

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6485708号  
(P6485708)

(45) 発行日 平成31年3月20日(2019.3.20)

(24) 登録日 平成31年3月1日(2019.3.1)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 1 M	10/48	(2006.01)	HO 1 M	10/48	P
HO 1 M	10/42	(2006.01)	HO 1 M	10/42	P
HO 2 J	7/00	(2006.01)	HO 1 M	10/48	3 O 1
GO 1 R	31/36	(2019.01)	HO 2 J	7/00	Y
			GO 1 R	31/36	A

請求項の数 1 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2016-4579 (P2016-4579)  
 (22) 出願日 平成28年1月13日(2016.1.13)  
 (65) 公開番号 特開2017-126462 (P2017-126462A)  
 (43) 公開日 平成29年7月20日(2017.7.20)  
 審査請求日 平成30年5月24日(2018.5.24)

(73) 特許権者 000003207  
 トヨタ自動車株式会社  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地  
 (74) 代理人 100117606  
 弁理士 安部 誠  
 (74) 代理人 100136423  
 弁理士 大井 道子  
 (74) 代理人 100142239  
 弁理士 福富 俊輔  
 (72) 発明者 鬼塚 宏司  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
 審査官 大手 昌也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電池システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

正極および負極と非水電解液とを備える二次電池と、  
 前記二次電池の充放電可能な電池容量 A を取得する電池容量取得手段と、  
 前記二次電池の内部抵抗 B を取得する内部抵抗取得手段と、  
 電池容量低下量と内部抵抗増加量と劣化モードとの対応関係を示すマップを用いて、前記取得した電池容量 A と前記内部抵抗 B とに基づき、前記二次電池の状態が、  
 以下の(1)～(3)：  
 (1) 前記二次電池の摩耗による劣化；  
 (2) 前記二次電池の内部における前記負極での電荷担体の析出による劣化；および、  
 (3) 前記二次電池の内部における前記非水電解液の塩濃度分布の偏りによる劣化  
 のいずれの劣化モードであるかを判別する判別手段と  
 を備える、電池システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電池システムに関する。

【背景技術】

【0002】

20

近年、リチウムイオン二次電池、ニッケル水素電池その他の二次電池は、車両搭載用電源の電源として重要性が高まっている。特に、軽量で高エネルギー密度が得られるリチウムイオン二次電池は、プラグインハイブリッド（PHV）あるいは電気自動車（EV）等の車両搭載用高出力電源として好ましく用いられている。

【0003】

この種の二次電池においては、二次電池の劣化状態を判定し、劣化が発生しているときには使用を制限したり劣化を解消する処理を行ったりすることで、二次電池の高性能化が図られている。例えば特許文献1には、二次電池の摩耗による劣化と、二次電池の内部における塩濃度分布による劣化（ハイレート劣化）とを区別して、二次電池の劣化状態を判別し、塩濃度分布による劣化が発生しているときには、塩濃度分布を解消させる処理を行う電池システムが開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開第2013/121466号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、リチウムイオン二次電池等の二次電池において、劣化の主な原因としては、摩耗による劣化や塩濃度分布による劣化のほか、負極における電荷担体（リチウムイオン二次電池の場合、リチウム）の析出がある。特許文献1に開示された技術では、摩耗による劣化や塩濃度分布による劣化は判別することはできたとしても、電荷担体の析出による劣化を判別することは困難である。

20

【0006】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その主な目的は、摩耗による劣化や塩濃度分布による劣化に加えて、電荷担体の析出による劣化を判別することが可能な電池システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

ここで提案される電池システムは、正極および負極と非水電解液とを備える二次電池と、前記二次電池の充放電可能な電池容量Aを取得する電池容量取得手段と、前記二次電池の内部抵抗Bを取得する内部抵抗取得手段と、電池容量低下量と内部抵抗増加量と劣化モードとの対応関係を示すマップを用いて、前記取得した電池容量Aと前記内部抵抗Bとに基づき、前記二次電池の状態が、以下の(1)~(3)：

