

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7345115号
(P7345115)

(45)発行日 令和5年9月15日(2023.9.15)

(24)登録日 令和5年9月7日(2023.9.7)

(51)国際特許分類	F I	
G 0 1 R 31/385 (2019.01)	G 0 1 R	31/385
G 0 1 R 31/367 (2019.01)	G 0 1 R	31/367
G 0 1 R 31/378 (2019.01)	G 0 1 R	31/378
G 0 1 R 31/382 (2019.01)	G 0 1 R	31/382
H 0 1 M 10/48 (2006.01)	H 0 1 M	10/48
		P
請求項の数 6 (全18頁) 最終頁に続く		

(21)出願番号	特願2020-561219(P2020-561219)	(73)特許権者	314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府門真市元町2番6号
(86)(22)出願日	令和1年11月13日(2019.11.13)	(74)代理人	100123102 弁理士 宗田 悟志
(86)国際出願番号	PCT/JP2019/044535	(72)発明者	西川 慎哉 大阪府門真市大字門真1006番地 パ ナソニック株式会社内
(87)国際公開番号	WO2020/129478	(72)発明者	渡邊 透 大阪府門真市大字門真1006番地 パ ナソニック株式会社内
(87)国際公開日	令和2年6月25日(2020.6.25)	(72)発明者	飯田 崇 大阪府門真市大字門真1006番地 パ ナソニック株式会社内
審査請求日	令和4年9月8日(2022.9.8)	審査官	永井 皓喜
(31)優先権主張番号	特願2018-236658(P2018-236658)		
(32)優先日	平成30年12月18日(2018.12.18)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 電池状態推定装置、電池状態推定方法、及び電池システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

電池セルの電圧を計測する電圧計測部と、
前記電池セルに流れる電流を計測する電流計測部と、
前記電圧計測部により計測された電圧と、前記電流計測部により計測された電流と、前記電池セルの電気化学に基づく等価回路モデルをもとに前記電池セルのOCV (Open Circuit Voltage) を推定し、推定したOCVと、前記電池セルの充電側SOC (State Of Charge) - OCV特性および放電側SOC - OCV特性をもとに前記電池セルのSOCを推定する制御部と、を備え、

前記電池セルの正極および負極の少なくとも一方は、複数の材料を含む混合電極であり、
前記制御部は、前記混合電極に含まれる複数の材料のうち、充電側と放電側の容量 - OCV特性が異なる材料に流れる電流を推定し、当該電流をもとに前記充電側SOC - OCV特性と前記放電側SOC - OCV特性との割合を決定することを特徴とする電池状態推定装置。

【請求項2】

前記制御部は、前記推定したOCVと前記充電側SOC - OCV特性から得られるSOCと、前記推定したOCVと前記放電側SOC - OCV特性から得られるSOCを、前記割合をもとに加重平均して、前記電池セルのSOCを推定することを特徴とする請求項1に記載の電池状態推定装置。

【請求項3】

10

20

前記負極は、複数の材料を含む混合負極であり、

前記等価回路モデルの負極は、前記複数の材料ごとに形成された等価回路の並列回路で表現され、

各等価回路は、OCVと拡散抵抗成分を含み、

前記制御部は、前記並列回路を利用して、前記充電側と放電側の容量 - OCV特性が異なる材料に流れる電流を推定することを特徴とする請求項1または2に記載の電池状態推定装置。

【請求項4】

前記負極は、グラファイトとシリコンを含む混合負極であり、

前記等価回路モデルの負極は、前記グラファイトの等価回路と前記シリコンの等価回路の並列回路で表現され、

前記グラファイトの等価回路と前記シリコンの等価回路はそれぞれ、OCVと拡散抵抗成分を含み、

前記制御部は、前記並列回路を利用して、前記シリコンに流れる電流を推定することを特徴とする請求項1または2に記載の電池状態推定装置。

【請求項5】

電池セルの電圧を計測するステップと、

前記電池セルに流れる電流を計測するステップと、

計測された電圧と、計測された電流と、前記電池セルの電気化学に基づく等価回路モデルをもとに前記電池セルのOCV (Open Circuit Voltage) を推定し、推定したOCVと、前記電池セルの充電側SOC (State Of Charge) - OCV特性および放電側SOC - OCV特性をもとに前記電池セルのSOCを推定するステップと、を有し、

前記電池セルの正極および負極の少なくとも一方は、複数の材料を含む混合電極であり、

前記SOCを推定するステップは、前記混合電極に含まれる複数の材料のうち、充電側と放電側の容量 - OCV特性が異なる材料に流れる電流を推定し、当該電流をもとに前記充電側SOC - OCV特性と前記放電側SOC - OCV特性との割合を決定することを特徴とする電池状態推定方法。

【請求項6】

電池セルと、

前記電池セルの電圧を計測する電圧計測部と、

前記電池セルに流れる電流を計測する電流計測部と、

前記電圧計測部により計測された電圧と、前記電流計測部により計測された電流と、前記電池セルの電気化学に基づく等価回路モデルをもとに前記電池セルのOCV (Open Circuit Voltage) を推定し、推定したOCVと、前記電池セルの充電側SOC (State Of Charge) - OCV特性および放電側SOC - OCV特性をもとに前記電池セルのSOCを推定する制御部と、を備え、

前記電池セルの正極および負極の少なくとも一方は、複数の材料を含む混合電極であり、

前記制御部は、前記混合電極に含まれる複数の材料のうち、充電側と放電側の容量 - OCV特性が異なる材料に流れる電流を推定し、当該電流をもとに前記充電側SOC - OCV特性と前記放電側SOC - OCV特性との割合を決定することを特徴とする電池システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、リチウムイオン電池などの電池セルの状態を推定する電池状態推定装置、電池状態推定方法、及び電池システムに関する。

【背景技術】

【0002】

リチウムイオン電池などの二次電池では、SOC (State Of Charge) を精度よく推定することが求められる。SOCは一般的に、OCV (Open Circuit Voltage) と一意に紐

10

20

30

40

50

付けられる。特に、ハイブリッド車（HV）、プラグインハイブリッド車（PHV）、電気自動車（EV）などの電動車両に搭載される二次電池は、航続可能距離を正確に把握するためにも、SOC、及びSOCを求めるためのOCVを精度よく推定することが重要となる。

【0003】

近年、電池容量を増やすために、グラファイト（C）とシリコン（Si）を混合した負極を使用したリチウムイオン電池セルが開発されている。シリコン（Si）はその特性から、充電停止後のOCVの収束曲線と、放電停止後のOCVの収束曲線が異なる。したがって、SOCとOCVを一意に紐付けることができず、OCVを正しく推定できても、SOCの推定精度が低下する。

10

【0004】

従来、複数のOCV曲線を電流履歴をもとに選択する手法や、SOCごとの過渡特性をもとにSOCを推定する手法が提案されている（例えば、特許文献1-3参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2014-163861号公報

特開2016-75572号公報

特開2014-59206号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

グラファイト（C）とシリコン（Si）を混合した負極では、過渡特性はシリコン（Si）に流れる電流量に依存する。従来手法では、二次電池全体に流れる観測電流に応じた過渡特性に基づきSOCを推定しており、複数の材料が混合された電極が使用された二次電池では、SOCの推定精度が低下していた。

