

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7589340号
(P7589340)

(45)発行日 令和6年11月25日(2024.11.25)

(24)登録日 令和6年11月15日(2024.11.15)

(51)国際特許分類 F I
G O 1 R 31/389 (2019.01) G O 1 R 31/389
G O 1 R 31/00 (2006.01) G O 1 R 31/00

請求項の数 15 (全17頁)

(21)出願番号	特願2023-519213(P2023-519213)	(73)特許権者	510177809 ビーワイディー カンパニー リミテッド BYD Company Limited 中華人民共和国 グアンドン 518118 8 シェンゼン ピンシャン ビーワイ ディー・ロード ナンバー・3009 No. 3009, BYD Road, Pingshan, Shenzhen, Guangdong 518118, P . R. China
(86)(22)出願日	令和3年7月30日(2021.7.30)	(74)代理人	100169904 弁理士 村井 康司
(65)公表番号	特表2023-542422(P2023-542422 A)	(74)代理人	100216150 弁理士 香山 良樹
(43)公表日	令和5年10月6日(2023.10.6)	(72)発明者	馮 天宇
(86)国際出願番号	PCT/CN2021/109651		
(87)国際公開番号	WO2022/062651		
(87)国際公開日	令和4年3月31日(2022.3.31)		
審査請求日	令和5年4月24日(2023.4.24)		
(31)優先権主張番号	202011034840.1		
(32)優先日	令和2年9月27日(2020.9.27)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	中国(CN)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法及び媒体、コンピュータ機器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

電池が放電状態にある場合、所定の収集周期に基づいて前記電池の電池放電情報を周期的に収集するステップであって、前記電池放電情報は、収集時刻と前記収集時刻に関連する電流情報及び電圧情報とを含むステップと、

前記収集周期及び前記電池放電情報に基づいてフーリエ変換を行って、周波数に基づく複数の第1の電池信号を取得するステップと、

前記複数の第1の電池信号から第2の電池信号を決定するステップであって、前記第2の電池信号は、所定の電圧閾値以上の電圧信号を含むステップと、

前記第2の電池信号に基づいて、対応する周波数の電気化学インピーダンスを決定し、
10
全ての前記電気化学インピーダンスに基づいて、電気化学インピーダンススペクトルを作成するステップと、

を含み、

前記所定の電圧閾値の決定過程は、

初期電圧閾値を設定するステップと、

得られた電気化学インピーダンススペクトル曲線が平滑曲線になるまで、所定のステップ幅で前記初期電圧閾値を増加させるステップと、

前記平滑曲線に対応する電圧閾値を前記所定の電圧閾値とするステップと、

を含む、ことを特徴とする、

電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法。

【請求項 2】

前記第 2 の電池信号に基づいて、対応する周波数の電気化学インピーダンスを決定し、全ての前記電気化学インピーダンスに基づいて、電気化学インピーダンススペクトルを作成するステップは、

前記第 2 の電池信号における電圧信号に対応する第 1 の振幅情報、及び該第 2 の電池信号における電流信号に対応する第 2 の振幅情報を取得し、前記第 1 の振幅情報と前記第 2 の振幅情報との比を該第 2 の電池信号の有効な周波数に対応する抵抗振幅情報として記録するステップであって、前記第 2 の電池信号の有効な周波数は、前記第 2 の電池信号に対応する周波数であるステップと、

前記第 2 の電池信号における電圧信号に対応する第 1 の位相情報、及び該第 2 の電池信号における電流信号に対応する第 2 の位相情報を取得し、前記第 1 の位相情報と前記第 2 の位相情報との差を該第 2 の電池信号の有効な周波数に対応する抵抗位相情報として記録するステップと、

前記抵抗振幅情報及び前記抵抗位相情報に基づいて、前記第 2 の電池信号の有効な周波数に対応する電気化学インピーダンスを決定するステップと、

各前記第 2 の電池信号の有効な周波数及びその対応する電気化学インピーダンスに基づいて、前記電気化学インピーダンススペクトルを作成するステップと、を含む、ことを特徴とする、請求項 1 に記載の電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法。

【請求項 3】

前記第 2 の電池信号における電圧信号及び電流信号をいずれも複素数形式で表し、複素数形式の電圧信号のモジュラス(絶対値)を該電圧信号に対応する第 1 の振幅情報として決定し、

複素数形式の電流信号のモジュラス(絶対値)を該電流信号に対応する第 2 の振幅情報として決定する、ことを特徴とする、請求項 2 に記載の電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法。

【請求項 4】

複素数形式の電圧信号の位相角を該電圧信号に対応する第 1 の位相情報として決定し、複素数形式の電流信号の位相角を該電流信号に対応する第 2 の位相情報として決定する、ことを特徴とする、請求項 3 に記載の電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法。

【請求項 5】

前記電気化学インピーダンスは、実部及び虚部を含み、前記電気化学インピーダンスの実部は、 $R_{re} = R \cdot \cos$ であり、前記電気化学インピーダンスの虚部は、 $R_{im} = R \cdot \sin$ であり、ここで、 R は、前記抵抗振幅情報であり、 θ は、前記抵抗位相情報である、ことを特徴とする、請求項 2 ~ 4 のいずれか一項に記載の電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法。

【請求項 6】

前記収集周期及び前記電池放電情報に基づいてフーリエ変換を行い、周波数に基づく複数の第 1 の電池信号を取得するステップは、

前記収集周期に基づいて、前記電池放電情報に対してフーリエ展開を行って、前記電池放電情報に対応する、時間に基づく電池信号を取得するステップと、

前記時間に基づく電池信号に対して高速フーリエ変換を行って、前記電池放電情報に対応する、周波数に基づく第 1 の電池信号を取得するステップと、を含む、ことを特徴とする、

