



(10) 申请公布号 CN 120202418 A

(43) 申请公布日 2025.06.24

(21) 申请号 202380079753.3

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

(22) 申请日 2023.10.31

72002

(30) 优先权数据

专利代理师 蒋巍

2022-187173 2022.11.24 JP

(51) Int.Cl.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G01R 31/389 (2006.01)

2025.05.16

G01R 31/367 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

H01M 10/48 (2006.01)

PCT/JP2023/039264 2023.10.31

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/111364 JA 2024.05.30

(71) 申请人 新唐科技日本株式会社

地址 日本

(72)发明人 森良介

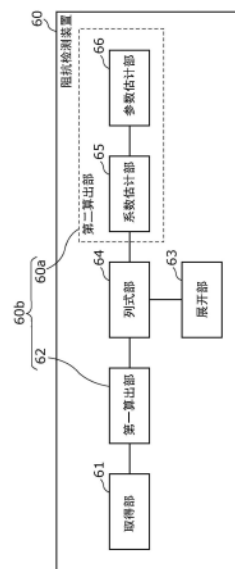
权利要求书2页 说明书18页 附图16页

(54) 发明名称

阻抗检测装置以及阻抗检测方法

(57) 摘要

阻抗检测装置(60)具备:取得部(61),取得向二次电池供给规定的电流或规定的电压时的瞬态响应中的I个时刻的电流和电压中的至少一方的测定数据;以及算出部(60b),基于电流和电压中的至少一方的测定数据来算出内部阻抗。算出部(60b)具有:第一算出部(62),使用电压和电流中的至少一方的测定数据来算出I个阻抗数据;以及第二算出部(60a),基于根据等效电路模型而得到的M次方程和I个阻抗数据,算出二次电池的等效电路模型的元件参数,所述M次方程用多个项的线性和来表示内部阻抗M次方程是基于与规定的电流或规定的电压相应的理论值的方程。



1. 一种阻抗检测装置,检测二次电池的内部阻抗,其中,具备:

取得部,取得向所述二次电池供给规定的电流或规定的电压时的、所述二次电池的瞬态响应中的I个时刻的电流测定数据和电压测定数据中的至少一方,其中,I为2以上的自然数;以及

算出部,基于所述电流测定数据和所述电压测定数据中的至少一方,算出所述二次电池的所述内部阻抗,

所述算出部具有:

第一算出部,使用所述电压测定数据和所述电流测定数据中的至少一方,算出所述I个阻抗数据;

第二算出部,基于根据所述二次电池的等效电路模型而得到的M次方程和所述I个阻抗数据,算出所述二次电池的所述等效电路模型的元件参数,所述M次方程用多个项的线性和来表示所述二次电池的所述内部阻抗,M为2以上的自然数,

所述M次方程是基于与所述规定的电流或所述规定的电压相应的所述内部阻抗的瞬态响应的理论值的方程。

2. 根据权利要求1所述的阻抗检测装置,其中,

所述规定的电流或所述规定的电压是脉冲电流或脉冲电压。

3. 根据权利要求1或2所述的阻抗检测装置,其中,

所述第二算出部设为所述I个阻抗数据与所述M次方程相等,算出所述元件参数。

4. 根据权利要求3所述的阻抗检测装置,其中,

所述M次方程包括通过将从所述二次电池的所述等效电路模型得到的所述二次电池的所述内部阻抗的瞬态响应的理论值针对时刻进行展开而得到的所述多个项,

所述多个项包括(M+1)个系数,

所述第二算出部设为所述I个阻抗数据与所述M次方程相等,分别算出所述(M+1)个系数,并基于算出的所述(M+1)个系数来算出所述元件参数。

5. 根据权利要求4所述的阻抗检测装置,其中,

所述I个比所述(M+1)个多,

所述(M+1)个系数通过最小二乘法来算出。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的阻抗检测装置,其中,

所述二次电池的所述等效电路模型具有在串联电阻上串联连接有一个以上的并联电路的结构,所述并联电路是电容器和电阻的并联电路,

所述第二算出部至少算出所述串联电阻作为所述二次电池的所述元件参数。

7. 根据权利要求1至5中任一项所述的阻抗检测装置,其中,

所述二次电池的所述等效电路模型具有在串联电阻上串联连接有一个以上的并联电路的结构,所述并联电路是电容器和电阻的并联电路,

所述第二算出部至少算出一个以上的所述并联电路中的电容器的合计值作为所述二次电池的元件参数。

8. 根据权利要求1至7中任一项所述的阻抗检测装置,其中,

所述取得部分别取得所述电流测定数据和所述电压测定数据,

所述第一算出部从所述I个电压测定数据分别除以对应的同时刻的所述I个电流测定

数据来算出所述I个阻抗数据。

9.一种阻抗检测方法,检测二次电池的内部阻抗,其中,包括:

取得步骤,取得向所述二次电池供给规定的电流或规定的电压时的、所述二次电池的脉冲响应中的I个时刻的电流测定数据和电压测定数据中的至少一方,其中,I为2以上的自然数;以及

算出步骤,基于所述电流测定数据和所述电压测定数据中的至少一方,算出所述二次电池的所述内部阻抗,

在所述算出步骤中,

使用所述电压测定数据和所述电流测定数据中的至少一方,算出所述I个阻抗数据,

基于根据所述二次电池的等效电路模型而得到的M次方程和所述I个阻抗数据,算出所述二次电池的所述等效电路模型的元件参数,所述M次方程用多个项的线性和来表示所述二次电池的所述内部阻抗,M为2以上的自然数,

所述M次方程是基于与所述规定的电流或所述规定的电压相应的所述内部阻抗的瞬态响应的理论值的方程。

阻抗检测装置以及阻抗检测方法

技术领域

[0001] 本公开涉及阻抗检测装置和阻抗检测方法。

背景技术

[0002] 使用电动汽车、蓄电池等二次电池的应用急剧增加。例如,使用锂离子电池(LiB:Lithium-ion Battery)作为二次电池。在这样的LiB中,为了管理、性能掌握(劣化掌握),期望准确地估计电池单体的SOH(State of Health,健康状态)、SOP(State Of Power,功率状态)、SOC(State of Charge,充电状态)等电池状态指标。作为估计这样的电池状态指标的方法,已知有估计电池单体的等效电路模型的元件参数(等效电路常数),并使用估计出的元件参数来估计电池状态指标的方法。在专利文献1中,公开了根据每个频率的阻抗制作奈奎斯特图,根据制作出的奈奎斯特图估计元件参数的系统。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本专利第6226261号公报

发明内容

[0006] 发明要解决的课题

[0007] 然而,在专利文献1的技术中,存在由于二次电池内部的电感性分量的影响等而无法精度良好地估计元件参数的课题。

[0008] 因此,本公开提供一种能够比以往精度良好地估计二次电池的等效电路模型的元件参数的阻抗检测装置以及阻抗检测方法。

[0009] 用于解决课题的手段

[0010] 本公开的一个方式的阻抗检测装置是检测二次电池的内部阻抗的阻抗检测装置,其中,具备:取得部,取得向所述二次电池供给规定的电流或规定的电压时的、所述二次电池的瞬态响应中的 I (I 为2以上的自然数)个时刻的电流测定数据和电压测定数据中的至少一方;以及算出部,基于所述电流测定数据和所述电压测定数据中的至少一方,算出所述二次电池的所述内部阻抗,所述算出部具有:第一算出部,使用所述电压测定数据和所述电流测定数据中的至少一方,算出所述 I 个阻抗数据;第二算出部,基于根据所述二次电池的等效电路模型而得到的 M (M 为2以上的自然数)次方程和所述 I 个阻抗数据,算出所述二次电池的所述等效电路模型的元件参数,所述 M 次方程用多个项的线性和来表示所述二次电池的所述内部阻抗,所述 M 次方程是基于与所述规定的电流或所述规定的电压相应的所述内部阻抗的瞬态响应的理论值的方程。

[0011] 本公开的一个方式的阻抗检测方法是检测二次电池的内部阻抗的阻抗检测方法,其中,包括:取得步骤,取得向所述二次电池供给规定的电流或规定的电压时的、所述二次电池的脉冲响应中的 I (I 为2以上的自然数)个时刻的电流测定数据和电压测定数据中的至少一方;以及算出步骤,基于所述电流测定数据和所述电压测定数据中的至少一方,算出所

述二次电池的所述内部阻抗,在所述算出步骤中,使用所述电压测定数据和所述电流测定数据中的至少一方,算出所述I个阻抗数据,基于根据所述二次电池的等效电路模型而得到的M(M为2以上的自然数)次方程和所述I个阻抗数据,算出所述二次电池的所述等效电路模型的元件参数,所述M次方程用多个项的线性和来表示所述二次电池的所述内部阻抗,所述M次方程是基于与所述规定的电流或所述规定的电压相应的所述内部阻抗的瞬态响应的理论值的方程。

[0012] 发明的效果

[0013] 根据本公开的一个方式的阻抗检测装置等,能够比以往精度良好地估计二次电池的等效电路模型的元件参数。

附图说明

[0014] 图1是表示实施方式1的阻抗检测系统的概略结构的图。

[0015] 图2是表示实施方式1的包含内部阻抗的电池单体的等效电路模型的图。

[0016] 图3是表示将实施方式1的内部阻抗中的电极表面分量置换为多个RC并联电路的串行连接的电路的图。

[0017] 图4是表示实施方式1的阻抗检测装置的功能结构的框图。

[0018] 图5是表示实施方式1的阻抗检测装置的动作的流程图。

[0019] 图6是示意性地表示实施方式2的向电池单体输入的输入电流和从电池单体输出的输出电压的形状的图。

[0020] 图7是表示实施方式2的阻抗检测装置的动作的流程图。

[0021] 图8是表示用于验证的电池单体的电池特性的图。

[0022] 图9A是表示第一电池单体的各种测定数据的图。

[0023] 图9B是表示第二电池单体的各种测定数据的图。

[0024] 图10A是表示本公开的阻抗检测装置中的内部参数(串联电阻 R_0)的估计结果的图。

[0025] 图10B是表示本公开的阻抗检测装置中的内部参数(串行连接值 C_{tot})的估计结果的图。

[0026] 图11A是表示用现有例的方法测定的第一电池单体的输入电流和输出电压的测定数据的第一例的图。

[0027] 图11B是表示用现有例的方法测定的第一电池单体的输入电流和输出电压的测定数据的第二例的图。

[0028] 图11C是表示用现有例的方法测定的第一电池单体的输入电流和输出电压的测定数据的第三例的图。

[0029] 图12A是表示用现有例的方法得到的第一电池单体的奈奎斯特图的图。

[0030] 图12B是表示用现有例的方法得到的第二电池单体的奈奎斯特图的图。

具体实施方式

[0031] 本公开的一个方式的阻抗检测装置是检测二次电池的内部阻抗的阻抗检测装置,其中,具备:取得部,取得向所述二次电池供给规定的电流或规定的电压时的、所述二次电

池的瞬态响应中的 I (I 为2以上的自然数) 个时刻的电流测定数据和电压测定数据中的至少一方;以及算出部,基于所述电流测定数据和所述电压测定数据中的至少一方,算出所述二次电池的所述内部阻抗,所述算出部具有:第一算出部,使用所述电压测定数据和所述电流测定数据中的至少一方,算出所述 I 个阻抗数据;第二算出部,基于根据所述二次电池的等效电路模型而得到的 M (M 为2以上的自然数) 次方程和所述 I 个阻抗数据,算出所述二次电池的所述等效电路模型的元件参数,所述 M 次方程用多个项的线性和来表示所述二次电池的所述内部阻抗,所述 M 次方程是基于与所述的电流或所述的电压相应的所述内部阻抗的瞬态响应的理论值的方程。

[0032] 由此,阻抗检测装置能够不使用奈奎斯特图而算出元件参数,因此能够几乎不受二次电池的感抗的影响地算出元件参数。因此,本公开的一个方式的阻抗检测装置能够比以往精度良好地估计二次电池的等效电路模型的元件参数。

[0033] 另外,例如也可以是,所述规定的电流或所述规定的电压是脉冲电流或脉冲电压。

[0034] 由此,使用脉冲响应作为瞬态响应,能够比以往精度良好地估计二次电池的等效电路模型的元件参数。

[0035] 另外,例如也可以是,所述第二算出部设为所述 I 个阻抗数据与所述 M 次方程相等,算出所述元件参数。

[0036] 由此,通过将 I 个阻抗数据代入 M 次方程,能够算出元件参数。阻抗检测装置通过阻抗数据实质上不包含电感性分量,能够比以往精度良好地估计二次电池的等效电路模型的元件参数。

[0037] 另外,例如也可以是,所述 M 次方程包括通过将从所述二次电池的所述等效电路模型得到的所述二次电池的所述内部阻抗的瞬态响应的理论值针对时刻进行展开而得到的所述多个项,所述多个项包括 $(M+1)$ 个系数,所述第二算出部设为所述 I 个阻抗数据与所述 M 次方程相等,分别算出所述 $(M+1)$ 个系数,并基于算出的所述 $(M+1)$ 个系数来算出所述元件参数。

[0038] 由此,阻抗检测装置算出 M 次方程的 $(M+1)$ 个系数,因此能够不使用奈奎斯特图而算出元件参数。

[0039] 另外,例如也可以是,所述 I 个比所述 $(M+1)$ 个多,所述 $(M+1)$ 个系数通过最小二乘法来算出。

[0040] 由此,阻抗检测装置能够容易地进行用于算出 $(M+1)$ 个系数的计算。

[0041] 另外,例如也可以是,所述二次电池的所述等效电路模型具有在串联电阻上串联连接有一个以上的电容器和电阻的并联电路的结构,所述第二算出部至少算出所述串联电阻作为所述二次电池的所述元件参数。

[0042] 由此,阻抗检测装置能够精度良好地估计串联电阻作为元件参数。

[0043] 另外,例如也可以是,所述二次电池的所述等效电路模型具有在串联电阻上串联连接有一个以上的电容器和电阻的并联电路的结构,所述第二算出部算出至少一个以上的所述并联电路中的电容器的合计值作为所述二次电池的元件参数。

[0044] 由此,阻抗检测装置能够精度良好地估计电容器的合计值作为元件参数。

[0045] 另外,例如也可以是,所述取得部分别取得所述电流测定数据和所述电压测定数据,所述第一算出部从所述 I 个电压测定数据分别除以对应的同时刻的所述 I 个电流测定数