【0007】

本発明はこうした状況に鑑みなされたものであり、その目的は、複数材料が混合された電極が使用された二次電池のSOCの推定精度を向上させる技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

30

【0008】

上記課題を解決するために、本発明のある態様の電池状態推定装置は、電池セルの電圧を計測する電圧計測部と、前記電池セルに流れる電流を計測する電流計測部と、前記電圧計測部により計測された電圧と、前記電流計測部により計測された電流と、前記電池セルの電気化学に基づく等価回路モデルをもとに前記電池セルのOCV（Open Circuit Voltage）を推定し、推定したOCVと、前記電池セルの充電側SOC（State Of Charge）-OCV特性および放電側SOC-OCV特性をもとに前記電池セルのSOCを推定する制御部と、を備える。前記電池セルの正極および負極の少なくとも一方は、複数の材料を含む混合電極であり、前記制御部は、前記混合電極に含まれる複数の材料のうち、充電側と放電側の容量-OCV特性が異なる材料に流れる電流を推定し、当該電流をもとに前記充電側SOC-OCV特性と前記放電側SOC-OCV特性との割合を決定する。

40

【0009】

なお、以上の構成要素の任意の組み合わせ、本発明の表現を方法、装置、システム、コンピュータプログラムなどの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、複数材料が混合された電極が使用された二次電池のSOCの推定精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

50

【図 1】比較例に係る電池セルの等価回路モデルの例を示す図である。

【図 2】本実施の形態に係る電池セルの等価回路モデルの第 1 の例を示す図である。

【図 3】図 3 (a)、(b) は、グラファイト (C) 負極の Q - O C V カープと、一酸化シリコン (S i O) 負極の Q - O C V カープの一例を示す図である。

【図 4】グラファイト (C) とシリコン (S i) の混合負極を使用したリチウムイオン電池セルの S O C - O C V カープの一例を示す図である。

【図 5】一酸化シリコン (S i O) 負極の Q - O C V カープのヒステリシス特性の一例を示す図である。

【図 6】図 6 (a)、(b) は、 $X_c(t)$ の推移を説明するための図である。

【図 7】図 7 (a)、(b) は、充電側の S O C - O C V カープと、放電側の S O C - O C V カープの一例を示す図である。

10

【図 8】本実施の形態に係る電池セルの等価回路モデルの第 2 の例を示す図である。

【図 9】本発明の実施の形態に係る、電池セルの充放電を説明するための基本回路図を示す図である。

【図 10】本発明の実施の形態に係る電池システムを搭載した電動車両を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

図 1 は、比較例に係る電池セル 10 の等価回路モデルの例を示す図である。以下、電池セル 10 として、正極にコバルト酸リチウム (L i C o O 2)、負極に、グラファイト (C) とシリコン (S i) の混合材料を使用したリチウムイオン電池セルを使用する例を想定する。図 1 に示す等価回路モデルは、材料ごとの拡散抵抗成分を単純に直列に並べた等価回路モデルである。図 1 に示す等価回路モデルは、下記 (式 1) で定義することができる。

20

$$O C V = C C V - I * R_{o h m} - V_{p p} - V_{p c} - V_{p s i} \dots (式 1)$$

【0013】

C C V は計測された電池セル 10 の観測電圧である。I は計測された電池セル 10 の観測電流である。R o h m は、リチウム (L i) の反応抵抗、伝導抵抗、集電体抵抗などをまとめて表現した抵抗成分である。Z w p は正極活物質内のリチウム (L i) の拡散抵抗成分を示し、Z w c は負極活物質 (グラファイト (C)) 内のリチウム (L i) の拡散抵抗成分を示し、Z w s i は負極活物質 (シリコン (S i)) 内のリチウム (L i) の拡散抵抗成分を示している。V p p は Z w p にかかる分極電圧 V p を示し、V p c は Z w c にかかる分極電圧 V p を示し、V p s i は Z w s i にかかる分極電圧 V p を示している。

30

【0014】

以下の等価回路モデルの説明では、R、C、Z w の各パラメータは、使用環境に応じて、温度依存性を考慮した値にチューニング済みであるとする。

【0015】

拡散抵抗成分は、ワールブルグインピーダンスで表現され、下記 (式 2) のように、R C 並列回路の無限級数の和で近似することができることが知られている。

$$Z_w(s) = \sum_{n=1}^{\infty} (R_n / (s C_n R_{n+1})) \dots (式 2)$$

$$C_n = C_d / 2, R_n = 8 R_d / ((2n - 1)^2)$$

40

【0016】

時定数は $(2n - 1)^2$ であり、高次になるにしたがって小さくなっていく。秒オーダーの演算処理で使用する場合、基本的に 3 次 ~ 5 次程度で十分である。

【0017】

各拡散抵抗成分は、上記 (式 2) に示したようにフォスター型回路で近似できる。図 1 では、3 次のフォスター型回路で近似する例を示している。フォスター型回路の各 R C 並列回路では、下記 (式 3) に示す関係が成り立つ。下記 (式 3) は図 1 のフォスター型回路の初段の R C 並列回路を示す。

$$(dV_{p1} / dt) = (I / C_{p1}) - (V_{p1} / \tau_{a1}) \dots (式 3)$$

50

$i_{Cp1} = C_{p1} (dV_{p1} / dt)$, $i_{Rp1} = V_{p1} / R_{p1}$, $I = i_{Cp1} + i_{Rp1}$, $\tau_1 = C_{p1} * R_{p1}$

【0018】

上記(式3)の初段の R_{p1} 、 C_{p1} のパラメータが決定されると、後段のパラメータ(R_{p2} 、 C_{p2} 、 R_{p3} 、 C_{p3})も自動的に決定される。2段目、3段目の各RC並列回路も初段のRC並列回路の上記(式3)と同様の関係式が成り立つ。即ち上記(式2)より、 $C_{p1} = C_{p2} = C_{p3}$ 、 $R_{p2} = 1/9 * R_{p1}$ 、 $R_{p3} = 1/25 * R_{p1}$ となる。

【0019】

上記(式2)、(式3)をもとに、観測電流 I を入力として、 Z_{wp} にかかる分極電圧 V_{pp} 、 Z_{wc} にかかる分極電圧 V_{pc} 、 Z_{wsi} にかかる分極電圧 V_{psi} を算出することができる。算出した V_{pp} 、 V_{pc} 、 V_{psi} を上記(式1)に代入することにより、OCVを推定することができる。充放電停止後のOCVを推定する場合は、 I に0を代入する。

【0020】

図2は、本実施の形態に係る電池セル10の等価回路モデルの第1の例を示す図である。図2に示す等価回路モデルでは、材料ごとに等価回路を定義し、複数材料が混合された電極を、各材料の等価回路の並列回路で定義している。本実施の形態では、負極を、グラファイト(C)負極の等価回路と、シリコン(Si)負極の等価回路の並列回路で定義している。

【0021】

図2において、 R_o はリード抵抗などの直流抵抗成分を示している。 R_{ct} は電極反応に伴う電荷移動抵抗成分を示している。 C_{dl} は電気二重層の充電にあたる容量成分を示している。 R_e は電解質中の移動抵抗成分(電解液抵抗)を示している。 Z_w (Z_{wc} 、 Z_{wsi} 、 Z_{wp})は拡散抵抗成分を示しており、上記比較例と同様にワールブルグインピーダンスで表現し、3次のフォスター型回路で近似するものとする。

