

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-257984

(P2010-257984A)

(43) 公開日 平成22年11月11日(2010.11.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01M 10/48 (2006.01)	H01M 10/48 P	2G016
G01R 31/36 (2006.01)	G01R 31/36 A	5G503
H01M 4/58 (2010.01)	H01M 4/58 I01	5H029
H01M 10/0525 (2010.01)	H01M 10/00 I03	5H030
H02J 7/00 (2006.01)	H02J 7/00 Y	5H050

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願2010-127851 (P2010-127851)	(71) 出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成22年6月3日 (2010.6.3)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(62) 分割の表示	特願2008-95413 (P2008-95413) の分割	(74) 代理人	110000291 特許業務法人コスモス特許事務所
原出願日	平成20年4月1日 (2008.4.1)	(72) 発明者	辻子 曜 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	原 富太郎 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	荒井 卓一 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

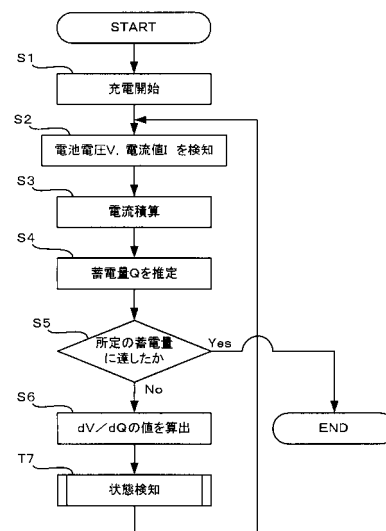
(54) 【発明の名称】 二次電池システム

(57) 【要約】

【課題】 二次電池システムの状態（二次電池の状態や、二次電池システムの異常など）を、精度良く検知することができる二次電池システムを提供する。

【解決手段】 二次電池システム26は、二次電池100の蓄電量Qが変化したときの、蓄電量Qの変化量dQに対する二次電池100の電池電圧Vの変化量dVの割合であるdV/dQの値を算出するdV/dQ算出手段を備える。二次電池システム6は、蓄電量Qの値とdV/dQの値との関係を表すQ-dV/dQ曲線上に現れる特徴点、または、電池電圧Vの値とdV/dQの値との関係を表すV-dV/dQ曲線上に現れる特徴点を利用して、二次電池システム26の状態を検知する。

【選択図】 図17



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

二次電池を備える二次電池システムであって、

上記二次電池は、第 1 電極板と第 2 電極板とセパレータとを有する電極体を備え、

上記第 1 電極板は、充放電により相変化を伴う第 1 活物質を含み、

上記第 2 電極板は、2 相共存型の充放電を行う第 2 活物質を含み、

上記二次電池システムは、

上記二次電池の充放電時に、上記二次電池の蓄電量 Q が変化したときの、上記蓄電量 Q の変化量 dQ に対する上記二次電池の電池電圧 V の変化量 dV の割合である dV/dQ の値を算出する dV/dQ 算出手段を備え、

上記蓄電量 Q の値と上記 dV/dQ の値との関係を表す $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点、または、上記電池電圧 V の値と上記 dV/dQ の値との関係を表す $V-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点を利用して、上記二次電池システムの状態を検知する

二次電池システムであって、

上記二次電池の劣化を検知する劣化検知手段と、

上記 dV/dQ の値に基づいて、上記二次電池が上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうか、及び、上記二次電池が上記 $V-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうか、の少なくともいずれかについて判断する判断手段と、を備え、

上記劣化検知手段は、

上記判断手段により判断された上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上に存在する複数の特徴点から選択した特定の 2 つの特徴点における上記蓄電量 Q の差分値が、予め設定した基準差分値よりも小さい場合に、または、上記判断手段により判断された上記 $V-dV/dQ$ 曲線上に存在する複数の特徴点から選択した特定の 2 つの特徴点における上記電池電圧 V の差分値が、予め設定した基準差分値よりも大きい場合に、上記二次電池が劣化していると判断する

二次電池システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の二次電池システムであって、

前記二次電池システムは、

前記 dV/dQ の値に基づいて、前記二次電池が前記 $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうかを判断する判断手段、を備え、

前記劣化検知手段は、

前記二次電池の電池容量の低下を検知する容量低下検知手段を含み、

上記容量低下検知手段は、

予め上記二次電池システムに記憶させておいた、上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上の前記 2 つの特徴点における前記蓄電量 Q の差分値である前記基準差分値であって、初期状態の上記二次電池にかかる上記基準差分値と、上記判断手段により判断された上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上の上記 2 つの特徴点における前記蓄電量 Q の差分値である実測差分値とを対比して、上記実測差分値が上記基準差分値よりも小さい場合に、上記二次電池の電池容量が低下していると判断する

二次電池システム。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の二次電池システムであって、

前記二次電池システムは、

前記 dV/dQ の値に基づいて、前記二次電池が前記 $V-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうかを判断する判断手段、を備え、

前記劣化検知手段は、

上記二次電池の内部抵抗の上昇を検知する抵抗上昇検知手段を含み、

上記抵抗上昇検知手段は、

10

20

30

40

50

予め上記二次電池システムに記憶させておいた、上記 $V - dV/dQ$ 曲線上の前記 2 つの特徴点における前記電池電圧 V の差分値である基準差分値であって、初期状態の上記二次電池にかかる上記基準差分値と、上記判断手段により判断された上記 $V - dV/dQ$ 曲線上の上記 2 つの特徴点における上記電池電圧 V の差分値である実測差分値とを対比して、上記実測差分値が上記基準差分値よりも大きい場合に、上記二次電池の内部抵抗が上昇していると判断する

二次電池システム。

【請求項 4】

請求項 1～請求項 3 のいずれか一項に記載の二次電池システムであって、

上記二次電池システムの異常を検知する異常検知手段と、

10

前記 dV/dQ の値に基づいて、上記二次電池が前記 $Q - dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうか、及び、上記二次電池が前記 $V - dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうか、の少なくともいずれかについて判断する判断手段と、を備え、

上記異常検知手段は、

上記判断手段により判断された上記 $Q - dV/dQ$ 曲線上に存在する複数の特徴点から選択した特定の 2 つの特徴点における前記蓄電量 Q の差分値が、予め設定した基準差分値よりも小さく且つ所定の閾値よりも小さい場合に、または、上記判断手段により判断された上記 $V - dV/dQ$ 曲線上に存在する複数の特徴点から選択した特定の 2 つの特徴点における前記電池電圧 V の差分値が、予め設定した基準差分値よりも大きく且つ所定の閾値よりも大きい場合に、上記二次電池システムが異常であると判断する

20

二次電池システム。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の二次電池システムであって、

前記二次電池システムは、

前記 dV/dQ の値に基づいて、前記二次電池が前記 $Q - dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうかを判断する判断手段、を備え、

前記異常検知手段は、

前記二次電池の微短絡を検知する微短絡検知手段を含み、

上記微短絡検知手段は、

30

予め上記二次電池システムに記憶させておいた、上記 $Q - dV/dQ$ 曲線上の前記 2 つの特徴点における前記蓄電量 Q の差分値である前記基準差分値であって、初期状態の上記二次電池にかかる上記基準差分値と、上記判断手段により判断された上記 $Q - dV/dQ$ 曲線上の上記 2 つの特徴点における前記蓄電量 Q の差分値である実測差分値とを対比して、上記実測差分値が、上記基準差分値よりも小さく且つ所定の閾値よりも小さい場合に、上記二次電池に微短絡が生じていると判断する

二次電池システム。

【請求項 6】

請求項 4 または請求項 5 に記載の二次電池システムであって、

前記二次電池システムは、

40

前記 dV/dQ の値に基づいて、前記二次電池が前記 $V - dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうかを判断する判断手段、を備え、

前記異常検知手段は、

前記二次電池の接続不良を検知する接続不良検知手段を含み、

上記接続不良検知手段は、

予め上記二次電池システムに記憶させておいた、上記 $V - dV/dQ$ 曲線上の前記 2 つの特徴点における前記電池電圧 V の差分値である基準差分値であって、初期状態の上記二次電池にかかる上記基準差分値と、上記判断手段により判断された上記 $V - dV/dQ$ 曲線上の上記 2 つの特徴点における上記電池電圧 V の差分値である実測差分値とを対比して、上記実測差分値が、上記基準差分値よりも大きく且つ所定の閾値よりも大きい場合に

50

、上記二次電池の接続不良が生じていると判断する
二次電池システム。

【請求項 7】

二次電池を備える二次電池システムであって、

上記二次電池は、第 1 電極板と第 2 電極板とセパレータとを有する電極体を備え、

上記第 1 電極板は、充放電により相変化を伴う第 1 活物質を含み、

上記第 2 電極板は、2 相共存型の充放電を行う第 2 活物質を含み、

上記二次電池システムは、

上記二次電池の充放電時に、上記二次電池の蓄電量 Q が変化したときの、上記蓄電量 Q の変化量 dQ に対する上記二次電池の電池電圧 V の変化量 dV の割合である dV/dQ の値を算出する dV/dQ 算出手段を備え、

上記蓄電量 Q の値と上記 dV/dQ の値との関係を表す $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点、または、上記電池電圧 V の値と上記 dV/dQ の値との関係を表す $V-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点を利用して、上記二次電池システムの状態を検知する

二次電池システムであって、

上記二次電池システムの異常を検知する異常検知手段と、

上記 dV/dQ の値に基づいて、上記二次電池が上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうか、及び、上記二次電池が上記 $V-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうか、の少なくともいずれかについて判断する判断手段と、を備え、

上記異常検知手段は、

上記判断手段により判断された上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上に存在する複数の特徴点から選択した特定の 2 つの特徴点における上記蓄電量 Q の差分値が、予め設定した基準差分値よりも小さく且つ所定の閾値よりも小さい場合に、または、上記判断手段により判断された上記 $V-dV/dQ$ 曲線上に存在する複数の特徴点から選択した特定の 2 つの特徴点における上記電池電圧 V の差分値が、予め設定した基準差分値よりも大きく且つ所定の閾値よりも大きい場合に、上記二次電池システムが異常であると判断する

二次電池システム。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の二次電池システムであって、

前記二次電池システムは、

前記 dV/dQ の値に基づいて、前記二次電池が前記 $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうかを判断する判断手段、を備え、

前記異常検知手段は、

前記二次電池の微短絡を検知する微短絡検知手段を含み、

上記微短絡検知手段は、

予め上記二次電池システムに記憶させておいた、上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上の前記 2 つの特徴点における前記蓄電量 Q の差分値である前記基準差分値であって、初期状態の上記二次電池にかかる上記基準差分値と、上記判断手段により判断された上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上の上記 2 つの特徴点における前記蓄電量 Q の差分値である実測差分値とを対比して、上記実測差分値が、上記基準差分値よりも小さく且つ所定の閾値よりも小さい場合に、上記二次電池に微短絡が生じていると判断する

二次電池システム。

【請求項 9】

請求項 7 または請求項 8 に記載の二次電池システムであって、

前記二次電池システムは、

前記 dV/dQ の値に基づいて、前記二次電池が前記 $V-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうかを判断する判断手段、を備え、

前記異常検知手段は、

前記二次電池の接続不良を検知する接続不良検知手段を含み、

上記接続不良検知手段は、

予め上記二次電池システムに記憶させておいた、上記 $V-dV/dQ$ 曲線上の前記 2 つの特徴点における前記電池電圧 V の差分値である基準差分値であって、初期状態の上記二次電池にかかる上記基準差分値と、上記判断手段により判断された上記 $V-dV/dQ$ 曲線上の上記 2 つの特徴点における上記電池電圧 V の差分値である実測差分値とを対比して、上記実測差分値が、上記基準差分値よりも大きく且つ所定の閾値よりも大きい場合に、上記二次電池の接続不良が生じていると判断する

二次電池システム。

【請求項 10】

請求項 1～請求項 9 のいずれか一項に記載の二次電池システムであって、

前記第 2 活物質は、 $LiFe_{(1-x)}M_xPO_4$ (M は、 Mn , Cr , Co , Cu , Ni , V , Mo , Ti , Zn , Al , Ga , Mg , B , Nb のうち少なくともいずれかであり、 $0 \leq x \leq 0.5$) であり、

前記第 1 活物質は、炭素系材料である

二次電池システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、二次電池システムに関する。

【背景技術】

【0002】

二次電池の状態を検知する二次電池システムとして、様々なものが提案されている。例えば、特許文献 1～4 では、二次電池の電池電圧に基づいて、二次電池の充電状態（蓄電量または SOC）を検知する。このうち、特許文献 4 では、さらに、電池電圧に基づいて算出した SOC（State Of Charge）と、温度検出手段により検出された電池温度とに基づいて、二次電池の劣化状態も検知する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007-292778 号公報

【特許文献 2】特開平 11-346444 号公報

【特許文献 3】特開平 7-294611 号公報

【特許文献 4】特開 2001-33532 号公報

【特許文献 5】特開 2003-36889 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1～4 で提案されている手法では、蓄電量の変化に伴う電池電圧の変化量が小さい場合には、適切に、二次電池の充電状態（蓄電量または SOC）を検知することができない虞がある。さらに、このような場合、特許文献 4 で提案されている手法では、二次電池の劣化状態も、適切に検知することができない虞がある。

また、近年、出力密度の変化が小さく、安定した出力特性を得ることができるリチウムイオン二次電池が提案されている（例えば、特許文献 5 参照）。特許文献 5 で開示されている二次電池は、理論電気容量全体の 50% 以上の容量範囲（具体的には、SOC 25%～80% に相当する容量範囲）にわたって、蓄電量の変化に伴う電池電圧の変化量が極めて小さい。このような二次電池については、特に、二次電池の状態（充電状態や劣化状態）を検知することができない虞があった。

【0005】

本発明は、かかる現状に鑑みてなされたものであって、二次電池システムの状態（二次電池の状態や、二次電池システムの異常など）を、精度良く検知することができる二次電

池システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

その解決手段は、二次電池を備える二次電池システムであって、上記二次電池は、第1電極板と第2電極板とセパレータとを有する電極体を備え、上記第1電極板は、充放電により相変化を伴う第1活物質を含み、上記第2電極板は、2相共存型の充放電を行う第2活物質を含み、上記二次電池システムは、上記二次電池の充放電時に、上記二次電池の蓄電量 Q が変化したときの、上記蓄電量 Q の変化量 dQ に対する上記二次電池の電池電圧 V の変化量 dV の割合である dV/dQ の値を算出する dV/dQ 算出手段を備え、上記蓄電量 Q の値と上記 dV/dQ の値との関係を表す $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点、または、上記電池電圧 V の値と上記 dV/dQ の値との関係を表す $V-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点を利用して、上記二次電池システムの状態を検知する二次電池システムであって、上記二次電池の劣化を検知する劣化検知手段と、上記 dV/dQ の値に基づいて、上記二次電池が上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうか、及び、上記二次電池が上記 $V-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうか、の少なくともいずれかについて判断する判断手段と、を備え、上記劣化検知手段は、上記判断手段により判断された上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上に存在する複数の特徴点から選択した特定の2つの特徴点における上記蓄電量 Q の差分値が、予め設定した基準差分値よりも小さい場合に、または、上記判断手段により判断された上記 $V-dV/dQ$ 曲線上に存在する複数の特徴点から選択した特定の2つの特徴点における上記電池電圧 V の差分値が、予め設定した基準差分値よりも大きい場合に、上記二次電池が劣化していると判断する二次電池システムである。