30

(1) 前記二次電池の摩耗による劣化；

(2) 前記二次電池の内部における前記負極での電荷担体の析出による劣化；および、

(3) 前記二次電池の内部における前記非水電解液の塩濃度分布の偏りによる劣化

のいずれの劣化モードであるかを判別する判別手段とを備える。

かかる構成によると、摩耗による劣化や塩濃度分布による劣化に加えて、電荷担体の析出による劣化を判別することができる。このため、電池の劣化に適切に対処することができ、電池状態に合わせた最適な電池制御が可能になる。

40

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本実施形態に係る二次電池の制御装置によって制御される電池システムの構成を示すブロック図である。

【図2】容量低下量と抵抗増加量との関係を示すグラフである。

【図3】容量低下量と抵抗増加量との関係を示すグラフである。

【図4】容量低下量と抵抗増加量との関係を示すグラフである。

【図5】正負極電位と電池容量との関係を例示した図である。

50

【図6】正負極電位と電池容量との関係を例示した図である。

【図7】正負極電位と電池容量との関係を例示した図である。

【図8】正負極電位と電池容量との関係を例示した図である。

【図9】電池容量低下量と内部抵抗増加量と劣化モードとの対応関係を示すマップの一例である。

【図10】電池システムの処理フローを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の好適な実施の形態を具体的に説明するが、本発明をかかるとして示すものに限定する意図ではない。なお、本明細書において特に言及している事項以外の事柄であって本発明の実施に必要な事柄は、当該分野における従来技術に基づく当業者の設計事項として把握され得る。本発明は、本明細書に開示されている内容と当該分野における技術常識とに基づいて実施することができる。また、以下の図面において、同じ作用を奏する部材・部位には同じ符号を付し、重複する説明は省略することができる。

10

【0010】

ここで開示される電池システムが処理対象とする二次電池は、正極および負極と非水電解液とを備える二次電池であれば特に制限されない。例えば、正負極間での電荷担体の移動に伴う電荷の移動により、繰り返し充放電が実現される各種の二次電池を対象とすることができる。例えば、リチウムイオン二次電池は、電荷担体としてリチウムイオンを利用する二次電池であり、本技術が対象とする好適な二次電池の一例であり得る。特に限定することを意図したものではないが、以下では主として本発明を車両に搭載されるリチウムイオン二次電池に適用する場合を例として本発明を詳細に説明する。

20

【0011】

図1は、本実施形態に係る電池システム1の構成を示すブロック図である。この電池システム1は、車両（典型的には自動車、特にハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車のような電動機を備える自動車）に好適に用いられる。

【0012】

電池システム1は、リチウムイオン二次電池10と、これに接続された負荷20と、リチウムイオン二次電池10の状態に応じて負荷20の作動を調節する電子制御ユニット（ECU）30とを含む構成であり得る。リチウムイオン二次電池10に接続された負荷20は、リチウムイオン二次電池10に蓄えられた電力を消費する電力消費機（例えばモータ）を含み得る。該負荷20は、電池10を充電可能な電力を供給する電力供給機（充電器）を含み得る。

30

【0013】

リチウムイオン二次電池10は、対向する正極と負極と、これら正負極間に供給されるリチウムイオンを含む非水電解液（液状の電解質）とから構成されている。正極および負極には、リチウムイオンを吸蔵および放出し得る活物質が含まれている。電池の充電時には、正極活物質からリチウムイオンが放出され、このリチウムイオンは電解質を通じて負極活物質に吸蔵される。また、電池の放電時には、その逆に、負極活物質に吸蔵されていたリチウムイオンが放出され、このリチウムイオンは非水電解液を通じて再び正極活物質に吸蔵される。この正極活物質と負極活物質との間のリチウムイオンの移動に伴い、活物質から外部端子へと電子が流れる。これにより、負荷20に対して放電が行われる。

40

【0014】

ここでリチウムイオン二次電池は、一般に、使用に伴い劣化（容量の低下および内部抵抗の増加）が生じることが知られている。本発明者の知見によれば、劣化の主な原因としては、

