

(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2011-222343

(P2011-222343A)

(43) 公開日 平成23年11月4日(2011.11.4)

(51) Int.Cl.
H01M 10/48 (2006.01)

F I
H01M 10/48

テーマコード (参考)
5H030

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2010-91151 (P2010-91151)
(22) 出願日 平成22年4月12日 (2010.4.12)

(71) 出願人 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 110000291
特許業務法人コスモス特許事務所
(72) 発明者 手塚 卓睦
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 石下 晃生
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 真野 亮
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

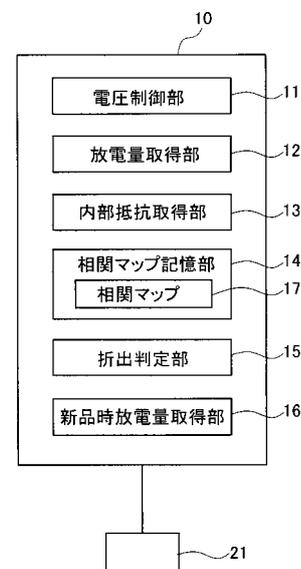
(54) 【発明の名称】 非水電解液型リチウムイオン二次電池システム、そのシステムにおけるリチウム析出判定方法、および、そのシステムを搭載する車両

(57) 【要約】

【課題】劣化の進行した非水電解液型リチウムイオン二次電池のリチウム析出の程度を精度よく判定できる非水電解液型リチウムイオン二次電池システム、そのシステムにおけるリチウム析出判定方法、および、そのシステムを搭載する車両を提供すること。

【解決手段】本発明の電池システムは、電池の判定開始電圧から判定終了電圧までの放電量（判定区間放電量）を取得する放電量取得部と、電池の内部抵抗値を取得する内部抵抗取得部と、判定対象と同種の電池でリチウム析出の起こっていないものにおける、内部抵抗値と判定区間放電量の情報との組合せを、電池の経時劣化の程度ごとに記録した関連マップと、対象電池の判定時の判定区間放電量と対象電池の判定時の内部抵抗値とを、関連マップを介して少なくとも一方を変換することにより同一の尺度上で対比して、対象電池におけるリチウム析出の程度を判定する析出判定部とを有する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

非水電解液型リチウムイオン二次電池を予め定めた判定開始電圧から予め定めた判定終了電圧まで放電させたときの放電量（以下、「判定区間放電量」という）を取得する放電量取得部と、

非水電解液型リチウムイオン二次電池の内部抵抗値を取得する内部抵抗取得部と、

判定対象の非水電解液型リチウムイオン二次電池（以下、「対象電池」という）と同種の電池であってリチウム析出の起こっていないものにおける、内部抵抗値と判定区間放電量の情報との組合せを、電池の経時劣化の程度ごとに記録した相関マップと、

対象電池について判定時に前記放電量取得部で取得した判定区間放電量と、対象電池について判定時に前記内部抵抗取得部で取得した内部抵抗値とを、前記相関マップを介して少なくとも一方を変換することにより同一の尺度上で対比して、対象電池におけるリチウム析出の程度を判定する析出判定部とを有することを特徴とする非水電解液型リチウムイオン二次電池システム。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の非水電解液型リチウムイオン二次電池システムにおいて、

前記内部抵抗取得部は、前記放電量取得部による放電量の取得のための放電時の電流値と電圧値とから内部抵抗値の取得を行うことを特徴とする非水電解液型リチウムイオン二次電池システム。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の非水電解液型リチウムイオン二次電池システムにおいて

20

対象電池の新品時の判定区間放電量を取得する新品時放電量取得部を有し、

前記析出判定部は、前記新品時放電量取得部が取得した判定区間放電量（以下、「新品時判定区間放電量」という）に基づいて、対象電池の判定時の判定区間放電量と、対象電池の判定時の内部抵抗値と、前記相関マップとの 3 者のうち 1 つを補正した上で判定を行うことを特徴とする非水電解液型リチウムイオン二次電池システム。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の非水電解液型リチウムイオン二次電池システムにおいて、

前記相関マップは、前記判定区間放電量の情報として、新品時判定区間放電量と判定区間放電量との差の値（以下、「減少放電量」という）を用いるものであり、

30

前記析出判定部は、

対象電池の判定時の減少放電量と、対象電池の判定時の内部抵抗値に基づいて前記相関マップから読み出された判定区間放電量の情報と、の差の値（以下、「追加減少分」という）に応じて、

追加減少分が大きい場合はリチウム析出の程度が大きく、追加減少分が小さい場合はリチウム析出の程度が小さいと判定することを特徴とする非水電解液型リチウムイオン二次電池システム。

【請求項 5】

対象電池と同種の電池であってリチウム析出の起こっていないものにおける、内部抵抗値と判定区間放電量の情報との組合せを、電池の経時劣化の程度ごとに記録した相関マップを有し、

40

対象電池について、判定時に判定区間放電量と内部抵抗値とを取得し、

取得した判定区間放電量と、取得した内部抵抗値とを、前記相関マップを介して少なくとも一方を変換することにより同一の尺度上で対比して、対象電池におけるリチウム析出の程度を判定することを特徴とする非水電解液型リチウムイオン二次電池システムにおけるリチウム析出判定方法。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 4 までのいずれか 1 つに記載の非水電解液型リチウムイオン二次電池システムを搭載する車両。