【0007】

充放電により相変化を伴う活物質を有する二次電池では、 $Q-dV/dQ$ 曲線及び $V-dV/dQ$ 曲線上に、明確な特徴点（極大点、極小点など）が現れる。なお、「充放電により相変化を伴う活物質」とは、充放電の途中で結晶構造が変化する活物質をいい、炭素系材料を例示できる。炭素系材料としては、炭素系材料天然黒鉛系材料、人造黒鉛系材料（メソカーボンマイクロビーズなど）、難黒鉛化炭素系材料などを例示できる。

本発明のシステムの二次電池は、第1電極板が、充放電により相変化を伴う第1活物質を含み、第2電極板が、2相共存型の充放電を行う第2活物質を含んでいる。このような二次電池では、 $Q-dV/dQ$ 曲線及び $V-dV/dQ$ 曲線上に、明確な特徴点（極大点、極小点など）が現れる。このため、本発明の二次電池システムでは、この明確な特徴点を利用して、精度良く、二次電池の状態を検知することができる。

なお、「2相共存型の充放電を行う第2活物質」とは、結晶構造が異なる2つの結晶が共存した状態で充放電の反応が行われる活物質をいい、例えば、 $LiFe_{(1-x)}M_xPO_4$ （ M は、 Mn 、 Cr 、 Co 、 Cu 、 Ni 、 V 、 Mo 、 Ti 、 Zn 、 Al 、 Ga 、 Mg 、 B 、 Nb のうち少なくともいずれかであり、 $0 \leq x \leq 0.5$ ）や、 $LiMn_{(1-x)}M_xPO_4$ （ M は、 Cr 、 Co 、 Cu 、 Ni 、 V 、 Mo 、 Ti 、 Zn 、 Al 、 Ga 、 Mg 、 B 、 Nb のうち少なくともいずれかであり、 $0 \leq x \leq 0.5$ ）で表されるオリビン系化合物を挙げることができる。

本発明の二次電池システムでは、 dV/dQ の値を利用して、二次電池システムの状態を検知する。詳細には、 $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点、または、 $V-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点を利用して、二次電池システムの状態を検知する。これにより、二次電池システムの状態を、精度良く検知することができる。なお、検知可能な二次電池システムの状態としては、二次電池の充電状態（蓄電量やSOC）や劣化状態を例示できる。このうち、二次電池の劣化状態としては、例えば、電池容量（満充電容量）の低下や、内部抵抗の上昇などが挙げられる。

【0008】

具体的には、蓄電量 Q の変化に伴う電池電圧 V の変化量が小さい範囲でも、蓄電量 Q の変化に伴う dV/dQ の値の変化量は大きくなる傾向にある。従って、 dV/dQ の値に

基づいて（詳細には、 $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点、または、 $V-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点を利用して）、二次電池システムの状態検知を行うことで、精度良く、二次電池システムの状態を検知することができる。例えば、 dV/dQ の値に基づいて（詳細には、 $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点、または、 $V-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点を利用して）、二次電池の状態検知を行うことで、精度良く、二次電池の状態（充電状態や劣化状態）を検知することができる。

特に、本発明の二次電池システムは、二次電池の劣化を検知する劣化検知手段と、 dV/dQ の値に基づいて、二次電池が前記 $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうか、及び、二次電池が前記 $V-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうか、の少なくともいずれかについて判断する判断手段と、を備える。さらに、劣化検知手段は、判断手段により判断された $Q-dV/dQ$ 曲線上の2つの特徴点における蓄電量 Q の差分値が、予め設定した基準差分値よりも小さい場合に、または、判断手段により判断された $V-dV/dQ$ 曲線上の2つの特徴点における電池電圧 V の差分値が、予め設定した基準差分値よりも大きい場合に、二次電池が劣化していると判断する。このように、本発明の二次電池システムでは、 dV/dQ の値を利用して、二次電池の劣化を検知する。なお、二次電池の劣化としては、例えば、電池容量（満充電容量）の低下や、内部抵抗の上昇などが挙げられる。

具体的には、本発明者は、二次電池の電池容量（満充電容量）が低下するにしたがって、前述の $Q-dV/dQ$ 曲線において、各特徴点（極大点、極小点など）に対応する蓄電量 Q の差分値 ΔQ が小さくなってゆく特性を見いだした。この特性を利用して、例えば、差分値 ΔQ に基づいて、電池容量（満充電容量）の低下を検知することができる。

また、本発明者は、二次電池の内部抵抗が上昇するにしたがって、前述の $V-dV/dQ$ 曲線において、各特徴点（極大点、極小点など）に対応する電池電圧 V の差分値 ΔV が大きくなってゆく特性を見いだした。この特性を利用して、例えば、差分値 ΔV に基づいて、二次電池の内部抵抗の上昇を検知することができる。

【0009】

さらに、上記の二次電池システムであって、前記二次電池は、当該二次電池にかかる前記蓄電量 Q の値と前記 dV/dQ の値との関係を表す $Q-dV/dQ$ 曲線上に、特徴点を有する二次電池システムとするのが好ましい。

【0010】

$Q-dV/dQ$ 曲線上の特徴点とは、極大点、極小点、変曲点である。 $Q-dV/dQ$ 曲線上の特徴点は、極めて検出し易いので、この特徴点を利用することで、より精度良く、二次電池システムの状態を検知することができる。

【0011】

例えば、二次電池の蓄電量を推定する二次電池システムにおいて、何かの原因で、実際の蓄電量と推定蓄電量との間でズレが生じることがある。そこで、予め、 $Q-dV/dQ$ 曲線上の特徴点における蓄電量 Q の値（特徴基準値 Q_K とする）をシステムに記憶させておき、特徴基準値 Q_K と、二次電池システムにおいて推定された特徴点における蓄電量 Q （特徴推定値 Q_S ）とを対比する。特徴基準値 Q_K と特徴推定値 Q_S との差分値を算出することで、二次電池システムの推定ズレを把握することができる。このため、例えば、推定された推定蓄電量を、上記差分値で補正することで、精度の高い蓄電量 Q を検知することができる。また、後述するように、 $Q-dV/dQ$ 曲線上の特徴点を利用することで、電池容量（満充電容量）の低下を、精度良く検出することができる。

【0012】

さらに、上記いずれかの二次電池システムであって、前記二次電池は、当該二次電池にかかる前記電池電圧 V の値と前記 dV/dQ の値との関係を表す $V-dV/dQ$ 曲線上に、特徴点を有する二次電池システムとするのが好ましい。

【0013】

$V-dV/dQ$ 曲線上の特徴点とは、極大点、極小点、変曲点である。 $V-dV/dQ$ 曲線上の特徴点は、極めて検出し易いので、この特徴点を利用することで、精度良く、二

10

20

30

40

50

次電池の状態を検知することができる。

具体的には、例えば、後述するように、 $V-dV/dQ$ 曲線上の特徴点を利用することで、二次電池の内部抵抗の上昇を、精度良く検出することができる。

【0014】

さらに、上記の二次電池システムであって、前記二次電池システムは、前記 dV/dQ の値に基づいて、前記二次電池が前記 $Q-dV/dQ$ 曲線上の特徴点に対応する状態に至ったかどうか、及び、上記二次電池が前記 $V-dV/dQ$ 曲線上の特徴点に対応する状態に至ったかどうか、の少なくともいずれかについて判断し、上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上の特徴点における上記蓄電量 Q の値、上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上の2つの特徴点における上記蓄電量 Q の差分値、または、上記 $V-dV/dQ$ 曲線上の2つの特徴点における上記電池電圧 V の差分値に基づいて、上記二次電池システムの状態を検知する二次電池システムとするのが好ましい。

10

【0015】

【0016】

【0017】

【0018】

【0019】

【0020】

【0021】

【0022】

20

さらに、上記のいずれかの二次電池システムであって、前記二次電池の蓄電量 Q を推定する蓄電量推定手段と、前記 dV/dQ の値に基づいて、上記二次電池が、前記 $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうかを判断する判断手段と、上記推定された蓄電量 Q を補正する蓄電量補正手段と、を備え、上記蓄電量補正手段は、予め上記二次電池システムに記憶させておいた上記特徴点における蓄電量 Q の値である特徴基準値から、上記判断手段により上記二次電池が上記特徴点に対応する状態に至ったと判断されたときに上記蓄電量推定手段により推定された上記二次電池の蓄電量 Q の値である特徴推定値を差し引いた差分値によって、上記推定された蓄電量 Q を補正する二次電池システムとするのが好ましい。

【0023】

30

二次電池の蓄電量 Q を推定する二次電池システムにおいて、何かの原因で、実際の蓄電量と推定蓄電量との間でズレが生じることがある。

これに対し、上述の二次電池システムでは、 dV/dQ の値を利用して、推定された蓄電量 Q を補正する。具体的には、例えば、予め、前述の $Q-dV/dQ$ 曲線上の特徴点における蓄電量 Q の値（特徴基準値 Q_K とする）をシステムに記憶させておき、特徴基準値 Q_K と、二次電池システムにおいて推定された特徴点における蓄電量 Q （特徴推定値 Q_S とする）とを対比する。そして、特徴基準値 Q_K と特徴推定値 Q_S との差分値を算出することで、二次電池システムの推定ズレを検出することができる。従って、蓄電量推定手段により推定された推定蓄電量を、上記差分値で補正することで、精度の高い蓄電量 Q を検知することができる。

40

このように、上述の二次電池システムでは、高い精度で、蓄電量 Q を検知することができる。

【0024】

【0025】

【0026】

【0027】

さらに、上記いずれかの二次電池システムであって、前記二次電池システムは、前記 dV/dQ の値に基づいて、前記二次電池が前記 $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうかを判断する判断手段、を備え、前記劣化検知手段は、前記二次電池の電池容量の低下を検知する容量低下検知手段を含み、上記容量低下検知手段は、

50

予め上記二次電池システムに記憶させておいた、上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上の前記2つの特徴点における前記蓄電量 Q の差分値である前記基準差分値であって、初期状態の上記二次電池にかかる上記基準差分値と、上記判断手段により判断された上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上の上記2つの特徴点における前記蓄電量 Q の差分値である実測差分値とを対比して、上記実測差分値が上記基準差分値よりも小さい場合に、上記二次電池の電池容量が低下していると判断する二次電池システムとすると良い。

【0028】

前述のように、二次電池の電池容量（満充電容量）が低下するにしたがって、 $Q-dV/dQ$ 曲線において、各特徴点（極大点、極小点など）に対応する蓄電量 Q の差分値 ΔQ が小さくなってゆく。この特性を利用して、例えば、 $Q-dV/dQ$ 曲線における差分値 ΔQ に基づいて、電池容量（満充電容量）の低下を検知することができる。

10

【0029】

具体的には、例えば、予め、劣化前（初期状態）の二次電池について取得した $Q-dV/dQ$ 曲線において、ある特徴点 A に対応する蓄電量と他の特徴点 C に対応する蓄電量との差分値 ΔQ （基準差分値 ΔQ_K とする）を算出し、この基準差分値 ΔQ_K をシステムに記憶させておく。そして、二次電池システムにおいて、所定時間毎に差分値 ΔQ （実測差分値 ΔQ_S とする）を算出し、この実測差分値 ΔQ_S と基準差分値 ΔQ_K とを対比する。

実測差分値 ΔQ_S が、基準差分値 ΔQ_K よりも小さい場合には、二次電池の容量低下が生じていると判断することができる。また、基準差分値 ΔQ_K と実測差分値 ΔQ_S との対比により、二次電池の容量低下の程度を推定することもできる。さらに、推定した容量低下の程度に基づいて、システムで推定された蓄電量 Q を補正することも可能である。

20

【0030】

さらに、上記いずれかの二次電池システムであって、前記二次電池システムは、前記 dV/dQ の値に基づいて、前記二次電池が前記 $V-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうかを判断する判断手段、を備え、前記劣化検知手段は、上記二次電池の内部抵抗の上昇を検知する抵抗上昇検知手段を含み、上記抵抗上昇検知手段は、予め上記二次電池システムに記憶させておいた、上記 $V-dV/dQ$ 曲線上の前記2つの特徴点における前記電池電圧 V の差分値である基準差分値であって、初期状態の上記二次電池にかかる上記基準差分値と、上記判断手段により判断された上記 $V-dV/dQ$ 曲線上の上記2つの特徴点における上記電池電圧 V の差分値である実測差分値とを対比して、上記実測差分値が上記基準差分値よりも大きい場合に、上記二次電池の内部抵抗が上昇していると判断する二次電池システムとすると良い。

30

【0031】

前述のように、二次電池の内部抵抗が上昇するにしたがって、 $V-dV/dQ$ 曲線において、各特徴点（極大点、極小点など）に対応する電池電圧 V の差分値 ΔV が大きくなってゆく。この特性を利用して、例えば、 $V-dV/dQ$ 曲線における差分値 ΔV に基づいて、二次電池の内部抵抗の上昇を検知することができる。

【0032】

具体的には、例えば、予め、劣化前（初期状態）の二次電池について取得した $V-dV/dQ$ 曲線において、ある特徴点 D に対応する電池電圧と他の特徴点 E に対応する電池電圧との差分値 ΔV （基準差分値 ΔV_K とする）を算出し、この基準差分値 ΔV_K をシステムに記憶させておく。そして、二次電池システムにおいて、所定時間毎に差分値 ΔV （実測差分値 ΔV_S とする）を算出し、この実測差分値 ΔV_S と基準差分値 ΔV_K とを対比する。

40

実測差分値 ΔV_S が、基準差分値 ΔV_K よりも大きい場合には、二次電池の内部抵抗が上昇していると判断することができる。また、基準差分値 ΔV_K と実測差分値 ΔV_S との対比により、内部抵抗の上昇の程度を推定することもできる。さらに、推定した内部抵抗の上昇の程度に基づいて、システムで推定された蓄電量 Q を補正することも可能である。

【0033】

さらに、上記いずれかの二次電池システムであって、上記二次電池システムの異常を検

50

知する異常検知手段と、前記 dV/dQ の値に基づいて、上記二次電池が前記 $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうか、及び、上記二次電池が前記 $V-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうか、の少なくともいずれかについて判断する判断手段と、を備え、上記異常検知手段は、上記判断手段により判断された上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上に存在する複数の特徴点から選択した特定の2つの特徴点における前記蓄電量 Q の差分値が、予め設定した基準差分値よりも小さく且つ所定の閾値よりも小さい場合に、または、上記判断手段により判断された上記 $V-dV/dQ$ 曲線上に存在する複数の特徴点から選択した特定の2つの特徴点における前記電池電圧 V の差分値が、予め設定した基準差分値よりも大きく且つ所定の閾値よりも大きい場合に、上記二次電池システムが異常であると判断する二次電池システムとすると良い。