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法。

【請求項 7】

前記収集周期に基づいて、前記電池放電情報に対してフーリエ展開を行って、前記電池放電情報に対応する、時間に基づく電池信号を取得するステップは、

前記収集周期に基づいて、前記電流情報に対してフーリエ展開を行って、前記電流情報に対応する、時間に基づく電流信号を取得するステップと、

前記収集周期に基づいて、前記電圧情報に対してフーリエ展開を行って、前記電圧情報に対応する、時間に基づく電圧信号を取得するステップと、

前記時間に基づく電流信号及び前記時間に基づく電圧信号を関連付けて、前記時間に基づく電池信号として記録するステップと、

を含む、ことを特徴とする、

請求項 6 に記載の電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法。

【請求項 8】

下記式

10

【数 1】

$$I(t) = \frac{a_{I0}}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_{In} \cos 2\pi nft + b_{In} \sin 2\pi nft)$$

$$a_{In} = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} I(t) \cos(2\pi nft) dt$$

20

$$b_{In} = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} I(t) \sin(2\pi nft) dt$$

(式中、 $I(t)$ は、前記時間に基づく電流信号であり、 f は、周波数であり、 a_{I0} は、フーリエ展開式の第 1 の項であり、 a_{In} と b_{In} は、いずれもフーリエ係数であり、 n は、フーリエ展開級数であり、 T は、前記収集周期であり、 t_0 は、初期収集時刻である)

30

に基づいて前記電流情報に対してフーリエ展開を行う、ことを特徴とする、

請求項 7 に記載の電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法。

【請求項 9】

下記式

【数 2】

40

50

$$V(t) = \frac{a_{V0}}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_{Vn} \cos 2\pi nft + b_{Vn} \sin 2\pi nft)$$

$$a_{Vn} = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} V(t) \cos(2\pi nft) dt$$

$$b_{Vn} = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} V(t) \sin(2\pi nft) dt$$

10

(式中、 $V(t)$ は、前記時間に基づく電圧信号であり、 f は、周波数であり、 a_{V0} は、フーリエ展開式の第 1 の項であり、 a_{Vn} と b_{Vn} は、いずれもフーリエ係数であり、 n は、フーリエ展開級数であり、 T は、前記収集周期であり、 t_0 は、初期収集時刻である)

20

に基づいて前記電圧情報に対してフーリエ展開を行う、ことを特徴とする、請求項 7 又は 8 に記載の電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法。

【請求項 10】

前記時間に基づく電池信号に対して高速フーリエ変換を行って、前記電池放電情報に対応する、周波数に基づく第 1 の電池信号を取得するステップは、

前記時間に基づく電流信号に対して高速フーリエ変換を行って、前記電流情報に対応する、周波数に基づく電流信号を取得するステップと、

前記時間に基づく電圧信号に対して高速フーリエ変換を行って、前記電圧情報に対応する、周波数に基づく電圧信号を取得するステップと、

前記周波数に基づく電流信号及び前記周波数に基づく電圧信号を、前記周波数に基づく第 1 の電池信号として記録するステップと、

30

を含む、ことを特徴とする、

請求項 6 ~ 9 のいずれか一項に記載の電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法。

【請求項 11】

下記式

【数 3】

$$I(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} I(t) e^{-i2\pi ft} dt$$

40

(式中、 $I(f)$ は、前記周波数に基づく電流信号であり、 t は、前記周波数に基づく電流信号に対応する電流情報の収集時刻であり、 f は、周波数であり、 $I(t)$ は、前記時間に基づく電流信号であり、 i は、虚数単位である)

により前記時間に基づく電流信号に対して高速フーリエ変換を行う、ことを特徴とする、請求項 10 に記載の電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法。

【請求項 12】

下記式

【数 4】

50

$$V(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} V(t)e^{-i2\pi ft} dt$$

(式中、 $V(f)$ は、前記周波数に基づく電圧信号であり、 t は、該周波数に基づく電圧信号に対応する電圧情報の収集時刻であり、 f は、周波数であり、 $V(t)$ は、前記時間に基づく電圧信号であり、 i は、虚数単位である)

により前記時間に基づく電圧信号に対して高速フーリエ変換を行う、ことを特徴とする、請求項10又は11に記載の電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法。

10

【請求項13】

前記所定の電圧閾値の範囲は、 $0.1V \sim 0.5V$ である、ことを特徴とする、請求項1～12のいずれか一項に記載の電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法。

【請求項14】

コンピュータプログラムが記憶されているコンピュータ可読記憶媒体であって、前記コンピュータプログラムは、プロセッサにより実行されると、請求項1～13のいずれか一項に記載の電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法を実現する、ことを特徴とする、コンピュータ可読記憶媒体。

20

【請求項15】

メモリと、プロセッサと、前記メモリに記憶され、かつ前記プロセッサで実行可能なコンピュータプログラムと、を含むコンピュータ機器であって、前記プロセッサは、前記コンピュータプログラムを実行する場合に請求項1～13のいずれか一項に記載の電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法を実現する、ことを特徴とする、コンピュータ機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

(関連出願の相互参照)

本開示は、2020年9月27日に提出された、出願番号が「202011034840.1」号で、名称が「電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法、システム、自動車及び媒体」である中国特許出願の優先権を主張するものであり、その全ての内容は、参照により本願に組み込まれるものとする。

【0002】

本開示は、電池の技術分野に関し、特に電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法及び媒体、コンピュータ機器に関する。

【背景技術】

40

【0003】

関連技術において、リチウム電池分析に用いられる電気化学インピーダンススペクトルは、一般的に電気化学ワークステーション機器により測定されるものである。しかしながら、電気化学ワークステーション機器による電気化学インピーダンススペクトルの測定には長時間を要し、かつ電気化学ワークステーション機器は大型であるため、広い設置スペースを必要とする。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本開示の実施例は、電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法及び媒体、コン

50

コンピュータ機器を提供することにより、電気化学インピーダンススペクトルを測定する時間を短縮し、かつ関連測定機器の設置スペースを小さくする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

第1の態様において、本開示は、電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法を提供し、前記電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法は、

電池が放電状態にある場合、所定の収集周期に基づいて前記電池の電池放電情報を周期的に収集するステップであって、前記電池放電情報は、収集時刻と前記収集時刻に関連する電流情報及び電圧情報とを含むステップと、