【0022】

R_{ctc} と C_{dlc} の並列回路と、 Z_{wc} との直列回路の両側にかかる電圧がグラファイト(C)負極の分極電圧 V_{pc} を示している。同様に R_{ctsi} と C_{dlsi} の並列回路と、 Z_{wsi} との直列回路の両側にかかる電圧がシリコン(Si)負極の分極電圧 V_{psi} を示している。同様に R_{ctp} と C_{dlp} の並列回路と、 Z_{wp} との直列回路の両側にかかる電圧が正極の分極電圧 V_{pp} を示している。

【0023】

上記(式2)、(式3)を使用して、観測電流 I をもとに Z_{wp} にかかる分極電圧を算出することができる。グラファイト(C)に流れる電流 I_c をもとに Z_{wc} にかかる分極電圧を算出することができる。シリコン(Si)に流れる電流 I_{si} をもとに Z_{wsi} にかかる分極電圧を算出することができる。グラファイト(C)に流れる電流 I_c 及びシリコン(Si)に流れる電流 I_{si} は、下記(式4) - (式6)に示す式を、連立方程式として解くことにより算出することができる。

【0024】

R_{ct} と C_{dl} の並列回路も、フォスター型回路を構成するRC並列回路と同様に、 R_{ct} 、 C_{dl} (C_{dl} の代わりに τ でもよい)のパラメータが決定されれば、上記(式3)を使用して、 R_{ct} と C_{dl} の並列回路の両側にかかる分極電圧を算出することができる。具体的には、観測電流 I をもとに、 R_{ctp} と C_{dlp} の並列回路の両側にかかる分極電圧を算出することができる。グラファイト(C)に流れる電流 I_c をもとに、 R_{ctc} と C_{dlc} の並列回路の両側にかかる分極電圧を算出することができる。シリコン(Si)に流れる電流 I_{si} をもとに、 R_{ctsi} と C_{dlsi} の並列回路の両側にかかる分極電圧を算出することができる。

【0025】

R_{ctc} と C_{dlc} の並列回路の両側にかかる分極電圧と Z_{wc} にかかる分極電圧を加

10

20

30

40

50

算して、グラファイト (C) 負極の分極電圧 V_{pc} を算出することができる。同様に $R_{ct\ si}$ と $C_{dl\ si}$ の並列回路の両側にかかる分極電圧と $Z_{w\ si}$ にかかる分極電圧を加算して、シリコン (Si) 負極の分極電圧 V_{psi} を算出することができる。同様に $R_{ct\ p}$ と $C_{dl\ p}$ の並列回路の両側にかかる分極電圧と $Z_{w\ p}$ にかかる分極電圧を加算して、正極の分極電圧 V_{pp} を算出することができる。

【0026】

グラファイト (C) 負極の等価回路とシリコン (Si) 負極の等価回路は並列回路であるため、下記 (式4)、(式5) の関係が成り立つ。

$$OCV_c(t) + I_c(t) * R_{oc}(t) + V_{pc}(t-1) = OCV_si(t) + I_{si}(t) * R_{osi}(t) + V_{psi}(t-1) \quad \dots (式4)$$

$$I_c(t) + I_{si}(t) = I(t) \quad \dots (式5)$$

【0027】

計算を簡略化するため、グラファイト (C) 負極の分極電圧 V_{pc} 及びシリコン (Si) 負極の分極電圧 V_{psi} に前回値を用いている。

【0028】

上記 (式4) の OCV_c は下記に示すように、 OCV_si は下記 (式6) により導出することができる。

$$OCV_c = OCV_C_LUT(Q_c)$$

$$OCV_si = OCV_SI_CHG_LUT(Q_si) * X_c(t-1) + OCV_SI_DIS_LUT(Q_si) * (1 - X_c(t-1)) \quad \dots (式6)$$

【0029】

OCV_C_LUT は、グラファイト (C) 負極の $Q - OCV$ カーブの特性データが記述されたルックアップテーブルを示す。

$OCV_SI_CHG_LUT$ は、シリコン (Si) 負極の充電側の $Q - OCV$ カーブの特性データが記述されたルックアップテーブルを示す。

$OCV_SI_DIS_LUT$ は、シリコン (Si) 負極の放電側の $Q - OCV$ カーブの特性データが記述されたルックアップテーブルを示す。

【0030】

図3(a)、(b) は、グラファイト (C) 負極の $Q - OCV$ カーブと、一酸化シリコン (SiO) 負極の $Q - OCV$ カーブの一例を示す図である。図3(a) はグラファイト (C) 負極の $Q - OCV$ カーブの一例を示し、図3(b) は一酸化シリコン (SiO) 負極の $Q - OCV$ カーブの一例を示す。図3(b) に示す例では、シリコン (Si) 系の材料として、一酸化シリコン (SiO) を使用する例を挙げている。横軸が容量 [mAh]、縦軸が OCV [V] である。

【0031】

グラファイト (C) 負極は、充電時と放電時の $Q - OCV$ カーブが略同一であるため、1本のカーブで表現している。一酸化シリコン (SiO) 負極は、充電時と放電時の $Q - OCV$ カーブが異なるため、2本のカーブで表現している。以上のような $Q - OCV$ カーブをもとに、 OCV_C_LUT 、 $OCV_SI_CHG_LUT$ 、 $OCV_SI_DIS_LUT$ が生成される。

【0032】

Q_c 及び Q_si は、下記 (式7)、(式8) から導出することができる。

$$Q_c = Q_c_init + I_c / FCC_c \quad \dots (式7)$$

$$Q_si = Q_si_init + I_{si} / FCC_si \quad \dots (式8)$$

【0033】

Q_c_init はグラファイト (C) 負極の初期容量、 Q_c はグラファイト (C) 負極の現在容量、 FCC_c はグラファイト (C) 負極の満充電容量をそれぞれ示す。 Q_si_init はシリコン (Si) 負極の初期容量、 Q_si はシリコン (Si) 負極の現在容量、 FCC_si はシリコン (Si) 負極の満充電容量をそれぞれ示す。

【0034】

10

20

30

40

50

グラファイト (C) 負極の初期容量と、シリコン (S i) 負極の初期容量は、 $O C V_{c} = O C V_{s i}$ の関係になるように設定される。

【 0 0 3 5 】

上記 (式 6) の X_c は、充電 $O C V$ と放電 $O C V$ の割合を示すパラメータである。以下、 X_c の導出方法を説明する。グラファイト (C) とシリコン (S i) の混合負極を使用したリチウムイオン電池セルでは、充電側の $S O C - O C V$ カーブと放電側の $S O C - O C V$ カーブが異なる。特に $S O C$ が 20 % 以下の領域で両者が大きく乖離し、放電から充電へ、または充電から放電へ切り替わる際にヒステリシスが発生する。なお、グラファイト (C) 負極単体の場合、放電側と充電側の $S O C - O C V$ カーブが略同一であるため、充放電の切り替わり時にヒステリシスが発生しない。

10

【 0 0 3 6 】

図 4 は、グラファイト (C) とシリコン (S i) の混合負極を使用したリチウムイオン電池セルの $S O C - O C V$ カーブの一例を示す図である。横軸が $S O C [\%]$ 、縦軸が $O C V [V]$ である。実線が充電側の $S O C - O C V$ カーブ、点線が放電側の $S O C - O C V$ カーブをそれぞれ示している。