10

また、二次電池を備える二次電池システムであって、上記二次電池は、第1電極板と第2電極板とセパレータとを有する電極体を備え、上記第1電極板は、充放電により相変化を伴う第1活物質を含み、上記第2電極板は、2相共存型の充放電を行う第2活物質を含み、上記二次電池システムは、上記二次電池の充放電時に、上記二次電池の蓄電量 Q が変化したときの、上記蓄電量 Q の変化量 dQ に対する上記二次電池の電池電圧 V の変化量 dV の割合である dV/dQ の値を算出する dV/dQ 算出手段を備え、上記蓄電量 Q の値と上記 dV/dQ の値との関係を表す $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点、または、上記電池電圧 V の値と上記 dV/dQ の値との関係を表す $V-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点を利用して、上記二次電池システムの状態を検知する二次電池システムであって、上記二次電池システムの異常を検知する異常検知手段と、上記 dV/dQ の値に基づいて、上記二次電池が上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうか、及び、上記二次電池が上記 $V-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうか、の少なくともいずれかについて判断する判断手段と、を備え、上記異常検知手段は、上記判断手段により判断された上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上に存在する複数の特徴点から選択した特定の2つの特徴点における上記蓄電量 Q の差分値が、予め設定した基準差分値よりも小さく且つ所定の閾値よりも小さい場合に、または、上記判断手段により判断された上記 $V-dV/dQ$ 曲線上に存在する複数の特徴点から選択した特定の2つの特徴点における上記電池電圧 V の差分値が、予め設定した基準差分値よりも大きく且つ所定の閾値よりも大きい場合に、上記二次電池システムが異常であると判断する二次電池システムが良い。

20

30

【0034】

本発明の二次電池システムでは、 dV/dQ の値を利用して、二次電池システムの異常を検知する。検知可能な二次電池システムの異常としては、例えば、二次電池の内部微短絡の発生、二次電池の接続不良（二次電池の外部端子に接続するケーブルの接続端子の接続不良や、2つの二次電池の端子間を接続する接続部材の接続不良など）などがある。

【0035】

具体的には、内部微短絡が生じた二次電池は、微短絡が生じていない二次電池（容量低下した二次電池を含む）に比べて、前述の $Q-dV/dQ$ 曲線上の各特徴点（極大点、極小点など）に対応する蓄電量 Q の差分値 ΔQ が、極端に小さくなる。この特徴を利用して、例えば、差分値 ΔQ が所定の閾値（例えば、基準差分値 ΔQ_K の60%）を下回った場合には、二次電池に内部微短絡が発生したと判断することができる。

40

【0036】

また、二次電池の接続不良が生じている場合は、接続不良のない場合に比べて、前述の $V-dV/dQ$ 曲線上の各特徴点（極大点、極小点など）に対応する電池電圧 V の差分値 ΔV が、極端に大きくなる。この特徴を利用して、例えば、差分値 ΔV が所定の閾値（例えば、基準差分値 ΔV_K の3倍）を上回った場合には、接続不良が発生したと判断することができる。

【0037】

さらに、上記いずれかの二次電池システムであって、前記二次電池システムは、前記 dV/dQ の値に基づいて、前記二次電池が前記 $Q-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対

50

応する状態に至ったかどうかを判断する判断手段、を備え、前記異常検知手段は、前記二次電池の微短絡を検知する微短絡検知手段を含み、上記微短絡検知手段は、予め上記二次電池システムに記憶させておいた、上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上の前記2つの特徴点における前記蓄電量 Q の差分値である前記基準差分値であって、初期状態の上記二次電池にかかる上記基準差分値と、上記判断手段により判断された上記 $Q-dV/dQ$ 曲線上の上記2つの特徴点における前記蓄電量 Q の差分値である実測差分値とを対比して、上記実測差分値が、上記基準差分値よりも小さく且つ所定の閾値よりも小さい場合に、上記二次電池に微短絡が生じていると判断する二次電池システムとすると良い。

【0038】

前述のように、内部微短絡が生じた二次電池は、微短絡が生じていない二次電池（容量低下した二次電池を含む）に比べて、 $Q-dV/dQ$ 曲線上の各特徴点（極大点、極小点など）に対応する蓄電量 Q の差分値 ΔQ が、極端に小さくなる。この特徴を利用して、例えば、差分値 ΔQ に基づいて、内部微短絡を検知することができる。

【0039】

具体的には、例えば、予め、微短絡が生じていない（初期状態の）二次電池について取得した $Q-dV/dQ$ 曲線において、ある特徴点 A に対応する蓄電量と他の特徴点 C に対応する蓄電量との差分値 ΔQ （基準差分値 ΔQ_K とする）を算出し、この基準差分値 ΔQ_K をシステムに記憶させておく。そして、二次電池システムにおいて、所定時間毎に差分値 ΔQ （実測差分値 ΔQ_S とする）を算出し、この実測差分値 ΔQ_S と基準差分値 ΔQ_K とを対比する。実測差分値 ΔQ_S が、所定の閾値（例えば、基準差分値 ΔQ_K の60%に相当する値）を下回った場合には、二次電池に内部微短絡が生じたと判断することができる。この場合、二次電池が異常である旨の信号を出力して、二次電池の交換を促すこともできる。

【0040】

さらに、上記いずれかの二次電池システムであって、前記二次電池システムは、前記 dV/dQ の値に基づいて、前記二次電池が前記 $V-dV/dQ$ 曲線上に現れる特徴点に対応する状態に至ったかどうかを判断する判断手段、を備え、前記異常検知手段は、前記二次電池の接続不良を検知する接続不良検知手段を含み、上記接続不良検知手段は、予め上記二次電池システムに記憶させておいた、上記 $V-dV/dQ$ 曲線上の前記2つの特徴点における前記電池電圧 V の差分値である基準差分値であって、初期状態の上記二次電池にかかる上記基準差分値と、上記判断手段により判断された上記 $V-dV/dQ$ 曲線上の上記2つの特徴点における上記電池電圧 V の差分値である実測差分値とを対比して、上記実測差分値が、上記基準差分値よりも大きく且つ所定の閾値よりも大きい場合に、上記二次電池の接続不良が生じていると判断する二次電池システムとすると良い。

【0041】

前述のように、二次電池の接続不良が生じている場合は、接続が正常である場合に比べて、前述の $V-dV/dQ$ 曲線の各特徴点（極大点、極小点など）に対応する電池電圧 V の差分値 ΔV が、極端に大きくなる。この特徴を利用して、例えば、差分値 ΔV が所定の閾値を上回った場合には、接続不良が発生したと判断することができる。

【0042】

具体的には、例えば、予め、接続不良のない状態で初期状態の二次電池について取得した $V-dV/dQ$ 曲線において、ある特徴点 D に対応する電池電圧と他の特徴点 E に対応する電池電圧との差分値 ΔV （基準差分値 ΔV_K とする）を算出し、この基準差分値 ΔV_K をシステムに記憶させておく。そして、二次電池システムにおいて、所定時間毎に差分値 ΔV （実測差分値 ΔV_S とする）を算出し、この実測差分値 ΔV_S と基準差分値 ΔV_K とを対比する。実測差分値 ΔV_S が、所定の閾値（例えば、基準差分値 ΔV_K の3倍に相当する値）を上回った場合には、接続不良が発生したと判断することができる。この場合、接続不良である旨の信号を出力して、接続の確認を促すこともできる。

【0043】

さらに、上記いずれかの二次電池システムであって、前記第2活物質は、 $LiFe_{(1-x)}$

10

20

30

40

50

M_XPO_4 (Mは、Mn, Cr, Co, Cu, Ni, V, Mo, Ti, Zn, Al, Ga, Mg, B, Nbのうち少なくともいずれかであり、 $0 \leq X \leq 0.5$) であり、前記第1活物質は、炭素系材料である二次電池システムとすると良い。

【0044】

第1活物質として炭素系材料を用い、第2活物質として $LiFe_{(1-X)}M_XPO_4$ を用いた二次電池では、3.4V付近の電池電圧で、理論電気容量の約80%に相当する電気を充放電することができる。従って、本発明の二次電池システムでは、理論電気容量の80%程度の容量範囲にわたって、3.4V程度の比較的高い電池電圧で充放電させることができるので、高い出力を安定して得ることができる。

【0045】

ところで、理論電気容量の80%程度の広い容量範囲にわたって、電池電圧の変動が小さい二次電池の場合、電池電圧に基づいて二次電池の状態（充電状態や劣化状態）を検知する手法では、適切に、二次電池の状態を検知することができない虞がある。しかしながら、本発明の二次電池システムでは、前述のように、 dV/dQ の値に基づいて二次電池の状態を検知するので、精度良く、二次電池の状態を検知することができる。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】実施例1にかかるハイブリッド自動車1の概略図である。

【図2】実施例1にかかる二次電池システム6の概略図である。

【図3】実施例1にかかる二次電池100の断面図である。

【図4】実施例1にかかる電極体150の断面図である。

【図5】実施例1にかかる電極体150の部分拡大断面図であり、図4のB部拡大図に相当する。

【図6】正極活物質153のの電位曲線(vs.Li)を示す図である。

【図7】負極活物質154のの電位曲線(vs.Li)を示す図である。

【図8】二次電池100の充電特性図である。

【図9】二次電池100の $Q-dV/dQ$ 曲線を示す図である。

【図10】実施例1にかかる二次電池の状態検知の流れを示すフローチャートである。

【図11】実施例2にかかる二次電池システム16の概略図である。

【図12】実施例2及び比較例1の状態検知精度を比較する図である。

【図13】容量低下した二次電池100の $Q-dV/dQ$ 曲線を示す図である。

【図14】初期状態の二次電池100の $Q-dV/dQ$ 曲線を示す図である。

【図15】電池容量（満充電容量）と ΔQ との関係を示すグラフである。

【図16】実施例3にかかる二次電池システム26の概略図である。

【図17】実施例3にかかる二次電池の状態検知処理のメインルーチンである。

【図18】実施例3にかかる二次電池の状態検知処理のサブルーチンである。

【図19】内部抵抗が上昇した二次電池100の $V-dV/dQ$ 曲線を示す図である。

【図20】初期状態の二次電池100の $V-dV/dQ$ 曲線を示す図である。

【図21】内部抵抗(mΩ)と ΔV との関係を示すグラフである。

【図22】実施例4にかかる二次電池システム36の概略図である。

【図23】実施例4にかかる二次電池の状態検知処理のメインルーチンである。

【図24】実施例4にかかる二次電池の状態検知処理のサブルーチンである。

【図25】正極端子120とケーブル127との接続を説明する図である。

【図26】二次電池100の $V-dV/dQ$ 曲線を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0047】

(実施例1)

次に、本発明の実施例1について、図面を参照しつつ説明する。

ハイブリッド自動車1は、図1に示すように、車体2、エンジン3、フロントモータ4、リヤモータ5、ケーブル7及び二次電池システム6を有し、エンジン3、フロントモータ

10

20

30

40

50

タ 4 及びリヤモータ 5 との併用で駆動するハイブリッド自動車である。具体的には、このハイブリッド自動車 1 は、二次電池システム 6 をフロントモータ 4 及びリヤモータ 5 の駆動用電源として、公知の手段によりエンジン 3、フロントモータ 4 及びリヤモータ 5 を用いて走行できるように構成されている。

【0048】

このうち、本実施例 1 にかかる二次電池システム 6 は、ハイブリッド自動車 1 の車体 2 に取り付けられており、ケーブル 7 によりフロントモータ 4 及びリヤモータ 5 と接続されている。この二次電池システム 6 は、図 2 に示すように、複数の二次電池 100（単電池）を互いに電氣的に直列に接続した組電池 10 と、電圧検知手段 40 と、電流検知手段 50 と、電池コントローラ 30 とを備えている。電池コントローラ 30 は、ROM 31、CPU 32、RAM 33 等を有している。

10

【0049】

電流検知手段 50 は、組電池 10 を構成する二次電池 100 を流れる電流値 I を検知する。また、電圧検知手段 40 は、組電池 10 を構成する各々の二次電池 100 について、電池電圧 V （端子間電圧）を検知する。

【0050】

電池コントローラ 30 は、所定時間 T 毎に、電流検知手段 50 で検知された電流値 I を積算して、二次電池 100 の充電電気量または放電電気量を算出し、算出された充電電気量または放電電気量から二次電池 100 の蓄電量 Q を推定する。さらに、電池コントローラ 30 は、電流積算と同期させて、所定時間 T 毎に、電圧検知手段 40 で検知された各二次電池 100 の電池電圧 V を取得する。

20

【0051】

さらに、電池コントローラ 30 は、二次電池 100 の蓄電量 Q が変化したときの、蓄電量 Q の変化量 dQ に対する二次電池 100 の電池電圧 V の変化量 dV の割合である dV/dQ の値を算出する。換言すれば、二次電池 100 の充放電時に、二次電池 100 の電池電圧 V を、これに対応する蓄電量 Q で微分して、 dV/dQ の値を算出する。具体的には、二次電池 100 の充放電時に、所定時間 T 毎に、電池電圧 V と蓄電量 Q を取得しつつ、各所定時間 T 毎の電池電圧 V の変化量 dV と蓄電量 Q の変化量 dQ とを算出し、これらに基づいて、所定時間 T 毎の dV/dQ の値を算出する。

【0052】

また、電池コントローラ 30 の ROM 31 には、予め、二次電池 100 について取得した、蓄電量 Q の値と dV/dQ の値との関係を表す $Q-dV/dQ$ 曲線 K （図 9 参照）を記憶させておく。さらに、 $Q-dV/dQ$ 曲線 K 上の特徴点 A （極大点）における蓄電量 Q の値（特徴基準値 Q_{KA} とする）と、特徴点 B （極小点）における蓄電量 Q の値（特徴基準値 Q_{KB} とする）と、特徴点 C （極大点）における蓄電量 Q の値（特徴基準値 Q_{KC} とする）を、ROM 31 に記憶させておく。

30

【0053】

さらに、電池コントローラ 30 は、所定時間 T 毎に算出される dV/dQ の値に基づいてリアルタイムに $Q-dV/dQ$ 曲線を描き、この $Q-dV/dQ$ 曲線と、ROM 31 に記憶されている $Q-dV/dQ$ 曲線 K （図 9 参照）との対比（パターンマッチング）により、二次電池 100 が、 $Q-dV/dQ$ 曲線上の特徴点 A 、 B 、 C のいずれかに対応する状態に至ったかどうかを判断する。