50

【請求項 7】

請求項 6 に記載の車両において、

走行中に非水電解液型リチウムイオン二次電池の電圧値と電流値との組を測定するとともに取得された前記組を記憶する電圧電流取得部を有し、

前記内部抵抗取得部は、前記電圧電流取得部に 2 以上の前記組が記憶されている場合には、前記電圧電流取得部に記憶されている前記組に基づいて内部抵抗値を取得するとともに、それ以外の場合には、走行しない状態で非水電解液型リチウムイオン二次電池の充放電を行うことによって複数個の電圧電流値の組を取得し、その値に基づいて内部抵抗値を取得することを特徴とする車両。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】**【0001】**

本発明は、非水電解液型リチウムイオン二次電池におけるリチウム析出の程度を判定するようにした非水電解液型リチウムイオン二次電池システム、そのシステムにおけるリチウム析出判定方法、および、そのシステムを搭載する車両に関する。さらに詳細には、対象の電池を解体することなく、測定したデータに基づいてリチウム析出の判定を行う非水電解液型リチウムイオン二次電池システム等に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

車載用その他の非水電解液型リチウムイオン二次電池においては、その使用過程で内部に金属リチウムの析出（以下、「リチウム析出」という）が起こる場合がある。このような状態に至った電池をそのまま使用し続けていたのでは、システム本来の性能を発揮できない。従って、非水電解液型リチウムイオン二次電池におけるリチウム析出の程度を把握する必要がある。

20

【0003】

このため、従来より、リチウム析出の有無を判定しようとする技術が提案されている（例えば、特許文献 1 参照。）。特許文献 1 では、走行モード時に電池の蓄電容量を算出している。そして、算出された蓄電容量を過去の蓄電容量と比較することによって、リチウム析出の有無を判定できるとされている。すなわち、リチウムが析出すると、析出がない場合に比較して蓄電容量が低下するため、蓄電容量の低下を判定することによりリチウム析出の有無を判定するとされている。

30

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献 1】特開 2009 - 63555 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかしながら、蓄電容量が低下する原因としては、リチウム析出によるもの以外に、経年劣化によるものがある。前記した特許文献 1 の技術では、これらを明確に区別することはできない。そのため、リチウム析出の判定精度が低いという問題点があった。

40

【0006】

本発明は、前記した従来技術が有する問題点を解決するためになされたものである。すなわちその課題とするところは、劣化の進行した非水電解液型リチウムイオン二次電池のリチウム析出の程度を精度よく判定できる非水電解液型リチウムイオン二次電池システム、そのシステムにおけるリチウム析出判定方法、および、そのシステムを搭載する車両を提供することにある。

【課題を解決するための手段】**【0007】**

この課題の解決を目的としてなされた本発明の非水電解液型リチウムイオン二次電池シ

50

システムは、非水電解液型リチウムイオン二次電池を予め定めた判定開始電圧から予め定めた判定終了電圧まで放電させたときの放電量（以下、「判定区間放電量」という）を取得する放電量取得部と、非水電解液型リチウムイオン二次電池の内部抵抗値を取得する内部抵抗取得部と、判定対象の非水電解液型リチウムイオン二次電池（以下、「対象電池」という）と同種の電池であってリチウム析出の起こっていないものにおける、内部抵抗値と判定区間放電量の情報との組合せを、電池の経時劣化の程度ごとに記録した相関マップと、対象電池について判定時に放電量取得部で取得した判定区間放電量と、対象電池について判定時に内部抵抗取得部で取得した内部抵抗値とを、相関マップを介して少なくとも一方を変換することにより同一の尺度上で対比して、対象電池におけるリチウム析出の程度を判定する析出判定部とを有するものである。

10

【0008】

本発明の非水電解液型リチウムイオン二次電池システムでは、相関マップを用いて、対象電池の判定時における、内部抵抗値と判定区間放電量の情報とを対比させ、対象電池におけるリチウム析出の程度を判定する。この相関マップは、判定対象と同種の電池で、リチウム析出が無く経年変化のみによって劣化したものについて、内部抵抗値と判定区間放電量の情報との組合せをマップ化したものである。従って、この相関マップを参照することにより、リチウム析出が無い場合の対象電池の状態を推定することができる。さらに、その推定された状態より劣化が進んでいけば、リチウムの析出によるものであると推定できる。そこで、この相関マップを介して、取得した判定区間放電量と内部抵抗値との少なくとも一方を変換して同一の尺度上で対比することにより、リチウム析出の程度を判定できる。これにより、劣化の進行した非水電解液型リチウムイオン二次電池のリチウム析出の程度を精度よく判定できる電池システムとなっている。

20

【0009】

さらに本発明では、内部抵抗取得部は、放電量取得部による放電量の取得のための放電時の電流値と電圧値とから内部抵抗値の取得を行うことが望ましい。

このようなものであれば、内部抵抗値の取得のためだけに充放電を行う必要はない。

【0010】

さらに本発明では、対象電池の新品時の判定区間放電量を取得する新品時放電量取得部を有し、析出判定部は、新品時放電量取得部が取得した判定区間放電量（以下、「新品時判定区間放電量」という）に基づいて、対象電池の判定時の判定区間放電量と、対象電池の判定時の内部抵抗値と、相関マップとの3者のうち1つを補正した上で判定を行うことが望ましい。