【 0 0 3 7 】

$S O C$ が 20 % 以下の領域では、充電側の $S O C - O C V$ カーブと放電側の $S O C - O C V$ カーブに乖離が発生している。この領域では、実際の $O C V$ が、充電側の $S O C - O C V$ カーブと放電側の $S O C - O C V$ カーブで囲まれた範囲のいずれかの地点に収束する。 $S O C$ が 20 % 以下の領域では、シリコン (S i) がグラファイト (C) より反応しやすい領域であり、シリコン (S i) の過渡特性の影響が大きくなる。

20

【 0 0 3 8 】

$X_c = 0$ は、 $O C V$ が放電 $O C V$ カーブ上に位置する場合を示し、 $X_c = 1$ は、 $O C V$ が充電 $O C V$ カーブ上に位置する場合を示している。 $0 < X_c < 1$ は、 $O C V$ が放電 $O C V$ カーブと充電 $O C V$ カーブの間に位置する場合を示している。

【 0 0 3 9 】

シリコン (S i) 負極単体の場合、放電から充電へ、または充電から放電へ切り替わる際のヒステリシス特性は電流量 (電流履歴) に依存する。グラファイト (C) とシリコン (S i) の混合負極を使用した場合、観測電流 I と、シリコン (S i) に流れる電流 $I_{s i}$ が一致しないため、従来の等価回路モデルまたは図 1 に示した比較例に係る等価回路モデルでは、電池セル 10 全体の $O C V$ と $S O C$ の推定精度が低下する。

30

【 0 0 4 0 】

図 5 は、一酸化シリコン (S i O) 負極の $Q - O C V$ カーブのヒステリシス特性の一例を示す図である。横軸が容量 [m A h]、縦軸が $O C V [V]$ である。図 5 に示す例は、一酸化シリコン (S i O) 負極単体の実験データであり、図 3 (b) に示した例は、実機に換算した場合のデータである。両者の一酸化シリコン (S i O) の重量が異なっているため、容量が異なっている。図 5 に示す例では、満充電容量が約 28 [m A h] になっている。

【 0 0 4 1 】

上向き矢印で示す複数のプロットを持つヒステリシス特性は、充電から放電に切り替わった際のヒステリシス特性を示している。図 5 に示す例では、容量が約 14 [m A h] のときに充電から放電に切り替わった例を示している。充電 $O C V$ から放電 $O C V$ に、拡散的に変化するヒステリシスカーブに沿って接近していく。図 5 に示す例では、約 3 [m A h] の幅で、充電 $O C V$ から放電 $O C V$ に切り替わる。

40

【 0 0 4 2 】

下向き矢印で示す複数のプロットを持つヒステリシス特性は、放電から充電に切り替わった際のヒステリシス特性を示している。図 5 に示す例では、容量が約 6 [m A h] のときに放電から充電に切り替わった例を示している。放電 $O C V$ から充電 $O C V$ に、拡散的に変化するヒステリシスカーブに沿って接近していく。

【 0 0 4 3 】

50

このように、SOCを高精度に推定するには、充電OCVと放電OCVの中間割合を示す X_c を適切に求める必要がある。

【0044】

X_c の線形変化は、下記(式9)から導出することができる。

$$X_c _line(t) = X_c(t-1) + a * dQ \dots (式9)$$

【0045】

放電から充電への切り替わり時の X_c の指数変化は、下記(式10)から導出することができる。

$$X_c _exp_CHG(t) : (X_c(t) - X_c(t-1)) / dQ = P * (1 - X_c(t-1) + X_c(T)) \dots (式10)$$

10

【0046】

充電から放電への切り替わり時の X_c の指数変化は、下記(式11)から導出することができる。

$$X_c _exp_DIS(t) : (X_c(t) - X_c(t-1)) / dQ = P * (X_c(t-1) + 1 - X_c(T)) \dots (式11)$$

【0047】

上記(式9)の a と、上記(式10)、(式11)の P は、係数であり、予め実験やシミュレーションにより導出された値が設定される。 dQ は t 期間の容量変化を示す。マイクロコンピュータ等により周期的(離散的)に演算される場合、 dQ は実質的に電流と等価となる。本実施の形態では、シリコン(Si)へ流れる電流 I_{si} を、 dQ の代替として使用する。

20

【0048】

T は、 X_c が0~1の中間値(0.2, 0.5など)で充放電が切り替わったときの時間を表すパラメータである。 $X_c(T)$ は、充放電が切り替わったときの $X_c(t)$ の値を保持しており、充放電の切り替わり時にのみ値が更新される。

【0049】

図6(a)、(b)は、 $X_c(t)$ の推移を説明するための図である。図6(a)は、充電から放電に切り替わって放電OCVに収束していく軌跡、すなわち(式11)において $X_c(T) = 1$ の時の $X_c(t)$ の推移、および放電から充電に切り替わって充電OCVに収束していく軌跡、すなわち(式10)において $X_c(T) = 0$ の時の $X_c(t)$ の推移を示している。図6(b)は、放電から充電に切り替わり、充電OCVに収束する前に、充電から放電に再度切り替わった場合の軌跡、すなわち(式11)において $0 < X_c(T) < 1$ の時の $X_c(t)$ の推移を示している。

30

【0050】

$X_c(t)$ は、充電時または放電時においてそれぞれ下記(式12)または(式13)から導出することができる。

$$X_c(t) = (X_line(t) + X_exp_CHG(t)) / 2 \dots (式12)$$

$$X_c(t) = (X_line(t) + X_exp_DIS(t)) / 2 \dots (式13)$$

40

【0051】

図2に示した電池セル10全体のOCVは下記(式14)から推定することができる。

$$OCV = CCV - I * R_e - I * R_{op} - V_{pp} - I_{si} * R_{osi} - V_{psi} \dots (式14)$$

【0052】

グラフアイト(C)負極の等価回路とシリコン(Si)負極の等価回路は並列回路であるため、基本的に両者にかかる電圧は同じになる。なお分極によってOCVも徐々に変化するため、グラフアイト(C)負極の分極電圧 V_{pc} とシリコン(Si)負極の分極電圧 V_{psi} の内、大きいほうの電圧を動的に選択して使用する。したがって、上記(式14)の右辺の5項および6項は $-I_c * R_{oc} - V_{pc}$ となる場合もある。

50

【0053】

図2に示した電池セル10のSOCは下記(式15)から推定することができる。

$$SOC = OCV_SOC_CHG_LUT(OCV) * Xc(t) + OCV_SOC_DIS_LUT(OCV) * (1 - Xc(t)) \dots (式15)$$

【0054】

OCV_SOC_CHG_LUTは、図2に示した電池セル10の充電側のSOC-OCVカーブの特性データが記述されたルックアップテーブルを示す。

OCV_SOC_DIS_LUTは、図2に示した電池セル10の放電側のSOC-OCVカーブの特性データが記述されたルックアップテーブルを示す。

【0055】

図7(a)、(b)は、充電側のSOC-OCVカーブと、放電側のSOC-OCVカーブの一例を示す図である。図7(a)は充電側のSOC-OCVカーブの一例を示し、図7(b)は放電側のSOC-OCVカーブの一例を示す。横軸がSOC[%]、縦軸がOCV[V]である。