前記収集周期及び前記電池放電情報に基づいてフーリエ変換を行って、周波数に基づく複数の第1の電池信号を取得するステップと、

前記複数の第1の電池信号から第2の電池信号を決定するステップであって、前記第2の電池信号は、所定の電圧閾値以上の電圧信号を含むステップと、

前記第2の電池信号に基づいて、対応する周波数の電気化学インピーダンスを決定し、全ての前記電気化学インピーダンスに基づいて、電気化学インピーダンススペクトルを作成するステップと、を含む。

【0006】

第2の態様において、本開示は、コンピュータプログラムが記憶されているコンピュータ可読記憶媒体を提供し、該コンピュータプログラムは、プロセッサにより実行されると、本開示に記載の電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法のステップを実現する。

【0007】

第3の態様において、本開示は、メモリと、プロセッサと、前記メモリに記憶され、かつ前記プロセッサで実行可能なコンピュータプログラムとを含むコンピュータ機器を提供し、前記プロセッサは、前記コンピュータプログラムを実行する場合に本開示に記載の電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法のステップを実現する。

【発明の効果】

【0008】

本開示は、電池放電過程における電圧情報及び電流情報に基づいて、高速フーリエ変換により電気化学インピーダンススペクトルを作成することができる。このようにして、外部機器の使用を減少させ、電気化学インピーダンススペクトルの取得方法を広げ、異なるシーンで電気化学インピーダンススペクトルをより柔軟に取得することができ、実施形態において、さらに汎用性及び利便性を有する。また、本開示により得られた電気化学インピーダンススペクトル曲線は、従来技術により得られた電気化学インピーダンススペクトル曲線と一致し、すなわち、本開示により作成された電気化学インピーダンススペクトルの精度が高く、実現可能性が高く、かつ本開示は、短時間内に異なる有効な周波数の電気化学インピーダンスを取得することができ、電気化学インピーダンススペクトルの作成速度を向上させる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

本開示の実施例の技術手段をより明確に説明するために、以下、本開示の実施例の説明に必要な図面を簡単に説明し、明らかに、以下に説明される図面は、本開示のいくつかの実施例に過ぎず、当業者であれば、創造的な労働をしない前提で、これらの図面に基づいて他の図面を得ることができる。

【0010】

【図1】本開示の一実施例に係る電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法のフローチャートである。

【図2】本開示の一実施例に係る電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法における電気化学インピーダンススペクトルの概略図である。

【図3】本開示の一実施例に係る電池電気化学インピーダンススペクトルの生成システム

10

20

30

40

50

のブロック構成図である。

【図4】本開示の一実施例に係るコンピュータ機器の概略図である。

【図5】本開示の別の実施例に係るコンピュータ機器の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本開示の実施例における図面を参照しながら、本開示の実施例における技術手段を明確かつ完全に説明し、明らかに、説明される実施例は、本開示の実施例の一部であり、全てではない。本開示の実施例に基づいて、当業者が創造的な労働をしない前提で得られる他の全ての実施例は、いずれも本開示の保護範囲に属するものである。

【0012】

本開示の一実施例において、図1に示すように、電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法を提供し、以下のステップS10～ステップS40を含む。

【0013】

S10では、電池が放電状態にある場合、所定の収集周期に基づいて上記電池の電池放電情報を周期的に収集し、上記電池放電情報は、収集時刻と上記収集時刻に関連する電流情報及び電圧情報とを含む。

【0014】

本開示の実施例において、電池は、独立して設置された電池又は新エネルギー自動車に取り付けられた動力電池であってもよい。放電状態とは、電池が放電して他の機器に電力を供給している場合の状態を指し、例えば、新エネルギー自動車が走行中に、電池が放電状態にある。所定の収集周期とは、電池の電池放電情報を周期的に収集する場合、隣接する2組の電池放電情報の間の収集時間間隔を指す。収集時刻は、電池放電情報を収集する時点である。電流情報とは、電池の各収集時刻に対応する電流値を指し、電圧情報とは、電池の各収集時刻に対応する電圧値を指す。理解できるように、異なる収集時刻で収集された電流情報及び電圧情報は、異なる可能性があり、同じである可能性もある（例えば、サンプリング間隔が小さく、電流情報と電圧情報の変化が大きくない場合、データ収集の精度が低いと、電流情報と電圧情報は、差を示さない）。

【0015】

S20では、上記収集周期及び上記電池放電情報に基づいてフーリエ変換を行って、周波数に基づく複数の第1の電池信号を取得する。

【0016】

フーリエ変換とは、まず、上記電池放電情報を時間に基づく電池信号に変換し、次に、時間に基づく電池信号を周波数に基づく第1の電池信号に変換する過程を指す。

【0017】

具体的には、電池が放電状態にある場合、所定の収集周期に基づいて上記電池の電池放電情報を周期的に収集した後、該収集周期及び電池放電情報に基づいてフーリエ変換を行い、フーリエ変換を行う過程において、まず、電池放電情報を時間に基づく電池信号（すなわち、電池信号と収集時刻及び収集周期との間の関係式）に変換し、さらに、時間に基づく電池信号を周波数に基づく第1の電池信号に変換することができ、周波数に基づく第1の電池信号は、電池放電情報と周波数との間の関係を表す。

【0018】

S30では、上記複数の第1の電池信号から第2の電池信号を決定し、上記第2の電池信号は、所定の電圧閾値以上の電圧信号を含む。

【0019】

周波数に基づく第1の電池信号は、周波数に基づく電圧信号を含み、該周波数に基づく電圧信号に対応する電圧値が所定の電圧閾値より大きい場合、それに対応する、周波数に基づく第1の電池信号は、第2の電池信号であり、かつ第2の電池信号に対応する周波数は有効な周波数として記録される。

【0020】

好ましくは、所定の電圧閾値の範囲は、0.1V～0.5Vである。すなわち、所定の

10

20

30

40

50

電圧閾値を、 $0.1\text{ V} \sim 0.5\text{ V}$ の範囲の間のいずれかの数値に設定することができ、該所定の電圧閾値は、実験により得られた経験値である。他の電池信号に比べて、後続のステップS30において、各第2の電池信号に対応する電気化学インピーダンスに基づいて作成された電気化学インピーダンススペクトルに対応する曲線は、より平滑であり、グリッチノイズがない。