（1）二次電池の摩耗による劣化（以下、「通常劣化」ともいう。）、

（2）二次電池の内部における負極でのリチウムの析出による劣化、および

（3）二次電池の内部における非水電解液の塩濃度分布の偏りによる劣化（典型的にはハイレート充放電の繰り返しにより正極および負極に浸透した非水電解液のリチウム塩濃度

50

に場所による偏り（ムラ）が生じることに起因する劣化、以下、「ハイレート劣化」ともいう。）

が考えられる。

【0015】

本発明者は、種々実験を行った結果、上記（１）～（３）の劣化と、電池容量の低下量と、内部抵抗の増加量との間に一定の相関関係があることを見出した。具体的には、リチウムイオン二次電池に対して上記（１）～（３）の劣化を伴うサイクル劣化試験を行い、サイクル劣化試験前後における二次電池の電池容量および内部抵抗の変化量を測定した。結果を図２～図４に示す。図２～図４は、サイクル劣化試験前後における容量低下量と内部抵抗増加量との関係を示すグラフである。

10

【0016】

図２～図４に示すように、上記（１）の摩耗による劣化（通常劣化）を伴うサイクル劣化試験後においては、電池容量が低下するとともに内部抵抗が増大傾向を示した。一方、上記（２）のリチウム析出による劣化を伴うサイクル劣化試験では、電池容量は低下したものの、内部抵抗はさほど増大せず、上記（１）の通常劣化に比べて、容量劣化に対する抵抗増大が小さかった。また、上記（３）の塩濃度分布の偏りによる劣化を伴うサイクル劣化試験では、内部抵抗は増大したものの、電池容量はさほど低下せず、上記（１）の通常劣化に比べて、容量劣化に対する抵抗増大が大きかった。

【0017】

このような傾向が得られる理由としては、特に限定的に解釈されるものではないが、例えば以下のように考えられる。ここで、図５は上記サイクル劣化試験前（すなわち初期状態）における二次電池の正負極電位と電池容量との関係を例示した図であり、図６は上記（１）の摩耗による通常劣化を伴うサイクル劣化試験後における二次電池の正負極電位と電池容量との関係を例示した図であり、図７は上記（２）のリチウム析出による劣化を伴うサイクル劣化試験後における二次電池の正負極電位と電池容量との関係を例示した図であり、図８は上記（３）の塩濃度分布の偏りによる劣化を伴うサイクル劣化試験後における二次電池の正負極電位と電池容量との関係を例示した図である。

20

【0018】

正極と負極には、前述のとおり、活物質が備えられている。活物質がリチウムイオンを吸蔵する電位は結晶構造や組成等によって決まっており、電池としての可逆的に充放電可能な電池容量（可逆容量）は、正極と負極との開回路電位（OCV）において、正極電位と負極電位との容量運用域の重なった領域の大きさで決定される。図５に示す二次電池の初期状態においては、正極と負極との開回路電位において、正極電位と負極電位との容量運用域の重なった領域が初期容量となる。また、充電中は内部抵抗により正極と負極のそれぞれで開回路電位に過電圧がプラスされ（正極充電時電位および負極充電時電位）、その電位差が二次電池の充電曲線となる。

30

【0019】

ここで上記（１）の摩耗による劣化（通常劣化）を伴うサイクル劣化試験においては、図６に示すように、正極および負極での被膜形成により電荷担体であるリチウムイオンが消費されて不可逆容量が発生し、それに伴い充電末期においては負極電位が初期の負極電位にまで戻らない負極の容量ずれが発生する（すなわち負極の開回路電位が左方にシフトする）と考えられる。また、正極および負極での被膜形成により正極抵抗および負極抵抗が増大し、内部抵抗（ひいては過電圧）が増大した結果、正極充電時電位が上方にシフトし、負極充電時電位が下方にシフトすると考えられる。つまり、上記（１）の摩耗による通常劣化を伴うサイクル劣化試験後においては、電池容量が初期容量に比べて低下するとともに、内部抵抗が増大傾向を示すと考えられる。

40

【0020】

一方、図７に示すように、上記（２）のリチウム析出による劣化を伴うサイクル劣化試験においては、リチウムイオンが負極表面に析出し、不活性化するなどして不可逆容量が大きくなるため、負極の容量ずれが発生する（負極の開回路電位が左方にシフトする）が

50

、その一方で、正極抵抗は変化せず、負極抵抗は摩耗による通常劣化に比べると増加量は小さい（正極充電時電位および負極充電時電位は通常劣化に比べて変化しない）と考えられる。つまり、上記（２）のリチウム析出による劣化を伴うサイクル劣化試験では、摩耗による通常劣化に比べて、容量劣化に対する抵抗増大が小さくなるものと考えられる。