40

【0054】

例えば、特徴点 A に対応する状態に至ったと判断した場合は、特徴点 A に達したときに電池コントローラ 30 で推定された二次電池 100 の蓄電量 Q （特徴推定値 Q_{SA} とする）と、ROM 31 に記憶されている特徴基準値 Q_{KA} とを対比する。具体的には、特徴基準値 Q_{KA} から特徴推定値 Q_{SA} を差し引いた差分値（ $Q_{KA}-Q_{SA}$ ）を算出する。

【0055】

この差分値（ $Q_{KA}-Q_{SA}$ ）の絶対値が、例えば、 0.1 Ah よりも大きい場合は、単なる測定誤差ではなく、二次電池システム 6 における蓄電量の推定ズレとみなすことが

50

できる。従って、本実施例 1 の電池コントローラ 30 では、差分値の絶対値 $|Q_{KA} - Q_{SA}|$ が 0.1 Ah よりも大きい場合は、差分値 $(Q_{KA} - Q_{SA})$ の分だけ、電池コントローラ 30 で推定された二次電池 100 の蓄電量 Q を補正する。具体的には、推定された蓄電量 Q に、差分値 $(Q_{KA} - Q_{SA})$ を加算して、蓄電量 Q を修正する。その後、補正した蓄電量 Q に対し、充放電により増減した電気量を加減することで、推定ズレのない蓄電量 Q を検知することができる。

このようにして、本実施例 1 の二次電池システム 6 では、精度良く、各二次電池 100 の蓄電量 Q を検知することができる。

【0056】

また、特徴点 B, C に対応する状態に至ったと判断した場合でも、上述の特徴点 A に対応する状態に至ったと判断したときと同様して、差分値を算出し、この差分値に基づいて、電池コントローラ 30 で推定された二次電池 100 の蓄電量 Q を補正することができる。これにより、各二次電池 100 の蓄電量 Q を、精度良く検知することができる。

なお、本実施例 1 では、電池コントローラ 30 が、 dV/dQ 算出手段、蓄電量推定手段、蓄電量補正手段に相当する。

【0057】

二次電池 100 は、図 3 に示すように、直方体形状の電池ケース 110 と、正極端子 120 と、負極端子 130 とを備える、角形密閉式のリチウムイオン二次電池である。このうち、電池ケース 110 は、金属からなり、直方体形状の収容空間をなす角形収容部 111 と、金属製の蓋部 112 とを有している。電池ケース 110 (角形収容部 111) の内部には、電極体 150、正極集電部材 122、負極集電部材 132 などが収容されている。

【0058】

電極体 150 は、図 4 に示すように、断面長円状をなし、図 5 に示すように、シート状の正極板 155 (第 2 電極板)、負極板 156 (第 1 電極板)、及びセパレータ 157 を捲回してなる扁平型の捲回体である。この電極体 150 は、その軸線方向 (図 3 において左右方向) の一方端部 (図 3 において右端部) に位置し、正極板 155 の一部のみが渦巻状に重なる正極捲回部 155b と、他方端部 (図 3 において左端部) に位置し、負極板 156 の一部のみが渦巻状に重なる負極捲回部 156b とを有している。正極板 155 には、正極捲回部 155b を除く部位に、正極活物質 153 (第 2 活物質) を含む正極合材 152 が塗工されている (図 5 参照)。同様に、負極板 156 には、負極捲回部 156b を除く部位に、負極活物質 154 (第 1 活物質) を含む負極合材 159 が塗工されている (図 5 参照)。正極捲回部 155b は、正極集電部材 122 を通じて、正極端子 120 に電気的に接続されている。負極捲回部 156b は、負極集電部材 132 を通じて、負極端子 130 に電気的に接続されている。

【0059】

本実施例 1 では、正極活物質 153 として LiFePO_4 を用いている。この正極活物質 153 は、2 相共存型の充放電を行う活物質であり、結晶構造が異なる 2 つの結晶が共存した状態で充放電の反応が行われるものである。この正極活物質 153 の電位曲線 (vs. Li) を図 6 に示す。

【0060】

また、本実施例 1 では、負極活物質 154 として、天然黒鉛系の炭素材料を用いている。詳細には、平均粒子径が $20 \mu\text{m}$ 、格子定数 $C0$ が 0.67 nm 、結晶子サイズ L_c が 27 nm 、黒鉛化度 0.9 以上の天然黒鉛系材料を用いている。この負極活物質 154 は、充放電により相変化を伴う活物質であり、充放電の途中で結晶構造が変化するものである。この負極活物質 154 の電位曲線 (vs. Li) を図 7 に示す。

【0061】

次に、二次電池 100 の充電特性図を図 8 に示す。図 8 は、 $1/5 C$ の大きさの電流で二次電池 100 を充電したときの、電池電圧 V (本実施例 1 では、正極端子 120 と負極端子 130 との間の端子間電圧) の挙動を示している。なお、二次電池 100 に含まれる

正極活物質 LiFePO_4 が理論的に最大限蓄積できる理論電気容量を 1 時間で充電することができる電流値を、1 C とする。具体的には、二次電池 100 では、1 C が約 700 mA となる。

【0062】

図 8 からわかるように、二次電池 100 は、3.4 V 付近 (3.3 ~ 3.5 V) の電池電圧で、理論電気容量 (図 8 において充電状態 0 ~ 100 % の範囲) の約 80 % に相当する電気を充放電することができる。従って、本実施例 1 の二次電池システム 6 では、各二次電池 100 を、理論電気容量の 80 % 程度の容量範囲にわたって、3.4 V 程度の比較的高い電池電圧で充放電させることができるので、高い出力を安定して得ることができる。なお、電池電圧 V の変動を 0.2 V 以下 (本実施例 1 では 0.2 V) として、理論電気容量の 50 % 以上の広い容量範囲 (本実施例 1 では、充電状態 10 ~ 90 % の範囲) にわたって充放電できる容量範囲を、フラット充放電容量範囲 FC とする。

【0063】

また、図 9 は、二次電池 100 にかかる蓄電量 Q の値と dV/dQ の値との関係を表す $Q-dV/dQ$ 曲線 K を示している。この $Q-dV/dQ$ 曲線 K は、図 8 に示す蓄電量 Q と電池電圧 V の関数について、電池電圧 V をこれに対応する蓄電量 Q で微分して得たものである。具体的には、図 8 の電池電圧曲線を作成する際に、所定時間 T (例えば 1 秒) 毎に取得した蓄電量 Q と電池電圧 V とに基づいて、所定時間毎の蓄電量 Q の変化量 dQ に対する電池電圧 V の変化量 dV の割合である dV/dQ の値を算出し、この dV/dQ の値と蓄電量 Q との関係を図 9 示した。図 9 示すように、 $Q-dV/dQ$ 曲線 K には、特徴点 A (極大点)、特徴点 B (極小点)、特徴点 C (極大点) など、多数の特徴点が現れている。なお、特徴点 A, B, C における電池電圧 V の値は、順に、3.33 V, 3.40 V, 3.43 V であった。

【0064】

ところで、図 8 に示すように、二次電池 100 は、理論電気容量の 80 % 程度の広い容量範囲 (充電状態 10 ~ 90 %) にわたって、電池電圧 V の値の変動が極めて小さいフラット充放電容量範囲 FC を有している。このように、理論電気容量の 80 % 程度の広い容量範囲にわたって、電池電圧の変動が小さい二次電池の場合、適切に、二次電池の状態を検知することができない虞がある。

【0065】

しかしながら、図 9 に示すように、電池電圧 V の値の変動が極めて小さいフラット充放電容量範囲 FC においても、 dV/dQ の値は大きく変動する。本実施例 1 の二次電池システム 6 では、後述するように、大きく変動する dV/dQ の値を利用して、二次電池 100 の状態を検知するので、精度良く、二次電池 100 の状態を検知することができる。

【0066】

次に、本実施例 1 にかかる組電池 10 を構成する二次電池 100 の充電状態の検知方法について説明する。なお、ここでは、二次電池 100 を充電するときを例にして説明するが、放電させるときも同様に、二次電池 100 の充電状態の検知することができる。

【0067】

まず、ステップ S1 において、電池コントローラ 30 の制御により、組電池 10 を構成する二次電池 100 の充電を開始する。次いで、ステップ S2 に進み、電圧検知手段 40 により、各々の二次電池 100 の電池電圧 V を検知すると共に、電流検知手段 50 により、二次電池 100 を流れる電流値 I を検知する。なお、本実施例 1 では、所定時間 T (例えば 1 秒) 毎に、電池電圧 V と電流値 I を検知する。

【0068】

次に、ステップ S3 に進み、電流検知手段 50 で検知された電流値 I を積算して、各二次電池 100 の充電電気を算出する。次いで、ステップ S4 に進み、電池コントローラ 30 により、算出された充電電気量から、各二次電池 100 に蓄えられている電気量 (蓄電量 Q) を推定する。なお、本実施例 1 では、所定時間 T (例えば 1 秒) 毎に検知された電流値 I に基づいて、所定時間 T 毎の蓄電量 Q を推定する。

その後、ステップ S 5 に進み、推定された蓄電量 Q が、所定の蓄電量に達したか否かを判定する。推定された蓄電量 Q が所定の蓄電量に達した (Yes) と判定された場合は、充電を終了する。

【0069】

一方、推定された蓄電量 Q が所定の蓄電量に達していない (No) と判定された場合は、ステップ S 6 に進み、各二次電池 100 について、蓄電量 Q の変化量 dQ に対する電池電圧 V の変化量 dV の割合である dV/dQ の値を算出する。換言すれば、二次電池 100 の電池電圧 V を、これに対応する蓄電量 Q で微分して、 dV/dQ の値を算出する。具体的には、各二次電池 100 について、所定時間 T 毎に取得される電池電圧 V と蓄電量 Q に基づいて、各所定時間 T 毎の電池電圧 V の変化量 dV と蓄電量 Q の変化量 dQ とを算出し、これらに基づいて、所定時間 T 毎の dV/dQ の値を算出する。

10

【0070】

次いで、ステップ S 7 に進み、各二次電池 100 について、 $Q-dV/dQ$ 曲線 K 上の特徴点 A , B , C のいずれかに対応する状態に至ったかどうかを判断する。具体的には、電池コントローラ 30 により、所定時間 T 毎に算出される dV/dQ の値に基づいてリアルタイムに $Q-dV/dQ$ 曲線を描き、この $Q-dV/dQ$ 曲線と、ROM 31 に記憶されている $Q-dV/dQ$ 曲線 K (図 9 参照) との対比 (パターンマッチング) により、二次電池 100 が、 $Q-dV/dQ$ 曲線上の特徴点 A , B , C のいずれかに対応する状態に至ったかどうかを判断する。

【0071】

20

特徴点 A , B , C のいずれにも至っていない (No) と判定された場合は、ステップ S 2 に戻り、再び、上述のステップ S 2 ~ S 6 の処理を行う。

一方、特徴点 A , B , C のいずれかに至った (Yes) と判定されると、ステップ S 8 に進み、その特徴点にかかる特徴基準値 Q_K から、このときに電池コントローラ 30 で推定された二次電池 100 の蓄電量 Q (特徴推定値 Q_S とする) を差し引いて、差分値 ($Q_K - Q_S$) を算出する。

【0072】

例えば、特徴点 A に対応する状態に至ったと判定された場合は、ROM 31 に記憶されている特徴点 A における特徴基準値 Q_{KA} から、特徴点 A に達したときに電池コントローラ 30 で推定された二次電池 100 の蓄電量 Q (特徴推定値 Q_{SA}) を差し引いて、差分値 ($Q_{KA} - Q_{SA}$) を算出する。

30

【0073】

次いで、ステップ S 9 に進み、差分値の絶対値が 0.1 Ah よりも大きいかなんかを判定する。特徴点 A , B , C のいずれかにおける差分値 ($Q_K - Q_S$) の絶対値が 0.1 Ah よりも大きい場合は、単なる測定誤差ではなく、二次電池システム 6 における蓄電量の推定ズレとみなすことができる。そこで、本実施例 1 では、差分値 ($Q_K - Q_S$) の絶対値が 0.1 Ah よりも大きいかなんかにより、二次電池システム 6 における蓄電量の推定ズレが生じているかなんかを判定するようにしている。

【0074】

ステップ S 9 において、差分値 ($Q_K - Q_S$) の絶対値が 0.1 Ah 以下である (No) と判定された場合は、再び、ステップ S 2 に戻り、上述のステップ S 2 ~ S 8 までの処理を行う。

40

【0075】

一方、ステップ S 9 において、差分値 ($Q_K - Q_S$) の絶対値が 0.1 Ah より大きい (Yes) と判定された場合は、ステップ S A に進み、差分値 ($Q_K - Q_S$) の分だけ、電池コントローラ 30 で推定された二次電池 100 の蓄電量 Q を補正する。具体的には、推定された蓄電量 Q に、差分値 ($Q_K - Q_S$) を加算して、蓄電量 Q を修正する。例えば、特徴点 A に対応する状態に至ったと判定されて、差分値 ($Q_{KA} - Q_{SA}$) が、 0.2 Ah であった場合は、推定された蓄電量 Q に、差分値 $0.2 (\text{Ah})$ を加算して、蓄電量 Q を補正する。

50

【0076】

その後、再び、ステップS2に戻り、上述のステップS2～S4までの処理を行う。これにより、ステップS4において、補正した蓄電量Qに対し、電流積算により算出された充電電気を加算して、推定ズレのない蓄電量Qを検知することができる。このようにして、本実施例1の二次電池システム6では、精度良く、各二次電池100の蓄電量Qを検知することができる。

その後、ステップS5において、蓄電量Qが所定の蓄電量に達した（Yes）と判定された場合は、充電を終了する。

【0077】

ここで、本実施例1の二次電池100の製造方法について説明する。

まず、 LiFePO_4 （正極活物質153）とアセチレンブラック（導電助剤）とポリフッ化ビニリデン（バインダ樹脂）とを、85：5：10（重量比）の割合で混合し、これにN-メチルピロリドン（分散溶媒）を混合して、正極スラリーを作製した。次いで、この正極スラリーを、アルミニウム箔151の表面に塗布し、乾燥させた後、プレス加工を施した。これにより、アルミニウム箔151の表面に正極合材152が塗工された正極板155を得た（図5参照）。

【0078】

また、天然黒鉛系の炭素材料（負極活物質154）と、スチレン-ブタジエン共重合体（バインダ樹脂）と、カルボキシメチルセルロース（増粘剤）とを、95：2.5：2.5（重量比）の割合で水中で混合して、負極スラリーを作製した。次いで、この負極スラリーを、銅箔158の表面に塗布し、乾燥させた後、プレス加工を施した。これにより、銅箔158の表面に負極合材159が塗工された負極板156を得た（図5参照）。本実施例1では、天然黒鉛系の炭素材料として、平均粒子径が $20\mu\text{m}$ 、格子定数C0が 0.67nm 、結晶子サイズLcが 27nm 、黒鉛化度0.9以上の天然黒鉛系材料を用いている。なお、本実施例1では、正極の理論容量と負極の理論容量との比が1：1.5となるように、正極スラリー及び負極スラリーの塗布量を調整している。