【0021】

該実施例において、本開示の電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法により放電過程において電気化学インピーダンススペクトルを作成する実験段階では、所定の電圧閾値を導入しない場合、全ての第1の電池信号に対応する電気化学インピーダンスに基づいて作成された電気化学インピーダンススペクトル曲線には、多くのグリッチノイズが存在し、これは、ある第1の電池信号がノイズに干渉され、さらに電気化学インピーダンススペクトル曲線がグリッチノイズの影響で十分に平滑な曲線を形成できないことをもたらすためである。したがって、本開示において、所定の電圧閾値を導入することにより第1の電池信号をスクリーニングし、実験結果から、得られた電気化学インピーダンススペクトル曲線のグリッチノイズが対応して減少することが分かった。したがって、所定の電圧閾値を決定する過程において、まず、初期電圧閾値（例えば、 0.01 V など）を設定して初期実験を行い、さらに、得られた電気化学インピーダンススペクトル曲線が平滑曲線となるまで、所定の電圧増加間隔（例えば、毎回 0.05 V 増加するなど）で該初期電圧閾値を増加させる。すなわち、電気化学インピーダンススペクトル曲線にグリッチノイズがほとんど存在しないとき、現在の電圧閾値が所定の電圧閾値の範囲内に属すると決定する。本開示では、最終的に得られた所定の電圧閾値の範囲が $0.1\text{ V} \sim 0.5\text{ V}$ である。

【0022】

具体的には、上記収集周期及び上記電池放電情報に基づいて高速フーリエ変換を行って、上記電池放電情報に対応する、周波数に基づく第1の電池信号を取得した後、周波数に基づく全ての第1の電池信号における電圧信号を所定の電圧閾値と比較し、かつ電圧信号が所定の電圧閾値以上の、周波数に基づく第1の電池信号を第2の電池信号として決定し、かつ第2の電池信号に対応する周波数を有効な周波数として記録する。

【0023】

別の具体的な実施例において、上記収集周期及び上記電池放電情報に基づいて高速フーリエ変換を行って、上記電池放電情報に対応する、周波数に基づく第1の電池信号を取得した後、周波数に基づく第1の電池信号における電圧信号が所定の電圧閾値より小さい場合、該周波数に基づく第1の電池信号がノイズ信号と同じオーダーの大きさである可能性があり、さらにノイズに干渉される可能性があることを示し、この場合、電流信号及び電圧信号から電池の有効なインピーダンス情報を取得することができないため、該周波数に基づく第1の電池信号を第2の電池信号として決定することができない。そのため、ノイズに干渉される可能性がある、周波数に基づく第1の電池信号を除去することができ、さらに後続のステップS40で作成された電気化学インピーダンススペクトルの精度を向上させる。

【0024】

S40では、上記第2の電池信号に基づいて、対応する周波数の電気化学インピーダンスを決定し、全ての上記電気化学インピーダンスに基づいて、電気化学インピーダンススペクトルを作成する。

【0025】

電気化学インピーダンスは、第2の電池信号における電圧信号及び電流信号に基づいて決定されるものである。電気化学インピーダンススペクトル(EIS、Electrochemical Impedance spectroscopy)は、有効な周波数に対する電圧信号と電流信号の比の変化を示し、図2に示すナイキスト線図は、電気化学インピーダンススペクトルの1種であり、図2において、横軸は、電気化学インピーダンスの実部を示し、縦軸は、電気化学インピーダンスの虚部を示す。L1は、従来技術において、電気化学ワークステーションにより測定されて作成された電気化学インピーダンススペ

10

20

30

40

50

クトル曲線を示し、L2は、本開示に記載の方法により作成された電気化学インピーダンススペクトルに対応する曲線（L2における各点は、いずれも該電気化学インピーダンスに対応する第2の電池信号の有効な周波数を示す）であり、L2曲線は、L1曲線の一部と重なる（すなわち、図2におけるL2に対応する太い部分は、L1とL2との重なり部分である）。理解できるように、L2は車載でサンプリングされたデータから得られ、フーリエ変換後の対応する最高周波数は、サンプリング周期によって制限される。例えば、サンプリング周期がTsであれば、識別可能な最高周波数は、 $f_{max} = 1 / 2 T_s$ である。最低周波数は、総サンプリング時間によって制限される。例えば、総サンプリング時間がTtであれば、最低周波数は、 $f_{min} = 1 / T_t$ である。したがって、L2の始点は、車載の場合のサンプリング周波数によって制限される。オフラインの電気化学ワークステーションは、本開示に比べて高い周波数を測定することができる。図2から分かるように、本開示により作成された電気化学インピーダンススペクトルは、従来技術において電気化学ワークステーションにより作成された電気化学インピーダンススペクトルと一致する。すなわち、本開示により作成された電気化学インピーダンススペクトルの精度が高く、また、本開示は、短時間内に複数の周波数の電気化学インピーダンス情報を取得することができる。

10

【0026】

具体的には、上記周波数に基づく全ての第1の電池信号から第2の電池信号を決定した後、第2の電池信号に対応する有効な周波数を取得することにより、該有効な周波数及びそれに対応する第2の電池信号に基づいて該第2の電池信号に対応する電気化学インピーダンスを決定する。さらに、全ての第2の電池信号に対応する電気化学インピーダンスを決定した後、該各電気化学インピーダンスに対応する実部、虚部、及びそれに対応する有効な周波数に基づいて電気化学インピーダンススペクトルを作成する。該電気化学インピーダンススペクトルは、電池の劣化検出、温度検出などに用いることができる。

20

【0027】

本開示の一実施例において、電池放電過程における電圧情報及び電流情報に基づいて、高速フーリエ変換により電気化学インピーダンススペクトルを作成することができる。このようにして、外部機器の使用を減少させ、実施形態において、さらに汎用性及び利便性を有する。また、本開示により得られた電気化学インピーダンススペクトル曲線は、従来技術により得られた電気化学インピーダンススペクトル曲線と一致し、すなわち、本開示により作成された電気化学インピーダンススペクトルの精度が高く、実現可能性が高く、また、本開示は、短時間内に異なる有効な周波数の電気化学インピーダンスを取得することができ、電気化学インピーダンススペクトルの作成速度を向上させる。