据来算出所述I个阻抗数据。

[0046] 由此,由于使用电压测定数据和电流测定数据,因此能够算出更准确的阻抗数据。因此,阻抗检测装置能够使用更准确的阻抗数据来估计元件参数,因此能够更精度良好地估计元件参数。

[0047] 另外,本公开的一个方式的阻抗检测方法是检测二次电池的内部阻抗的阻抗检测方法,其中,包括:取得步骤,取得向所述二次电池供给规定的电流或规定的电压时的、所述二次电池的脉冲响应中的I(I为2以上的自然数)个时刻的电流测定数据和电压测定数据中的至少一方;以及算出步骤,基于所述电流测定数据和所述电压测定数据中的至少一方,算出所述二次电池的所述内部阻抗,在所述算出步骤中,使用所述电压测定数据和所述电流测定数据中的至少一方,算出所述I个阻抗数据,基于根据所述二次电池的等效电路模型而得到的M(M为2以上的自然数)次方程和所述I个阻抗数据,算出所述二次电池的所述等效电路模型的元件参数,所述M次方程用多个项的线性和来表示所述二次电池的所述内部阻抗,所述M次方程是基于与所述规定的电流或所述规定的电压相应的所述内部阻抗的瞬态响应的理论值的方程。

[0048] 由此,起到与上述的阻抗检测装置同样的效果。

[0049] 此外,这些总括性或具体的方式可以通过系统、方法、集成电路、计算机程序或计算机可读的CD-ROM等非暂时性记录介质来实现,也可以通过系统、方法、集成电路、计算机程序或记录介质的任意组合来实现。程序可以预先存储于记录介质,也可以经由包括因特网等广域通信网向记录介质供给。

[0050] 以下,参照附图对各实施方式等进行具体说明。

[0051] 此外,以下说明的各实施方式均表示总括性或具体的例子。在以下的各实施方式中示出的数值、构成要素、构成要素的配置位置及连接形态、步骤、步骤的顺序等是一例,并非旨在限定本公开。另外,关于以下的各实施方式等的构成要素中的未记载于独立权利要求的构成要素,作为任意的构成要素进行说明。

[0052] 另外,各图是示意图,未必严格地进行了图示。因此,例如,在各图中比例尺等未必一致。另外,在各图中,对实质上相同的结构标注相同的附图标记,省略或简化重复的说明。

[0053] 另外,在本说明书中,相等等表示要素间的关系性的术语、以及数值及数值范围不是仅表示严格的意思的表现,而是意味着实质上同等的范围、例如还包含几%左右(例如10%左右)的差异的表现。

[0054] 另外,在本说明书中,只要没有特别说明,则“第一”、“第二”等序数词并不意味着构成要素的数量或顺序,而是以避免同种构成要素的混淆、区别为目的而使用。

[0055] (实施方式1)

[0056] 以下,参照图1至图5对具备本实施方式的阻抗检测装置的阻抗检测系统进行说明。

[0057] [1-1.阻抗检测系统的结构]

[0058] 首先,参照图1对本实施方式的阻抗检测系统的结构进行说明。图1是表示本实施方式的阻抗检测系统1的概略结构的图。本实施方式的阻抗检测系统1能够搭载于电动汽车(EV:Electric Vehicle)、工业机械等各种应用设备。

[0059] 如图1所示,阻抗检测系统1具备电池充电器10、电池组20、电压测定装置30、分流

电阻40、电流测定装置50和阻抗检测装置60。电池充电器10、电池组20和分流电阻40串联连接。即,由电池充电器10、电池组20和分流电阻40形成串联电路。另外,由电池充电器10、电压测定装置30、分流电阻40和电流测定装置50构成测定电路,该测定电路向二次电池供给脉冲电流或脉冲电压,保持二次电池的脉冲响应时的I (I为2以上的自然数) 个时刻的电流测定数据和电压测定数据。

[0060] 电池充电器10是用于向电池组20供给脉冲电流或脉冲电压的电源。在本实施方式中,电池充电器10向电池组20供给用于充电或放电的脉冲电流。在电池充电器10供给脉冲电流的情况下,取得电池组20的多个电池单体21各自的电压数据作为测定数据。

[0061] 另外,在本实施方式中,设脉冲电流的上升时间以及下降时间为0秒。另外,以下,也将脉冲电流记载为输入电流。另外,也将上升时间以及下降时间记载为脉冲上升时间以及脉冲下降时间。

[0062] 电池组20由多个电池单体21串联或并联连接而构成。在本实施方式中,电池组20由多个电池单体21串联连接而构成。多个电池单体21分别是二次电池,例如是锂离子电池,但也可以是镍氢电池等其他二次电池。电池组20作为电源发挥功能,向负载供给电力。在阻抗检测系统1搭载于EV的情况下,负载例如是EV的马达,但没有特别限定。

[0063] 多个电池单体21各自的该电池单体21的两端经由多个电压检测线与电压测定装置30连接。

[0064] 在此,参照图2和图3对电池单体21的等效电路模型进行说明。图2是表示本实施方式的包含内部阻抗的电池单体21的等效电路模型的图。电池单体21包括正极、负极和电解质。

[0065] 如图2所示,电池单体21的等效电路模型由开路电压 V_{ocv} 、电感性分量和内部阻抗形成。此外,电感性分量也可以包含于内部阻抗。另外,内部阻抗由起因于电解质的电解质分量、起因于电极表面的电极表面分量和起因于活性物质的活性物质分量形成。

[0066] 开路电压 V_{ocv} 是电池单体21未通电时的电池单体21的电压,例如是成为DC (Direct Current, 直流电流) 的电压源的电压。

[0067] 电感性分量由起因于电池单体21的内部阻抗的感抗L和电阻 R_L 形成。基于感抗L和电阻 R_L 的时间常数例如为1 [μsec] 以下。另外,上述脉冲电流的宽度 (供给一个脉冲电流的时间宽度) 比基于感抗L和电阻 R_L 的时间常数足够长。

[0068] 电解质分量是由电池单体21的电解质本身引起的阻抗,是串联电阻 R_0 的主分量。当锂离子由于电池单体21的劣化而减少时,串联电阻 R_0 增加。

[0069] 电极表面分量是由正极和负极的表面引起的阻抗,由以所谓的CPE (Constant Phase Element, 恒相元件) 表示的 C_{dl} 和电阻 R_{ct} 的并联电路表示。CPE是用于表现电池单体21的电解质的行为的假想的元件,其阻抗 Z_{CPE} 由以下的式1表示。其中,式1中的Q是相当于通常的电容器的容量的常数, α 是取0至1之间的任一小数值的常数。

[0070] [数学式1]

$$Z_{CPE} = \frac{1}{(j\omega)^{\alpha}Q} \quad \dots (式1)$$

[0072] 由电极表面引起的阻抗的时间常数为几msec。

[0073] 活性物质 (扩散) 分量是由正极和负极的内部引起的阻抗,是所谓的涡流阻抗 Z_w 。

由活性物质引起的阻抗的时间常数为几sec以上,与阻抗检测系统1中关注的瞬态响应时间跨度相比极大。因此,对本公开的内部阻抗的估计的影响极小,因此在以后的说明中,省略了活性物质的记载。

[0074] 这样,在本实施方式中,认为内部阻抗由电解质分量和电极表面分量构成。另外,为了进行数学分析,电极表面分量大多通过多个RC并联电路的串行连接来表现。参照图3对多个RC并联电路的串行连接的一例进行说明。图3是表示将本实施方式的内部阻抗中的电极表面分量置换为多个RC并联电路的串行连接的电路的图。图3的(a)是表示置换为多个RC并联电路的串行连接之前的电路的图,图3的(b)是表示置换为多个RC并联电路的串行连接之后的电路的图。

[0075] 如图3(a)及(b)所示,作为一例,由表示电极表面分量的CPE表现的 C_{dl} 及电阻 R_{ct} 的一个并联电路通过四个RC并联电路的串行连接来表现。四个RC并联电路包括电容器 C_1 及电阻 R_1 的并联电路、电容器 C_2 及电阻 R_2 的并联电路、电容器 C_3 及电阻 R_3 的并联电路、以及电容器 C_4 及电阻 R_4 的并联电路。另外,也将电容器 C_1 至 C_4 的合计的电容器记载为串行连接值 C_{tot} 。串行连接值 C_{tot} 意味着至少一个以上的电容器和电阻的并联电路中的电容器的合计值。

[0076] 此外,串行连接的RC并联电路的数量是一例,根据电池单体21的种类等适当决定。串联连接的RC并联电路为一个以上即可。这样,电池单体21的等效电路模型具有在串联电阻 R_0 上串联连接有一个以上的电容器和电阻的并联电路的结构,例如,可以具有在串联电阻 R_0 上串联连接有两个以上的电容器和电阻的并联电路的结构。

[0077] 再次参照图1,电池组20所具有的多个电池单体21的数量以及多个电池单体21各自的电压没有特别限定。多个电池单体21各自例如可以是同一规格的电池单体。

[0078] 电压测定装置30测定电池组20的电压。电压测定装置30构成为能够分别测定多个电池单体21各自的电压。电压测定装置30也可以构成为包括电池单体21的电压测定用的IC(Integrated Circuit,集成电路)。

[0079] 由此,即使在电池组20的整体的电压为了直接测定而过高的情况下,也能够进行电压的测定,另外,还能够分别判定多个电池单体21的动作。电压测定装置30例如依次(按时间序列)测定多个电池单体21的电压。

[0080] 分流电阻40是用于检测流过上述串联电路的电流的电流检测用的电阻。分流电阻40与电池组20串联连接。分流电阻40连接在电池组20的负极侧(例如,电池单体21的负极)与电池充电器10之间。分流电阻40的电阻值没有特别限定。

[0081] 电流测定装置50检测在电池组20中流动的电流。电流测定装置50是使用分流电阻40的电阻检测型的电流传感器,但也可以是磁场检测型的电流传感器。电流测定装置50也可以构成为包括电流测定用的IC。

[0082] 阻抗检测装置60检测二次电池的内部阻抗。在本实施方式中,阻抗检测装置60基于来自电压测定装置30的电压测定数据和来自电流测定装置50的电流测定数据,检测多个电池单体21各自以及电池组20整体的至少一方的内部阻抗。

[0083] 阻抗检测装置60不使用上述的专利文献1所记载的根据奈奎斯特图估计元件参数的方法,而使用基于脉冲响应的估计来估计电池单体21的等效电路模型的元件参数,详情后述。在根据奈奎斯特图估计元件参数的方法中,存在受到电感性分量的影响而元件参数的估计精度降低的情况,但阻抗检测装置60使用基于脉冲响应的估计,因此不易受到电感

性分量的影响,能够精度良好地估计元件参数。

[0084] 此外,基于脉冲响应的估计是向电池单体21输入脉冲状的电流(或者电压),并测定该输入电流(或者输入电压)和从电池单体21的开路电压 V_{OCV} 偏移的偏移电压的估计方法。基于脉冲响应的估计也可以说是根据电池单体21的内部阻抗的IR降的瞬态响应形状来估计电池单体21的等效电路模型的元件参数的估计方法。

[0085] 此外,以下,对阻抗检测装置60与阻抗检测系统1的其他构成要素同样地例如搭载于EV的例子进行说明,但并不限于此,也可以与其他构成要素分体设置。例如,阻抗检测装置60也可以由能够通信的方式与EV连接的服务器装置等构成。

[0086] 图4是表示本实施方式的阻抗检测装置60的功能结构的框图。阻抗检测装置60能够通过MPU(Micro Processor Unit,微处理器单元)以及存储器等来实现。另外,基于阻抗检测装置60的各个功能块的处理通常通过处理器等程序执行部读出并执行记录于ROM等记录介质的软件(程序)来实现。

[0087] 如图4所示,阻抗检测装置60具备取得部61、第一算出部62、展开部63、列式部64、系数估计部65以及参数估计部66。另外,包括系数估计部65和参数估计部66而构成第二算出部60a,由第一算出部62和第二算出部60a构成算出部60b。算出部60b基于电流测定数据和电压测定数据来算出电池单体21的内部阻抗。

[0088] 取得部61是取得向电池组20供给脉冲电流或脉冲电压时的、电池组20的脉冲响应时的I(I为2以上的自然数)个时刻的电流测定数据及电压测定数据的接口(例如,硬件接口)。取得部61取得在电池组20中流动的电流测定数据以及多个电池单体21各自的电压测定数据。取得部61可以通过有线通信(例如,经由形成在基板上的配线的通信)取得电流测定数据及电压测定数据,也可以通过无线通信取得电流测定数据及电压测定数据。

[0089] 第一算出部62检测输入电流或输入电压的上升或下降的时刻,将上升或下降的时刻以后的电压测定数据除以电流测定数据来算出I个阻抗数据。电压测定数据和电流测定数据是至少包含I个时刻的测定数据的时间序列数据,第一算出部62对同时刻的电压测定数据和电流测定数据进行除法运算。另外,I表示进行用于估计等效电路参数的测定的时刻的点数(测定点数)。另外,取得部61所取得的电压测定数据和电流测定数据各自的数量也包含用于检测输入电流或输入电压的上升或下降的时刻的数据,因此多于I个。

[0090] 此外,在向电池组20供给脉冲电流的情况下,在算出上述I个阻抗数据时,可以对I个电压测定数据分别除以根据I个电流测定数据算出的平均电流,或者在脉冲电流的所期待的峰值已知的情况下,也可以除以该所期待的峰值来算出。同样地,在向电池组20供给脉冲电压的情况下,在算出上述I个阻抗数据时,在根据I个电压测定数据算出的平均电压或脉冲电压的受期待的峰值已知的情况下,也可以将该受期待的峰值分别除以I个电流测定数据来算出。此外,在阻抗数据中,例如实质上不包含电感性分量。电压测定数据和电流测定数据例如也可以是不受或不易受到电感性分量的影响的时刻的数据。

[0091] 另外,关于上述输入电流或输入电压的上升或下降的时刻的检测,可以将输入电流或输入电压的时间序列的测定数据中初次取脉冲的峰值时的时刻检测为输入电流或输入电压的上升或下降的时刻,此外也可以是其他检测方法。上述峰值可以包含误差,例如,也可以将相对于根据I个电流测定数据算出的平均值或期待的峰值取 $\pm 5\%$ 以内的值时的时刻检测为输入电流或输入电压的上升或下降的时刻。