【0079】

次に、正極板155、負極板156、及びセパレータ157を積層し、これを捲回して断面長円状の電極体150を形成した（図4、図5参照）。但し、正極板155、負極板156、及びセパレータ157を積層する際には、電極体150の一端部から、正極板155のうち正極合材152を塗工していない未塗工部が突出するように、正極板155を配置しておく。さらには、負極板156のうち負極合材159を塗工していない未塗工部が、正極板155の未塗工部とは反対側から突出するように、負極板156を配置しておく。これにより、正極捲回部155b及び負極捲回部156bを有する電極体150（図3参照）が形成される。なお、本実施例1では、セパレータ157として、ポリプロピレン／ポリエチレン／ポリプロピレン3層構造複合体多孔質膜を用いている。

【0080】

次に、電極体150の正極捲回部155bと正極端子120とを、正極集電部材122を通じて接続する。さらに、電極体150の負極捲回部156bと負極端子130とを、負極集電部材132を通じて接続する。その後、これを角形収容部111内に収容し、角形収容部111と蓋体112とを溶接して、電池ケース110を封止した。次いで、蓋体112に設けられている注液口（図示しない）を通じて電解液を注液した後、注液口を封止することで、本実施例1の二次電池100が完成する。なお、本実施例1では、電解液として、EC（エチレンカーボネート）とDEC（ジエチルカーボネート）とを、4：6（体積比）で混合した溶液中に、六フッ化リン酸リチウム（ LiPF_6 ）を1モル溶解したものをを用いている。

【0081】

（実施例2）

本実施例2では、図11に示すように、二次電池100（単電池）と、電圧検知手段40と、電流検知手段50と、電池コントローラ30とを備える二次電池システム16を用

10

20

30

40

50

意した。この二次電池システム 16 について、状態検知精度の評価試験を行った。

具体的には、二次電池 100 の電池電圧が 2.5 V になるまで放電を行った後、1/5 C の電流値で充電を行った。このとき、実施例 1 のステップ S2～S6 と同様に、所定時間毎に電池電圧 V 及び電流値 I を検知しつつ、電流積算により蓄電量 Q を推定し、蓄電量 Q と電池電圧 V とに基づいて dV/dQ の値を算出した。

【0082】

さらに、本実施例 2 では、蓄電量 Q の値と dV/dQ の値との関係を表す $Q-dV/dQ$ 曲線（図 9 参照）を、リアルタイムで描きつつ、モニターに表示させた。このモニターに描かれる $Q-dV/dQ$ 曲線を目視で観察し、特徴点 A に至ったと判断したときに充電を停止した。その後、二次電池 100 について、電池電圧が 2.5 V になるまで 1/5 C

10

【0083】

さらに、他の 4 つの二次電池 100 を用意し、それぞれを、二次電池システム 16 に組み込んで、上述のように、特徴点 A に至るまで充電を行った後、放電させた。このときの各二次電池 100 の放電容量を、蓄電量 $QA2 \sim QA5$ として取得した。その後、蓄電量 $QA1 \sim QA5$ の値を、二次電池 100 の理論電気容量で除して、SOC (%) の値に換算した。これらの最大値、最小値、及び平均値を、図 12 にグラフで示す。

なお、図 12 では、最大値を破線、最小値を一点鎖線、平均値を実線で表している。

【0084】

また、これと同様にして、特徴点 B に至ったと判断するまでに充電したときの蓄電量 $QB1 \sim QB5$ 、及び、特徴点 B に至ったと判断するまでに充電したときの蓄電量 $QC1 \sim QC5$ を取得した。その後、蓄電量 $QB1 \sim QB5$ 、 $QC1 \sim QC5$ の値をそれぞれ、理論電気容量で除して、SOC (%) の値に換算した。これらの最大値、最小値、及び平均値についても、図 12 にグラフで示す。

20

なお、特徴点 A、B、C に至ったときの電池電圧の値は、順に、3.33 V、3.40 V、3.43 V であった。

【0085】

また、比較例として、二次電池 100 の電池電圧 V に基づいて、二次電池 100 の蓄電量 Q を推定する二次電池システムを用意した。二次電池 100 の電池電圧が 2.5 V になるまで放電を行った後、この二次電池システムを用いて、二次電池 100 について、その電池電圧 V が、特徴点 A に対応する電池電圧 3.33 V になるまで、1/5 C の電流値で充電を行った。その後、二次電池 100 について、電池電圧が 2.5 V になるまで 1/5 C の電流値で定電流放電を行った。このときの放電容量を、蓄電量 $QA11$ として取得した。

30

【0086】

さらに、他の 4 つの二次電池 100 についても、同様にして放電容量を取得し、これらを蓄電量 $QA12 \sim QA15$ とした。その後、蓄電量 $QA11 \sim QA15$ の値を、二次電池 100 の理論電気容量で除して、SOC (%) の値に換算した。これらの最大値、最小値、及び平均値を、図 12 にグラフで示す。

【0087】

また、これと同様にして、二次電池 100 について、その電池電圧 V が特徴点 B に対応する電池電圧 3.40 V になるまで充電したときの蓄電量 $QB11 \sim QB15$ 、及び、特徴点 C に対応する電池電圧 3.43 V になるまでに充電したときの蓄電量 $QC11 \sim QC15$ を取得した。その後、蓄電量 $QB11 \sim QB15$ 、 $QC11 \sim QC15$ の値をそれぞれ、理論電気容量で除して、SOC (%) の値に換算した。これらの最大値、最小値、及び平均値についても、図 12 にグラフで示す。

40

【0088】

ここで、実施例 2 の二次電池システム 16 の状態検知精度と、比較例の二次電池システムの状態検知精度について、図 12 を参照して比較検討する。

まず、特徴点 A にかかるグラフを比較すると、実施例 2 では、蓄電量 $QA1 \sim QA5$ の

50

最大差 $G A 1$ （最大値と最小値との差）が、SOC 換算で約 3 %であった。これに対し、比較例では、蓄電量 $Q A 1 1 \sim Q A 1 5$ の最大差 $G A 2$ （最大値と最小値との差）が、SOC 換算で約 7 %となり、実施例 2 に比べてバラツキが大きくなった。この結果より、実施例 2 のほうが、比較例よりも、高い精度で、二次電池の充電状態を検知することができるといえる。

【0089】

さらに、特徴点 B にかかるグラフを比較すると、実施例 2 では、蓄電量 $Q B 1 \sim Q B 5$ の最大差 $G B 1$ （最大値と最小値との差）が、SOC 換算で約 3 %であった。これに対し、比較例では、蓄電量 $Q B 1 1 \sim Q B 1 5$ の最大差 $G B 2$ （最大値と最小値との差）が、SOC 換算で約 9 %となり、実施例 2 に比べてバラツキが大きくなった。この結果からも、実施例 2 のほうが、比較例よりも、高い精度で、二次電池の充電状態を検知することができるといえる。

【0090】

さらに、特徴点 C にかかるグラフを比較すると、実施例 2 では、蓄電量 $Q C 1 \sim Q C 5$ の最大差 $G C 1$ （最大値と最小値との差）が、SOC 換算で約 3 %であった。これに対し、比較例では、蓄電量 $Q C 1 1 \sim Q C 1 5$ の最大差 $G C 2$ （最大値と最小値との差）が、SOC 換算で約 9 %となり、実施例 2 に比べてバラツキが大きくなった。この結果からも、実施例 2 のほうが、比較例よりも、高い精度で、二次電池の充電状態を検知することができるといえる。

【0091】

以上の結果より、実施例 2 の二次電池システム 16 は、二次電池の状態を、精度良く検知することができるといえる。これは、実施例 2 の二次電池システム 16 では、電池電圧 V に比べて大きく変動する dV/dQ の値を利用して、二次電池 100 の状態を検知しているからである。このため、二次電池 100 の電池電圧 V の値の変動が極めて小さい容量範囲（充電状態 10 ~ 90 %）でも、精度良く、二次電池 100 の状態を検知することができる。

【0092】

（実施例 3）

本実施例 3 では、まず、複数の二次電池 100 について、後述する様々な条件下で劣化試験（保存劣化試験、サイクル劣化試験）を行い、劣化の程度が異なる複数の二次電池 100 を用意した。

【0093】

（保存劣化試験）

まず、二次電池 100 を 72 個用意した。次いで、各二次電池 100 を、 $1/3C$ の電流値で、電池電圧が 2.5 V に達するまで放電を行い、SOC 0 %とした。その後、72 個の二次電池 100 を、12 個ずつ 6 つのグループ（第 1 ~ 第 6 グループ）に分けた。

【0094】

このうち、第 1 グループに属する 12 個の二次電池 100 については、充電を行うことなく、SOC 0 %のままとした。また、第 2 グループに属する 12 個の二次電池 100 について、 $1/5C$ の電流値で充電を行い、SOC 20 %とした。また、第 3 グループに属する 12 個の二次電池 100 については、 $1/5C$ の電流値で充電を行い、SOC 40 %とした。また、第 4 グループに属する 12 個の二次電池 100 については、 $1/5C$ の電流値で充電を行い、SOC 60 %とした。また、第 5 グループに属する 12 個の二次電池 100 については、 $1/5C$ の電流値で充電を行い、SOC 80 %とした。また、第 6 グループに属する 12 個の二次電池 100 については、 $1/5C$ の電流値で充電を行い、SOC 100 %とした。

【0095】

次いで、第 1 ~ 第 6 の各グループにおいて、4 個ずつの 3 つの組（A 組、B 組、C 組）に分けた。そして、各グループの A 組に属する計 24 個の二次電池 100 を、0 °C の温度に保たれた恒温槽内に、2 週間保存した。また、各グループの B 組に属する計 24 個の二

次電池 100 を、30℃の温度に保たれた恒温槽内に、2週間保存した。また、各グループの C 組に属する計 24 個の二次電池 100 を、60℃の温度に保たれた恒温槽内に、2週間保存した。このようにして、SOC が 0, 20, 40, 60, 80, 100% と異なる二次電池 100 を、それぞれ、温度が 0, 30, 60℃ と異なる恒温槽内に 2週間保存して、劣化を促進させた。

【0096】

(サイクル劣化試験)

まず、槽内温度が、-30℃、0℃、30℃、60℃ と異なる 4 つの恒温槽を用意した。次いで、各恒温槽内に、二次電池 100 を 8 個ずつ配置し、各二次電池 100 について、サイクル充放電を行った。具体的には、充電上限電圧値を 4.1V、放電下限電圧値を 2.5V として、2C の電流値で、200 サイクルの充放電を行った。このようにして、4 つの異なる環境温度下で、サイクル充放電を行い、二次電池 100 の劣化を促進させた。

10

【0097】

次に、上述の保存劣化試験またはサイクル劣化試験を行った二次電池 100 について、次のようにして電池容量（満充電容量）を測定した。まず、各二次電池 100 について、1/5C の電流値で、電池電圧が 4.1V に達するまで充電を行った。その後、4.1V の定電圧で充電を行い、電流値が初期の 1/10 にまで低下したところで充電を終了した。その後、各二次電池 100 について、1/5C の電流値で、電池電圧が 2.5V に達するまで、放電を行った。このときの放電容量を、各二次電池 100 の電池容量（満充電容量）として測定した。さらに、このとき、実施例 1 と同様にして、各二次電池 100 について、 $Q-dV/dQ$ 曲線を取得した。このうちの 1 つを図 13 に示す。

20

【0098】

また、劣化試験を行っていない初期状態の二次電池 100 について、上述のようにして、電池容量（満充電容量）を測定した。このとき、実施例 1 と同様にして、初期状態の二次電池 100 について、 $Q-dV/dQ$ 曲線を取得した。これを図 14 に示す。

また、微短絡が生じている二次電池 100 を用意し、これについても、上述のようにして、電池容量（満充電容量）を測定した。このとき、実施例 1 と同様にして、初期状態の二次電池 100 について、 $Q-dV/dQ$ 曲線を取得した。

【0099】

ここで、初期状態の二次電池 100 の $Q-dV/dQ$ 曲線（図 14 参照）と、劣化試験により電池容量（満充電容量）が低下した二次電池 100 の $Q-dV/dQ$ 曲線（図 13 参照）とを比較する。図 13 及び図 14 の曲線を比較するとわかるように、両曲線共に、3 つの極大点と 4 つの極小点が現れている。このうち、電池電圧の小さいほうから見て最初に現れる極大点を特徴点 A、3 番目に現れる極小点を特徴点 B、3 番目に現れる極大点を特徴点 C とする。

30

【0100】

まず、図 14 において、特徴点 A における蓄電量の値 Q_{A1} と、特徴点 C における蓄電量の値 Q_{C1} との差分値 $\Delta Q_1 (=Q_{C1}-Q_{A1})$ を算出する。また、図 13 において、特徴点 A における蓄電量の値 Q_{A2} と、特徴点 C における蓄電量の値 Q_{C2} との差分値 $\Delta Q_2 (=Q_{C2}-Q_{A2})$ を算出する。

40

【0101】

ΔQ_1 と ΔQ_2 を比較すると、 $\Delta Q_1 > \Delta Q_2$ であることがわかる。すなわち、初期状態の二次電池 100 よりも、容量低下（満充電容量が低下）した二次電池 100 のほうが、特徴点 A における蓄電量の値 Q_A と特徴点 C における蓄電量の値 Q_C との差分値 ΔQ が小さくなることがわかる。

【0102】

このようにして、劣化試験を行った各二次電池 100、及び、内部微短絡が生じている二次電池 100 について、特徴点 A における蓄電量の値 Q_A と特徴点 C における蓄電量の値 Q_C との差分値 ΔQ を算出した。この結果を、電池容量 (mAh) と ΔQ との関係を表

50

すグラフとして、図15に示す。なお、図15では、初期状態の二次電池100を◆、容量低下した二次電池100（劣化試験を行った二次電池100から選択した5つの二次電池100）を○、内部微短絡が生じている二次電池100を△で表している。

【0103】

図15から、電池容量（満充電容量）が低下するにしたがって、特徴点Aにおける蓄電量の値 Q_A と特徴点Cにおける蓄電量の値 Q_C との差分値 ΔQ が小さくなってゆくことがわかる。また、内部微短絡が生じている二次電池100では、差分値 ΔQ が極端に小さくなることがわかる。

【0104】

本実施例3では、このような特性を利用して、 $Q-dV/dQ$ 曲線における差分値 ΔQ に基づいて、二次電池100の電池容量（満充電容量）の低下及び内部微短絡を検知する。

【0105】

本実施例3の二次電池システムは、実施例1の二次電池システム6と比較して、電池コントローラのみが異なり、その他については同様である。従って、ここでは、実施例1と異なる点を中心に説明し、同様な点については説明を省略または簡略化する。