【0056】

図8は、本実施の形態に係る電池セル10の等価回路モデルの第2の例を示す図である。図2に示した第1の例は、Zwの時定数がCdlによる時定数よりも十分に大きい場合に適した等価回路モデルあり、図8に示す第2の例は、Zwの時定数がCdlに対して十分に大きくない場合に適した等価回路モデルである。

【0057】

正極の等価回路では、OCV_p、Ropを除く、Rctp、Zwp、Cdlpの合成インピーダンス(Zp)が分極に関与する抵抗成分となる。グラファイト(C)負極の等価回路では、OCV_c、Rocを除く、Rctc、Zwc、Cdlcの合成インピーダンス(Zc)が分極に関与する抵抗成分となる。シリコン(Si)負極の等価回路では、OCV_si、Rosiを除く、Rctsi、Zwsi、Cdl_siの合成インピーダンス(Zsi)が分極に関与する抵抗成分となる。グラファイト(C)負極の等価回路とシリコン(Si)負極の等価回路は並列回路を構成しているため、グラファイト(C)負極の等価回路のCCVと、シリコン(Si)負極の等価回路のCCVは基本的に同じになる。

【0058】

図8に示す電池セル10全体のCCVは、下記(式16)で定義することができる。

$$CCV = OCV_p - OCV_si + Isi * Zsi + Isi * Rosi + I * Zp + I * Rop + I * Re \dots (式16)$$

【0059】

OCV_p - OCV_siにより、電池セル10全体のOCVが導出される。Isi * Zsiにより、シリコン(Si)負極の分極電圧Vpsiが導出される。グラファイト(C)負極の等価回路とシリコン(Si)負極の等価回路は並列回路であるため、下記(式17)、(式18)の関係が成り立つ。

$$I = Ic + Isi \dots (式17)$$

$$OCV_c + Ic * Zc + Ic * Roc = OCV_si + Isi * Zsi + Isi * Rosi \dots (式18)$$

【0060】

計算を簡略化するために、Rct, Zw, Cdlの部分(分極電圧Vp)に、前回値を用いる場合、上記(式18)は下記(式19)のように書き換えられる。

$$OCV_c + Vpc + Ic * Roc = OCV_si + Vpsi + Isi * Rosi \dots (式19)$$

【0061】

OCV_cは、グラファイト(C)負極のQ-OCVカーブのルックアップテーブルから導出することができ、OCV_siは、シリコン(Si)負極のQ-OCVカーブのルックアップテーブルから導出することができる。グラファイト(C)負極の容量Q_c及びシリコン(Si)負極の容量Q_siは、上記(式7)、(式8)から導出することが

10

20

30

40

50

できる。グラファイト（C）負極の初期容量とシリコン（Si）負極の初期容量は、 $OCV_c = OCV_s$ の関係になるように設定される。

【0062】

図9は、本発明の実施の形態に係る、電池セル10の充放電を説明するための基本回路図を示す。電池セル10は、電力変換装置20を介して負荷/電源30に接続される。電力変換装置20は例えば、双方向インバータ又は双方向DC/DCコンバータである。負荷/電源30は例えば、交流負荷、直流負荷、交流電源又は直流電源である。

【0063】

例えば電力変換装置20としての双方向インバータは、電池セル10から放電される直流電力を交流電力に変換して、変換した交流電力を交流負荷に供給する。また当該双方向インバータは、交流電源（例えば、商用電力系統、交流発電機）から供給される交流電力を直流電力に変換して、変換した直流電力を電池セル10に蓄える。

10

【0064】

例えば電力変換装置20としての双方向DC/DCコンバータは、電池セル10から放電される直流電力を別の電圧の直流電力に変換して、変換した直流電力を直流負荷（他の蓄電池、キャパシタを含む）に供給する。また当該双方向DC/DCコンバータは、直流電源（例えば、他の蓄電池、キャパシタ、太陽電池、直流発電機）から供給される直流電力を別の電圧の直流電力に変換して、変換した直流電力を電池セル10に蓄える。

【0065】

管理部40は、電池セル10の状態および充放電を管理する装置である。管理部40は電圧計測部41、制御部42及び電流計測部43を含む。電圧計測部41は電池セル10の両端電圧を計測して制御部42に出力する。電流計測部43は、電池セル10の電流経路に挿入されたシャント抵抗 R_{su} の両端電圧をもとに電池セル10に流れる電流を計測して制御部42に出力する。なお、シャント抵抗 R_{su} の代わりにホール素子を用いてもよい。

20

【0066】

制御部42は、電池セル10の充放電を制御する。具体的には制御部42は、電力変換装置20に電流指令値または電圧指令値を設定することにより、電池セル10の定電流充電（CC充電）、定電圧充電（CV充電）、定電流放電（CC放電）又は定電圧放電（CV放電）を実行する。

30

【0067】

電力変換装置20はスイッチング素子を含み、制御部42から設定された電流指令値または電圧指令値に基づき、当該スイッチング素子のデューティ比を制御することにより、充電電流、充電電圧、放電電流又は放電電圧を制御する。

【0068】

図10は、本発明の実施の形態に係る電池システム2を搭載した電動車両1を説明するための図である。電動車両1は、外部に設置された充電器20bから充電が可能なEV/PHVを想定する。

【0069】

電池システム2は、第1リレーRY1及びインバータ20aを介してモータ30aに接続される。インバータ20aは力行時、電池システム2から供給される直流電力を交流電力に変換してモータ30aに供給する。回生時、モータ30aから供給される交流電力を直流電力に変換して電池システム2に供給する。モータ30aは三相交流モータであり、力行時、インバータ20aから供給される交流電力に応じて回転する。回生時、減速による回転エネルギーを交流電力に変換してインバータ20aに供給する。

40

【0070】

第1リレーRY1は、電池モジュール3とインバータ20aを繋ぐ配線間に挿入される。電池システム2の管理部40は走行時、第1リレーRY1をオン状態（閉状態）に制御し、電池システム2と電動車両1の動力系を電氣的に接続する。管理部40は非走行時、原則として第1リレーRY1をオフ状態（開状態）に制御し、電池システム2と電動車両

50

1の動力系を電氣的に遮断する。なおリレーの代わりに、半導体スイッチなどの他の種類のスイッチを用いてもよい。

【0071】

電池システム2は、電動車両1の外に設置された充電器20bと充電ケーブル6で接続することにより商用電力系統30bから充電することができる。充電器20bは、家庭、カーディーラ、サービスエリア、商業施設、公共施設などに設置される。充電器20bは商用電力系統30bに接続され、充電ケーブル6を介して電動車両1内の電池システム2を充電する。車両内において、電池システム2と充電器20bを繋ぐ配線間に第2リレーRY2が挿入される。なおリレーの代わりに、半導体スイッチなどの他の種類のスイッチを用いてもよい。電池システム2の管理部40は充電開始前に、第2リレーRY2をオン状態（閉状態）に制御し、充電終了後にオフ状態（開状態）に制御する。

10

【0072】

一般的に、普通充電の場合は交流で、急速充電の場合は直流で充電される。交流で充電される場合、第2リレーRY2と電池システム2との間に挿入されるAC/DCコンバータ（不図示）により、交流電力が直流電力に変換される。