30

このようなものであれば、対象電池における新品時の性能に基づいて判定できるので、同種の電池の新品時の性能に多少のバラツキがあっても、対象電池について精度のよい判定が可能となっている。

【0011】

さらに本発明では、相関マップは、判定区間放電量の情報として、新品時判定区間放電量と判定区間放電量との差の値（以下、「減少放電量」という）を用いるものであり、析出判定部は、対象電池の判定時の減少放電量と、対象電池の判定時の内部抵抗値に基づいて相関マップから読み出された判定区間放電量の情報と、の差の値（以下、「追加減少分」という）に応じて、追加減少分が大きい場合はリチウム析出の程度が大きく、追加減少分が小さい場合はリチウム析出の程度が小さいと判定することが望ましい。

40

このようなものであれば、相関マップには、判定区間放電量の新品時からの経年劣化のみによる減少量が、内部抵抗値に対応させて記録されていることになる。従って、対象電池の判定時の内部抵抗値に基づいて相関マップから減少放電量を取得し、これと判定時の減少放電量とを比較することにより、新品時の判定区間放電量の多寡に関わらず、同一の尺度で対比させることが可能となる。これにより、リチウム析出の程度をより精度よく判定することができる。

【0012】

また本発明は、上記のような非水電解液型リチウムイオン二次電池システムにおいて、

50

対象電池と同種の電池であってリチウム析出の起こっていないものにおける、内部抵抗値と判定区間放電量の情報との組合せを、電池の経時劣化の程度ごとに記録した相関マップを有し、対象電池について、判定時に判定区間放電量と内部抵抗値とを取得し、取得した判定区間放電量と、取得した内部抵抗値とを、相関マップを介して少なくとも一方を変換することにより同一の尺度上で対比して、対象電池におけるリチウム析出の程度を判定するリチウム析出判定方法にも及ぶ。

【0013】

本発明は、上記のような非水電解液型リチウムイオン二次電池システムを搭載する車両にも及ぶ。

【0014】

さらに本発明では、走行中に非水電解液型リチウムイオン二次電池の電圧値と電流値との組を測定するとともに取得された組を記憶する電圧電流取得部を有し、内部抵抗取得部は、電圧電流取得部に2以上の組が記憶されている場合には、電圧電流取得部に記憶されている組に基づいて内部抵抗値を取得するとともに、それ以外の場合には、走行しない状態で非水電解液型リチウムイオン二次電池の充放電を行うことによって複数の電圧電流値の組を取得し、その値に基づいて内部抵抗値を取得することが望ましい。

このようなものであれば、診断のためだけの充放電をできるだけ行わないようにして、リチウム析出の程度を精度よく判定できる。

【発明の効果】

【0015】

本発明の非水電解液型リチウムイオン二次電池システム、そのシステムにおけるリチウム析出判定方法、および、そのシステムを搭載する車両によれば、劣化の進行した非水電解液型リチウムイオン二次電池のリチウム析出の程度を精度よく判定できる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本形態に係る電池システムを示すブロック図である。

【図2】内部抵抗値と放電量との関係を示すグラフ図である。

【図3】電池を放電した時の電圧値と放電量との関係を示すグラフ図である。

【図4】相関マップの例を示すグラフ図である。

【図5】相関マップの別の使い方の例を示すグラフ図である。

【図6】相関マップの別の使い方の例を示すグラフ図である。

【図7】電池を搭載した車両を示す説明図である。

【図8】車両に搭載された電池における電圧値と電流値との関係を示すグラフ図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明を具体化した形態について、添付図面を参照しつつ詳細に説明する。本形態は、非水電解液型リチウムイオン二次電池（以下、単に「電池」という）を搭載している非水電解液型リチウムイオン二次電池システム（以下、単に「電池システム」という）における、リチウム析出の程度の判定のための技術である。

【0018】

本形態に係る電池システム10を、図1に示す。図1の電池システム10は、判定対象である電池21に接続されて、電池21におけるリチウムの析出の程度を、電池21を解体することなく判定するものである。そのために、本形態の電池システム10は、接続された電池21を、電圧値や電流値を制御しつつ放電させることができるようになっている。

【0019】

本形態では、電池21を、その電圧が予め決めた診断開始電圧 V_s から予め決めた診断終了電圧 V_e となるまで放電させ、その間の電流値を積算して放電量 Q を得る。この放電量 Q は、電池21の劣化により減少することが知られている。また、電池21の状態を表す他の指標として、内部抵抗値 R がある。そして、内部抵抗値 R も、劣化によって変化する

10

20

30

40

50

ることが知られている。内部抵抗値 R は、電池 2 1 の劣化に伴い次第に上昇する。

【0020】

電池 2 1 が劣化する原因のうち大きいものとして、経年劣化とリチウム析出とがある。経年劣化は、使用しなくても経年によって起きる劣化である。ただし、使用状況によってその進行の度合いは異なる。この経年劣化は、図 2 に示すように、放電量 Q の減少と内部抵抗値 R の上昇を伴って進行する。一方、リチウム析出は、適切な使用を続ければ殆ど起きない劣化である。