[0092] 展开部63从电池单体21的等效电路模型得到,并且将电池单体21的内部阻抗近似为M(M为2以上的自然数)次方程(例如参照后述的式4),该M次方程由多个项(例如,后述的式4所示的多项式的各项)的线性和来表示。展开部63将电池单体21的等效电路模型的内部阻抗的瞬态响应的理论值 $Z(t)$ 近似为由通过针对时刻t(测定时刻)展开而得到的多个项来表示的M次方程(参照后述的式4)。展开部63例如通过将瞬态响应的理论值 $Z(t)$ 进行时刻t的幂展开来取得M次方程。

[0093] 列式部64基于第一算出部62算出的I个阻抗数据和展开部63进行幂展开后的M次方程,对用于算出M次方程的各系数的I个联立方程进行列出。

[0094] 系数估计部65通过求解由列式部64列出的I个联立方程来估计作为M次方程的系数的测定系数。

[0095] 参数估计部66基于估计出的M次方程的测定系数和M次方程的理论系数(例如,参照后述的式5及式6),估计元件参数。

[0096] [1-2.阻抗检测装置的动作]

[0097] 接着,参照图5对如上述那样构成的阻抗检测装置60的动作进行说明。图5是表示本实施方式的阻抗检测装置60的动作(阻抗检测方法)的流程图。

[0098] 此外,执行图5所示的步骤S10和S20以及步骤S30和S40的定时没有特别限定,可以并行地执行,也可以在步骤S10之前执行步骤S30和S40。另外,图5所示的流程图例如定期地执行,但步骤S30以及S40不需要每次执行,也可以在任意的定时至少执行一次(例如,仅最初的一次)。

[0099] 如图5所示,取得部61取得电池组20的脉冲响应的测定结果(S10)。取得部61取得包含I个时刻的电流测定数据以及多个电池单体21各自的电压测定数据。取得部61将取得的电流测定数据和电压测定数据输出到第一算出部62。

[0100] 此外,电池组20的脉冲响应通过从电池充电器10向电池组20供给脉冲电流来进行。另外,I个时刻分别是供给一次脉冲电流的期间的时刻。另外,在通过一次脉冲响应无法得到充分的测定精度的情况下等,也可以取得多次的脉冲响应,针对从各个脉冲电流的开始时刻起的相对的I个时刻,取同一时刻的多次测定值的平均。

[0101] 接着,第一算出部62将电压测定数据除以电流测定数据来算出I个测定值 $Z_{\text{meas}}(t_i)$ (阻抗数据)(S20)。第一算出部62将按I个时刻的每一个算出的测定值 $Z_{\text{meas}}(t_i)$ 输出到列式部64。

[0102] 此外,展开部63取得电池单体21的等效电路模型的瞬态响应的理论值 $Z(t)$ (S30)。这里,瞬态响应的理论值 $Z(t)$ 是电池单体21的内部阻抗的脉冲响应的理论值。展开部63可以取得存储于存储部(未图示)的瞬态响应的理论值 $Z(t)$,也可以经由取得部61取得瞬态响应的理论值 $Z(t)$ 。输入电流的上升或下降以后的瞬态响应的理论值 $Z(t)$ 由以下的式2表示。其中,在式2中将输入电流的上升或下降的时刻设为0[sec]。

[0103] [数学式2]

$$Z(t) = R_0 + \sum_n R_n \cdot (1 - e^{-\omega_{cn} t}) \quad \dots \text{(式2)}$$

[0105] 其中, ω_{cn} 由以下的式3表示。 ω_{cn} 表示时间常数的倒数。

[0106] [数学式3]

[0107] $\omega_{Cn} = \frac{1}{R_n \cdot C_n} \dots$ (式3)

[0108] 此外,输入电流或输入电压例如是电池单体21的内部阻抗的瞬态响应的理论值Z(t)能够由等效电路参数表现的形状的电流或电压。输入电流(例如,脉冲电流)是规定的电流的一例,输入电压(例如,脉冲电压)是规定的电压的一例。

[0109] 接着,展开部63将理论值Z(t)进行时刻t的幂展开,将系数(测定系数)置换为A_m(S40)。展开部63通过例如麦克劳林展开将式2近似为如式4所示的M次方程。麦克劳林展开是幂展开的一例。

[0110] [数学式4]

$$Z(t) = R_0 + \sum_n R_n \cdot \left(\omega_{Cn} \cdot t - \frac{1}{2!} \cdot \omega_{Cn}^2 \cdot t^2 + \frac{1}{3!} \cdot \omega_{Cn}^3 \cdot t^3 - \frac{1}{4!} \cdot \omega_{Cn}^4 \cdot t^4 + \frac{1}{5!} \cdot \omega_{Cn}^5 \cdot t^5 - \dots \right)$$

$$= R_0 + \left(\sum_n R_n \cdot \omega_{Cn} \right) \cdot t - \frac{1}{2!} \cdot \left(\sum_n R_n \cdot \omega_{Cn}^2 \right) \cdot t^2 + \frac{1}{3!} \cdot \left(\sum_n R_n \cdot \omega_{Cn}^3 \right) \cdot t^3 - \frac{1}{4!} \cdot \left(\sum_n R_n \cdot \omega_{Cn}^4 \right) \cdot t^4 + \frac{1}{5!} \cdot \left(\sum_n R_n \cdot \omega_{Cn}^5 \right) \cdot t^5 - \dots$$

$$:= A_0 + A_1 \cdot t + A_2 \cdot t^2 + A_3 \cdot t^3 + A_4 \cdot t^4 + A_5 \cdot t^5 + \dots \dots \dots \text{(式4)}$$

[0112] 其中,系数A₀和A_m由以下的式5和式6表示。

[0113] [数学式5]

[0114] $A_0 = R_0 \dots$ (式5)

[0115] [数学式6]

[0116] $A_m = \frac{(-1)^{m-1}}{m!} \cdot \left(\sum_n R_n \cdot \omega_{Cn}^m \right) \quad m = 1, 2, \dots, M \dots \dots \text{(式6)}$

[0117] 式5及式6通过将系数置换为A_m而得到。式5及式6示出了系数A_m与元件参数的关系。A₀和A_m是M+1个理论系数的一例。

[0118] 这样,M次方程由将从电池单体21的等效电路模型得到的电池单体21的内部阻抗的瞬态响应的理论值Z(t)用时刻t(测定时刻)的幂近似后的多项式来表示。另外,M次方程也可以说是将从电池单体21的等效电路模型得到的理论阻抗近似并在时刻展开的方程。此外,M次方程例如不具有电抗分量。另外,M次方程也可以说是基于与规定的电流或规定的电压相应的电池单体21的内部阻抗的瞬态响应的理论值Z(t)的方程。

[0119] 另外,次数M按照目的或必需估计精度适当地选择。通过增大次数M,能够提高元件参数的估计精度。另外,通过减小次数M,能够减少用于估计元件参数的计算量。

[0120] 另外,将式2展开为M次方程的方法不限于麦克劳林展开,也可以使用其他函数的幂级数展开。作为其他函数的幂级数展开,例如例示泰勒展开等。

[0121] 接着,列式部64通过测定值Z_{meas}(t_i)与理论值Z(t)的t的幂展开的比较来列出联立方程(S50)。列式部64基于第一算出部62算出的I个测定值Z_{meas}(t_i)和展开部63展开的M次方程,列出联立方程。设为相同时刻的测定值Z_{meas}(t_i)和M次方程相等,则列式部64列出以下的式7所示的多个联立方程。

[0122] [数学式7]

[0123] $Z_{\text{meas}}(t_1) = A_0 + A_1 \cdot t_1 + A_2 \cdot t_1^2 + A_3 \cdot t_1^3 + A_4 \cdot t_1^4 + A_5 \cdot t_1^5 + \dots$

[0124] $Z_{\text{meas}}(t_2) = A_0 + A_1 \cdot t_2 + A_2 \cdot t_2^2 + A_3 \cdot t_2^3 + A_4 \cdot t_2^4 + A_5 \cdot t_2^5 + \dots$

[0125] $Z_{\text{meas}}(t_3) = A_0 + A_1 \cdot t_3 + A_2 \cdot t_3^2 + A_3 \cdot t_3^3 + A_4 \cdot t_3^4 + A_5 \cdot t_3^5 + \dots \dots \dots \text{(式7)}$

[0126] 式7所示的联立方程例如制作I个。

[0127] 接下来,系数估计部65通过求解由列式部64列出的I个联立方程来估计系数 A_m (S60)。系数估计部65算出将I个阻抗数据的测定值 $Z_{\text{meas}}(t_i)$ 代入M次方程的情况下的(M+1)个系数 A_m 。这样使用实测数据通过联立方程算出的系数 A_m 是测定系数的一例。

[0128] 在此,系数估计部65可以将式7变形为矩阵形式,置换为以下的式8、式9以及式10的字符,从而估计系数 A_m 。

[0129] [数学式8]

$$[0130] \begin{pmatrix} Z_{\text{meas}}(t_1) \\ Z_{\text{meas}}(t_2) \\ Z_{\text{meas}}(t_3) \\ \vdots \end{pmatrix} = y \quad \dots \text{(式8)}$$

[0131] [数学式9]

$$[0132] \begin{pmatrix} 1 & t_1 & t_1^2 & t_1^3 & t_1^4 & t_1^5 & \dots \\ 1 & t_2 & t_2^2 & t_2^3 & t_2^4 & t_2^5 & \dots \\ 1 & t_3 & t_3^2 & t_3^3 & t_3^4 & t_3^5 & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix} = U \quad \dots \text{(式9)}$$

[0133] [数学式10]

$$[0134] \begin{pmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ A_5 \\ \dots \end{pmatrix} = \theta \quad \dots \text{(式10)}$$

[0135] 在此,如果时刻t的幂展开的次数M小于测定点数I,则能够利用最小二乘法等估计法来估计系数组 θ 。在通过最小二乘法来估计系数组 θ 的情况下,通过以下的式11来估计。

[0136] [数学式11]

$$[0137] \hat{\theta} = (U^T \cdot U)^{-1} \cdot U^T \cdot y \quad \dots \text{(式11)}$$

[0138] 由此,能够容易地进行系数 A_m 的估计值的计算。

[0139] 另外,在通过考虑了权重W的最小二乘法来估计 θ 的情况下,通过以下的式12来估计。

[0140] [数学式12]

$$[0141] \hat{\theta} = (U^T \cdot W \cdot U)^{-1} \cdot U^T \cdot W \cdot y \quad \dots \text{(式12)}$$

[0142] 在此,权重矩阵(I×I矩阵)由以下的式13表示。

[0143] [数学式13]

$$[0144] W = \begin{pmatrix} p_1 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & p_2 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & p_3 & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix} \quad \dots \text{(式13)}$$

[0145] 另外, p_1 、 p_2 、 $\dots$ 分别表示时刻 t_1 、 t_2 、 $\dots$ 的测定点的权重。

[0146] 这样,在测定点数I比(M+1)多的情况下,系数估计部65也可以通过最小二乘法来估计系数 A_m 。

[0147] 接着,参数估计部66根据 A_m ($m=0,1,2,\dots,M$) 的 $M+1$ 个估计值和式5以及式6,对 R_0 、 R_n 、 ω_{cn} ($n=1,2,3,\dots,N$) 的 $(2N+1)$ 个电池单体21的等效电路模型的元件参数进行逆运算(S70)。参数估计部66在步骤S70中设为 $(M+1)$ 个理论系数与 $(M+1)$ 个测定系数相等,算出元件参数。

[0148] 如式5所示,关于串联电阻 R_0 的估计值,在任何情况下都能够直接利用系数 A_0 的估计值,因此参数估计部66将系数 A_0 设为串联电阻 R_0 。

[0149] 另外,在 $M+1 \geq 2N+1$ 的情况下,原理上 R_n 、 ω_{cn} 也能够单独地估计值,但在锂离子电池那样的系统中,一般而言, R_n 彼此及 ω_{cn} 彼此大多具有接近的值,难以分离。因此,作为替代,关于串联电阻 R_0 以外的参数 ($m=1,2,\dots,M$),能够进行以下的式14的 B_m 形式的值的计算。

[0150] [数学式14]

$$[0151] \quad B_m = \sum_n R_n \cdot \omega_{cn}^m = (-1)^{m-1} \cdot m! \cdot A_m \quad m = 1, 2, \dots, M \quad \dots \text{(式14)}$$

[0152] 另外,特别是,能够使用在式14中设为 $m=1$ 的 B_1 的估计值,根据以下的式15仅估计表现电极表面部的 N 个RC并联电路的串行连接中的 C 的串行连接值 C_{tot} 。

[0153] [数学式15]

$$[0154] \quad C_{tot} = \left(\sum_n \frac{1}{C_n} \right)^{-1} = \left(\sum_n R_n \cdot \omega_{cn} \right)^{-1} = \frac{1}{B_1} \quad \dots \text{(式15)}$$

[0155] 由此,阻抗检测装置60能够估计图3的(b)所示的电池单体21的等效电路模型的元件参数中的串联电阻 R_0 和串行连接值 C_{tot} 。此外,阻抗检测装置60只要估计串联电阻 R_0 和串行连接值 C_{tot} 中的至少一方即可。在电池单体21的等效电路模型具有在串联电阻 R_0 上串联连接有一个以上的电容器和电阻的并联电路的结构的情况下,阻抗检测装置60可以算出至少串联电阻 R_0 作为电池单体21的元件参数,并算出至少一个以上的电容器和电阻的并联电路中的电容器的合计值(串行连接值 C_{tot})作为电池单体21的元件参数。

[0156] 如上所述,第二算出部60a基于 $(M+1)$ 个理论系数和 I 个阻抗数据,算出电池单体21的等效电路模型的元件参数。

[0157] (实施方式2)

[0158] 以下,参照图6及图7对本实施方式的阻抗检测装置进行说明。此外,以下,以与实施方式1的不同点为中心进行说明,对与实施方式1相同或类似的内容省略或简化说明。

[0159] [2-1.阻抗检测系统的结构]

[0160] 本实施方式的阻抗检测装置的结构可以与实施方式1的阻抗检测装置60相同,以下,使用实施方式1的阻抗检测装置60的附图标记进行说明。图6是示意性地表示向本实施方式的电池单体21输入的输入电流及从电池单体21输出的输出电压的形状的图。图6的(a)是表示向电池单体21输入的输入电流的图,图6的(b)是表示图6的(a)所示的输入电流被输入到电池单体21的情况下的输出电压的图。