本実施例3の二次電池システム26は、図16に示すように、複数の二次電池100（単電池）を互いに電氣的に直列に接続した組電池10と、電圧検知手段40と、電流検知手段50と、電池コントローラ130とを備えている。電池コントローラ130は、ROM131、CPU132、RAM133等を有している。

【0106】

電池コントローラ130は、実施例1の電池コントローラ30と同様に、所定時間T毎に、電流積算により、各二次電池100の蓄電量 Q を推定する。さらに、電池コントローラ130は、電流積算と同期させて、所定時間T毎に、電圧検知手段40で検知された各二次電池100の電池電圧 V を取得する。さらに、電池コントローラ130は、実施例1の電池コントローラ30と同様に、所定時間T毎の dV/dQ の値を算出する。

【0107】

また、電池コントローラ130のROM131には、予め、劣化していない初期状態の二次電池100について取得した、蓄電量 Q の値と dV/dQ の値との関係を表す $Q-dV/dQ$ 曲線K（図9参照）を記憶させておく。さらに、 $Q-dV/dQ$ 曲線K上の特徴点A（極大点）における蓄電量 Q の値（特徴基準値 Q_{KA} とする）と、特徴点C（極大点）における蓄電量 Q の値（特徴基準値 Q_{KC} とする）との差分値 ΔQ （基準差分値 ΔQ_K とする）を、ROM131に記憶させておく。

【0108】

さらに、電池コントローラ130は、所定時間T毎に算出される dV/dQ の値に基づいてリアルタイムに $Q-dV/dQ$ 曲線を描き、この $Q-dV/dQ$ 曲線と、ROM131に記憶されている $Q-dV/dQ$ 曲線K（図9参照）との対比（パターンマッチング）により、二次電池100が、 $Q-dV/dQ$ 曲線上の特徴点Aまたは特徴点Cに対応する状態に至ったかどうかを判断する。

【0109】

例えば、特徴点Aに対応する状態に至ったと判断した場合は、特徴点Aに達したときに電池コントローラ130で推定された二次電池100の蓄電量 Q （特徴推定値 Q_{SA} とする）を記憶する。さらに、特徴点Cに対応する状態に至ったと判断した場合も、特徴点Cに達したときに電池コントローラ130で推定された二次電池100の蓄電量 Q （特徴推定値 Q_{SC} とする）を記憶する。そして、特徴推定値 Q_{SC} から特徴推定値 Q_{SA} を差し引いた差分値 ΔQ （実測差分値 $\Delta Q_S = Q_{SC} - Q_{SA}$ とする）を算出する。

【0110】

さらに、電池コントローラ130は、算出した実測差分値 ΔQ_S と基準差分値 ΔQ_K とを対比する。実測差分値 ΔQ_S が、基準差分値 ΔQ_K よりも小さい場合には、二次電池100の電池容量が低下していると判断する。特に、実測差分値 ΔQ_S が、基準差分値 ΔQ_K

Kの60%を下回った場合には、二次電池100に内部微短絡が生じていると判断する。この場合、電池コントローラ130は、二次電池100が異常である旨の信号を出力して、二次電池100の交換を促す。

【0111】

なお、本実施例3では、電池コントローラ130が、 dV/dQ 算出手段、蓄電量推定手段、劣化検知手段（容量低下検知手段）、及び異常検知手段（微短絡検知手段）に相当する。

【0112】

次に、本実施例3にかかる組電池10を構成する二次電池100の状態検知方法について説明する。なお、ここでは、二次電池100を充電するときを例にして説明する。また、ステップS1～S6については、実施例1と同様であるため、説明を省略する。

10

【0113】

図17に示すように、ステップS1～S6の処理を行った後、ステップT7に進み、各二次電池100について状態検知を行う。図18に示すサブルーチンに進み、まず、ステップT71において、各二次電池100について、 $Q-dV/dQ$ 曲線上の特徴点Aに対応する状態に至ったかどうかを判断する。具体的には、電池コントローラ130により、所定時間T毎に算出される dV/dQ の値に基づいてリアルタイムに $Q-dV/dQ$ 曲線を描き、この $Q-dV/dQ$ 曲線と、ROM131に記憶されている $Q-dV/dQ$ 曲線K（図9参照）との対比（パターンマッチング）により、二次電池100が、 $Q-dV/dQ$ 曲線上の特徴点Aに対応する状態に至ったかどうかを判断する。

20

【0114】

特徴点Aに至っていない（No）と判定された場合は、図17に示すメインルーチンに戻り、再び、ステップS2～T7の処理を行う。

一方、特徴点Aに至った（Yes）と判定されると、ステップT72に進み、特徴点Aに達したときに電池コントローラ130で推定された二次電池100の蓄電量Q（特徴推定値QSA）を記憶する。

【0115】

次に、ステップT73に進み、各二次電池100について、 $Q-dV/dQ$ 曲線K上の特徴点Cに対応する状態に至ったかどうかを判断する。具体的には、電池コントローラ130により、所定時間T毎に算出される dV/dQ の値に基づいてリアルタイムに $Q-dV/dQ$ 曲線を描き、この $Q-dV/dQ$ 曲線と、ROM131に記憶されている $Q-dV/dQ$ 曲線K（図9参照）との対比（パターンマッチング）により、二次電池100が、 $Q-dV/dQ$ 曲線上の特徴点Cに対応する状態に至ったかどうかを判断する。

30

【0116】

特徴点Cに至っていない（No）と判定された場合は、図17に示すメインルーチンに戻り、再び、ステップS2～T7の処理を行う。

一方、特徴点Cに至った（Yes）と判定されると、ステップT74に進み、特徴点Cに達したときに電池コントローラ130で推定された二次電池100の蓄電量Q（特徴推定値QSC）を記憶する。

【0117】

40

次に、ステップT75に進み、特徴推定値QSCから特徴推定値QSAを差し引いた差分値 ΔQ （実測差分値 $\Delta QS = QSC - QSA$ ）を算出する。

その後、ステップT76に進み、算出された実測差分値 ΔQS と、ROM131に記憶されている基準差分値 ΔQK とを対比する。具体的には、実測差分値 ΔQS を基準差分値 ΔQK で除して、 $\Delta QS/\Delta QK$ の値を算出する。

【0118】

次いで、ステップT77に進み、 $\Delta QS/\Delta QK < 1$ の関係を満たしているか否かを判定する。すなわち、実測差分値 ΔQS が基準差分値 ΔQK より小さいか否かを判定する。 $\Delta QS/\Delta QK < 1$ を満たしていない（No）と判定された場合は、図17に示すメインルーチンに戻り、再び、ステップS2～T7の処理を行う。

50

一方、 $\Delta Q S / \Delta Q K < 1$ を満たしている (Yes) と判定された場合は、ステップ T 7 8に進み、 $\Delta Q S / \Delta Q K \geq 0.6$ の関係を満たしているか否かを判定する。すなわち、実測差分値 $\Delta Q S$ が、基準差分値 $\Delta Q K$ の 60% 以上であるか否かを判定する。

【0119】

ステップ T 7 8において、 $\Delta Q S / \Delta Q K \geq 0.6$ を満たしている (Yes) と判定された場合は、ステップ T 7 9に進み、二次電池 100 の電池容量 (満充電容量) が低下していると判断する。

一方、 $\Delta Q S / \Delta Q K \geq 0.6$ を満たしていない (No) と判定された場合は、ステップ T 7 Aに進み、二次電池 100 が異常であると判断する、具体的には、二次電池 100 に内部微短絡が生じていると判断する。この場合、ステップ T 7 Bに進み、二次電池 100 が異常である旨の信号を出力して、二次電池 100 の交換を促す。

【0120】

次いで、図 17 に示すメインルーチンに戻り、ステップ S 2 ~ T 7 の処理を行う。その後、ステップ S 5 において、蓄電量 Q が所定の蓄電量に達した (Yes) と判定された場合は、充電を終了する。

【0121】

(実施例 4)

実施例 3 において保存劣化試験またはサイクル劣化試験を行った二次電池 100 について、それぞれ、次のようにして内部抵抗 ($m\Omega$) を測定した。

【0122】

まず、各二次電池 100 について、 $1/3C$ の電流値で、電池電圧が 2.5V に達するまで放電を行った。その後、 $1/5C$ の電流値で充電を行い、SOC 50% とした。この状態で、各二次電池 100 の内部抵抗を、交流インピーダンス法により測定した。具体的には、FRA (周波数応答アナライザ) としてソートラン社製の 1252A を用い、コントロールユニットとしてソートラン社製の SI1287 を用いて、5mV の電位振幅を与えつつ、周波数を 1MHz から 1Hz まで変化させた。周波数を 1kHz としたときに計測された値を、二次電池 100 の内部抵抗値 ($m\Omega$) とした。

【0123】

また、実施例 3 において劣化試験を行った各二次電池 100 について、実施例 3 と同様に電池容量 (満充電容量) を測定し、このとき、電池コントローラ 230 により、所定時間毎に算出される dV/dQ の値に基づいて、電池電圧 V の値と dV/dQ の値との関係を表す $V-dV/dQ$ 曲線を取得した。このうちの 1 つを図 19 に示す。また、劣化試験を行っていない初期状態の二次電池 100 についても、 $V-dV/dQ$ 曲線を取得した。これを図 20 に示す。

【0124】

また、劣化試験を行っていない初期状態の二次電池 100 を接続不良とした状態で、実施例 3 と同様に電池容量 (満充電容量) を測定し、このとき、電池コントローラ 230 により、所定時間毎に算出される dV/dQ の値に基づいて、 $V-dV/dQ$ 曲線を取得した。

【0125】

なお、本実施例 4 では、電池コントローラ 230 等と二次電池 100 の正極端子 120 を接続するケーブル 127 を、次のようにして接続している。図 25 に示すように、正極端子 120 の貫通孔 120c 及び接続端子 127b の貫通孔 127c に、ボルト 125 のネジ部 125b を挿通させた状態で、ボルト 125 のネジ部 125b にナット 127 を螺合させて、正極端子 120 と接続端子 127b とを締結する。これにより、正極端子 120 と接続端子 127b と密着させて、両者を適切に接続することができる。従って、本実施例 4 では、ナット 126 を緩めて、正極端子 120 と接続端子 127b とが密着しない状態とすることで、接続不良の状態とした。

【0126】

ここで、初期状態の二次電池 100 の $V-dV/dQ$ 曲線 (図 20 参照) と、劣化試験

10

20

30

40

50

により内部抵抗が上昇した二次電池 100 の $V-dV/dQ$ 曲線（図 19 参照）とを比較する。図 19 及び図 20 の曲線を比較するとわかるように、両曲線共に、3 つの極大点が現れている。このうち、電池電圧の小さいほうから見て最初に現れる極大点を特徴点 D、3 番目に現れる極大点を特徴点 E とする。

【0127】

まず、図 20 において、特徴点 D における電池電圧の値 V_{D1} と、特徴点 E における電池電圧の値 V_{E1} との差分値 $\Delta V_1 (=V_{E1}-V_{D1})$ を算出する。また、図 19 において、特徴点 D における電池電圧の値 V_{D2} と、特徴点 E における電池電圧の値 V_{E2} との差分値 $\Delta V_2 (=V_{E2}-V_{D2})$ を算出する。

【0128】

ΔV_1 と ΔV_2 を比較すると、 $\Delta V_2 > \Delta V_1$ であることがわかる。すなわち、初期状態の二次電池 100 よりも、内部抵抗が上昇した二次電池 100 のほうが、特徴点 D における電池電圧の値 V_D と特徴点 E における電池電圧の値 V_E との差分値 ΔV が大きくなることがわかる。

【0129】

このようにして、劣化試験を行った各二次電池 100、及び、接続不良の二次電池 100 について、特徴点 D における電池電圧の値 V_D と特徴点 E における電池電圧の値 V_E との差分値 ΔV を算出した。この結果を、内部抵抗 (mAh) と ΔV との関係を表すグラフとして、図 21 に示す。なお、図 21 では、初期状態の二次電池 100 を◆、内部抵抗が上昇した二次電池 100（劣化試験を行った二次電池 100 から選択した 5 つの二次電池 100）を○、接続不良の二次電池 100 を△で表している。

【0130】

図 21 から、二次電池 100 の内部抵抗が大きくなるにしたがって、特徴点 D における電池電圧の値 V_D と特徴点 E における電池電圧の値 V_E との差分値 ΔV が大きくなってゆくことがわかる。また、接続不良の二次電池 100 では、差分値 ΔV が極端に大きくなることがわかる。

【0131】

本実施例 4 では、このような特性を利用して、 $V-dV/dQ$ 曲線における差分値 ΔV に基づいて、二次電池 100 の内部抵抗の上昇及び接続不良を検知する。

【0132】

本実施例 4 の二次電池システムは、実施例 1 の二次電池システム 6 と比較して、電池コントローラのみが異なり、その他については同様である。従って、ここでは、実施例 1 と異なる点を中心に説明し、同様な点については説明を省略または簡略化する。

本実施例 4 の二次電池システム 36 は、図 22 に示すように、複数の二次電池 100（単電池）を互いに電氣的に直列に接続した組電池 10 と、電圧検知手段 40 と、電流検知手段 50 と、電池コントローラ 230 とを備えている。電池コントローラ 230 は、ROM 231、CPU 232、RAM 233 等を有している。

【0133】

電池コントローラ 230 は、実施例 1 の電池コントローラ 30 と同様に、所定時間 T 毎に、電流積算により、各二次電池 100 の蓄電量 Q を推定する。さらに、電池コントローラ 230 は、電流積算と同期させて、所定時間 T 毎に、電圧検知手段 40 で検知された各二次電池 100 の電池電圧 V を取得する。さらに、電池コントローラ 230 は、実施例 1 の電池コントローラ 30 と同様に、所定時間 T 毎の dV/dQ の値を算出する。

【0134】

また、電池コントローラ 230 の ROM 231 には、予め、初期状態の二次電池 100 について取得した、電池電圧 V の値と dV/dQ の値との関係を表す $V-dV/dQ$ 曲線 L（図 26 参照）を記憶させておく。さらに、 $V-dV/dQ$ 曲線 L 上の特徴点 D における電池電圧 V の値（基準電圧値 V_{KD} とする）と、特徴点 E における電池電圧 V の値（基準電圧値 V_{KE} とする）との差分値 ΔV （基準差分値 ΔV_K とする）を、ROM 231 に記憶させておく。

10

20

30

40

50

【0135】

さらに、電池コントローラ230は、所定時間T毎に算出される dV/dQ の値に基づいてリアルタイムに $V-dV/dQ$ 曲線を描き、この $V-dV/dQ$ 曲線と、ROM231に記憶されている $V-dV/dQ$ 曲線L（図26参照）との対比（パターンマッチング）により、二次電池100が、 $V-dV/dQ$ 曲線上の特徴点DまたはEに対応する状態に至ったかどうかを判断する。