【0021】

そして、本発明の発明者らは、リチウム析出の起きた電池 2 1 における放電量 Q の減少幅が、経年劣化による減少幅とリチウム析出に起因する減少幅との和に近いものであることを見出した。すなわち、ある基準時点からの放電量 Q の減少幅から、その期間の経年劣化のみによる減少幅を差し引けば、リチウム析出の程度を判定できることが分かった。その一方で、内部抵抗値 R の上昇の程度は、リチウム析出の有無には殆ど影響されない。そのため、経年劣化のみによる放電量 Q の減少幅は、内部抵抗値 R の値から推し量ることができる。そこで、内部抵抗値 R の値に基づいて経年劣化のみによる放電量 Q の減少幅を推定し、これを全体の減少幅から差し引けば、リチウム析出の程度を判定することができることが分かった。

【0022】

本形態の電池システム 1 0 は、図 1 に示すように、電圧制御部 1 1 と、放電量取得部 1 2 と、内部抵抗取得部 1 3 と、相関マップ記憶部 1 4 と、析出判定部 1 5 と、新品時放電量取得部 1 6 とを有している。さらに、相関マップ記憶部 1 4 は、相関マップ 1 7 を記憶するものである。本形態の電池システム 1 0 では、電池 2 1 の種類ごとに実験によって予め作成した相関マップ 1 7 を、相関マップ記憶部 1 4 に記憶している。

【0023】

図 1 の電池システム 1 0 において、電圧制御部 1 1 は、接続された電池 2 1 の電圧値を取得するとともに、放電の開始・停止等を制御するものである。本形態では電池の判定のために、予め決めた診断開始電圧 V_s から予め決めた診断終了電圧 V_e まで電池 2 1 を放電させる。そして、本診断のための放電時には、電流値が低電流のほぼ一定値（例えば、1 ~ 10 A 程度、好ましくは 5 A 程度）となるように制御しつつ放電を行う。なお、診断開始電圧 V_s および診断終了電圧 V_e については特に限定はしないが、例えば、診断開始電圧 V_s は SOC（充電状態値）60% 程度に相当する電圧、診断終了電圧 V_e は SOC 20 ~ 30% 程度に相当する電圧に決定しておけばよい。

【0024】

また、放電量取得部 1 2 は、上記の電圧制御部 1 1 の制御によって、診断開始電圧 V_s から診断終了電圧 V_e まで放電された期間中に、電池 2 1 から放電された電流の電流値を時間について積算し、放電量 Q を取得するものである。この放電量 Q が、判定区間放電量である。本形態の放電量取得部 1 2 によって取得される放電量 Q は、例えば図 3 に示すような傾向のものである。この図で、縦軸は電池 2 1 の電圧値、横軸はその時点までの放電量である。電池 2 1 の状態によって、この図に示すように、得られる放電量 Q は異なるものとなる。

【0025】

また、内部抵抗取得部 1 3 は、判定時の電池 2 1 における内部抵抗値 R を取得するものである。内部抵抗値 R は、電池 2 1 の充放電時の電圧値と電流値の組の値から得られる。例えば、上記のように放電量 Q を取得するために電池 2 1 を放電させている期間中に、電圧値と電流値との組を複数組取得して、それらから内部抵抗値 R を算出するようにしてもよい。

【0026】

相関マップ記憶部 1 4 は、図 1 に示すように、相関マップ 1 7 を記憶するものである。相関マップ 1 7 については後述する。また、析出判定部 1 5 は、放電量取得部 1 2 によって得られる放電量 Q と、内部抵抗取得部 1 3 によって得られる内部抵抗値 R と、相関マッ

10

20

30

40

50

ブ 17 とを用いてリチウム析出の程度を判定するものである。その判定方法についても後述する。

【0027】

ところで、図3に示すように放電量 Q を比較するに当たって、その基準時点として、その電池 21 の新品時というのは好ましい指標である。この時点ではリチウム析出が発生していないことが確実だからである。そこで本形態では、新品時放電量取得部 16 を有し、放電量 Q の基準値として使用するために、新品状態での当該電池 21 の放電量（以下、「新品時放電量 Q_n 」という）を取得している。この新品時放電量 Q_n が、新品時判定区間放電量に相当する。

【0028】

図3に示したように、電池 21 の状態によって、放電量取得部 12 で得られる放電量 Q は異なる。電池 21 が新品である場合には、図中に太線の実線 L_1 で示すように、同じ電圧区間の放電で最も大きい新品時放電量 Q_n が得られる。また、図中に破線 L_2 で示しているのは、リチウム析出を起こすことなく経年劣化のみが進行した電池（以下、「経年劣化電池 21r」という）の例である。以下では、この経年劣化電池 21r の放電量を、経年放電量 Q_r という。

【0029】

また、破線 L_3 で示しているのは、仮にリチウム析出のみによって劣化した電池というものを仮定した場合の放電量の例 Q_L である。経年劣化を起こさないことは不可能なので、実際にはこのようなことはあり得ない。いずれの例の放電量 Q_r 、 Q_L も、新品時放電量 Q_n より小さい。

【0030】

また、経年劣化とリチウム析出による劣化とがともかなり進行すると、図3中に実線 L_4 に示すように、破線 L_2 や破線 L_3 よりもさらに小さい放電量 Q_M となる。これはかなり悪い例を示したものである。このようなものでは、新品時放電量 Q_n と放電量 Q_M との差は、経年劣化による部分とリチウム析出による部分との合計量となっている。なお、平均的な使用による電池 21 の判定時の放電量 Q は、図中の例に示すように、新品時放電量 Q_n より小さく、同じ年月を経た経年放電量 Q_r と同じかそれよりやや小さいものとなる。