30

【0028】

本開示の一実施例において、ステップS40、すなわち、上記第2の電池信号に基づいて、対応する周波数の電気化学インピーダンスを決定し、全ての上記電気化学インピーダンスに基づいて、電気化学インピーダンススペクトルを作成するステップは、以下のステップS401～ステップS404を含む。

【0029】

S401では、上記第2の電池信号における電圧信号に対応する第1の振幅情報、及び該第2の電池信号における電流信号に対応する第2の振幅情報を取得し、上記第1の振幅情報と第2の振幅情報との比を該第2の電池信号の有効な周波数に対応する抵抗振幅情報として記録する。

40

【0030】

一例において、第2の電池信号における電圧信号及び電流信号をいずれも複素数形式で表し、さらに複素数形式の電圧信号のモジュラスを該電圧信号に対応する第1の振幅情報として決定し、複素数形式の電流信号のモジュラスを該電流信号に対応する第2の振幅情報として決定する。モジュラスは、以下の方式で計算される。電圧信号の式が $Z_U = a + i_1 b$ （aは、電圧信号の式の実部であり、bは、電圧信号の式の虚部の係数であり、 i_1 は、電圧信号の式の虚部である）であると仮定すると、該電圧信号に対応するモジュラス

50

、すなわち第 1 の振幅情報は、

【数 1】

$$|A| = \sqrt{a^2 + b^2};$$

である。同様に、電流信号の式が $Z_I = c + i_2 d$ (c は、電流信号の式の実部であり、 d は、電流信号の式の虚部の係数であり、 i_2 は、電流信号の式の虚部である) であると仮定すると、該電流信号に対応するモジュラス、すなわち第 2 の振幅情報は、

【数 2】

$$|B| = \sqrt{c^2 + d^2},$$

である。このとき、抵抗振幅情報は、 $|A| / |B|$ である。

【0031】

具体的には、上記複数の第 1 の電池信号から第 2 の電池信号を決定した後、上記第 2 の電池信号における電圧信号に対応する第 1 の振幅情報、及び該第 2 の電池信号における電流信号に対応する第 2 の振幅情報を取得し、上記第 1 の振幅情報と第 2 の振幅情報との比を該第 2 の電池信号の有効な周波数に対応する抵抗振幅情報として記録する。

【0032】

S402 では、上記第 2 の電池信号における電圧信号に対応する第 1 の位相情報、及び該第 2 の電池信号における電流信号に対応する第 2 の位相情報を取得し、上記第 1 の位相情報と第 2 の位相情報との差を該第 2 の電池信号の有効な周波数に対応する抵抗位相情報として記録する。

【0033】

複素数形式の電圧信号の位相角を該電圧信号に対応する第 1 の位相情報として決定し、複素数形式の電流信号の位相角を該電流信号に対応する第 2 の位相情報として決定する。位相角は、以下の方式で計算される。電圧信号の式が $Z_U = a + i_1 b$ (a は、電圧信号の式の実部であり、 b は、電圧信号の式の虚部の係数であり、 i_1 は、電圧信号の式の虚部である) であると仮定すると、該電圧信号に対応する位相角、すなわち第 1 の位相情報は、 $\theta_U = \tan^{-1}(b/a)$ である。同様に、電流信号の式が $Z_I = c + i_2 d$ (c は、電流信号の式の実部であり、 d は、電流信号の式の虚部係数であり、 i_2 は、電流信号の式の虚部である) であると仮定すると、該電流信号に対応する位相角、すなわち第 2 の位相情報は、 $\theta_I = \tan^{-1}(d/c)$ である。このとき、抵抗位相情報は、 $\theta_U - \theta_I$ である。

【0034】

具体的には、各上記電池放電情報に対応する、上記周波数に基づく全ての第 1 の電池信号から第 2 の電池信号を決定した後、上記第 2 の電池信号における電圧信号に対応する第 1 の位相情報、及び該第 2 の電池信号における電流信号に対応する第 2 の位相情報を取得し、上記第 1 の位相情報と第 2 の位相情報との差を該第 2 の電池信号の有効な周波数に対応する抵抗位相情報として記録する。

【0035】

S403 では、上記抵抗振幅情報及び上記抵抗位相情報に基づいて、上記第 2 の電池信号の有効な周波数に対応する電気化学インピーダンスを決定する。

【0036】

具体的には、上記第 1 の振幅情報と第 2 の振幅情報との比を該第 2 の電池信号の有効な周波数に対応する抵抗振幅情報として記録し、かつ上記第 1 の位相情報と第 2 の位相情報との差を該第 2 の電池信号の有効な周波数に対応する抵抗位相情報として記録した後、抵抗振幅情報及び抵抗位相情報に基づいて、上記第 2 の電池信号の有効な周波数に対応する電気化学インピーダンスを決定する。

【0037】

具体的には、抵抗振幅情報が R (すなわち、上記例を挙げて説明する場合の $|A| / |B|$) であり、抵抗位相情報が θ (すなわち、上記例を挙げて説明する場合の $\theta_U - \theta_I$)

10

20

30

40

50

)であると仮定すると、上記抵抗振幅情報及び上記抵抗位相情報に基づいて、上記第2の電池信号の有効な周波数に対応する電気化学インピーダンスが決定される。該電気化学インピーダンスは、以下のような実部及び虚部を含み、

該電気化学インピーダンスの実部は、 $R_{re} = R \cdot \cos$ として表され、

該電気化学インピーダンスの虚部は、 $R_{im} = R \cdot \sin$ として表される。

【0038】

S404では、各上記第2の電池信号の有効な周波数及びその対応する電気化学インピーダンスに基づいて、上記電気化学インピーダンススペクトルを作成する。

【0039】

具体的には、上記抵抗振幅情報及び上記抵抗位相情報に基づいて、上記第2の電池信号の有効な周波数に対応する電気化学インピーダンスを決定した後、各第2の電池信号の有効な周波数及びその対応する電気化学インピーダンスに基づいて上記電気化学インピーダンススペクトルを作成する。第2の電池信号の有効な周波数は、第2の電池信号に対応する周波数である。