【 0 0 2 1 】

また、図 8 に示すように、上記（３）の塩濃度分布の偏りによる劣化を伴うサイクル劣化試験においては、リチウム塩濃度が相対的に低い部分では電解液のリチウムイオン量が不足して正極抵抗および負極抵抗が増大し、内部抵抗（ひいては過電圧）が増大した結果、正極充電時電位が上方にシフトし、負極充電時電位が下方にシフトするが、その一方で、不可逆容量は発生せず、負極の容量ずれは生じにくい（負極の開回路電位は殆ど変化しない）と考えられる。つまり、上記（３）の塩濃度分布の偏りによる劣化を伴うサイクル劣化試験では、摩耗による通常劣化に比べて、容量劣化に対する抵抗増大が大きくなるものと考えられる。

10

【 0 0 2 2 】

ここで開示される技術においては、このような各劣化モードによる容量劣化に対する抵抗増加の挙動の違いに着目し、容量劣化に対する抵抗増加の挙動を把握することで、二次電池の劣化モードを推定するようにしている。

【 0 0 2 3 】

すなわち、この電池システム 1 は、二次電池の充放電可能な電池容量 A を取得する電池容量取得手段と、二次電池の内部抵抗 B を取得する内部抵抗取得手段と、電池容量低下量と内部抵抗増加量と劣化モードとの対応関係を示すマップを用いて、前記取得した電池容量 A と前記内部抵抗 B とに基づき、前記二次電池の状態が、以下の（１）～（３）：

20

（１）前記二次電池の摩耗による劣化；

（２）前記二次電池の内部における前記負極での電荷担体の析出による劣化；および、

（３）前記二次電池の内部における前記非水電解液の塩濃度分布の偏りによる劣化のいずれの劣化モードであるかを判別する判別手段と

を備える。ECU30 の典型的な構成には、少なくとも、かかる制御を行うためのプログラムを記憶した ROM (Read Only Memory) と、そのプログラムを実行可能な CPU (Central Processing Unit) と、一時的にデータを記憶する RAM (random access memory) と、図示しない入出力ポートとが含まれる。ROM には、電池容量低下量と内部抵抗増加量と劣化モードとの対応関係を示すマップが記憶されている。ECU30 には、図示しない電圧センサ、電流センサ、温度センサ等からの各種信号などが入力ポートを介して入力される。また、ECU30 からは、負荷 20（電力消費機および/または電力供給機）への駆動信号などが出力ポートを介して出力される。この ECU30 により本実施形態の電池容量取得手段と内部抵抗取得手段と判別手段とが構成されている。

30

【 0 0 2 4 】

電池容量取得手段は、二次電池の充放電可能な電池容量 A を取得（推定）するものとして構成されている。電池容量 A を取得する方法としては特に限定されず、一般的な電池システムにおいて常套的に使用されている従来公知の方法を採用し得る。例えば、電流センサ、電流センサおよび温度センサ等で検出した各種データに基づいて、電池モデル式に従って、二次電池の電池容量を推定する方法（例えば予め求められた二次電池の正極および負極の開回路電圧特性を記憶し、この記憶したデータと、電流センサ、電流センサおよび温度センサで検出したデータとを参照して、正極および負極の活物質質量、容量密度、抵抗を抽出し、この抽出したパラメータを用いて二次電池の電池容量を推定する方法）が例示される。この方法は、例えば、必要に応じて特開 2014 - 10003 号公報を参照して実施することができる。

40

【 0 0 2 5 】

内部抵抗取得手段は、二次電池の内部抵抗 B を取得（推定）するものとして構成されて

50

いる。内部抵抗Bを取得する方法としては特に限定されず、一般的な電池システムにおいて常套的に使用されている従来公知の方法を採用し得る。例えば、電流センサおよび電流センサで検出した各種データに基づいて、充放電時の電圧変化分をそのときの電流値の変化分で除算することにより、内部抵抗を推定する方法（例えば電流変化量のパラメータと、電圧変化量およびインピーダンス変化量に基づくパラメータとを直線近似し、近似した直線の傾きを電池のインピーダンスとして算出する方法）が例示される。この方法は、例えば、必要に応じて特開2006-250905号公報を参照して実施することができる。