【0031】

本形態では、放電量取得部 12 において、放電量 Q を取得するとともに、新品時放電量取得部 16 によって取得されている新品時放電量 Q_n と判定時の電池 21 の放電量 Q との差も取得する。この差は、電池 21 の放電量が、使用や経年によって低下した程度を表す。以下では、この差（すなわち放電量 Q の低下分）を低下放電量 Q_c という（図3参照）。この低下放電量 Q_c は、次式によって求められる。

$$Q_c = Q_n - Q \quad \dots \text{ (式 1)}$$

【0032】

一方、このうちの経年劣化による分が、電池 21 と同じ年月を経た経年劣化電池 21r の放電量であり、経年放電量 Q_r である。そして、新品時放電量 Q_n と経年放電量 Q_r との差が、図3に示す経年低下放電量 Q_r である。この経年低下放電量 Q_r は、次式で表される。

$$Q_r = Q_n - Q_r \quad \dots \text{ (式 2)}$$

【0033】

そして、式1で得られる低下放電量 Q_c から、式2で得られる経年低下放電量 Q_r を除いた分が、リチウム析出による放電量の低下分（以下では、「析出低下放電量 Q_c 」という）である。図3に示すように、低下放電量 Q_c と経年低下放電量 Q_r との差が析出低下放電量 Q_c であり、次式で表される。

$$Q_c = Q - Q_r \quad \dots \text{ (式 3)}$$

【0034】

これらのうち、経年低下放電量 Q_r は、図2に示したように、内部抵抗値 R に対応し

10

20

30

40

50

て変化する。図中で左上の新品時には、放電量は新品時放電量 Q_n であり、内部抵抗値は R_n である。経年劣化が進行すると、内部抵抗値 R は上昇し、放電量 Q は減少する。そして、新品時放電量 Q_n と、内部抵抗値 R に対応する経年放電量 Q_r との差が、経年低下放電量 Q_r である。従って、経年低下放電量 Q_r は、内部抵抗値 R と図 2 とから求めることができる。

【0035】

すなわち、内部抵抗値 R と経年低下放電量 Q_r との間には、図 4 に示すように、一定の相関関係がある。新品時には内部抵抗値 R は R_n であり、経年劣化により、内部抵抗値 R と経年低下放電量 Q_r とはともに上昇する。この関係をマップ化したものが相関マップ 17 である。なお、この図 4 のグラフの形状は、式 3 から明らかではあるが、図 2 のグラフを上下反転した形である。

10

【0036】

本形態の相関マップ 17 は、電池 21 と同種の電池についての内部抵抗値 R と経年低下放電量 Q_r との関係をマップ化したものである。本形態では、予め実験等により相関マップ 17 を作成し、相関マップ記憶部 14 に記憶させている。本形態の析出判定部 15 は、この相関マップ 17 を参照することにより、内部抵抗取得部 13 によって取得される内部抵抗値 R に対応する経年低下放電量 Q_r を得る。

【0037】

さらに本形態の析出判定部 15 は、放電量取得部 12 によって得られる低下放電量 Q と、相関マップ 17 から得られる経年低下放電量 Q_r との差を取ることににより、式 3 のように、析出低下放電量 Q_c を得る。析出判定部 15 は析出低下放電量 Q_c の大きさに基づいて、リチウム析出の程度を判定する。すなわち、この値が大きいほどリチウム析出の程度が大きく、この値が小さいほどリチウム析出の程度が小さいと判定される。

20

【0038】

なお、析出判定部 15 によって、リチウム析出の量が予め定めた閾値等の基準値より多いと判断された場合には、許容できない程度までリチウム析出が進んでいると推定される。このようになった電池 21 を使い続けることは好ましくない。そこで、例えば表示装置等を利用して、ユーザに電池 21 の交換を促すメッセージや警告表示等を行うことが好ましい。

【0039】

図 1 の電池システム 10 による判定は、次の手順 1 ~ 4 によって行われる。

手順 1 . 放電量 Q の測定

手順 2 . 低下放電量 Q の取得

手順 3 . 内部抵抗値 R の取得

手順 4 . リチウム析出程度の判定

以下、順に説明する。

【0040】

手順 1 . 放電量 Q の測定

この手順では、電池 21 を診断開始電圧 V_s から診断終了電圧 V_e まで放電させ、その間の累積の放電量 Q を取得する。そのために、まず、電圧制御部 11 によって電池 21 の現在の電圧値 V_o を取得し、電圧値 V_o が診断開始電圧 V_s となるまで、電池 21 の放電または充電を行う。なお、この放電または充電のための構成も電池システム 10 に含まれるものとしてもよい。あるいは、電池システム 10 とは別に、電池 21 を充放電できる装置を有するものであってもよい。

40

【0041】

電池 21 の電圧値 V_o が診断開始電圧 V_s になったら、電圧制御部 11 は、電流値 I を比較的低電流の一定値となるように制御しつつ、電池 21 の電圧値 V_o が診断終了電圧 V_e となるまで電池 21 を放電させる。そして、放電量取得部 12 によって、電流値 \times 放電時間を積算し、判定時の電池 21 の放電量 Q を取得する。

【0042】

50

手順 2 . 低下放電量 Q の取得

放電量取得部 1 2 は , 手順 1 で得られた放電量 Q を , 放電量取得部 1 2 に記憶されている新品時放電量 Q_n と比較し , 前述の式 1 によって低下放電量 Q を取得する。