【0073】

電池モジュール3は複数の電池セル10を含む。以下、電池セル10としてリチウムイオン電池セル（公称電圧：3.6 - 3.7V）を使用する例を想定する。電池セル10の直列数は、モータ30aの駆動電圧に応じて決定される。

【0074】

複数の電池セル10と直列にシャント抵抗 R_{su} が接続される。シャント抵抗 R_{su} は電流検出素子として機能する。なおシャント抵抗 R_{su} の代わりにホール素子を用いてもよい。また複数の電池セル10の温度を検出するための温度センサT1が設置される。温度センサT1には例えば、サーミスタを使用することができる。

20

【0075】

管理部40は、電圧計測部41、制御部42、温度計測部44及び電流計測部43を備える。電圧計測部41と、直列接続された複数の電池セル10の各ノードとの間が複数の電圧線で接続される。電圧計測部41は、隣接する2本の電圧線間の電圧をそれぞれ計測することにより、各電池セル10の電圧を計測する。電圧計測部41は、計測した各電池セル10の電圧を制御部42に送信する。

30

【0076】

電圧計測部41は制御部42に対して高圧であるため、電圧計測部41と制御部42間は絶縁された状態で、通信線で接続される。電圧計測部41は、汎用のアナログフロントエンドICまたはASIC（Application Specific Integrated Circuit）で構成することができる。電圧計測部41はマルチプレクサ及びA/D変換器を含む。マルチプレクサは、隣接する2本の電圧線間の電圧を上から順番にA/D変換器に出力する。A/D変換器は、マルチプレクサから入力されるアナログ電圧をデジタル値に変換する。

【0077】

温度計測部44は分圧抵抗およびA/D変換器を含む。A/D変換器は、温度センサT1と分圧抵抗により分圧された電圧をデジタル値に変換して制御部42に出力する。制御部42は当該デジタル値をもとに複数の電池セル10の温度を推定する。

40

【0078】

電流計測部43は差動アンプ及びA/D変換器を含む。差動アンプはシャント抵抗 R_{su} の両端電圧を増幅してA/D変換器に出力する。A/D変換器は、差動アンプから入力される電圧をデジタル値に変換して制御部42に出力する。制御部42は当該デジタル値をもとに複数の電池セル10に流れる電流を推定する。

【0079】

なお制御部42内にA/D変換器が搭載されており、制御部42にアナログ入力ポートが設置されている場合、温度計測部44及び電流計測部43はアナログ電圧を制御部42に出力し、制御部42内のA/D変換器でデジタル値に変換してもよい。

50

【 0 0 8 0 】

制御部 4 2 は、電圧計測部 4 1、温度計測部 4 4 及び電流計測部 4 3 により計測された複数の電池セル 1 0 の電圧、温度、及び電流をもとに電池モジュール 3 を管理する。制御部 4 2 はマイクロコンピュータ及び不揮発メモリ（例えば、EEPROM、フラッシュメモリ）により構成することができる。不揮発メモリ内に、Q - O C V テーブル 4 2 a 及び S O C - O C V テーブル 4 2 b が保持される。

【 0 0 8 1 】

Q - O C V テーブル 4 2 a は、正極と負極に使用される材料ごとに設けられる。本実施の形態では、正極の Q - O C V テーブル、グラファイト (C) 負極の Q - O C V テーブル、シリコン (S i) 負極の充電側の Q - O C V テーブル、シリコン (S i) 負極の放電側の Q - O C V テーブルが設けられる。また本実施の形態では、S O C - O C V テーブル 4 2 b は、電池セル 1 0 の充電側の S O C - O C V テーブルと放電側の S O C - O C V テーブルが別々に設けられる。

10

【 0 0 8 2 】

制御部 4 2 は、電圧計測部 4 1 により計測された電圧と、電流計測部 4 3 により計測された電流と、電池セル 1 0 の等価回路モデルをもとに電池セル 1 0 の S O C を推定する。電池セル 1 0 の等価回路モデルとして、図 2、図 8 に示した等価回路モデルを使用することができる。最終的に上記 (式 1 5) により S O C を推定することができる。等価回路モデルで使用される R、C、Z w の各パラメータは、実験やシミュレーションにより予め導出される。その際、各パラメータの温度依存性も導出される。制御部 4 2 は、温度計測部 4 4 により計測された温度をもとに、各パラメータの値を調整する。

20

【 0 0 8 3 】

以上説明したように本実施の形態によれば、グラファイト (C) とシリコン (S i) の混合負極を使用したリチウムイオン電池セルを、グラファイト (C) 負極の等価回路と、シリコン (S i) 負極の等価回路の並列回路を含む等価回路モデルで表現することにより、シリコン (S i) への電流入出力を推定することができる。

【 0 0 8 4 】

充電側の S O C - O C V カーブと放電側の S O C - O C V カーブの過渡特性は、充放電切り替わり時にヒステリシスを持つシリコン (S i) への電流入出力に依存する。したがって、充電側の S O C - O C V カーブと放電側の S O C - O C V カーブの過渡特性を、シリコン (S i) への電流履歴から推定することにより、S O C を高精度に推定することができる。

30

【 0 0 8 5 】

上記特許文献 1 に開示された手法では C C V 特性を使用しているが、本実施の形態では O C V カーブを使用している。これにより、特定の充放電パターンに依存せずに、S O C の推定精度を向上させることができる。また、上記特許文献 1 に開示された手法では過渡特性を S O C の相関関数として規定しているが、本実施の形態では並列回路モデルで規定している。これにより、電流の相関も表現でき、S O C の推定精度を向上させることができる。

【 0 0 8 6 】

上記特許文献 2 に開示された手法では、充電 O C V カーブと放電 O C V カーブのいずれか一方を直前の充放電状態によって選択している。これに対して本実施の形態では、充電 O C V カーブと放電 O C V カーブを加重平均するため、中間値も網羅でき、S O C の推定精度を向上させることができる。

40

【 0 0 8 7 】

上記特許文献 3 に開示された手法では、複数の O C V カーブから電流履歴を用いて 1 つの O C V カーブを選択している。これに対して本実施の形態では、計測された観測電流の履歴ではなく、シリコン (S i) への電流履歴を推定している。この推定は、過渡応答の原理に基づく原理であり、S O C の推定精度を向上させることができる。

【 0 0 8 8 】

50

上記特許文献 1 - 3 に開示されたいずれの手法も、電池セルの観測電流を用いて、OCVカーブを選択したり、過渡特性を表現したりしている。これらの手法では、グラファイト(C)とシリコン(Si)の混合負極を使用したりリチウムイオン電池セルの場合、シリコン(Si)への電流入出力を正しく推定することができず、SOCの推定精度が低下する場合があった。これに対して本実施の形態では、複数材料が混合された電極(負極)を、各材料(グラファイト(C)、シリコン(Si))の等価回路の並列回路で定義しているので、シリコン(Si)への電流入出力を正しく推定することができ、SOCの推定精度を向上させることができる。

【0089】

以上、本発明を実施の形態をもとに説明した。実施の形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組み合わせにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

【0090】

上述の実施の形態では等価回路モデルに電池セルの電極体構造に因っては必要なインダクタンス成分を示していないが、インダクタンス成分を示す必要がある場合、例えばインダクタンスLと抵抗Rとの並列回路を正極または負極に直列に接続する構成にすればよい。