[0161] 如图6的(a)所示,在本实施方式中,输入电流的脉冲上升时间不为0。输入电流在从时刻 t_a 到时刻 t_b 的期间从0[A] (0%) 上升到 I_p [A] (100%)。时刻 t_a 是电池充电器10开始施加脉冲电流的时间。时刻 t_b 是电流达到 I_p 的时间。 I_p 例如是电池充电器10的脉冲电流的峰值。另外,电流的变化例如由斜率 D 表示。另外,以下的式16的关系成立。

[0162] [数学式16]

[0163] $D \cdot (t_b - t_a) = I_p \cdots$ (式16)

[0164] 另外,在本实施方式中,输入电流的脉冲下降时间也不是0。

[0165] 此外,在实施方式1中,在输入电流中, $t_a = t_b$ 。

[0166] 如图6的(b)所示,当输入图6的(a)所示的输入电流时,从时刻 t_a 到超过时刻 t_b 的时间,电压发生变化。

[0167] 这样,在本实施方式中,输入电流的上升时间以及下降时间与实施方式1不同。

[0168] [2-2.阻抗检测装置的动作]

[0169] 接着,参照图7对输入上述那样的输入电流的情况下的阻抗检测装置60的动作进行说明。图7是表示本实施方式的阻抗检测装置60的动作(阻抗检测方法)的流程图。

[0170] 如图7所示,本实施方式的阻抗检测方法在图5所示的步骤S10和S20之间还包括步骤S110。

[0171] 第一算出部62在步骤S10之后,算出时刻 t_a 、 t_b (S110)。第一算出部62例如根据来自电流测定装置50的电流测定数据的时间序列数据来算出时刻 t_a 和 t_b 。在输入电流的波形未知的情况下,第一算出部62根据电流的测定值预先算出斜率D以及时刻 t_a 、 t_b 的值。作为算出方法,例示了使用时刻 t_a 、 t_b 间的测定2点的关系的方法、测定3点以上的最小二乘法等,但并不限于此。另外,时刻 t_a 、 t_b 是以某个时刻为基准(0[sec])的相对时刻,例如,可以以取得电流测定数据和电压测定数据的开始时刻为基准,也可以以在步骤S110中算出的时刻 t_a 、 t_b 中的任意一个为基准。

[0172] 接着,第一算出部62与实施方式1同样地,将电压测定数据除以电流测定数据来算出I个测定值 $Z_{\text{meas}}(t_i)$ (阻抗数据) (S20)。然后,第一算出部62将算出的阻抗数据的测定值 $Z_{\text{meas}}(t_i)$ 输出到列式部64。另外,第一算出部62将算出的时刻 t_a 和 t_b 输出到参数估计部66。

[0173] 此外,展开部63取得电池单体21的等效电路模型的瞬态响应的理论值 $Z(t)$ (S30)。瞬态响应的理论值 $Z(t)$ 是电池单体21的内部阻抗的脉冲响应的理论值。时刻 t_b 以后的瞬态响应的理论值 $Z(t)$ 由以下的式17表示。

[0174] [数学式17]

$$[0175] \quad Z(t) = \left(R_0 + \sum_n R_n \right) - \sum_n \frac{R_n}{\omega_{cn}} \cdot \frac{e^{-\omega_{cn}(t-t_b)} - e^{-\omega_{cn}(t-t_a)}}{t_b - t_a} \quad \cdots \text{(式17)}$$

[0176] 接着,展开部63将瞬态响应的理论值 $Z(t)$ 进行t的幂展开,将系数置换为 A_m (S40)。展开部63例如通过将式17麦克劳林展开并将系数置换为 A_m 来取得式18以及式19。

[0177] [数学式18]

$$[0178] \quad A_0 = R_0 - \sum_n \left(R_n \cdot \sum_{k=1}^M \frac{\omega_{cn}^k}{(k+1)!} \cdot \frac{t_b^{k+1} - t_a^{k+1}}{t_b - t_a} \right) \quad \cdots \text{(式18)}$$

[0179] [数学式19]

$$[0180] \quad A_m = \frac{(-1)^{m-1}}{m!} \cdot \sum_n \left(R_n \cdot \sum_{k=0}^{M-m} \frac{\omega_{cn}^{k+m}}{(k+1)!} \cdot \frac{t_b^{k+1} - t_a^{k+1}}{t_b - t_a} \right) \quad m = 1, 2, \dots, M \quad \cdots \text{(式19)}$$

[0181] 系数 A_0 和 A_m 是 $M+1$ 个理论系数的一例。

[0182] 以后的处理与实施方式1相同。

[0183] 接下来,系数估计部65通过求解由列式部64列出的I个联立方程来估计系数 A_m

(S60)。系数估计部65算出将I个测定值 $Z_{\text{meas}}(t_i)$ 代入M次方程的情况下的(M+1)个系数 A_m 。在此算出的 A_m 是测定系数的一例。

[0184] 接下来,参数估计部66根据 A_m ($m=0,1,2,\dots,M$)的M+1个估计值、式18和式19、时刻 t_a 和 t_b ,对 R_0, R_n, ω_{cn} ($n=1,2,3,\dots,N$)的(2N+1)个电池单体21的等效电路模型的元件参数进行逆运算(S70)。

[0185] 参数估计部66根据式14和式19算出 B_m ,使用该值根据式18算出串联电阻 R_0 。另外,参数估计部66使用在算出的 B_m 中设为 $m=1$ 的 B_1 ,根据式15算出串行连接值 C_{tot} 。

[0186] 此外,即使上升时间以及下降时间是有限值,如果是已知数,则也可以省略步骤S110。

[0187] (验证结果)

[0188] 参照图8至图12B对上述各实施方式的阻抗检测装置60中的内部阻抗的估计精度的验证结果进行说明。在验证中,使用电池特性相互不同的两个电池单体21(第一电池单体以及第二电池单体)。第一电池单体是接近新品的电池单体21,第二电池单体是劣化发展到某种程度的电池单体21。另外,作为电池单体21的元件参数,假定从实际的锂离子电池(18650型)提取的元件参数(参照以下的图8)。

[0189] 图8是表示用于验证的电池单体21的电池特性的图。第一电池单体和第二电池单体具有图8所示的电池特性。图8所示的第一电池单体和第二电池单体的电池特性是通过交流阻抗法估计出的值。

[0190] 在元件参数中,为了明确与专利文献1的差别,还包含电池单体21(例如,锂离子电池)所包含的高频的电感性分量(图8中的 L, R_L)。

[0191] 另外,对输入电流的脉冲上升时间以及下降时间有限的脉冲响应进行验证。脉冲上升时间及下降时间使用10[μsec]、200[μsec]、500[μsec]这三种。另外,将电池内部阻抗理论值视为假想的测定数据(假想测定数据),执行本公开的内部参数的估计流程。在以下的图9A等所示的假想测定数据中,也考虑了电池单体21所包含的高频的电感性分量。例如,假想测定数据是在图2的虚线框中将电极表面的电路置换为图3的(b)所示的电路的电路的数据。

[0192] 作为一例,在图9A和图9B中示出设为输入电流峰值为1.8[A]、时刻 $t_a = -200$ [μsec]、时刻 $t_b = 0$ [μsec](上升时间200[μsec])时的第一电池单体和第二电池单体的假想测定数据。图9A是表示第一电池单体的各种测定数据的图。图9B是表示第二电池单体的各种测定数据的图。

[0193] 图9A的(a)及图9B的(a)表示输入电流的时间序列数据(电流测定数据),横轴表示时间,纵轴表示电流值。图9A的(a)及图9B的(a)所示的数据相当于从电流测定装置50取得的数据。

[0194] 图9A的(b)及图9B的(b)表示输出电压的时间序列数据(电压测定数据),横轴表示时间,纵轴表示电压值。图9A的(b)及图9B的(b)所示的数据相当于从电压测定装置30取得的数据。

[0195] 图9A的(c)及图9B的(c)表示阻抗(内部阻抗)的时间序列数据(阻抗数据),横轴表示时间,纵轴表示阻抗。图9A的(c)和图9B的(c)所示的数据由第一算出部62算出。图9A的(c)所示的阻抗根据图9A的(a)及(b)算出。图9B的(c)所示的阻抗根据图9B的(a)和(b)算

出。

[0196] 此外,在内部参数的估计中使用时刻0[sec]以后的数据。例如,在内部参数的估计中,通过大量使用接近于时刻0[sec] (例如,脉冲电流的宽度的前半部分)的数据,能够提高估计精度。这里的大量使用意味着脉冲电流的宽度的前半部分的数据比脉冲电流的宽度的后半部分的数据使用得多。另外,在内部参数的估计中,通过大量使用远离时刻0[sec] (例如,脉冲电流的宽度的后半部分)的数据,能够不易受到噪声的影响。这里的大量使用意味着脉冲电流的宽度的后半部分的数据比脉冲电流的宽度的前半部分的数据使用得多。

[0197] 此外,时刻0[sec]是向电池单体21供给的脉冲电流达到峰值(在此为1.8[A])的时间点,例如与图6的(a)所示的时刻 t_b 对应。

[0198] 接着,参照图10A和图10B对使用本公开的方法估计内部参数的情况下的估计结果进行说明。图10A是表示本公开的阻抗检测装置60中的内部阻抗(串联电阻 R_0)的估计结果的图。图10B是表示本公开的阻抗检测装置60中的内部阻抗(串行连接值 C_{tot})的估计结果的图。

[0199] 另外,幂展开是二次函数、四次函数、六次函数这三种。另外,时刻 t_i 为120[μsec]、180[μsec]、240[μsec]、…、1020[μsec],采样间隔为60[μsec]。即,测定点数I为十六个。

[0200] 此外,步骤S60的系数 A_m 的估计法采用加权最小二乘法,在二次函数、四次函数以及六次函数的情况下,分别将权重设为时刻的倒数的相应的次数幂。例如,在式13所示的权重矩阵中,在二次函数的情况下设为 $p_i = t_i^{-2}$,在四次函数的情况下设为 $p_i = t_i^{-4}$,在六次函数的情况下设为 $p_i = t_i^{-6}$ 。

[0201] 如图10A所示,串联电阻 R_0 的测定结果包括上升/下降斜率(slope)[μsec]、真值、二次函数、四次函数以及六次函数的项目。

[0202] 上升/下降斜率[μsec]是时刻($t_b - t_a$)的值、即上升/下降时间,有10μsec、200μsec以及500μsec这三种。

[0203] 真值表示通过交流阻抗法测定出的串联电阻 R_0 。

[0204] 二次函数、四次函数及六次函数表示使用M次方程的次数M为2、4及6的函数进行估计的情况下的内部阻抗的一例即串联电阻 R_0 的估计结果。

[0205] 如图10B所示,串行连接值 C_{tot} 的测定结果包含上升/下降斜率[μsec]、真值、二次函数、四次函数以及六次函数的项目。

[0206] 上升/下降斜率[μsec]是时刻($t_b - t_a$)的值,有10μsec、200μsec以及500μsec这三种。

[0207] 真值表示通过交流阻抗法测定的串行连接值 C_{tot} 。

[0208] 二次函数、四次函数以及六次函数表示使用M次方程的次数M为2、4以及6的函数进行估计的情况下的内部阻抗的一例即串行连接值 C_{tot} 的估计结果。

[0209] 根据图10A和图10B可知,第一电池单体和第二电池单体均具有如下倾向:M次方程的次数M越高,串联电阻 R_0 和串行连接值 C_{tot} 越接近真值,即串联电阻 R_0 和串行连接值 C_{tot} 的估计精度越高。然而,当次数M增加时,计算量也增加,因此可以按照阻抗检测装置60所需求的必需精度和计算量来适当决定次数M。

[0210] 另外,根据图10A及图10B可知,通过提高次数M,上升/下降斜率的差异对串联电阻 R_0 及串行连接值 C_{tot} 的估计精度的影响变小。例如,在次数M为6的情况下,串联电阻 R_0 以及串

行连接值 C_{tot} 与上升/下降斜率无关而大致恒定。

[0211] 另外,从图10A及图10B可知,电池单体21的等效电路模型中的感抗 L 及电阻 R_L 的影响由于感抗 L 及电阻 R_L 的时间常数小于采样间隔($60[\mu\text{sec}]$)而几乎看不到。

[0212] 接着,参照图11A至图12B对使用现有例的方法进行了内部参数的估计的情况下的估计结果等进行说明。现有例的方法如专利文献1所示,是根据奈奎斯特图估计元件参数的方法。

[0213] 图11A至图11C是表示通过现有例的方法测定出的第一电池单体的输入电流及输出电压的测定数据的各例的图。图11A至图11C的上升/下降时间不同,图11A的上升/下降时间为 $10[\mu\text{sec}]$,图11B的上升/下降时间为 $200[\mu\text{sec}]$,图11C的上升/下降时间为 $500[\mu\text{sec}]$ 。另外,采样间隔为 $60[\mu\text{sec}]$,傅立叶变换(FFT)点数为256,输入电流脉冲的周期设为 $60 \times 256 = 15360[\mu\text{sec}]$ 。另外,作为输出电压的测定数据,将图2所示的电感性分量与图3的(b)所示的电路串联连接而成的电路的输出电压相对于输入电流的理论值直接作为假想测定数据。

[0214] 图11A至图11C所示的(a)表示输入电流的时间序列数据,横轴表示时间,纵轴表示电流值。图11A至图11C所示的(b)表示输出电压的时间序列数据,横轴表示时间,纵轴表示电压值。

[0215] 如图11A所示,在上升/下降时间极短(在此为 $10[\mu\text{sec}]$)的情况下,未绘制表示上升/下降位置的曲线,在采样间隔之间产生上升/下降位置的不确定。

[0216] 另外,如图11C所示,在下降时间极大(在此为 $500[\mu\text{sec}]$)的情况下,设想输入电流脉冲的高频侧的频率分量极小。

[0217] 这些可能成为使元件参数的估计精度降低的主要原因。

[0218] 此外,虽然省略了图示,但在第二电池单体的输入电流以及输出电压的测定数据的各例中也进行同样的绘制。

[0219] 接下来,参照图12A以及图12B,对基于图11A至图11C所示的第一电池单体的测定数据、以及未图示的第二电池单体的测定数据,描绘第一电池单体和第二电池单体的奈奎斯特图的结果进行说明。图12A是表示通过现有例的方法得到的第一电池单体的奈奎斯特图的图。图12A的(a)基于图11A绘制,图12A的(b)基于图11B绘制,图12A的(c)基于图11C绘制。另外,图12B是表示通过现有例的方法得到的第二电池单体的奈奎斯特图的图。图12A以及图12B所示的曲线是奈奎斯特图应该具有的值(正解数据),圆圈图是根据图11A至图11C等的测定数据得到的奈奎斯特图的各点(仅为除了DC以外的低频侧的十六个点)。