【 0 0 4 3 】

そのために , 本形態の新品時放電量取得部 1 6 は , 電池システム 1 0 を有する装置に , 新たな電池 2 1 が取り付けられた場合に , その使用を開始する前に診断開始電圧 V_s から診断終了電圧 V_e までの放電による放電量を取得して記憶しておく。新品時放電量 Q_n の取得方法は , 放電量取得部 1 2 で放電量 Q を取得する際に行うものと同様である。または , この電池システム 1 0 に電池 2 1 が取り付けられる以前に , 当該電池 2 1 の新品時放電量 Q_n を同じ方法で予め取得しておき , その取得された値を新品時放電量取得部 1 6 に記憶させるようにしてもよい。あるいは , 同種のものであれば電池による個体差はほとんど無いという場合には , 使用する電池の種類に応じて固定値として記憶しておいてもよい。

10

【 0 0 4 4 】

手順 3 . 内部抵抗値 R の取得

さらに , 内部抵抗取得部 1 3 によって , 診断時の電池 2 1 の内部抵抗値 R を取得する。電池の内部抵抗値は , 使用状況や環境等の影響で新品電池から次第に増大する。本形態では , 例えば手順 1 の過程で得られる電圧値と電流値との組を 2 組以上用いて , 内部抵抗値 R を取得することができる。なお , 車両に搭載している電池 2 1 の場合は , 走行中に随時 , 電圧値と電流値との組を測定することにより , さらに精度のよい測定が可能である。この測定方法については , 後述する。なお , この手順は次の手順 4 より以前に終わっていればよく , その実行時期は特に限定されない。

20

【 0 0 4 5 】

手順 4 . リチウム析出程度の判定

次に , 析出判定部 1 5 は , 相関マップ記憶部 1 4 に記憶されている相関マップ 1 7 から , 手順 3 で得られた内部抵抗値 R に対応する経年低下放電量 Q_r を読み出す。相関マップ 1 7 には , 図 4 に示したような , 内部抵抗値 R と経年低下放電量 Q_r との関係をマップ化したものが記憶されているので , 手順 3 で得られた内部抵抗値 R に基づいて経年低下放電量 Q_r を読み出すことができる。

【 0 0 4 6 】

ここで得られる経年低下放電量 Q_r は , 式 2 に示すように , リチウム析出がなく , 経年劣化のみによる放電量の低下量に相当するものである。そして , 手順 2 で得られた低下放電量 Q は , これと , リチウム析出による放電量の低下量との合計である。従って , これらの差から , 上記の式 3 に示したように , リチウム析出の量に対応する分の析出低下放電量 Q_c を得ることができる。

30

【 0 0 4 7 】

例えば , 図 5 に矢印 a で示すように , 内部抵抗値 R と相関マップ 1 7 とから , 経年低下放電量 Q_r を求め , 低下放電量 Q との差を取ることで析出低下放電量 Q_c を得ることができる。このようにすることにより , 診断対象である電池 2 1 の低下放電量 Q のうち , 経年劣化による経年低下放電量 Q_r の分を除いて , リチウム析出に起因する部分のみを抽出することができる。

40

【 0 0 4 8 】

リチウム析出が全くない場合には , 低下放電量 Q と経年低下放電量 Q_r とは等しく , 析出低下放電量 $Q_c = 0$ である。析出したリチウムの量が多いほど析出低下放電量 Q_c が大きい。図 3 上では , リチウム析出が進行するにつれて , 放電量 Q がより小さくなり , 経年放電量 Q_r から離れていくことになる。本形態の析出判定部 1 5 は , 得られた析出低下放電量 Q_c の値からリチウム析出の程度を判定する。従って , 経年劣化の影響を排除して , リチウム析出の程度を高精度に判断することができる。

【 0 0 4 9 】

ここまでは , 内部抵抗値 R と相関マップ 1 7 とから , 図 5 中の矢印 a で示すように , 析出低下放電量 Q_c を得る方法を説明した。しかし , 相関マップ 1 7 の使い方はこれに限

50

らない。例えば，図中に矢印 b で示すように，得られた低下放電量 Q が経年劣化のみによるものであると仮定した場合の内部抵抗値 R_b を読み出すこともできる。そして，内部抵抗値 R と R_b との差である R を用いて，リチウム析出の程度を判定することもできる。

【0050】

あるいは，図6に矢印 c で示すように，得られた内部抵抗値 R に対応するマップ上の点 p_1 と，得られた低下放電量 Q に対応するマップ上の点 p_2 との比較から，これらのマップ上での差 P を求め，この値に基づいてリチウム析出の程度を判定することもできる。例えば，マップ上に座標を振っておくことにより，この間の差を求めるようにしてもよい。いずれの例においても，得られた低下放電量 Q と得られた内部抵抗値 R とを，相関マップ17を介して，少なくとも一方を変換することにより同一の尺度上で対比しているものである。

10

【0051】

さらに，新品時放電量 Q_n にバラツキがなく，固定値として扱うことができる場合には，判定時の放電量 Q を直接，判定区間放電量の情報として用いることもできる。すなわち，放電量 Q と経年放電量 Q_r との差を，そのまま析出低下放電量 Q_c であるとする 것도できる。この場合には，新品時放電量取得部16は無くてよい。これに対して，ここまで説明したように，低下放電量 Q を用いて経年劣化のみによるものと比較するシステムは，対象電池の判定区間放電量を補正して判定しているものである。あるいは，相関マップを補正して判定してもよいし，内部抵抗値を補正して判定してもよい。