【0091】

上述の実施の形態では、混合電極を、材料ごとの等価回路の並列回路で表現した。したがって、シリコン(Si)に限らず、充電側のQ-OCVカーブと放電側のQ-OCVカーブが異なり、充放電の切り替わり時にヒステリシスを持つ材料であれば、どのような材料にも適用可能である。

【0092】

上述の実施の形態では、グラファイト(C)とシリコン(Si)の混合負極を使用したりリチウムイオン電池セルを例に説明した。混合される負極材料は、グラファイト(C)とシリコン(Si)に限るものではない。例えば、硫黄(S)、ビスマス(Bi)、チタン酸リチウム(Li₂TiO₃)、などを使用することができる。また混合する材料は2に限るものではなく、3以上であってもよい。その場合であっても、充電側のQ-OCVカーブと放電側のQ-OCVカーブが異なり、充放電の切り替わり時にヒステリシスを持つ材料が少なくとも1つ含まれている必要がある。

【0093】

また混合電極は負極に限るものではない。正極も2以上の材料が混合された混合正極であってもよい。例えば正極材料として、コバルト酸リチウム(LiCoO₂)、ニッケル酸リチウム(LiNiO₂)、マンガン酸リチウム(LiMn₂O₄)、リン酸鉄リチウム(LiFePO₄)、三元系(Li(Ni-Mn-Co)O₂)のコバルト酸リチウムの一部をNi, Mnで置き換えた材料、などを使用することができる。

【0094】

上述の実施の形態では車載用途の電池システム2に本発明を適用する例を説明したが、定置型蓄電用途の電池システムにおいても本発明を適用することができる。またノート型PCやスマートフォンなどの電子機器用途の電池システムにおいても本発明を適用することができる。

【0095】

なお、実施の形態は、以下の項目によって特定されてもよい。

【0096】

[項目1]

電池セル(10)の電圧を計測する電圧計測部(41)と、
前記電池セル(10)に流れる電流を計測する電流計測部(43)と、
前記電圧計測部(41)により計測された電圧と、前記電流計測部(43)により計測された電流と、前記電池セル(10)の電気化学に基づく等価回路モデルをもとに前記電池セル(10)のOCV(Open Circuit Voltage)を推定し、推定したOCVと、前記電池セル(10)の充電側SOC(State Of Charge)-OCV特性および放電側SOC-

10

20

30

40

50

OCV特性をもとに前記電池セル(10)のSOCを推定する制御部(42)と、を備え、前記電池セル(10)の正極および負極の少なくとも一方は、複数の材料を含む混合電極であり、

前記制御部(42)は、前記混合電極に含まれる複数の材料のうち、充電側と放電側の容量-OCV特性が異なる材料に流れる電流を推定し、当該電流をもとに前記充電側SOC-OCV特性と前記放電側SOC-OCV特性との割合を決定することを特徴とする電池状態推定装置(40)。

これによれば、混合電極が使用された電池セル(10)のSOCの推定精度を向上させることができる。

[項目2]

前記制御部(42)は、前記推定したOCVと前記充電側SOC-OCV特性から得られるSOCと、前記推定したOCVと前記放電側SOC-OCV特性から得られるSOCを、前記割合をもとに加重平均して、前記電池セル(10)のSOCを推定することを特徴とする項目1に記載の電池状態推定装置(40)。

これによれば、混合電極が使用された電池セル(10)のSOCの推定精度を向上させることができる。

[項目3]

前記負極は、複数の材料を含む混合負極であり、

前記等価回路モデルの負極は、前記複数の材料ごとに形成された等価回路の並列回路で表現され、

各等価回路は、OCVと拡散抵抗成分を含み、

前記制御部(42)は、前記並列回路を利用して、前記充電側と放電側の容量-OCV特性が異なる材料に流れる電流を推定することを特徴とする項目1または2に記載の電池状態推定装置(40)。

これによれば、充電側と放電側の容量-OCV特性が異なる材料に流れる電流を高精度に推定することができ、SOCの推定精度を向上させることができる。

[項目4]

前記負極は、グラファイトとシリコンを含む混合負極であり、

前記等価回路モデルの負極は、前記グラファイトの等価回路と前記シリコンの等価回路の並列回路で表現され、

前記グラファイトの等価回路と前記シリコンの等価回路はそれぞれ、OCVと拡散抵抗成分を含み、

前記制御部(42)は、前記並列回路を利用して、前記シリコンに流れる電流を推定することを特徴とする項目1または2に記載の電池状態推定装置(40)。

これによれば、シリコンに流れる電流を高精度に推定することができ、SOCの推定精度を向上させることができる。

[項目5]

電池セル(10)の電圧を計測するステップと、

前記電池セル(10)に流れる電流を計測するステップと、

計測された電圧と、計測された電流と、前記電池セル(10)の電気化学に基づく等価回路モデルをもとに前記電池セル(10)のOCV(Open Circuit Voltage)を推定し、推定したOCVと、前記電池セル(10)の充電側SOC(State Of Charge)-OCV特性および放電側SOC-OCV特性をもとに前記電池セル(10)のSOCを推定するステップと、を有し、

前記電池セル(10)の正極および負極の少なくとも一方は、複数の材料を含む混合電極であり、

前記SOCを推定するステップは、前記混合電極に含まれる複数の材料のうち、充電側と放電側の容量-OCV特性が異なる材料に流れる電流を推定し、当該電流をもとに前記充電側SOC-OCV特性と前記放電側SOC-OCV特性との割合を決定することを特徴とする電池状態推定方法。

10

20

30

40

50

これによれば、混合電極が使用された電池セル（１０）のＳＯＣの推定精度を向上させることができる。

[項目 6]

電池セル（１０）と、

前記電池セル（１０）の電圧を計測する電圧計測部（４１）と、

前記電池セル（１０）に流れる電流を計測する電流計測部（４３）と、

前記電圧計測部（４１）により計測された電圧と、前記電流計測部（４３）により計測された電流と、前記電池セル（１０）の電気化学に基づく等価回路モデルをもとに前記電池セル（１０）のＯＣＶ（Open Circuit Voltage）を推定し、推定したＯＣＶと、前記電池セル（１０）の充電側ＳＯＣ(State Of Charge) - ＯＣＶ特性および放電側ＳＯＣ - 10
 ＯＣＶ特性をもとに前記電池セル（１０）のＳＯＣを推定する制御部（４２）と、を備え、
 前記電池セル（１０）の正極および負極の少なくとも一方は、複数の材料を含む混合電極であり、

前記制御部（４２）は、前記混合電極に含まれる複数の材料のうち、充電側と放電側の容量 - ＯＣＶ特性が異なる材料に流れる電流を推定し、当該電流をもとに前記充電側ＳＯＣ - ＯＣＶ特性と前記放電側ＳＯＣ - ＯＣＶ特性との割合を決定することを特徴とする電池システム（２）。