【0136】

例えば、特徴点Dに対応する状態に至ったと判断した場合は、特徴点Dに達したときに電圧検知手段40で検知された二次電池100の電池電圧（実測電圧値 V_{SD} とする）を記憶する。さらに、特徴点Eに対応する状態に至ったと判断した場合も、特徴点Eに達したときに電圧検知手段40で検知された二次電池100の電池電圧（実測電圧値 V_{SE} とする）を記憶する。そして、実測電圧値 V_{SE} から実測電圧値 V_{SD} を差し引いた差分値 ΔV （実測差分値 $\Delta V_S = V_{SE} - V_{SD}$ とする）を算出する。

【0137】

さらに、電池コントローラ230は、算出した実測差分値 ΔV_S と基準差分値 ΔV_K とを対比する。実測差分値 ΔV_S が、基準差分値 ΔV_K よりも大きい場合には、二次電池100の内部抵抗が上昇していると判断する。特に、実測差分値 ΔV_S が、基準差分値 ΔV_K の3倍より大きい場合には、二次電池100の接続不良が生じていると判断する。この場合、電池コントローラ230は、二次電池100の接続不良が生じている旨の信号を出力して、二次電池100の接続確認を促す。

【0138】

なお、本実施例4では、電池コントローラ230が、 dV/dQ 算出手段、蓄電量推定手段、劣化検知手段（抵抗上昇検知手段）、及び異常検知手段（接続不良検知手段）に相当する。

【0139】

次に、本実施例4にかかる組電池10を構成する二次電池100の状態検知方法について説明する。なお、ここでは、二次電池100を充電するときを例にして説明する。また、ステップS1～S6については、実施例1と同様であるため、説明を省略する。

【0140】

図23に示すように、ステップS1～S6の処理を行った後、ステップU7に進み、各二次電池100について状態検知を行う。図24に示すサブルーチンに進み、まず、ステップU71において、各二次電池100について、 $V-dV/dQ$ 曲線上の特徴点Dに対応する状態に至ったかどうかを判断する。具体的には、電池コントローラ230により、所定時間T毎に算出される dV/dQ の値に基づいてリアルタイムに $V-dV/dQ$ 曲線を描き、この $V-dV/dQ$ 曲線と、ROM231に記憶されている $V-dV/dQ$ 曲線L（図26参照）との対比（パターンマッチング）により、二次電池100が、 $V-dV/dQ$ 曲線上の特徴点Dに対応する状態に至ったかどうかを判断する。

【0141】

特徴点Dに至っていない（No）と判定された場合は、図23に示すメインルーチンに戻り、再び、ステップS2～U7の処理を行う。

一方、特徴点Dに至った（Yes）と判定されると、ステップU72に進み、特徴点Dに達したときに電圧検知手段40で検知された、各二次電池100の電池電圧値（実測電圧値 V_{SD} ）を記憶する。

【0142】

次に、ステップU73に進み、各二次電池100について、 $V-dV/dQ$ 曲線上の特徴点Eに対応する状態に至ったかどうかを判断する。具体的には、電池コントローラ230により、所定時間T毎に算出される dV/dQ の値に基づいてリアルタイムに $V-dV/dQ$ 曲線を描き、この $V-dV/dQ$ 曲線と、ROM231に記憶されている $V-dV/dQ$ 曲線L（図26参照）との対比（パターンマッチング）により、二次電池100が、 $V-dV/dQ$ 曲線上の特徴点Eに対応する状態に至ったかどうかを判断する。

【0143】

特徴点Eに至っていない（No）と判定された場合は、図23に示すメインルーチンに戻り、再び、ステップS2～U7の処理を行う。

一方、特徴点Eに至った（Yes）と判定されると、ステップU74に進み、特徴点Eに達したときに電圧検知手段40で検知された、各二次電池100の電池電圧値（実測電圧値VSE）を記憶する。

【0144】

次に、ステップU75に進み、実測電圧値VSEから実測電圧値VSDを差し引いた差分値 ΔV （実測差分値 $\Delta VS = VSE - VSD$ ）を算出する。

その後、ステップU76に進み、算出された実測差分値 ΔVS と、ROM231に記憶されている基準差分値 ΔVK とを対比する。具体的には、実測差分値 ΔVS を基準差分値 ΔVK で除して、 $\Delta VS / \Delta VK$ の値を算出する。

10

【0145】

次いで、ステップU77に進み、 $\Delta VS / \Delta VK > 1$ を満たしているか否かを判定する。すなわち、実測差分値 ΔVS が基準差分値 ΔVK より大きいかなんかを判定する。 $\Delta VS / \Delta VK > 1$ を満たしていない（No）と判定された場合は、図23に示すメインルーチンに戻り、再び、ステップS2～U7の処理を行う。

一方、 $\Delta VS / \Delta VK > 1$ を満たしている（Yes）と判定された場合は、ステップU78に進み、 $\Delta VS / \Delta VK > 3$ を満たしているか否かを判定する。すなわち、実測差分値 ΔVS が、基準差分値 ΔVK の3倍より大きいかなんかを判定する。

20

【0146】

ステップTU78において、 $\Delta VS / \Delta VK > 3$ を満たしていない（No）と判定された場合は、ステップU79に進み、二次電池100の内部抵抗が上昇していると判断する。

一方、 $\Delta VS / \Delta VK > 3$ を満たしている（Yes）と判定された場合は、ステップU7Aに進み、二次電池100の接続不良が生じていると判断する。この場合、ステップU7Bに進み、二次電池100の接続不良が生じている旨の信号を出力して、二次電池100の接続確認を促す。

【0147】

次いで、図23に示すメインルーチンに戻り、ステップS2～U7の処理を行う。その後、ステップS5において、蓄電量Qが所定の蓄電量に達した（Yes）と判定された場合は、充電を終了する。

30

【0148】

以上において、本発明を実施例1～4に即して説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で、適宜変更して適用できることはいふまでもない。

【0149】

例えば、実施例3では、組電池10を構成する二次電池100を充電するときを例にして、二次電池100の状態検知方法について説明した。しかしながら、実施例3の状態検知方法は、図17及び図18に示すルーチンの一部を変更することで、二次電池100の放電時においても適用することができる。

40

【0150】

具体的には、図17に示すメインルーチンのステップS1において二次電池100の放電を開始した後、実施例3と同様に、ステップS2～S6の処理を行う。次いで、ステップT7に進み、図18に示すサブルーチンにおいて、まず、ステップT73、T74の処理を行った後、ステップT71、T72の処理を行う。その後、実施例3と同様に、ステップT75～T7Bの処理を行うことで、二次電池100の電池容量の低下や異常（内部微短絡）を適切に検出することができる。

【0151】

また、実施例4でも、組電池10を構成する二次電池100を充電するときを例にして

50

、二次電池 100 の状態検知方法について説明した。しかしながら、実施例 4 の状態検知方法は、図 23 及び図 24 に示すルーチンの一部を変更することで、二次電池 100 の放電時においても適用することができる。

【0152】

具体的には、図 23 に示すメインルーチンのステップ S1 において二次電池 100 の放電を開始した後、実施例 4 と同様に、ステップ S2～S6 の処理を行う。次いで、ステップ U7 に進み、図 18 に示すサブルーチンにおいて、まず、ステップ U73, U74 の処理を行った後、ステップ U71, U72 の処理を行う。その後、実施例 4 と同様に、ステップ U75～U7B の処理を行うことで、二次電池 100 の内部抵抗の上昇や接続不良を適切に検出することができる。

10

【符号の説明】

【0153】

6, 16, 26, 36 二次電池システム

10 組電池

30, 130, 230 電池コントローラ (dV/dQ 算出手段、蓄電量推定手段、蓄電量補正手段、劣化検知手段、容量低下検知手段、抵抗上昇検知手段、異常検知手段、微短絡検知手段、接続不良検知手段)

40 電圧検知手段

50 電流検知手段

100 二次電池

20

120 正極端子

130 負極端子

150 電極体

153 正極活物質 (第 2 活物質)

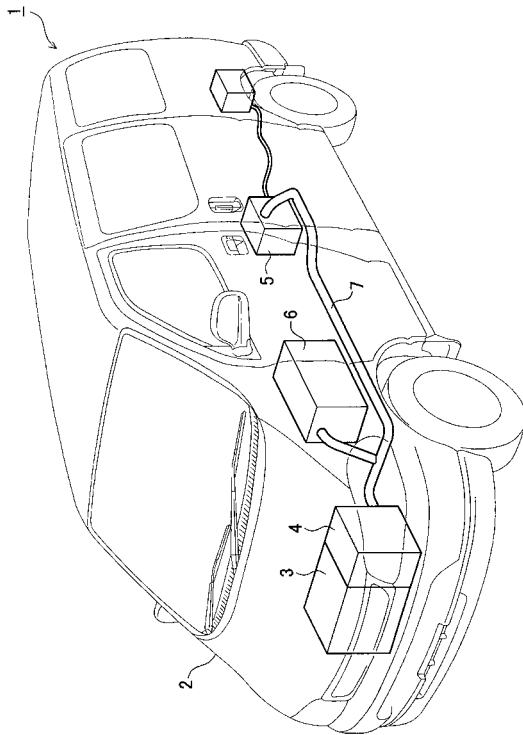
154 負極活物質 (第 1 活物質)

155 正極板 (第 2 電極板)

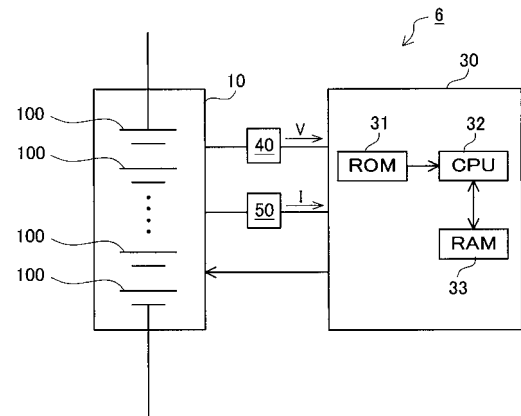
156 負極板 (第 1 電極板)