#### 【0026】

判別手段は、電池容量低下量と内部抵抗増加量と劣化モードとの対応関係を示すマップを用いて、上記取得した電池容量Aと上記内部抵抗Bとに基づき、前記二次電池の状態が、二次電池の摩耗による劣化、二次電池の内部における負極での電荷担体の析出による劣化、および、二次電池の内部における非水電解液の塩濃度分布の偏りによる劣化のいずれの劣化モードであるかを判別するものとして構成されている。この実施形態では、判別手段は、初期容量から上記取得した電池容量Aを差し引いて電池容量低下量を算出する。また、判別手段は、上記取得した内部抵抗Bから初期内部抵抗を差し引いて内部抵抗増加量を算出する。そして、図9に示すような電池容量低下量と内部抵抗増加量と劣化モードとの対応関係を示すマップを参照して、上記算出した電池容量低下量と内部抵抗増加量とに対応する劣化モードを特定する。このマップは、予め予備実験などを行うことにより作成することができる。また、上記対応関係を示す複数のマップを用意し、電池の使用条件等に応じて複数のマップを切り替えるようにしてもよい。初期容量および初期内部抵抗についても、予め予備実験などを行うことにより求めることができる。

#### 【0027】

電池システム1は、上記判別手段で判別した結果を表示装置（図示せず）に出力してもよい。表示装置では、判別手段で判別した劣化モードが表示される。これにより、二次電池の劣化状態を視覚的に把握することができる。

#### 【0028】

電池システム1は、上記判別手段で判別した劣化モードに応じて電池制御を行う制御手段を備えていてもよい。制御手段は、判別手段で判別した劣化モードに基づいて、電池状態が良好に保たれるように負荷20（電力消費機および/または電力供給機）を駆動制御する、また、制御手段は、判別手段で判別した劣化モードに基づいて、劣化が解消または緩和されるように劣化解消手段を駆動制御する。

#### 【0029】

例えば、劣化モードが負極でのリチウム析出による劣化モードである場合、制御手段は、負荷20を駆動制御して負極に析出したリチウムが除去されるように放電処理を行うことができる。この方法は、例えば、必要に応じて特開2013-110885号公報を参照して実施することができる。また、制御手段は、負荷20を駆動制御して負極に析出したリチウムが溶解除去されるように負極の電位を上昇させることができる。この方法は、例えば、必要に応じて特開2009-199936号公報を参照して実施することができる。また、制御手段は、劣化解消手段（加熱手段）を駆動制御して負極に析出したリチウムが溶解する電池温度以上となるように電池を加熱することができる。この方法は、例えば、必要に応じて特開2011-142016号公報を参照して実施することができる。

#### 【0030】

また、劣化モードがリチウム塩濃度分布の偏りによる劣化（ハイレート劣化）による劣化モードである場合、制御手段は、負荷20を駆動制御してリチウム塩濃度分布の偏りが解消されるようにパルス充放電処理を行うことができる。この方法は、例えば、必要に応じて特開2010-272470号公報を参照して実施することができる。また、制御手段は、電池の許容される最大出力（放電電力値）を小さく設定し、その設定された最大出力の範囲内で負荷20を駆動制御することができる。この方法は、例えば、必要に応じて特開2009-123435号公報を参照して実施することができる。また、制御手段は

10

20

30

40

50

、劣化解消手段（電解液加振手段）を駆動制御してリチウム塩濃度分布の偏りが解消または緩和されるように電解液の流動を促進することができる。この方法は、例えば、必要に応じて特開2010-251025号公報を参照して実施することができる。また、制御手段は、劣化解消手段（加温手段）を駆動制御してリチウム塩濃度分布の偏りが解消または緩和されるように電池を加温することができる。この方法は、例えば、必要に応じて特開2014-154399号公報を参照して実施することができる。

【0031】

また、制御手段は、上記劣化解消手段を駆動制御しても電池の劣化が解消または緩和されない場合には、電池の使用を停止することができる。

【0032】

このように構成された電池システム1の動作について説明する。図10は、本実施形態に係る電池システム1のECU30により実行される劣化モード判別処理ルーチンの一例を示すフローチャートである。このルーチンは、例えば車両に搭載された直後から所定時間毎に周期的に繰り返し実行される。