これによれば、混合電極が使用された電池セル（１０）のＳＯＣの推定精度が向上した電池システム（２）を実現することができる。

【符号の説明】

【 0097 】

10 電池セル、 20 電力変換装置、 30 負荷/電源、 1 電動車両、 2 電池システム、 3 電池モジュール、 6 充電ケーブル、 40 管理部、 41 電圧計測部、 42 制御部、 42 a Q - ＯＣＶテーブル、 42 b ＳＯＣ - ＯＣＶテーブル、 43 電流計測部、 44 温度計測部、 20 a インバータ、 30 a モータ、 20 b 充電器、 30 b 商用電力系統、 R Y 1 第 1 リレー、 R Y 2 第 2 リレー、 R s u シャント抵抗。

10

20

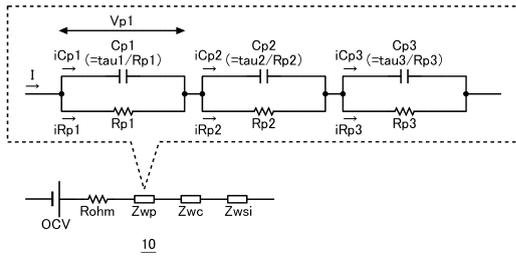
30

40

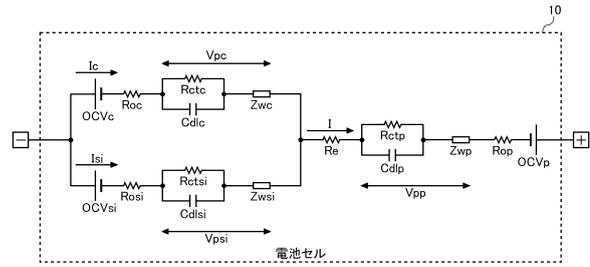
50

【図面】

【図 1】

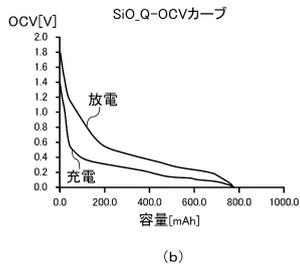
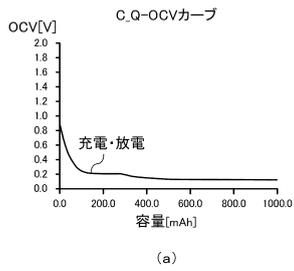


【図 2】

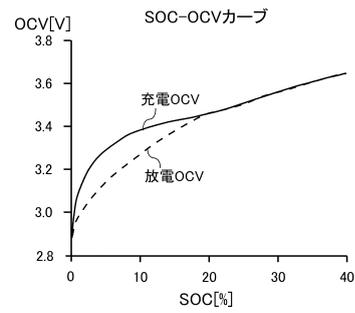


10

【図 3】

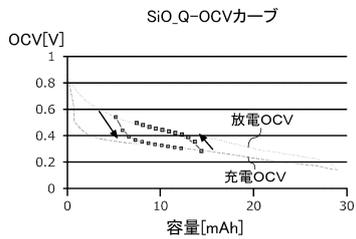


【図 4】

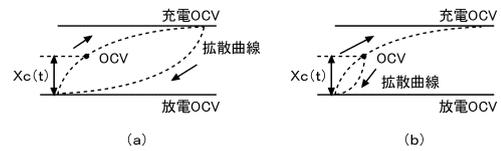


20

【図 5】



【図 6】

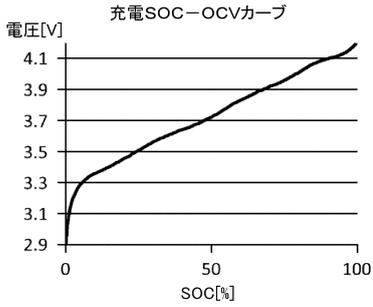


30

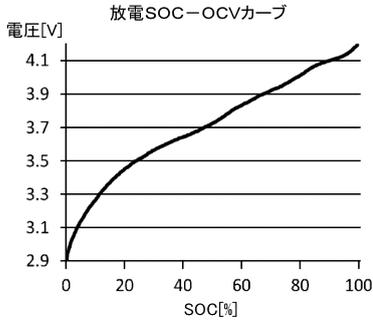
40

50

【図7】

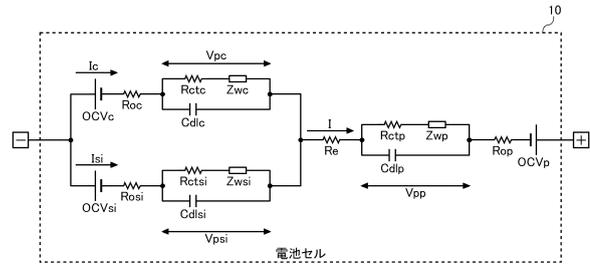


(a)



(b)

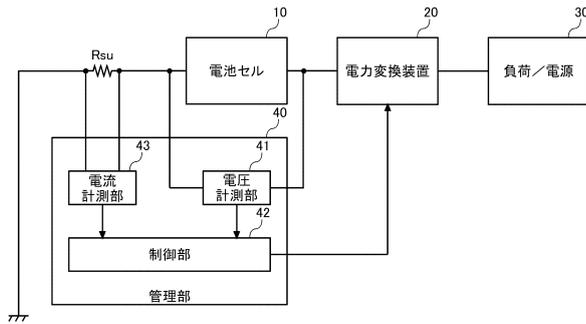
【図8】



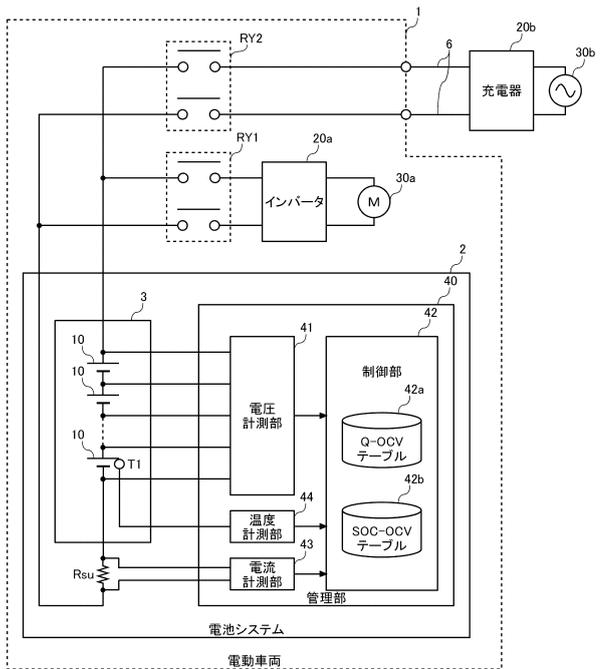
10

20

【図9】



【図10】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 M	4/36 (2006.01)	H 0 1 M	4/36	E
H 0 2 J	7/00 (2006.01)	H 0 2 J	7/00	X

(56)参考文献

特開 2 0 1 8 - 3 1 7 9 5 (J P , A)

特表 2 0 1 5 - 5 2 7 5 6 6 (J P , A)

特表 2 0 1 7 - 5 0 1 3 7 4 (J P , A)

特開 2 0 1 7 - 6 2 1 9 1 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 3 0 0 3 7 7 (U S , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 2 5 9 6 8 8 (U S , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

G 0 1 R 3 1 / 3 6

H 0 1 M 1 0 / 4 8

H 0 1 M 4 / 3 6

H 0 2 J 7 / 0 0