[0220] 图12A的(a)以及图12B的(a)表示上升/下降时间为 $10[\mu\text{sec}]$ 的情况下的奈奎斯特图,图12A的(b)以及图12B的(b)表示上升/下降时间为 $200[\mu\text{sec}]$ 的情况下的奈奎斯特图,图12A的(c)以及图12B的(c)表示上升/下降时间为 $500[\mu\text{sec}]$ 的情况下的奈奎斯特图。另外,在图12A和图12B中,横轴表示交流阻抗的实部,纵轴表示交流阻抗的虚部。

[0221] 根据图12A以及图12B,奈奎斯特图根据上升/下降时间而存在偏差。例如,在上升/下降时间极小(在此为 $10[\mu\text{sec}]$)的情况下,如上所述产生上升/下降位置的不确定,因此认为原因之一是无法准确地描绘奈奎斯特图。此外,认为原因之一在于,在上升/下降时间极大(在此为 $500[\mu\text{sec}]$)的情况下,如上所述,输入电流脉冲的高频侧的频率分量变得极小,在高频侧的点,奈奎斯特图的描绘精度变差。

[0222] 另外,在采样间隔(例如,60[μsec])比电池单体21的等效电路模型中的基于感抗 L 和电阻 R_L 的时间常数(例如,1[μsec]以下)大的情况下,无法将基于感抗 L 和电阻 R_L 的瞬态响应的信息的大部分作为实测值进行采样,难以在高频侧准确地描绘奈奎斯特图。

[0223] 另外,通过将采样间隔设为时间常数以下,能够取得基于感抗 L 和电阻 R_L 的瞬态响应的信息,但当前实用化的IC的采样间隔为60[μsec]左右,难以实现以基于感抗 L 和电阻 R_L 的时间常数以下的采样间隔进行动作的IC。

[0224] 这样,在现有例的方法中,不易受到上升/下降时间的影响、以及难以取得基于感抗 L 和电阻 R_L 的瞬态响应的信息,因此难以准确地描绘奈奎斯特图。而且,在使用这样的不准确的奈奎斯特图来估计电池单体21的等效电路模型的元件参数的情况下,难以精度良好地估计元件参数。

[0225] 另一方面,如上所述,本实施方式的阻抗检测装置60能够不使用奈奎斯特图而估计(例如,算出)元件参数,因此能够几乎不受电池单体21的感抗的影响而估计(例如,算出)元件参数。因此,本公开的一个方式的阻抗检测装置60能够比以往精度良好地估计电池单体21的等效电路模型的元件参数。

[0226] (其他实施方式)

[0227] 以上,基于各实施方式等对一个或多个方式的阻抗检测装置等进行了说明,但本公开并不限于该各实施方式等。只要不脱离本公开的主旨,将本领域技术人员想到的各种变形实施于本实施方式而得到的方式、将不同的实施方式中的构成要素组合而构建的方式也可以包含于本公开。

[0228] 例如,对上述各实施方式等的阻抗检测装置是检测电池组的多个电池单体各自的阻抗的装置的例子进行了说明,但也可以是通过在电压测定装置30中测定电池组整体的电压来检测电池组整体的阻抗的装置。

[0229] 另外,在上述各实施方式等中,对阻抗检测装置具备展开部的例子进行了说明,但并不限于此。阻抗检测装置也可以代替展开部而具备存储展开的 M 次方程的存储部。

[0230] 另外,在上述各实施方式等中,对使用脉冲响应的例子进行了说明,但例如也可以使用脉冲响应或斜坡响应来估计元件参数。在该情况下,(式2)中使用的内部阻抗的瞬态响应的理论值 $Z(t)$ 也使用与所使用的响应相应的理论值。另外,脉冲电流或斜坡电流是规定电流的一例,脉冲电压或斜坡电压是规定电压的一例。

[0231] 另外,也可以使用开关脉冲发生装置(例如,脉冲发生器等)来代替上述各实施方式等的电池充电器。另外,也可以使用电压波形取得装置(例如示波器等)来代替上述各实施方式等中的电压测定装置和电流测定装置中的至少一方。另外,也可以使用计算装置(例如PC(Personal Computer,个人计算机)等)来代替上述各实施方式等的阻抗检测装置。

[0232] 另外,在上述各实施方式等中,各构成要素可以由专用的硬件构成,也可以通过执行适于各构成要素的软件程序来实现。各构成要素可以通过CPU或处理器等程序执行部读出并执行记录于硬盘或半导体存储器等记录介质的软件程序来实现。

[0233] 另外,流程图中的各步骤被执行的顺序是为了具体地说明本公开而例示的顺序,也可以是上述以外的顺序。另外,可以与其他步骤同时(并行)执行上述步骤的一部分,也可以不执行上述步骤的一部分。

[0234] 另外,框图中的功能块的分割是一例,也可以将多个功能块作为一个功能块来实

现,或者将一个功能块分割为多个,或者将一部分功能转移到其他功能块。另外,也可以由单一的硬件或软件并行或分时地处理具有类似的功能的多个功能块的功能。

[0235] 另外,上述各实施方式等的阻抗检测装置可以作为单一的装置来实现,也可以通过多个装置来实现。在阻抗检测装置由多个装置实现的情况下,该阻抗检测装置所具有的各构成要素可以以任何方式分配给多个装置。例如,执行图5所示的步骤S10以及S20的装置和执行图5所示的步骤S30以及S40的装置也可以是不同的装置。在阻抗检测装置由多个装置实现的情况下,该多个装置间的通信方法没有特别限定,可以是无线通信,也可以是有线通信。另外,在装置间,也可以组合无线通信以及有线通信。

[0236] 另外,在上述实施方式等中说明的各构成要素可以作为软件来实现,典型地,也可以作为集成电路即LSI来实现。它们既可以单独地单芯片化,也可以以包含一部分或全部的方式单芯片化。在此,设为LSI,但根据集成度的不同,有时也称为IC、系统LSI、超大LSI、以及特大LSI。另外,集成电路化的方法不限于LSI,也可以通过专用电路(执行专用的程序的通用电路)或通用处理器来实现。也可以利用在LSI制造后能够编程的FPGA(Field Programmable Gate Array:现场可编程门阵列)、或者能够重构LSI内部的电路单元的连接或设定的可重构处理器。进而,随着半导体技术的进步或派生的其他技术的出现,如果出现能够置换LSI的集成电路化的技术,当然也可以使用该技术进行构成要素的集成化。

[0237] 另外,本公开的一个方式也可以是使计算机执行图5和图7中的任一个所示的阻抗检测方法所包含的特征性的各步骤的计算机程序。

[0238] 另外,例如,程序也可以是用于使计算机执行的程序。另外,本公开的一个方式也可以是记录有这样的程序的计算机可读的非暂时性的记录介质。例如,也可以将这样的程序记录于记录介质而发布或流通。例如,通过将发布的程序安装于具有其他处理器的装置并使该处理器执行该程序,能够使该装置进行上述各处理。

[0239] 产业上的可利用性

[0240] 本公开在管理电池的系统等中有用。

[0241] 附图标记说明

[0242] 1阻抗检测系统

[0243] 10电池充电器

[0244] 20电池组

[0245] 21电池单体

[0246] 30电压测定装置

[0247] 40分流电阻

[0248] 50电流测定装置

[0249] 60阻抗检测装置

[0250] 60a第二算出部

[0251] 60b算出部

[0252] 61取得部

[0253] 62第一算出部

[0254] 63展开部

[0255] 64列式部

- [0256] 65系数估计部
- [0257] 66参数估计部
- [0258] A_0 、 A_m 系数 (理论系数、测定系数)
- [0259] C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 电容器
- [0260] C_{dl} CPE
- [0261] C_{tot} 串行连接值
- [0262] I测定点数
- [0263] L感抗
- [0264] M次数
- [0265] R_0 串联电阻
- [0266] R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_{ct} 、 R_L 、 R_n 电阻
- [0267] t 、 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_a 、 t_b 时刻
- [0268] V_{OCV} 开路电压
- [0269] $Z_{meas}(t_i)$ 测定值 (阻抗数据)
- [0270] $Z(t)$ 瞬态响应的理论值
- [0271] Z_w 涡流阻抗