【0033】

図10に示す劣化モード判別処理ルーチンが実行されると、ECU30のCPUは、まず、ステップS10において、処理対象のリチウムイオン二次電池10について、電池容量Aを取得する。例えば、電流センサ、電流センサおよび温度センサで検出したデータに基づいて、電池モデル式に従って電池容量Aを推定するとよい。また、ステップS20において、二次電池の内部抵抗Bを取得する。例えば、電流センサおよび電流センサで検出したデータに基づいて、充放電時の電圧変化分をそのときの電流値の変化分で除算することにより、内部抵抗を推定するとよい。

【0034】

次いで、ステップS30において、初期容量から上記取得した電池容量Aを差し引いて電池容量低下量（Ah）を算出する。また、上記取得した内部抵抗Bから初期内部抵抗を差し引いて内部抵抗増加量（R）を算出する。

【0035】

次いで、ステップS40において、ROMに記憶されている電池容量低下量と内部抵抗増加量と劣化モードとの対応関係を示すマップを参照して、上記算出した電池容量低下量（Ah）と内部抵抗増加量（R）とに対応する劣化モードを特定する。具体的には、図9に示すマップを参照して、二次電池の状態が、二次電池の摩耗による劣化（通常劣化）、負極でのリチウム析出による劣化、および、塩濃度分布の偏りによる劣化（ハイレート劣化）のいずれの劣化モードであるかを判別する。そして、二次電池の劣化モードが摩耗による劣化の場合（YESの場合）、二次電池は正常であると判断して、この処理ルーチンを終了する。一方、二次電池の劣化モードが負極でのリチウム析出による劣化もしくは塩濃度分布の偏りによる劣化の場合（NOの場合）、二次電池は正常でないとして判断して、ステップS50に進む。

【0036】

ステップS50では、上記判別した劣化モード（すなわち負極でのリチウム析出による劣化モードまたは塩濃度分布の偏りによる劣化モード）に応じて電池制御を行う。具体的には、上記判別した劣化モードに基づいて、電池状態が良好に保たれるように負荷20を駆動制御したり、各劣化モードの劣化が解消されるように劣化解消手段を駆動制御したりする。このステップS50の処理を行っても劣化が解消しない場合には、電池の使用を停止してもよい。

【0037】

上記実施形態によると、摩耗による劣化や塩濃度分布による劣化に加えて、リチウムの析出による劣化を判別することが可能となる。このため、電池の劣化に適切に対処することができ、電池状態に合わせた最適な電池制御が可能になる。