10

【0040】

該実施例において、図2に示すように、L2曲線は、本開示により作成された電気化学インピーダンススペクトルに対応する曲線の例である。該曲線において、各点に対応する横座標は、電気化学インピーダンスの実部であり、各点に対応する縦座標は、電気化学インピーダンスの虚部であり、各点は、有効な周波数を表す。

【0041】

20

なお、ステップS10では、所定の収集周期に基づいて上記電池の電池放電情報を周期的に収集した後、図2に示すような電気化学インピーダンススペクトル曲線L2を作成するために、一部の収集時刻に対応する電池放電情報を用いてS20～S40のステップを行うことができ、さらに図2におけるL2曲線に対応する始点は、収集周期に対応する周波数点を示し、該周波数点は、電池放電情報の収集周期に基づいて決定することができ、L2曲線に対応する終点は、電池放電情報の総収集時間に基づいて決定することができる。

【0042】

本開示の一実施例において、ステップS20、すなわち、上記収集周期及び上記電池放電情報に基づいて高速フーリエ変換を行って、上記電池放電情報に対応する、周波数に基づく第1の電池信号を取得するステップは、以下のステップS201～ステップS202を含む。

30

【0043】

S201では、上記収集周期に基づいて、上記電池放電情報に対してフーリエ展開を行って、上記電池放電情報に対応する、時間に基づく電池信号を取得する。

【0044】

フーリエ展開とは、電池放電情報を複数の周波数の正弦波の重ね合わせに分解することを指す。時間に基づく電池信号は、電池放電情報と時間との関係を示す。

【0045】

具体的には、所定の収集周期に基づいて上記電池の電池放電情報を周期的に収集した後、収集周期及び電池放電情報に基づいてフーリエ変換を行うステップは、上記電流情報に対してフーリエ展開を行って、上記電流情報に対応する、時間に基づく電流信号を取得するステップと、上記電圧情報に対してフーリエ展開を行って、上記電圧情報に対応する、時間に基づく電圧信号を取得するステップと、を含む。

40

【0046】

任意選択的に、下記式に基づいて電池放電情報における電流情報に対してフーリエ展開を行うことができる。

【数3】

50

$$I(t) = \frac{a_{I0}}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_{In} \cos 2\pi nft + b_{In} \sin 2\pi nft)$$

$$a_{In} = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} I(t) \cos(2\pi nft) dt$$

$$b_{In} = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} I(t) \sin(2\pi nft) dt$$

式中、 $I(t)$ は、時刻 t で収集された電流（時間に基づく電流信号としても使用可能）であり、 f は、周波数であり、 a_{I0} は、フーリエ展開式の第 1 の項であり、 a_{In} 及び b_{In} は、いずれもフーリエ係数であり、 n は、フーリエ展開級数であり、 T は、収集周期であり、 t_0 は、初期収集時刻である。

【0047】

下記式に基づいて電池放電情報における電圧情報に対してフーリエ展開を行うことができる。

【数 4】

$$V(t) = \frac{a_{V0}}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_{Vn} \cos 2\pi nft + b_{Vn} \sin 2\pi nft)$$

$$a_{Vn} = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} V(t) \cos(2\pi nft) dt$$

$$b_{Vn} = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} V(t) \sin(2\pi nft) dt$$

式中、 $V(t)$ は、時刻 t で収集された電圧（時間に基づく電圧信号としても使用可能）であり、 f は、周波数であり、 a_{V0} は、フーリエ展開式の第 1 の項であり、 a_{Vn} 及び b_{Vn} は、いずれもフーリエ係数であり、 n は、フーリエ展開級数であり、 T は、収集周期であり、 t_0 は、初期収集時刻である。

【0048】

該実施例において、収集周期に基づいて電池放電情報における電流情報に対してフーリエ展開を行うことにより、電流情報に対応する、時間に基づく電流信号を取得し、収集周期に基づいて電池放電情報における電圧情報に対してフーリエ展開を行って、電圧情報に対応する、時間に基づく電圧信号を取得した後、上記時間に基づく電流信号及び上記時間に基づく電圧信号を関連付けて、上記時間に基づく電池信号として記録する。

【0049】

S202 では、上記時間に基づく電池信号に対して高速フーリエ変換を行って、上記電池放電情報に対応する、上記周波数に基づく第 1 の電池信号を取得する。

【0050】

具体的には、上記収集周期に基づいて、上記電池放電情報に対してフーリエ展開を行って、上記電池放電情報に対応する、時間に基づく電池信号を取得した後、時間に基づく電池信号に対して高速フーリエ変換を行い、該高速フーリエ変換は、具体的には、以下のステップを含む。

【0051】

上記時間に基づく電流信号に対して高速フーリエ変換を行って、上記電流情報に対応する、周波数に基づく電流信号を取得する。

【0052】

10

20

30

40

50

任意選択的に、下記式により時間に基づく電流信号に対して高速フーリエ変換を行うことができる。

【数 5】

$$I(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} I(t)e^{-i2\pi ft} dt$$

式中、 $I(f)$ は、周波数に基づく電流信号であり、 t は、周波数に基づく電流信号に対応する電流情報の収集時刻であり、 f は、周波数であり、 $I(t)$ は、時間に基づく電流信号であり、 i は、虚数単位である。

【0053】

上記時間に基づく電圧信号に対して高速フーリエ変換を行って、上記電圧情報に対応する、周波数に基づく電圧信号を取得する。

【0054】

任意選択的に、下記式により時間に基づく電圧信号に対して高速フーリエ変換を行うことができる。

【数 6】

$$V(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} V(t)e^{-i2\pi ft} dt$$

式中、 $V(f)$ は、周波数に基づく電圧信号であり、 t は、該周波数に基づく電圧信号に対応する電圧情報の収集時刻であり、 f は、周波数であり、 $V(t)$ は、時間に基づく電圧信号であり、 i は、虚数単位である。