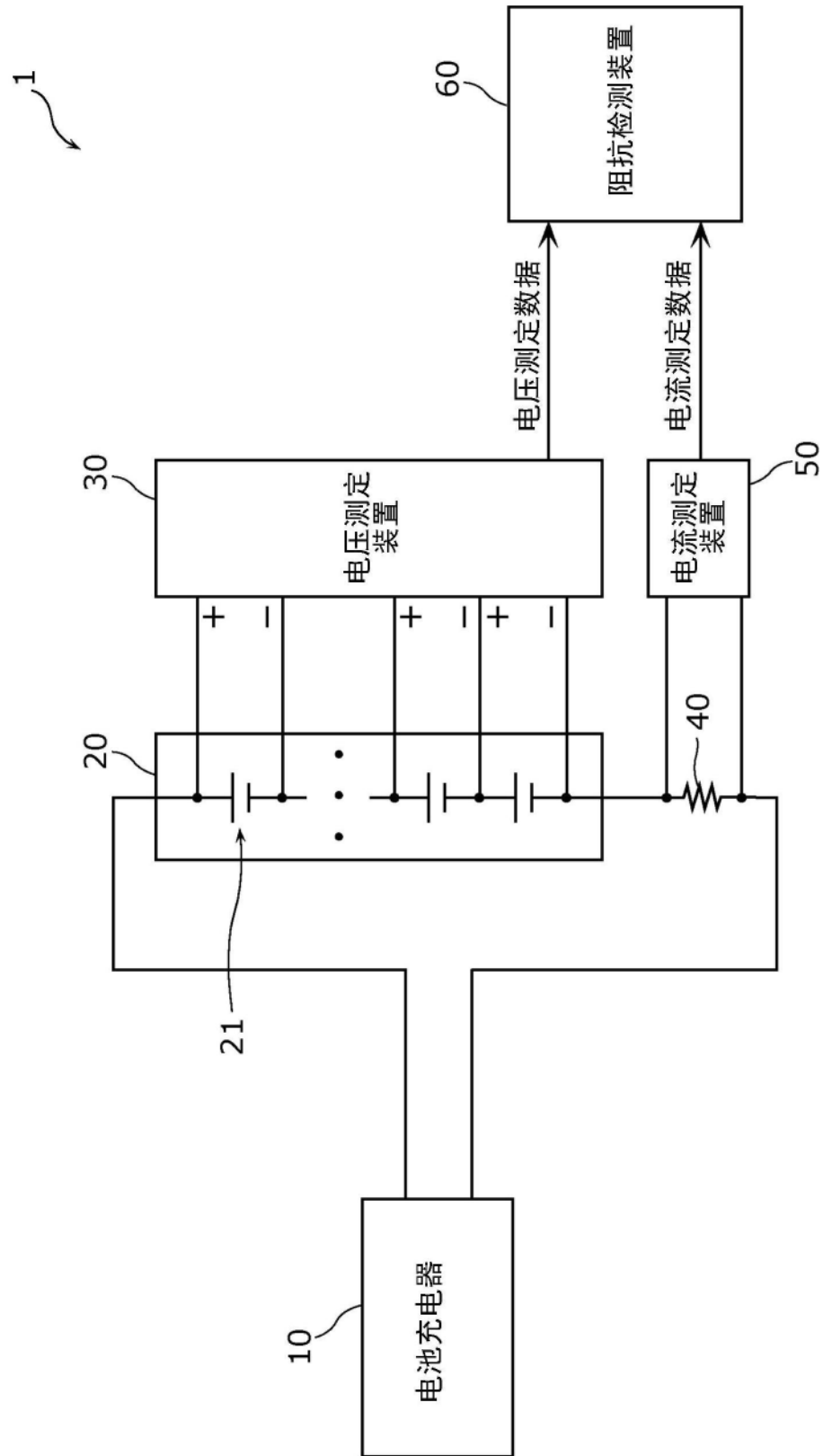


图1

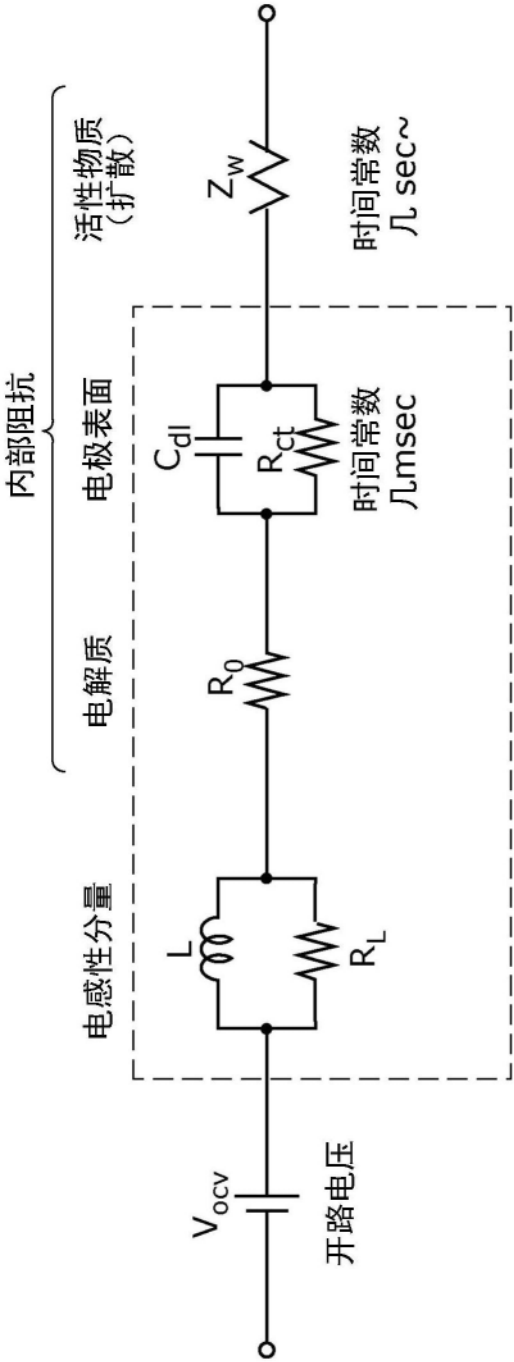


图2

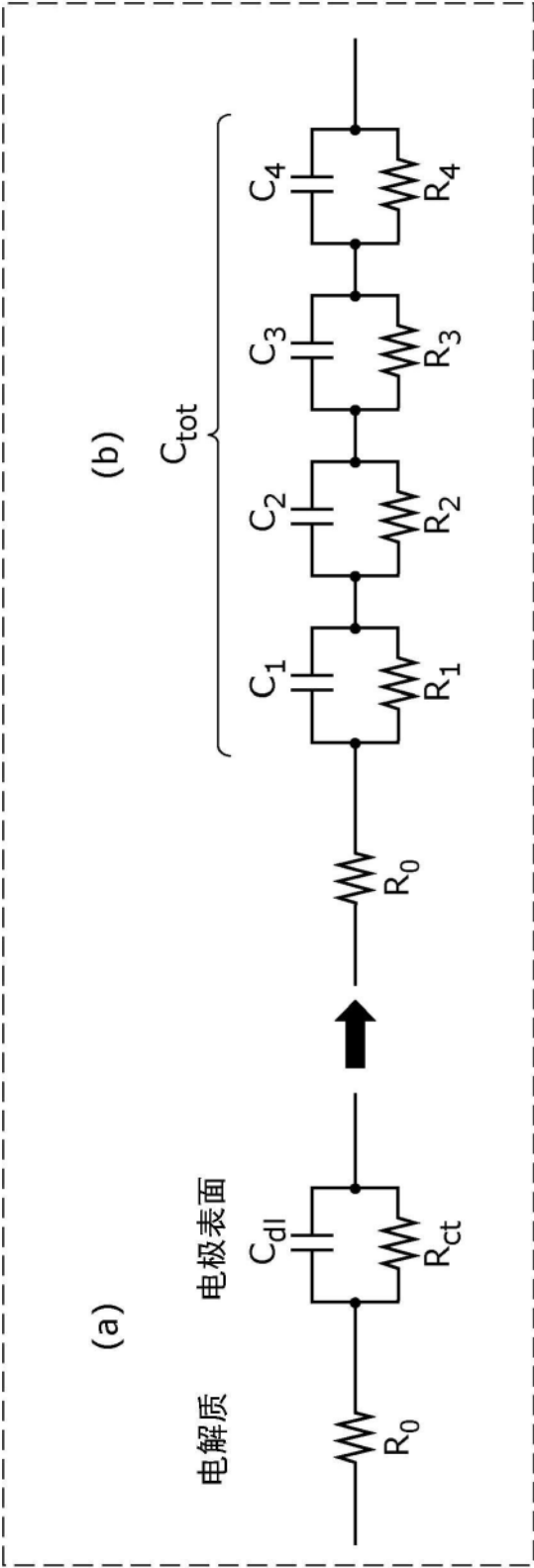


图3

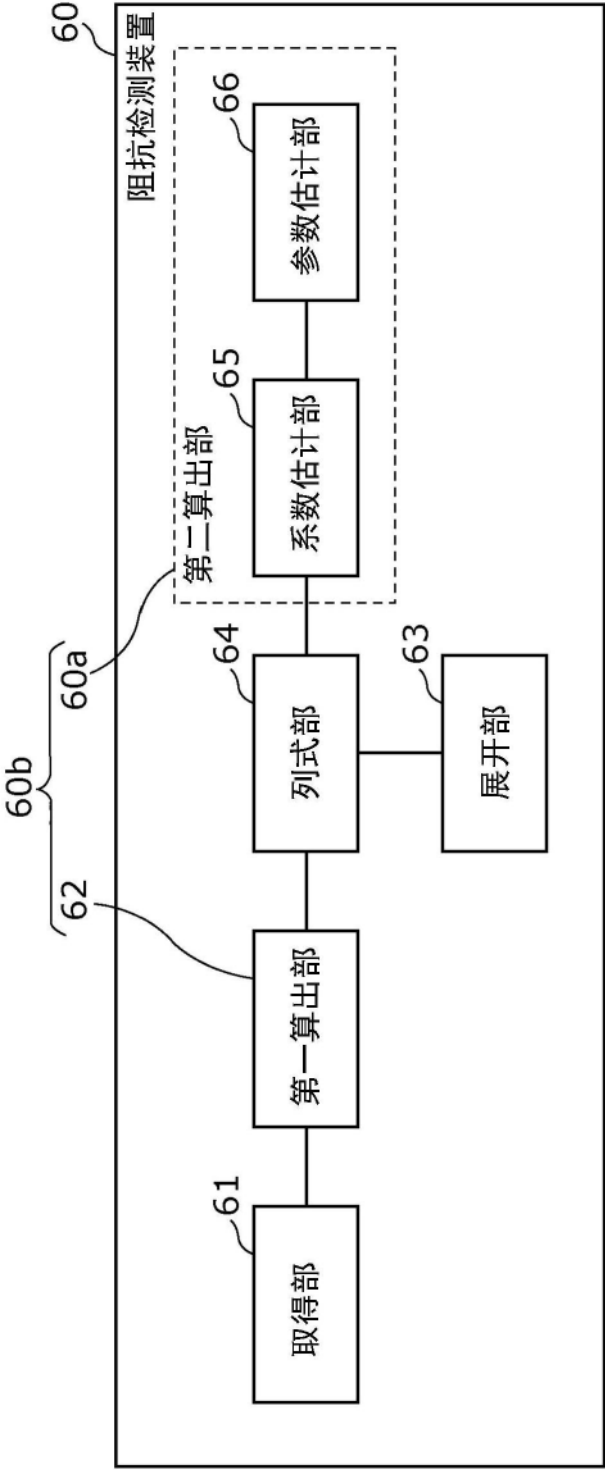


图4

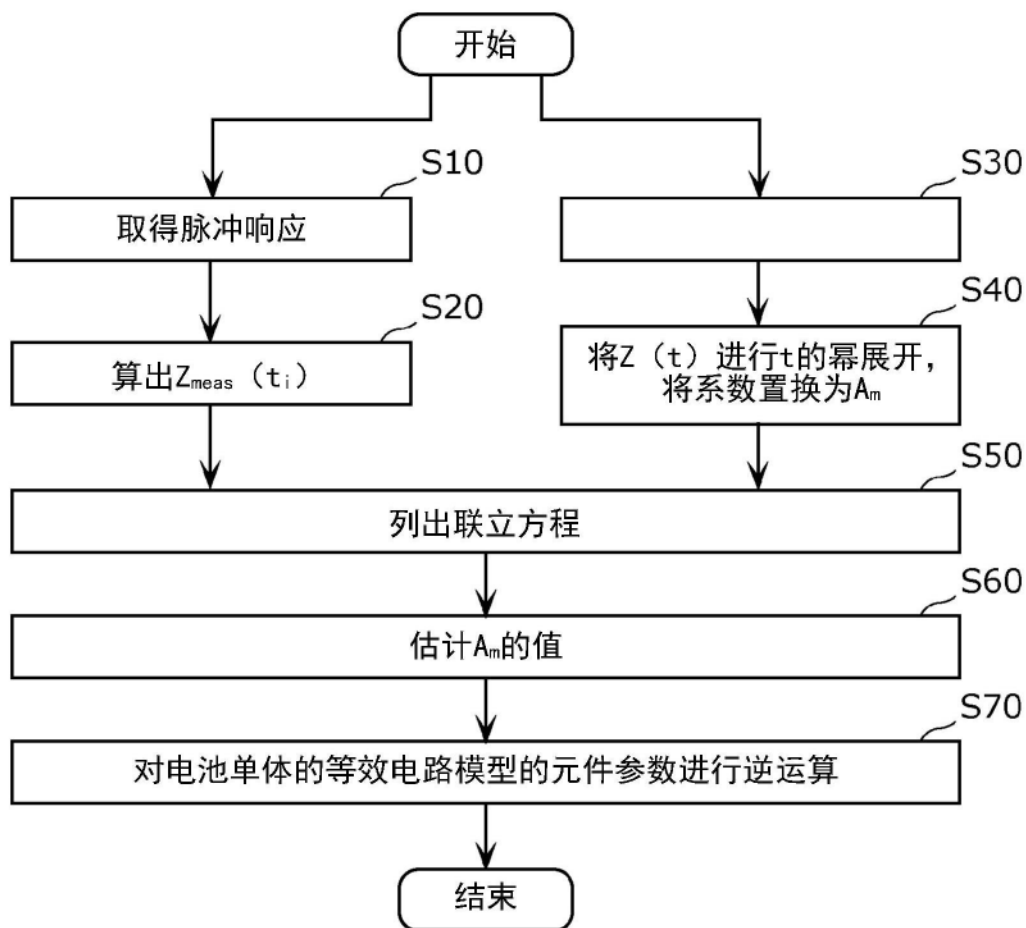


图5

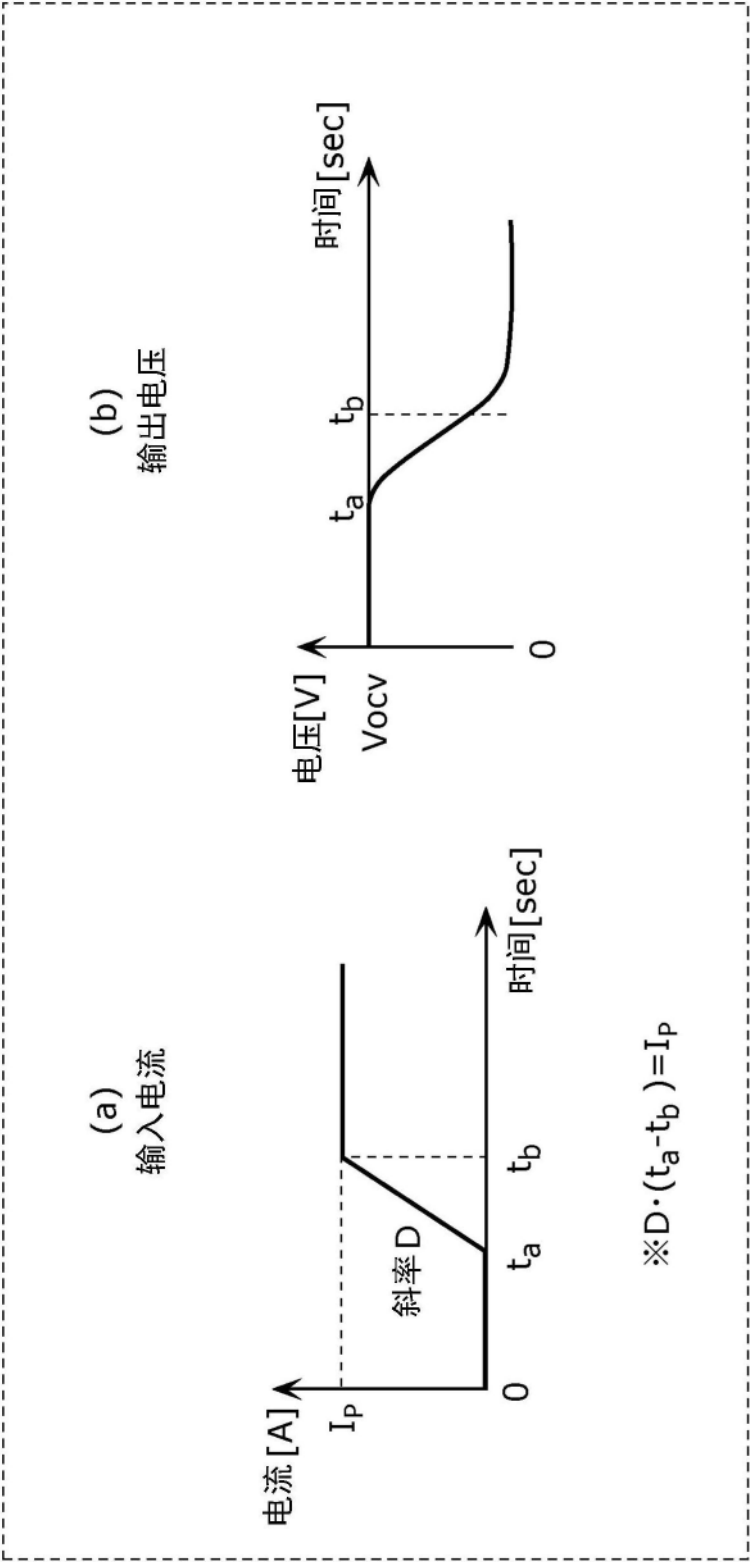


图6

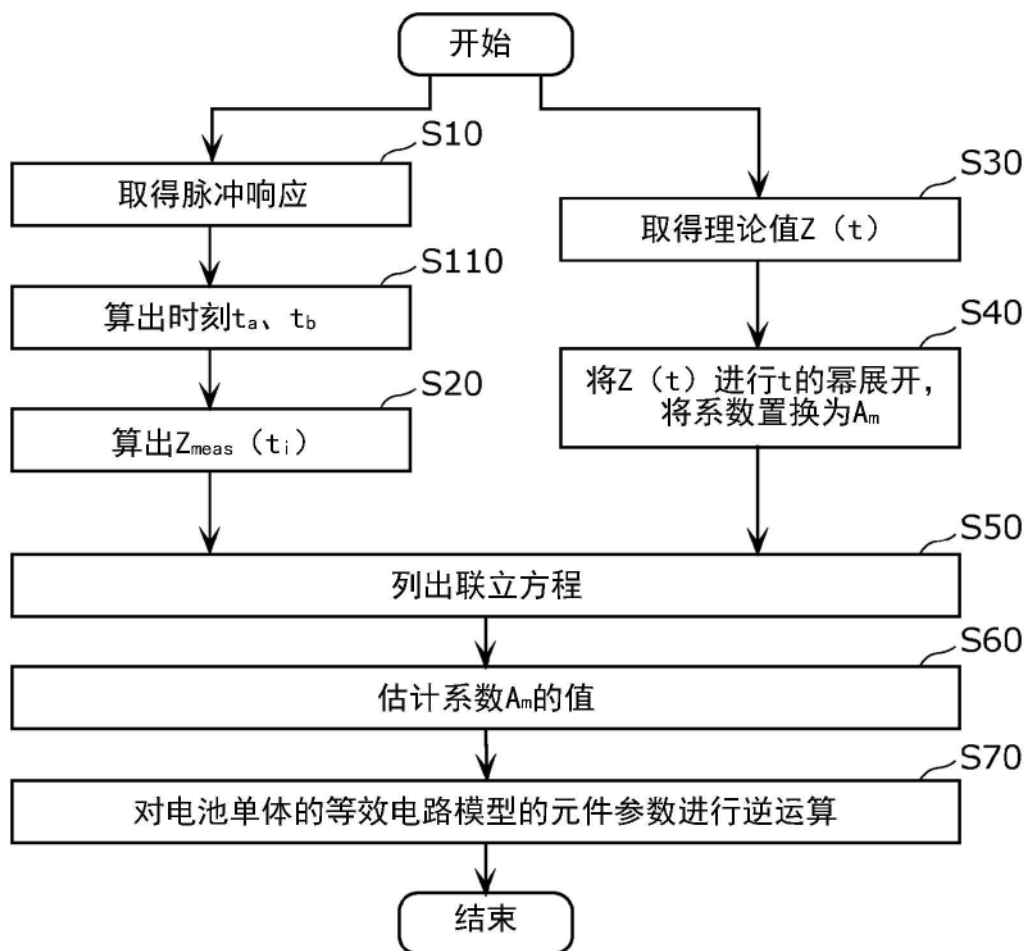


图7

	L[μH]	R _L [mOhm]	R ₀ [mOhm]	C ₁ [F]	R ₁ [mOhm]	C ₂ [F]	R ₂ [mOhm]	C ₃ [F]	R ₃ [mOhm]	C ₄ [F]	R ₄ [mOhm]
第一电池 单体	0.15	4000	38.8	0.1	3	0.3	4.9	1.7	6.5	12	5.6
第二电池 单体	0.35	1000	42.3	0.05	7.5	0.3	8.5	1.5	21	3.2	26