【0038】

以上、本発明を好適な実施形態により説明してきたが、こうした記述は限定事項ではな

10

20

30

40

50

く、勿論、種々の改変が可能である。

【符号の説明】

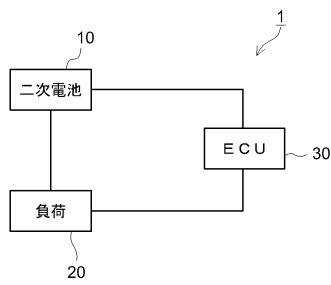
【 0 0 3 9 】

1 0 二次電池

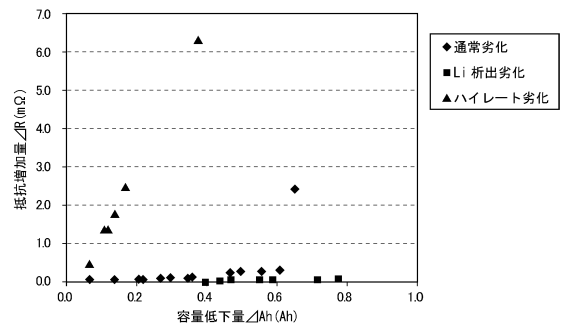
2 0 負荷

3 0 E C U

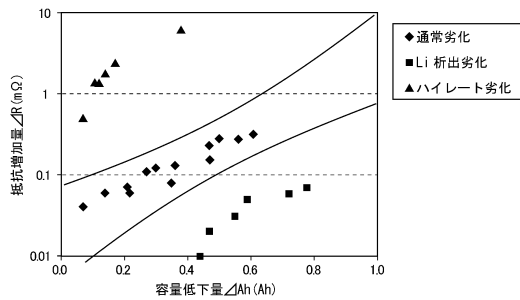
【 図 1 】



【 図 3 】

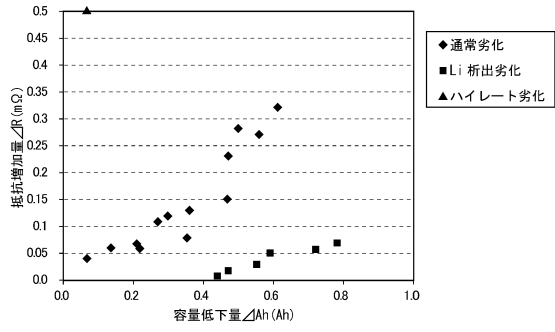


【 図 2 】

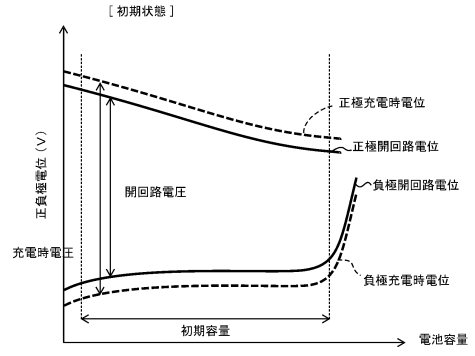




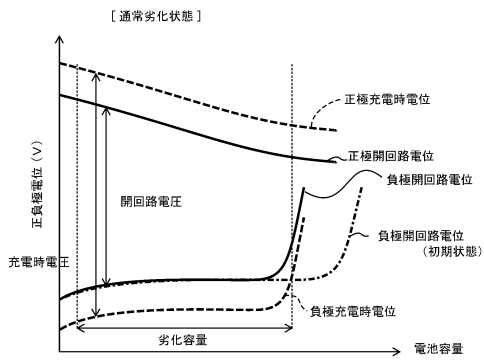
【 図 4 】



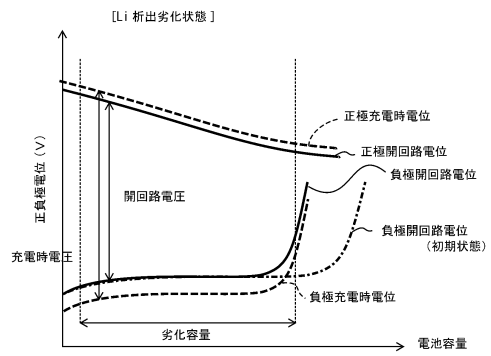
【 図 5 】



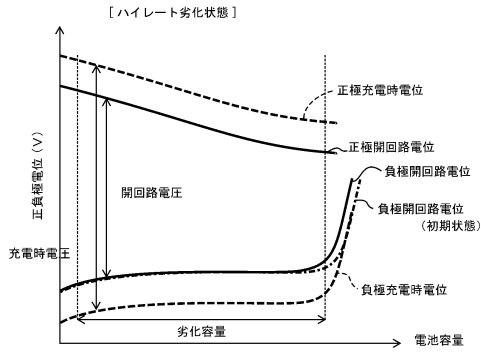
【 図 6 】



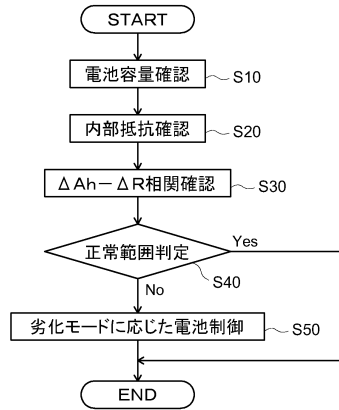
【 図 7 】



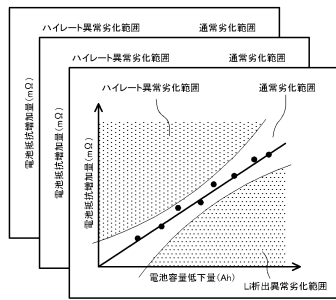
【図8】



【図10】



【図9】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-066229(JP,A)  
特開2014-157662(JP,A)  
特開2013-044580(JP,A)  
国際公開第2011/145161(WO,A1)  
特開2013-247054(JP,A)  
国際公開第2013/114468(WO,A1)  
特開2013-020826(JP,A)  
米国特許出願公開第2013/0099794(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M	10/48
G01R	31/36
H01M	10/42
H02J	7/00