20

【0052】

なお，上記の形態の電池システム10は，ハイブリッド自動車その他の自動車に搭載することができる。図7に本形態の電池システム10を搭載したハイブリッド自動車1を示す。このハイブリッド自動車1は，車体2に，エンジン3，モータ4，電池パック5，コントローラ6を搭載したものである。電池パック5とモータ4とコントローラ6とは，ケーブル7により接続されている。電池パック5には，複数個の電池21が内蔵されている。そして，コントローラ6には，本形態の電池システム10が含まれている。すなわち，ハイブリッド自動車1においては，コントローラ6が電池システム10を構成している。

【0053】

ハイブリッド自動車1は，エンジン3とモータ4とを併用して車輪を駆動するようになっている。本形態のハイブリッド自動車1では，電池パック5からモータ4へ電池の放電電流が供給され，モータ4が動力を発生するようになっている。また，ハイブリッド自動車1の走行状況によっては，モータ4で回生起電力が発生することがある。これにより電池パック5の電池へ充電電流が供給され，電池が充電されるようになっている。ここにおいて，コントローラ6が，電池パック5とモータ4との間の電流のやりとりを制御している。そのためにコントローラ6は，公知のインバータを内蔵している。

30

【0054】

このようなハイブリッド自動車1に搭載されている電池21における，内部抵抗値 R の取得方法について説明する。上記の判定手順では，1.の過程で得られる電圧値と電流値との組を使用して内部抵抗値 R を得るとした。しかし，診断のための放電時には比較的一定の低電流での放電が行われるため，このようにして得られた電流値は，同程度の大きさのものばかりである。より高精度に内部抵抗値 R を取得するためには，内部抵抗値 R の算出に用いる電流値に，ある程度の幅があることが望ましい。

40

【0055】

ハイブリッド自動車1に搭載されている電池21では，走行中に充放電が行われる。そこで，走行中の放電期間中に電圧値と電流値との組を複数回測定し，記録しておくことができる。通常の走行では，電池21から放電される電流値は一定に近いものではなく，状況に応じてかなり上下するため，ある程度の幅のある電流値が得られるからである。記録されたこれらの値の関係は，例えば図8に示すように表される。そこで，このグラフの傾きから，高精度に内部抵抗値 R を得ることができる。

50

【0056】

ただし、車両に搭載されているコントローラ6では、測定した電流・電圧値のデータが失われたり、または信頼性に欠けている場合がないとはいえない。例えば、コントローラ6へ電力を供給する補機バッテリーの抜けやデータの読み込みエラー等が原因で一旦記憶したデータが失われた場合や、長く走行していないため記憶されている電圧・電流値の測定時期が古い場合等である。このような場合には、電池21の診断を行う前に別途、内部抵抗値Rを取得するとよい。すなわち、車両の走行とは関係なく、内部抵抗値Rの取得に適した程度の充電または放電を行い、そのときの電流・電圧値を測定してもよい。そして、取得した電流・電圧値から内部抵抗値Rを算出して診断に利用すれば、高精度な診断が可能である。

10

【0057】

なお本形態の車両としては、その動力源の全部あるいは一部に電池による電気エネルギーを使用している車両であれば良く、ハイブリッド自動車に限られない。例えば、電気自動車、プラグインハイブリッド自動車、ハイブリッド鉄道車両、フォークリフト、電気椅子、電動アシスト自転車、電動スクータ等であってもよい。

【0058】

以上詳細に説明したように本形態の電池システムによれば、電池21を診断開始電圧 V_s から診断終了電圧 V_e まで放電させて、放電量 Q を取得する。そして、新品時放電量 Q_n からの低下放電量 Q を得る。さらに、そのうちの経年劣化に相当する部分である経年低下放電量 Q_r を相関マップ17から読み出して、低下放電量 Q との差である析出低下放電量 Q_c を得る。この析出低下放電量 Q_c の大きさに基づいて、リチウム析出の程度を判定することができる。従って、劣化の進行した非水電解液型リチウムイオン二次電池のリチウム析出の程度を精度よく判定できる。

20

【0059】

なお、本形態は単なる例示にすぎず、本発明を何ら限定するものではない。したがって本発明は当然に、その要旨を逸脱しない範囲内で種々の改良、変形が可能である。

例えば、内部抵抗値Rを取得するための電流・電圧値の測定時の環境温度と、診断時の環境温度とが大きく異なっている場合には、取得された内部抵抗値Rを温度に応じて補正するようにしてもよい。

