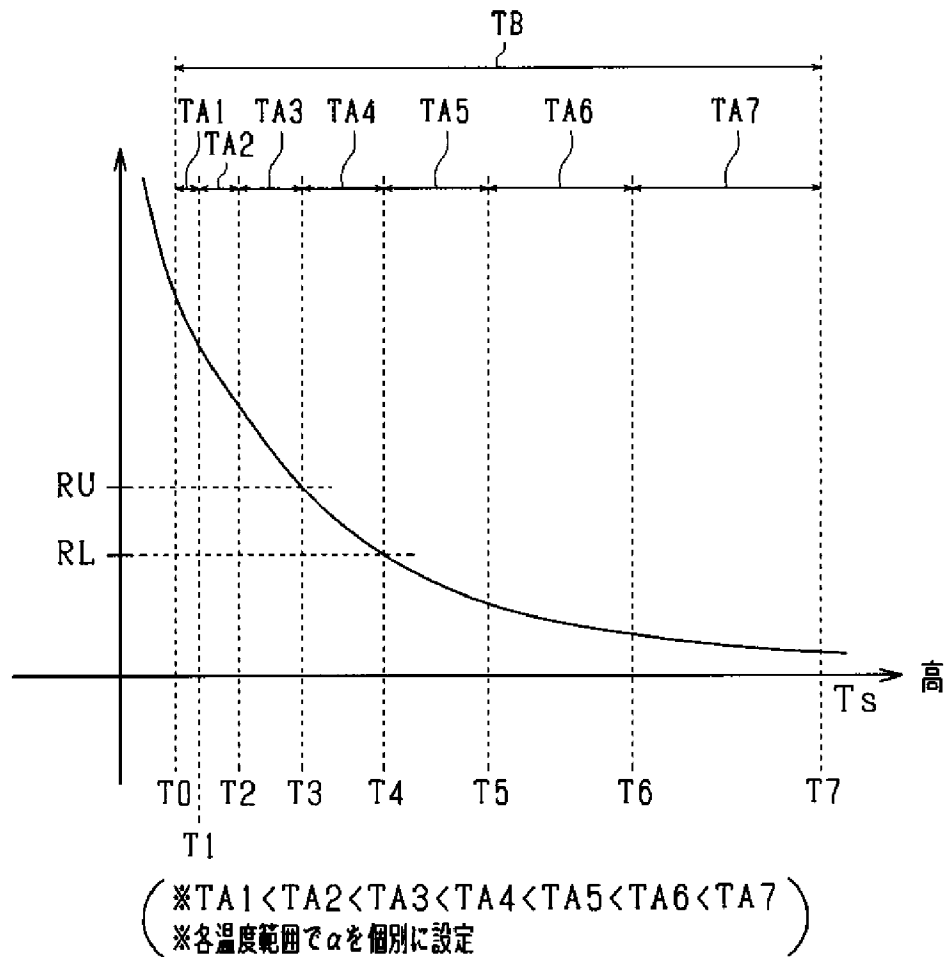
[図2]



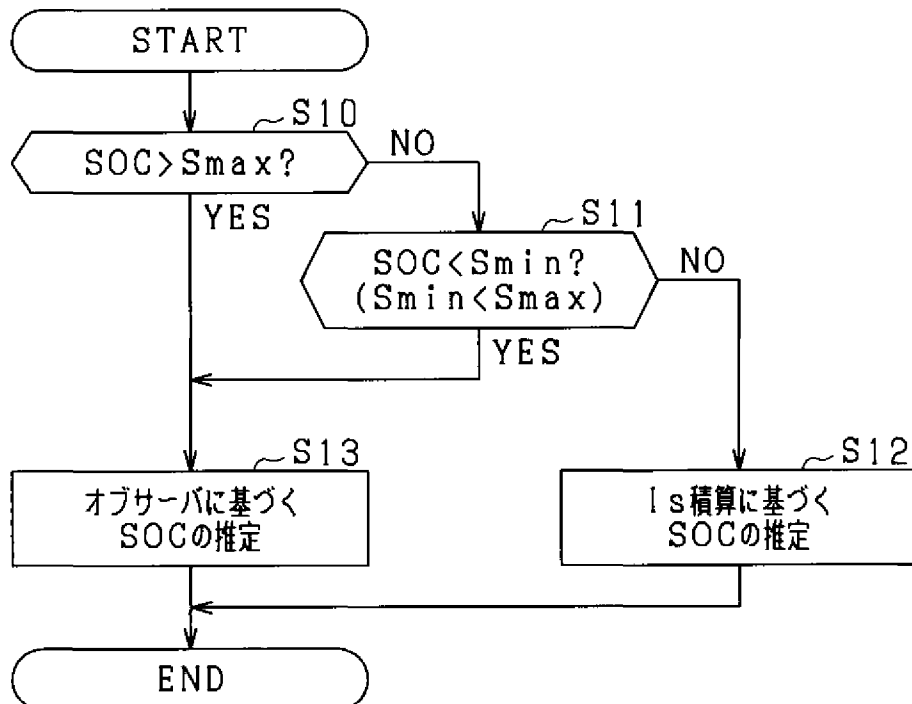
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/073322

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R31/36(2006.01) i

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)

G01R31/36

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
A	JP 2015-038444 A (Toshiba Corp.), 26 February 2015 (26.02.2015), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2013-238402 A (Calsonic Kansei Corp.), 28 November 2013 (28.11.2013), entire text; all drawings & US 2015/0127280 A1 & WO 2013/168349 A1 & EP 2848952 A1 & CN 104285157 A	1-9
A	JP 2012-132724 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 12 July 2012 (12.07.2012), entire text; all drawings & US 2013/0154577 A1 & WO 2012/086627 A1 & EP 2657714 A1 & CN 103229068 A	1-9

☒ 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
07 October 2016 (07.10.16)

Date of mailing of the international search report
18 October 2016 (18.10.16)

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/JP2016/073322

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 2008-010420 A (Samsung SDI Co., Ltd.), 17 January 2008 (17.01.2008), entire text; all drawings & US 2007/0299620 A1 & EP 1873542 A1 & DE 602007008793 D & KR 10-2008-0000160 A & CN 101098029 A	1-9
P, A	US 2015/0231986 A1 (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, LLC), 20 August 2015 (20.08.2015), entire text; all drawings & DE 102015202540 A & CN 104859471 A	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01R31/36(2006.01)i

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））

Int.Cl. G01R31/36

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
A	JP 2015-038444 A（株式会社東芝）2015.02.26 全文、全図（ファミリーなし）	1-9
A	JP 2013-238402 A（カルソニックカンセイ株式会社）2013.11.28 全文、全図 & US 2015/0127280 A1 & WO 2013/168349 A1 & EP 2848952 A1 & CN 104285157 A	1-9

☒ 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矛盾するものではなく、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

07.10.2016

国際調査報告の発送日

18.10.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

續山 浩二

2 S

4 4 5 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 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	JP 2012-132724 A (古河電気工業株式会社) 2012. 07. 12 全文、全図 & US 2013/0154577 A1 & WO 2012/086627 A1 & EP 2657714 A1 & CN 103229068 A	1-9
A	JP 2008-010420 A (三星エスディアイ株式会社) 2008. 01. 17 全文、全図 & US 2007/0299620 A1 & EP 1873542 A1 & DE 602007008793 D & KR 10-2008-0000160 A & CN 101098029 A	1-9
P, A	US 2015/0231986 A1 (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, LLC) 2015. 08. 20 全文、全図 & DE 102015202540 A & CN 104859471 A	1-9