图8

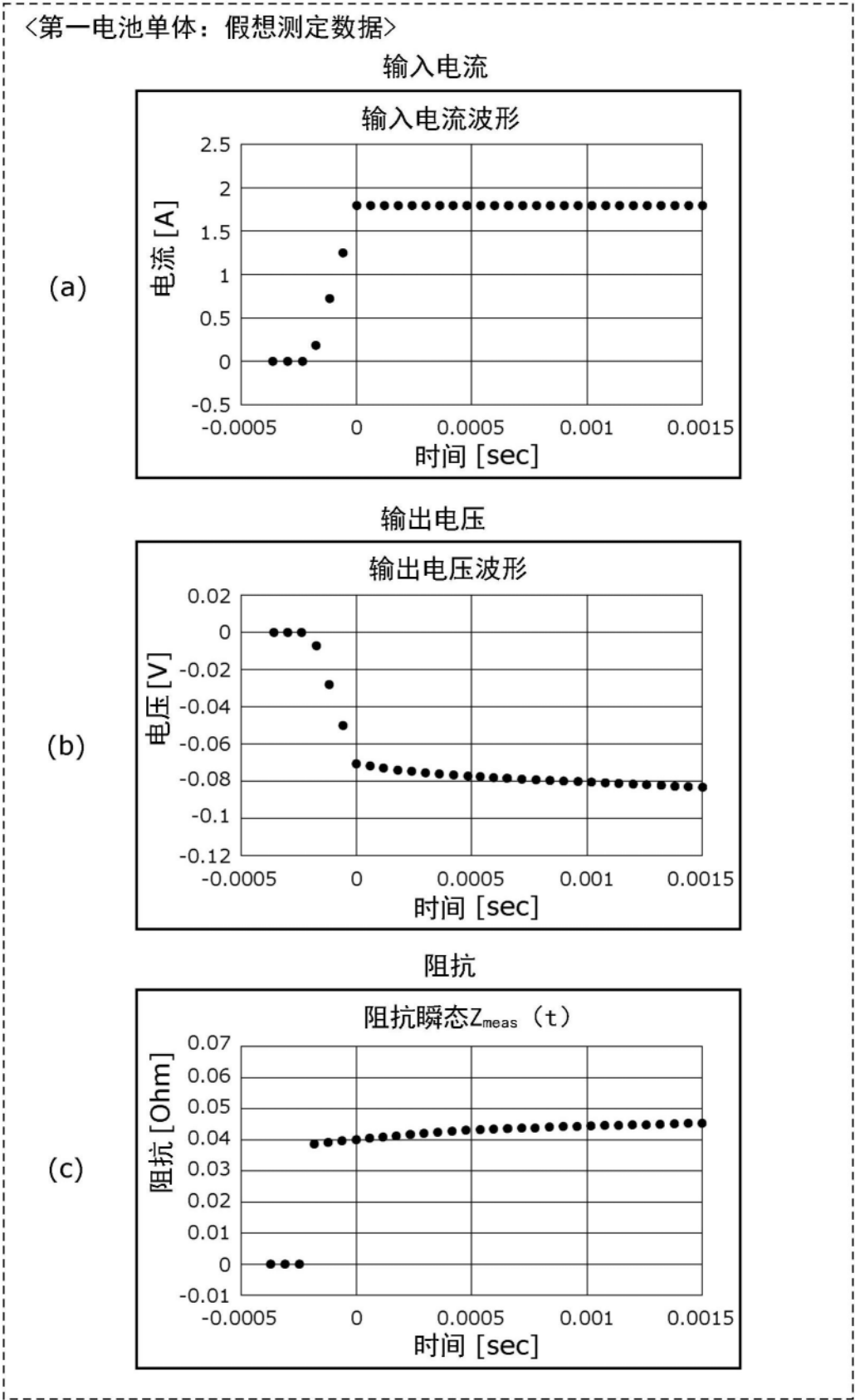


图9A

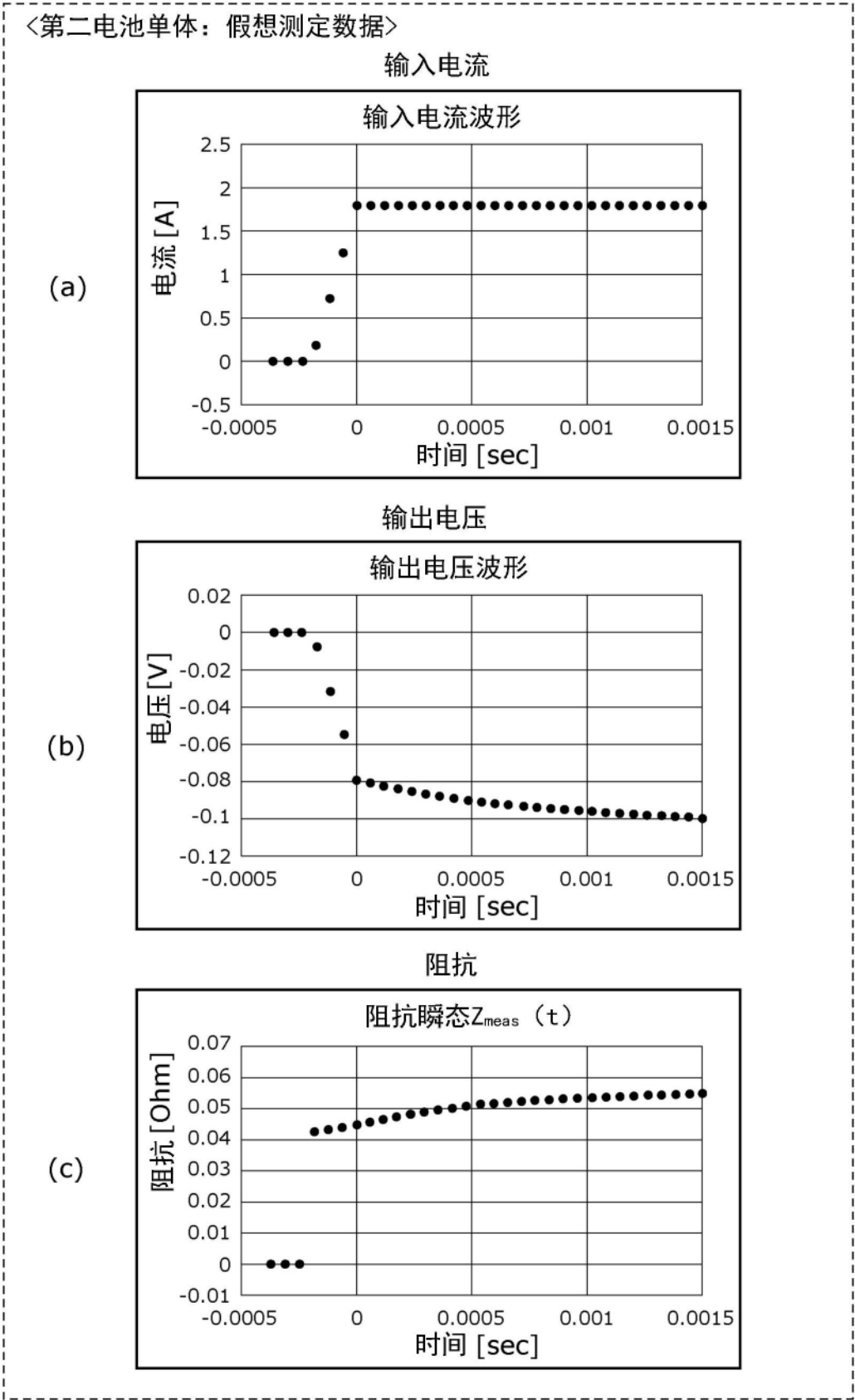


图9B

R_0 估计结果

[mOhm]	上升/下降斜率 [μsec]	真值	二次函数	四次函数	六次函数
第一电池 单体	10	38.800	39.141	38.822	38.801
	200		39.387	38.855	38.803
	500		39.696	38.896	38.805
第二电池 单体	10	42.300	42.825	42.323	42.301
	200		43.235	42.360	42.302
	500		43.794	42.414	42.304

图10A

 C_{tot} 估计结果

[F]	上升/下降斜率 [μsec]	真值	二次函数	四次函数	六次函数
第一电池 单体	10	0.07140	0.09900	0.07510	0.07152
	200		0.11131	0.07550	0.07171
	500		0.12906	0.07825	0.07192
第二电池 单体	10	0.04113	0.05425	0.04185	0.04116
	200		0.06036	0.04257	0.04120
	500		0.06974	0.04366	0.04126