【0055】

該実施例において、時間に基づく電池信号における電流信号に対して高速フーリエ変換を行って、該時間に基づく電流信号に対応する、周波数に基づく電流信号を取得し、時間に基づく電池信号における電圧信号に対して高速フーリエ変換を行って、該時間に基づく電圧信号に対応する、周波数に基づく電圧信号を取得した後、周波数に基づく電流信号及び周波数に基づく電圧信号を、周波数に基づく第 1 の電池信号として記録する。

【0056】

上記実施例における各ステップの番号の大きさは、実行順序の前後を意味するものではなく、各プロセスの実行順序は、プロセスの機能及び内部ロジックに従って決定されるべきであり、本開示の実施例の実施プロセスに対する何らかの限定として解されるべきではないことを理解されたい。

【0057】

本開示の一実施例において、電池電気化学インピーダンススペクトルの生成システムを提供し、該電池電気化学インピーダンススペクトルの生成システムは、上記実施例における電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法に対応する。図 3 に示すように、該電池電気化学インピーダンススペクトルの生成システム 100 は、具体的には、

電池が放電状態にある場合、所定の収集周期に基づいて上記電池の電池放電情報を周期的に収集する情報収集モジュール 110 であって、上記電池放電情報は、収集時刻と上記収集時刻に関連する電流情報及び電圧情報とを含む、情報収集モジュール 110 と、

上記収集周期及び上記電池放電情報に基づいてフーリエ変換を行って、周波数に基づく複数の第 1 の電池信号を取得するフーリエ変換モジュール 120 と、

上記複数の第 1 の電池信号から第 2 の電池信号を決定する信号選択モジュール 130 であって、上記第 2 の電池信号は、所定の電圧閾値以上の電圧信号を含む、信号選択モジュール 130 と、

上記第 2 の電池信号に基づいて、対応する周波数の電気化学インピーダンスを決定し、全ての上記電気化学インピーダンスに基づいて電気化学インピーダンススペクトルを作成

10

20

30

40

50

する電気化学インピーダンススペクトル作成モジュール140と、を含む。

【0058】

一例として、電気化学インピーダンススペクトル作成モジュール140は、

上記第2の電池信号における電圧信号に対応する第1の振幅情報、及び該第2の電池信号における電流信号に対応する第2の振幅情報を取得し、上記第1の振幅情報と第2の振幅情報との比を該第2の電池信号の有効な周波数に対応する抵抗振幅情報として記録する振幅情報取得ユニットと、

上記第2の電池信号における電圧信号に対応する第1の位相情報、及び該第2の電池信号における電流信号に対応する第2の位相情報を取得し、上記第1の位相情報と第2の位相情報との差を該第2の電池信号の有効な周波数に対応する抵抗位相情報として記録する位相情報取得ユニットと、

上記抵抗振幅情報及び上記抵抗位相情報に基づいて、上記第2の電池信号の有効な周波数に対応する電気化学インピーダンスを決定する電気化学インピーダンス決定ユニットと、

各上記第2の電池信号の有効な周波数及びその対応する電気化学インピーダンスに基づいて、上記電気化学インピーダンススペクトルを作成する電気化学インピーダンススペクトル作成ユニットと、を含む。

【0059】

一例として、フーリエ変換モジュール120は、

上記収集周期に基づいて、上記電池放電情報に対してフーリエ展開を行って、上記電池放電情報に対応する、時間に基づく電池信号を取得する時間信号決定ユニットと、

上記時間に基づく電池信号に対して高速フーリエ変換を行って、上記電池放電情報に対応する、周波数に基づく第1の電池信号を取得する周波数信号決定ユニットと、を含む。

【0060】

一例として、時間信号決定ユニットは、

上記収集周期に基づいて、上記電流情報に対してフーリエ展開を行って、上記電流情報に対応する、時間に基づく電流信号を取得する時間電流信号決定サブユニットと、

上記収集周期に基づいて、上記電圧情報に対してフーリエ展開を行って、上記電圧情報に対応する、時間に基づく電圧信号を取得する時間電圧信号決定サブユニットと、

上記時間に基づく電流信号及び上記時間に基づく電圧信号を関連付けて、上記時間に基づく電池信号として記録する時間信号決定サブユニットと、を含む。

【0061】

一例として、周波数信号決定ユニットは、

上記時間に基づく電流信号に対して高速フーリエ変換を行って、上記電流情報に対応する、周波数に基づく電流信号を取得する周波数電流信号決定サブユニットと、

上記時間に基づく電圧信号に対して高速フーリエ変換を行って、上記電圧情報に対応する、周波数に基づく電圧信号を取得する周波数電圧信号決定サブユニットと、

上記周波数に基づく電流信号及び上記周波数に基づく電圧信号を上記周波数に基づく第1の電池信号として記録する周波数信号決定サブユニットと、を含む。

【0062】

本開示の一実施例において、コンピュータ機器を提供し、該コンピュータ機器は、サーバであってもよく、その内部構造図は、図4に示すとおりである。該コンピュータ機器は、システムバスを介して接続されたプロセッサ、メモリ、及びネットワークインタフェースを含む。該コンピュータ機器のプロセッサは、計算及び制御能力を提供する。該コンピュータ機器のメモリは、不揮発性記憶媒体、内部メモリを含む。不揮発性記憶媒体は、オペレーティングシステムと、コンピュータプログラムと、データベースとを記憶している。該内部メモリは、不揮発性記憶媒体におけるオペレーティングシステム及びコンピュータプログラムの実行環境を提供する。該コンピュータ機器のネットワークインタフェースは、外部の端末とネットワーク接続により通信する。該コンピュータプログラムは、プロセッサにより実行されると、電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法を実現する。

10

20

30

40

50

【0063】

本開示の一実施例において、他のコンピュータ機器を提供する。図5に示すように、該コンピュータ機器200は、メモリ210と、プロセッサ220と、メモリ210に記憶され、かつプロセッサ220で実行可能なコンピュータプログラム230とを含み、プロセッサ220は、コンピュータプログラム230を実行する場合に上記実施例における電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法を実現する。

【0064】

本開示の一実施例において、コンピュータプログラムが記憶されているコンピュータ可読記憶媒体を提供し、コンピュータプログラムは、プロセッサにより実行されると、上記実施例における電池電気化学インピーダンススペクトルの生成方法を実現する。