【符号の説明】

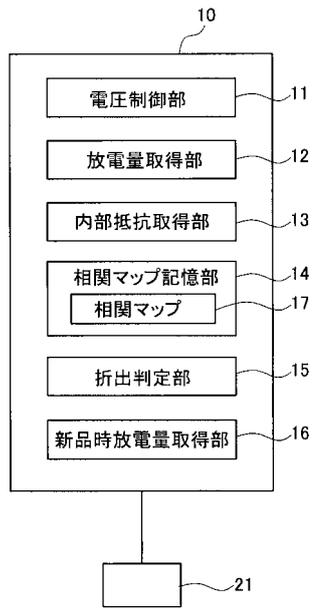
30

【0060】

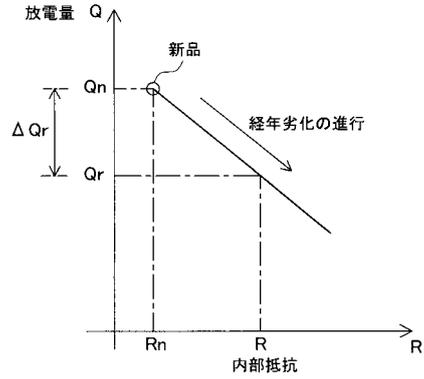
- 1 ハイブリッド自動車
- 5 電池パック
- 6 コントローラ
- 10 非水電解液型リチウムイオン二次電池システム
- 12 放電量取得部
- 13 内部抵抗取得部
- 15 析出判定部
- 16 新品時放電量取得部
- 17 相関マップ
- 21 非水電解液型リチウムイオン二次電池

40

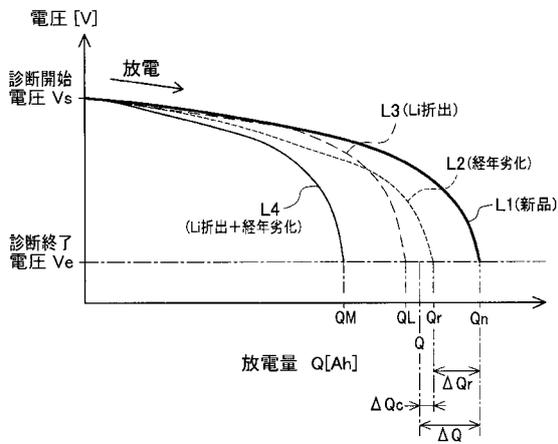
【 図 1 】



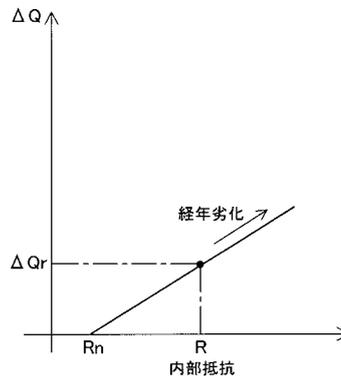
【 図 2 】



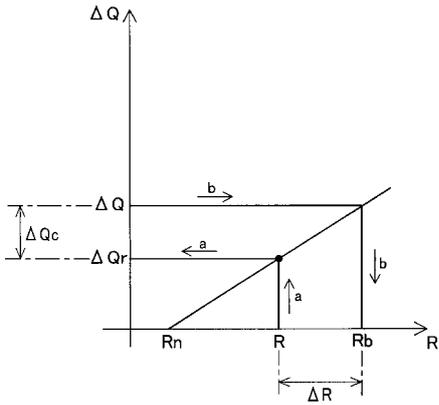
【 図 3 】



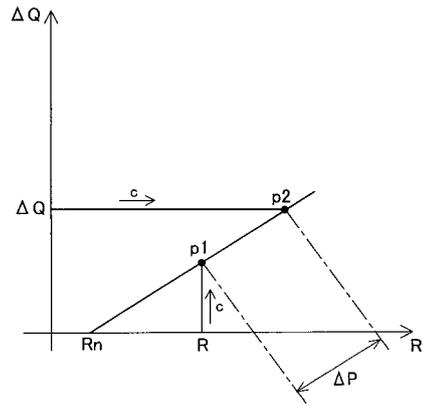
【 図 4 】



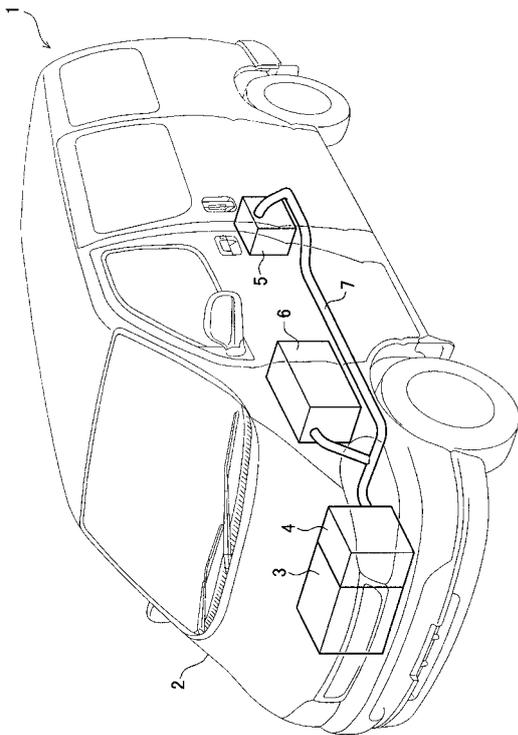
【 図 5 】



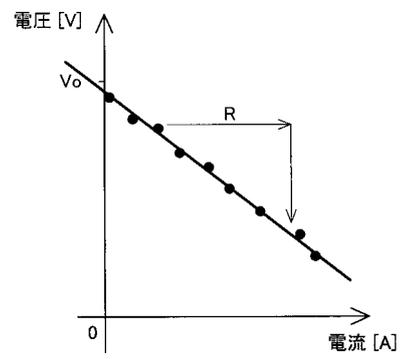
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 松本 潤一

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 5H030 AA01 AA10 AS08 BB21 FF41 FF42 FF44