图10B

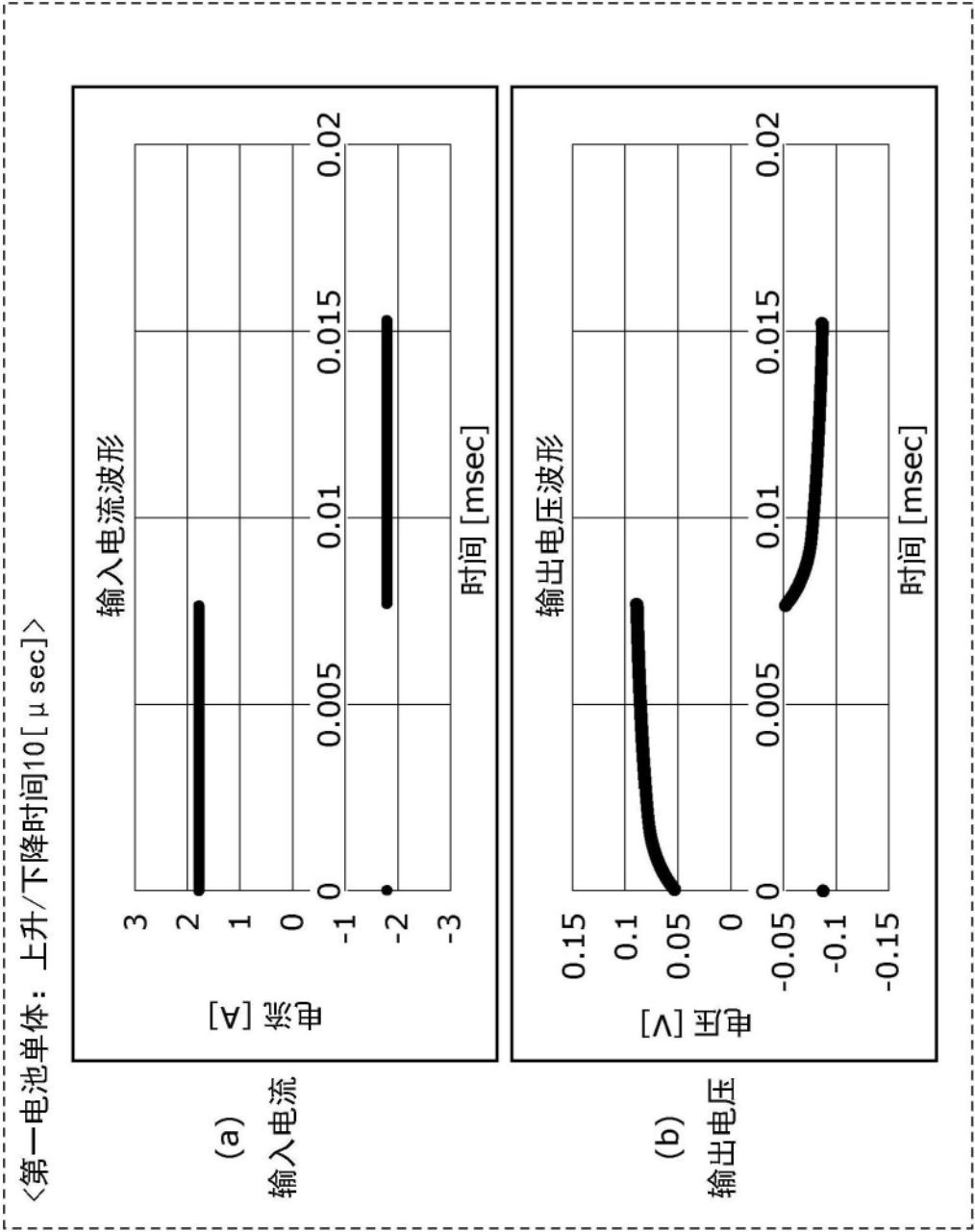


图11A

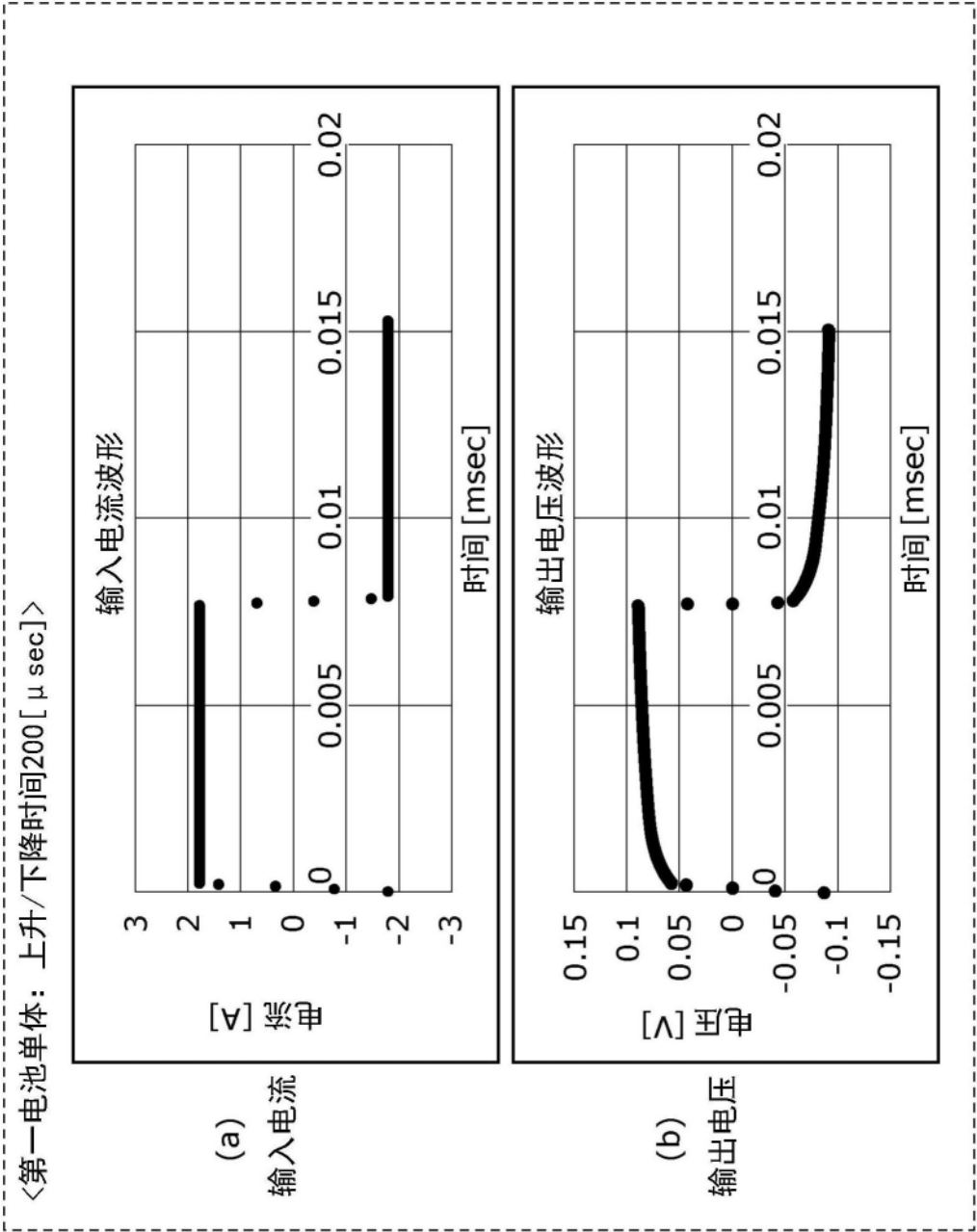


图11B

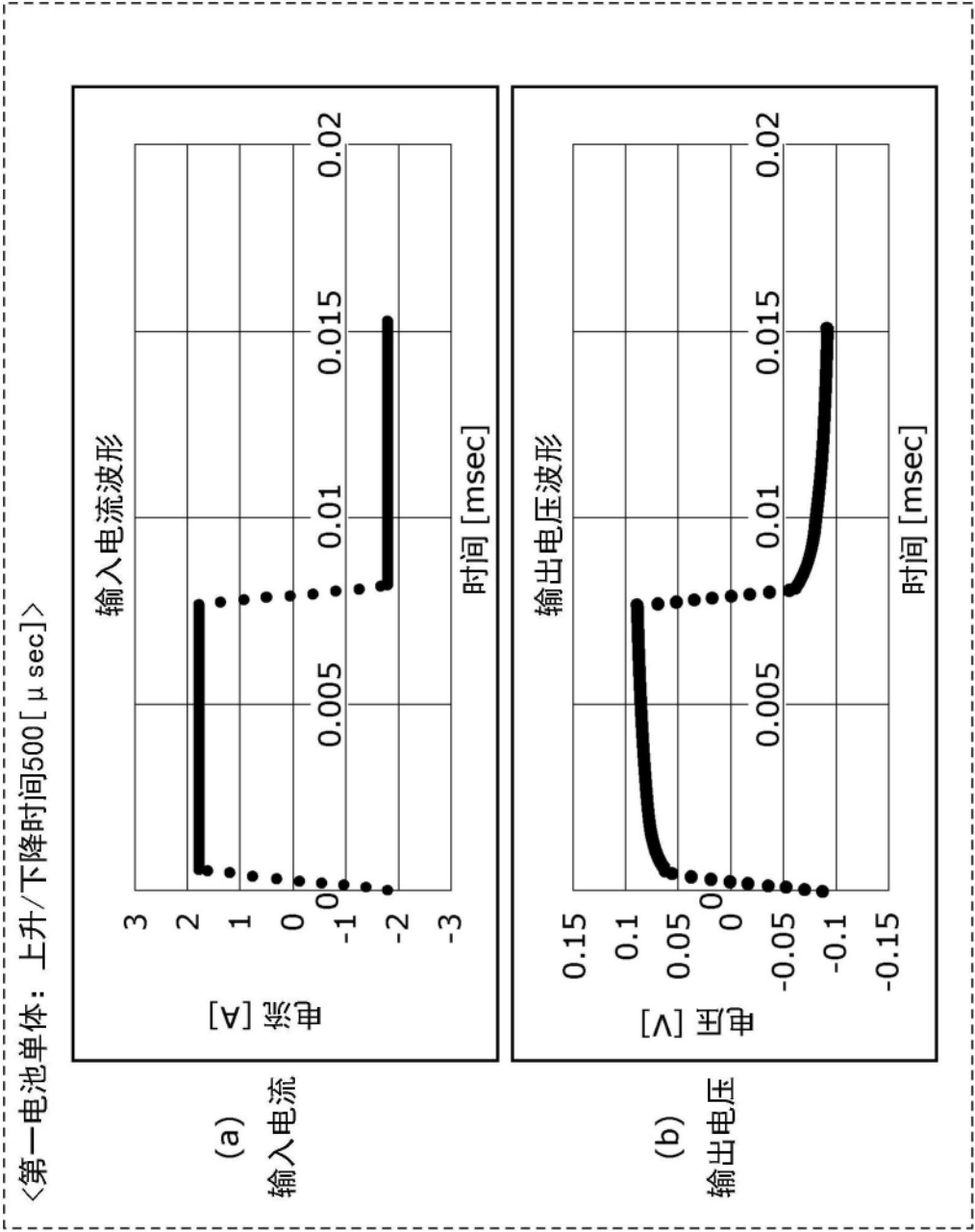


图11C

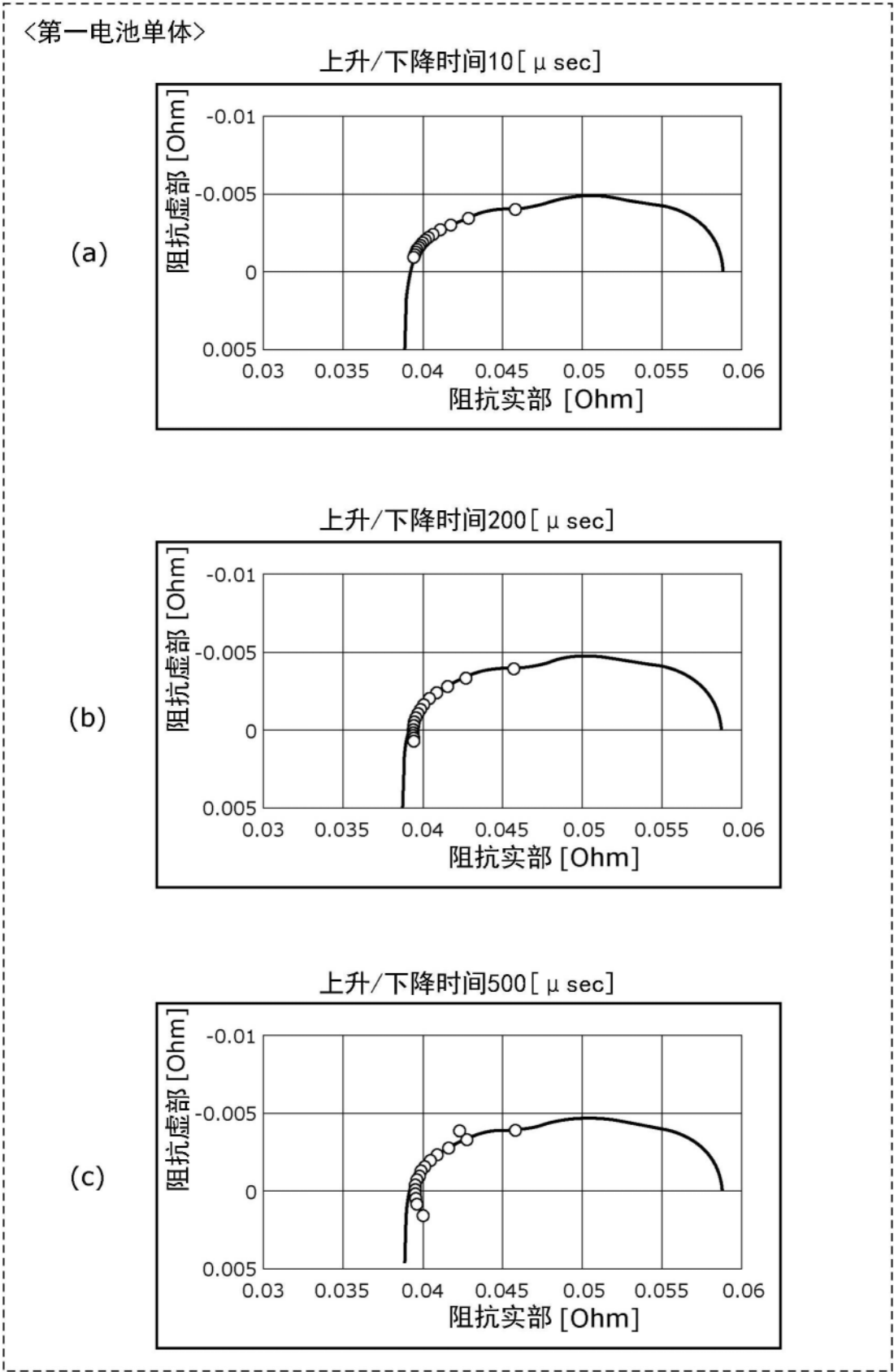


图12A

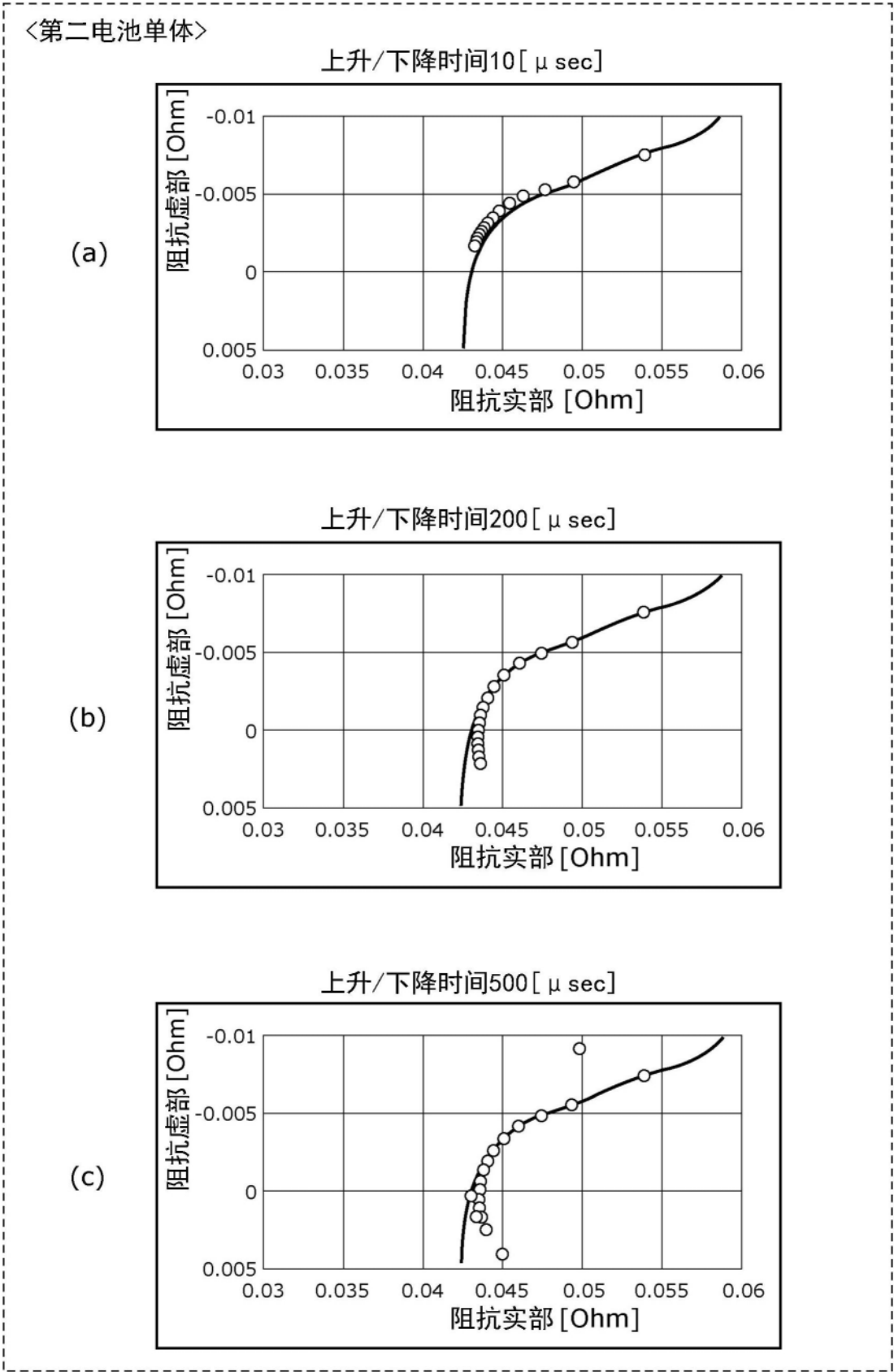


图12B