10

【0065】

当業者であれば理解できるように、上記実施例の方法におけるフローの全部又は一部の実現は、コンピュータプログラムによって、関連するハードウェアを命令することにより完了することができ、上記コンピュータプログラムは、不揮発性コンピュータ可読記憶媒体に記憶することができ、該コンピュータプログラムが実行されると、上記各方法の実施例のフローを含んでもよい。本開示に係る各実施例において使用されるメモリ、記憶、データベース又は他の媒体に対するいかなる引用は、いずれも不揮発性及び/又は揮発性メモリを含んでもよい。不揮発性メモリは、読み出し専用メモリ(ROM)、プログラマブルROM(PROM)、電気的プログラマブルROM(EPROM)、電気的消去可能プログラマブルROM(EEPROM)又はフラッシュメモリを含んでもよい。揮発性メモリは、ランダムアクセスメモリ(RAM)又は外部キャッシュメモリを含んでもよい。限定ではなく例示として、RAMは、スタティックRAM(SRAM)、ダイナミックRAM(DRAM)、シンクロナスDRAM(SDRAM)、ダブルデータレートSDRAM(DDRSDRAM)、エンハンスドSDRAM(ESDRAM)、シンクロナスリンク(Synclink)DRAM(SLDRAM)、ラムバス(Rambus)ダイレクトRAM(RDRAM)、ダイレクトラムバスダイナミックRAM(DRDRAM)及びラムバスダイナミックRAM(RDRAM)などの様々な形態で入手可能である。

20

【0066】

当業者であれば明確に分かるように、容易かつ簡潔的に説明するために、上記各機能ユニット、モジュールの区分で例を挙げて説明したが、実際の適用では、必要に応じて上記機能を割り当てて異なる機能ユニット、モジュールにより完成させ、すなわち上記装置の内部構造を異なる機能ユニット又はモジュールに区分して、以上で説明した全部又は一部の機能を完成させることができる。

30

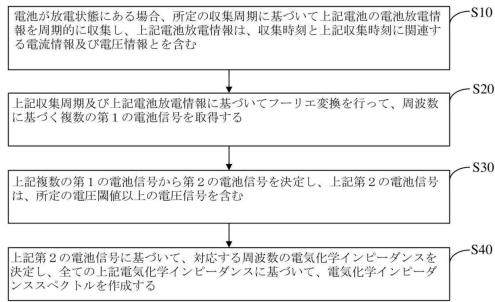
【0067】

以上の実施例は、本開示の技術手段を説明するためのものに過ぎず、限定するものではなく、前述の実施例を参照して本開示を詳細に説明したが、当業者であれば理解すべきこととして、依然として、前述の各実施例に記載の技術手段を修正するか、又はその技術的特徴の一部を同等置換することができ、これらの修正又は置換は、対応する技術手段の本質を本開示の各実施例の技術手段の精神及び範囲から逸脱させることはなく、いずれも本開示の保護範囲に含まれるべきである。

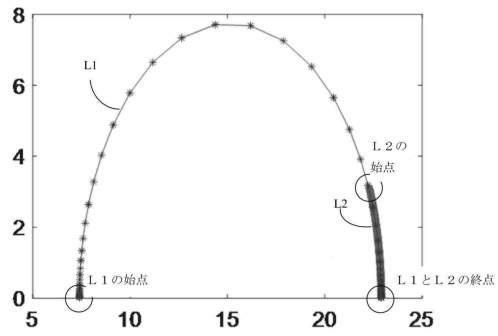
40

【図面】

【図 1】

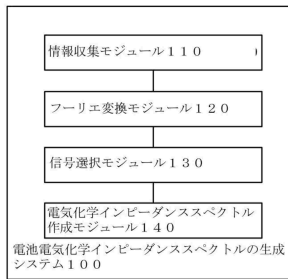


【図 2】

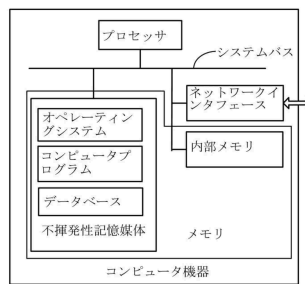


10

【図 3】

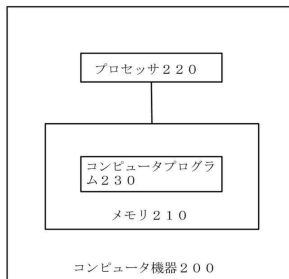


【図 4】



20

【図 5】



30

40

50

フロントページの続き

- 中華人民共和国 グァンドン 5 1 8 1 1 8 シェンゼン ピンシャン ビーワイディー・ロード ナンバー・3 0 0 9
- (72)発明者 でん 林旺
中華人民共和国 グァンドン 5 1 8 1 1 8 シェンゼン ピンシャン ビーワイディー・ロード ナンバー・3 0 0 9
- (72)発明者 舒 時 偉
中華人民共和国 グァンドン 5 1 8 1 1 8 シェンゼン ピンシャン ビーワイディー・ロード ナンバー・3 0 0 9
- (72)発明者 李 曉 倩
中華人民共和国 グァンドン 5 1 8 1 1 8 シェンゼン ピンシャン ビーワイディー・ロード ナンバー・3 0 0 9
- 審査官 島 崎 純一
- (56)参考文献 中国特許出願公開第 1 0 6 9 7 0 2 6 6 (C N , A)
中国特許出願公開第 1 0 1 4 7 7 1 7 9 (C N , A)
国際公開第 2 0 2 0 / 0 0 3 8 4 1 (W O , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 8 / 0 2 1 7 2 0 9 (U S , A 1)
特開 2 0 1 3 - 0 8 5 3 7 9 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 0 3 9 7 0 0 (J P , A)
特表 2 0 1 3 - 5 3 7 6 3 8 (J P , A)
中国特許出願公開第 1 9 6 7 2 7 0 (C N , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 8 / 0 0 5 9 1 9 1 (U S , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
G 0 1 R 3 1 / 0 0