157 セパレータ

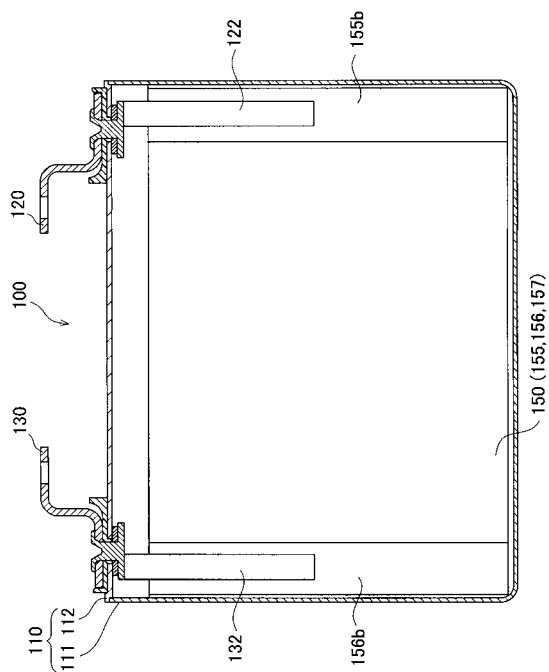
【図 1】



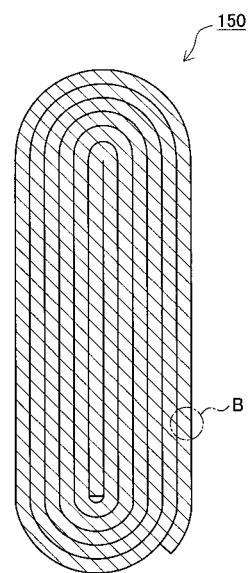
【図 2】



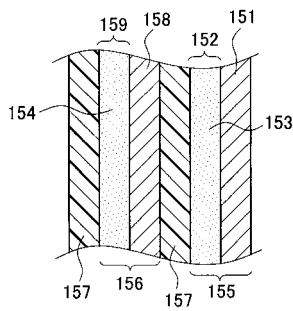
【図 3】



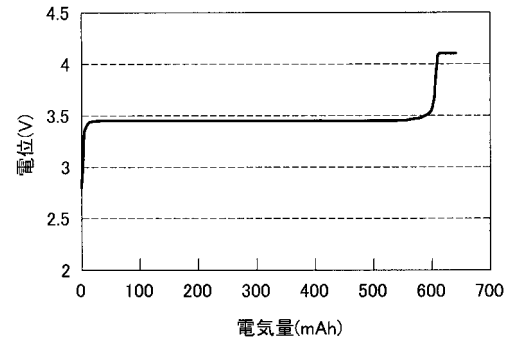
【図 4】



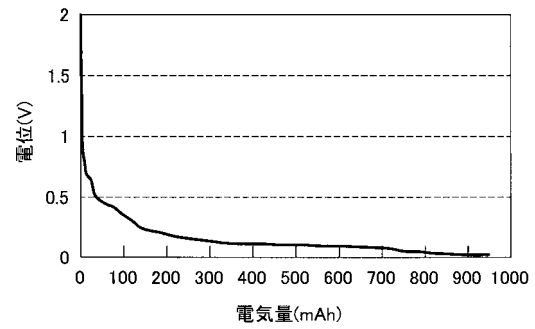
【図 5】



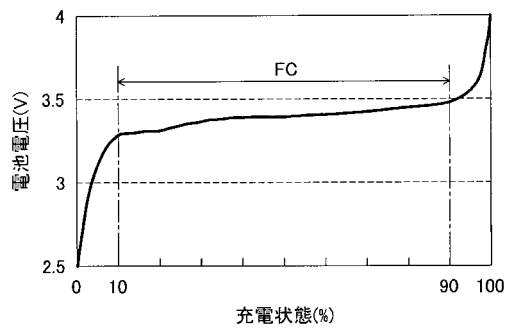
【図 6】



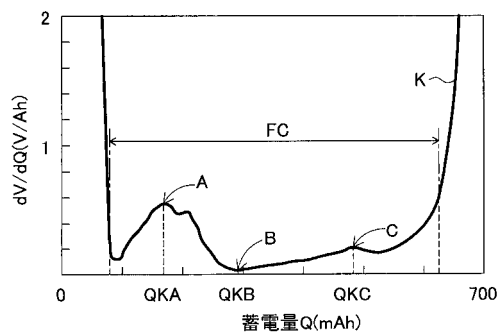
【図 7】



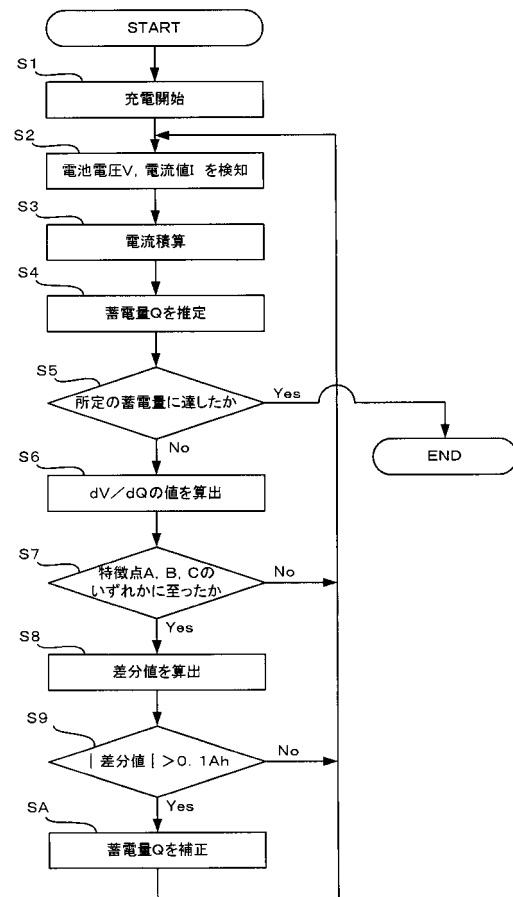
【図 8】



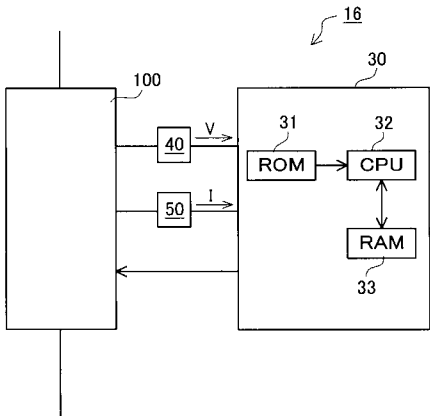
【図 9】



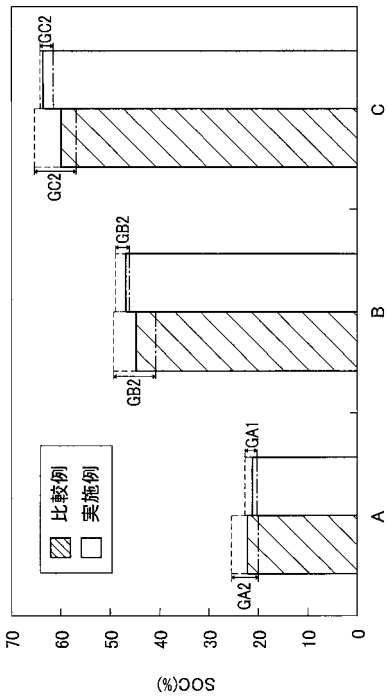
【図 10】



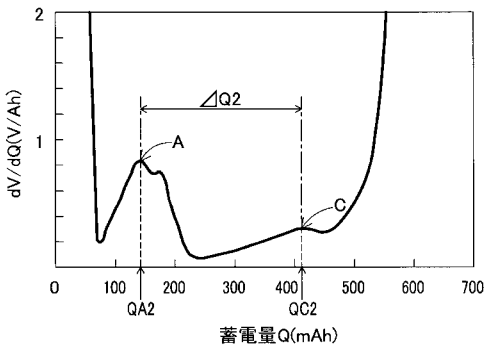
【図 1 1】



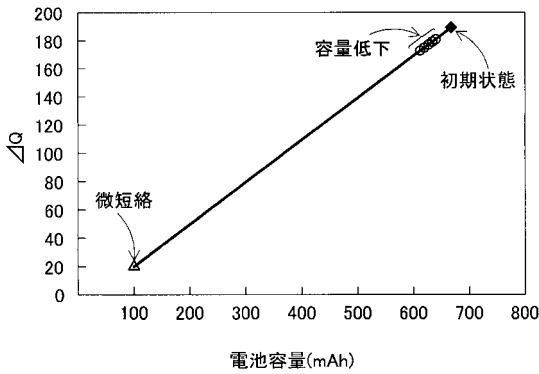
【図 1 2】



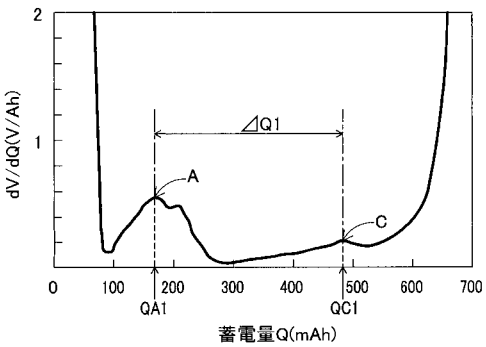
【図 1 3】



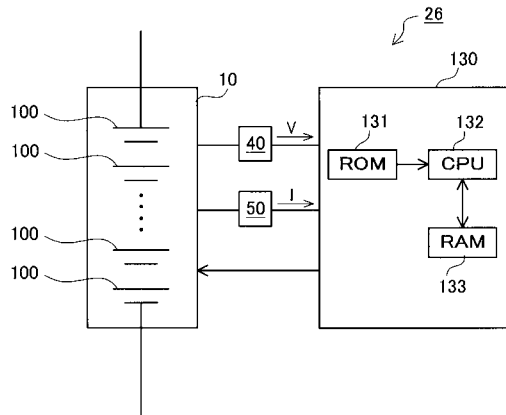
【図 1 5】



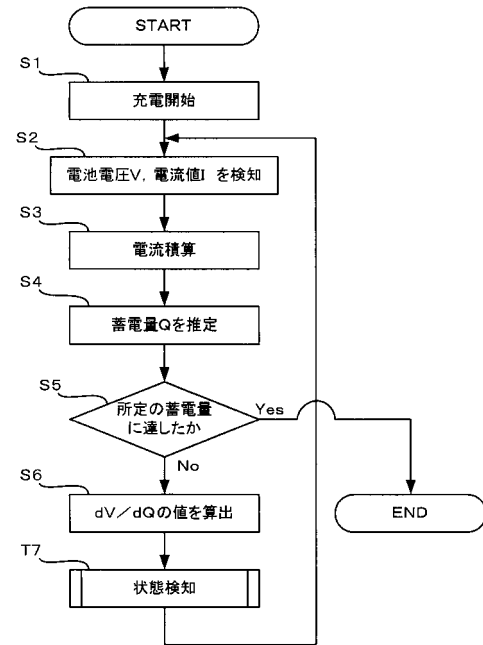
【図 1 4】



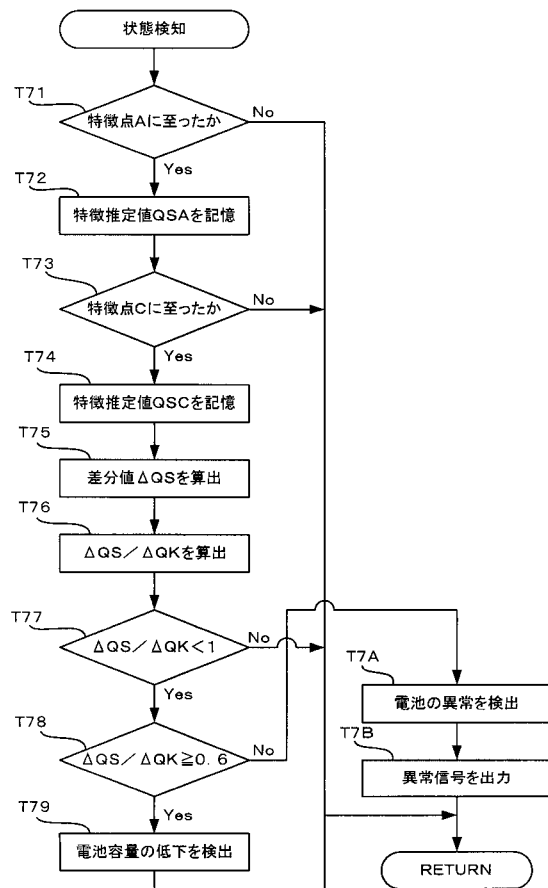
【図 16】



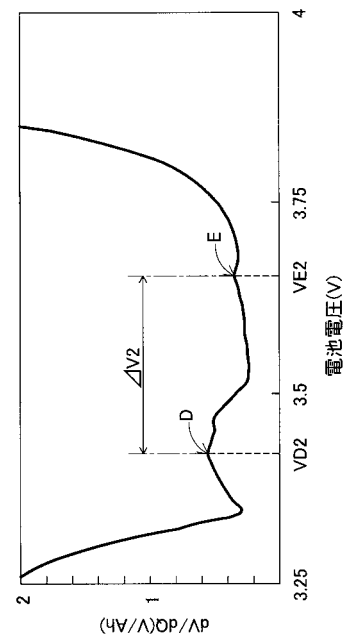
【図 17】



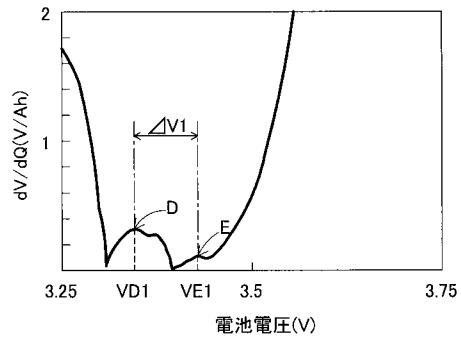
【図 18】



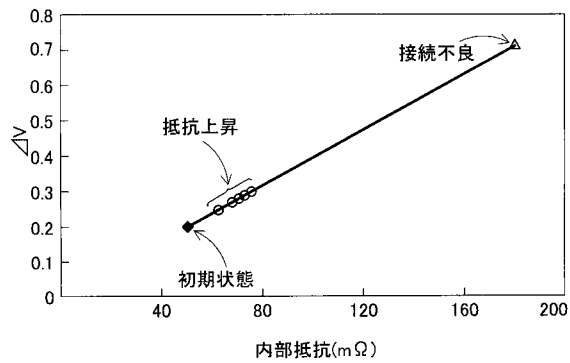
【図 19】



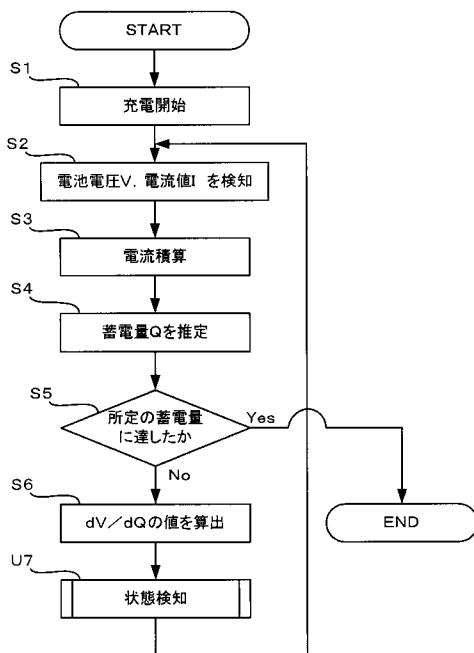
【図 20】



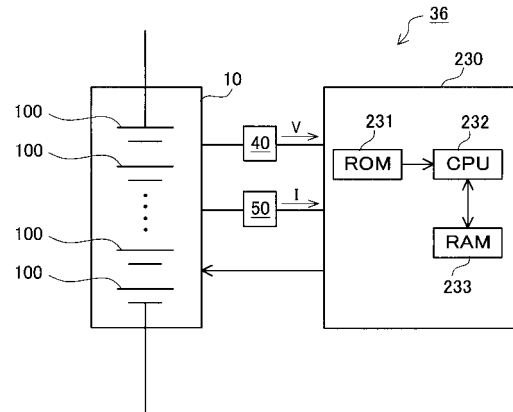
【図 21】



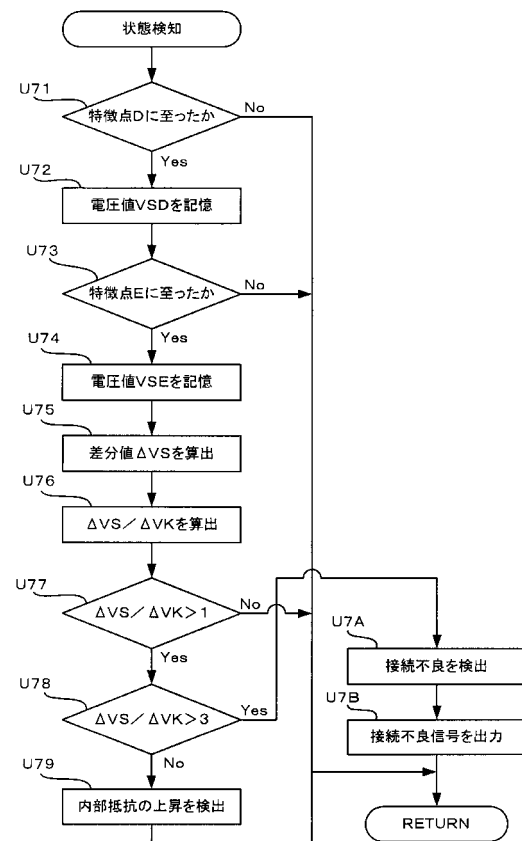
【図 23】



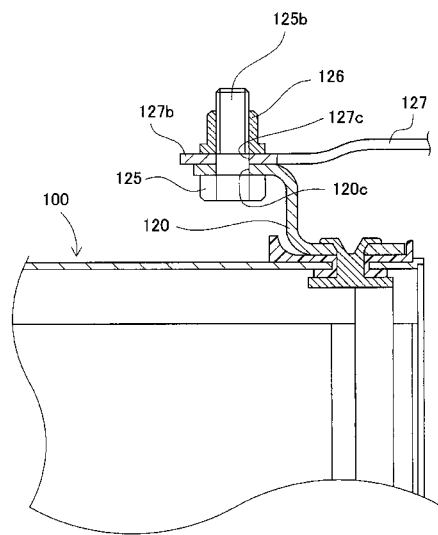
【図 22】



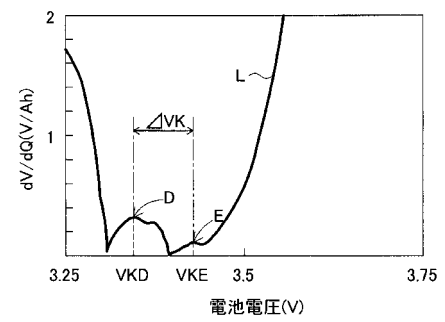
【図 24】



【図 25】



【図 26】



フロントページの続き

(72)発明者 矢野 剛志
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 寺本 大介
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 和佐田 景子
愛知県豊田市明和町6-50-3

(72)発明者 湯浅 幸恵
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 2G016 CA03 CB05 CB06 CB12 CB21 CB22 CB31 CB32 CC03 CC07
CC13 CC27 CC28 CF06
5G503 BA01 BB01 EA08 EA09 FA06 GD03 GD06
5H029 AJ03 AK01 BJ14
5H030 AA01 AS08 BB01 BB21 FF41 FF42 FF43 FF44
5H050 AA08 BA17 CA01 CB07 HA18 HA19