



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I856802 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 09 月 21 日

(21)申請案號：112133245

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 01 月 11 日

(51)Int. Cl.：

G01R19/165 (2006.01)**G01R31/367 (2019.01)****G01R31/3842(2019.01)****H01M10/0525(2010.01)****G06N3/02 (2006.01)**

(30)優先權：2018/01/11 日本

2018-002680

2018/02/02 日本

2018-017091

(71)申請人：日商半導體能源研究所股份有限公司 (日本) SEMICONDUCTOR ENERGY
LABORATORY CO., LTD. (JP)

日本

(72)發明人：高橋圭 TAKAHASHI, KEI (JP)；豐高耕平 TOYOTAKA, KOUHEI (JP)

(74)代理人：林怡芳；童啓哲

(56)參考文獻：

CN 101243325A

CN 106067570A

JP 2015-184219A

US 2016/0380313A1

WO 2012/098770A1

審查人員：張耕誌

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：18 共 56 頁

(54)名稱

二次電池的異常檢測裝置及二次電池

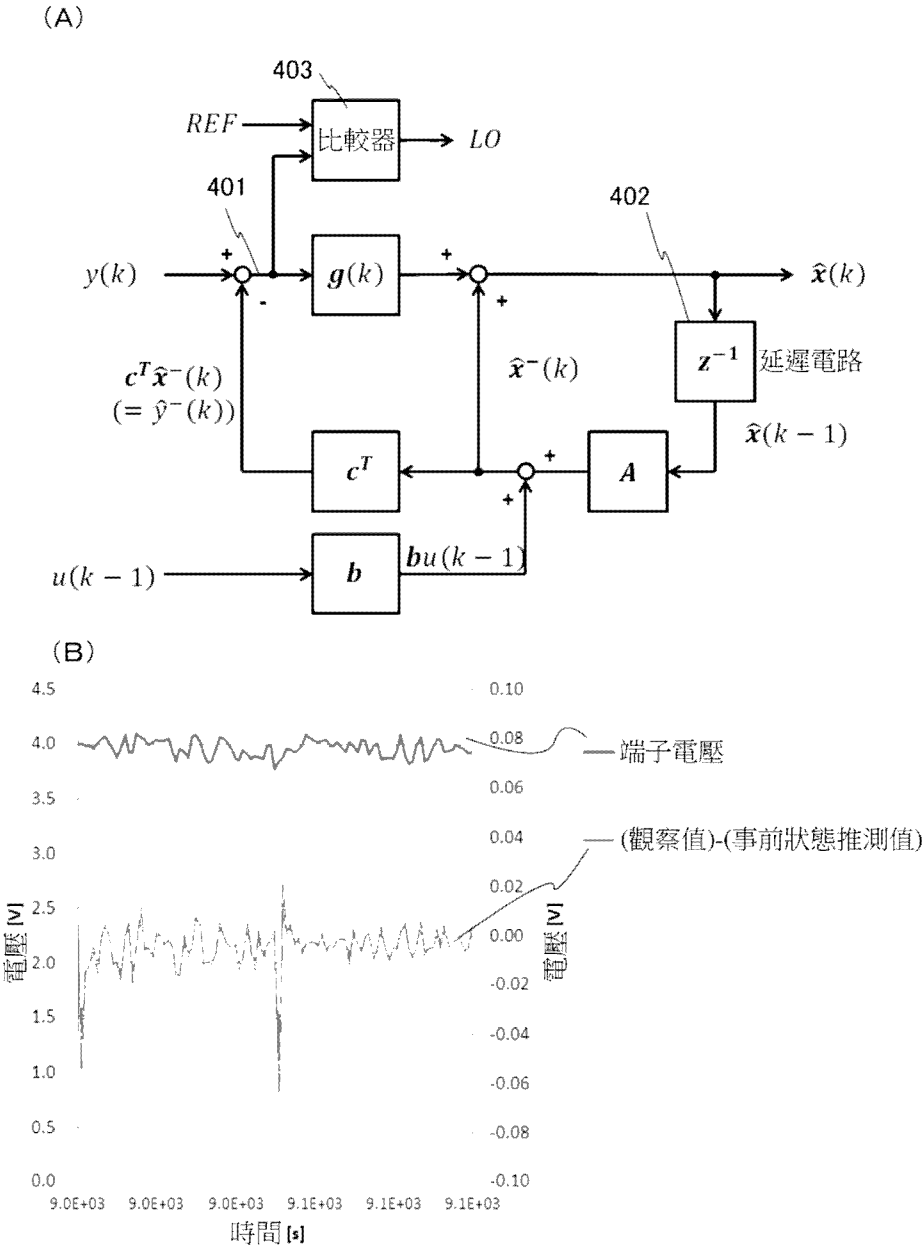
(57)摘要

提供一種在進行異常檢測的同時高精度地預測其他參數（內部電阻及 SOC 等）的二次電池的控制系統。利用卡爾曼濾波檢測某個時間的觀察值（電壓）和使用事前狀態變數推測的電壓的差值。預先設定臨界電壓並根據測出的電壓差值檢測突發異常、具體為微短路等。再者，較佳為使用神經網路學習時間序列的差分電壓差值的資料，並判斷是異常還是正常而進行檢測。

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 401 符號
- 402 延遲電路
- 403 比較器



【圖2】



I856802

【發明摘要】

【中文發明名稱】 二次電池的異常檢測裝置及二次電池

【中文】

提供一種在進行異常檢測的同時高精度地預測其他參數（內部電阻及SOC等）的二次電池的控制系統。利用卡爾曼濾波檢測某個時間的觀察值（電壓）和使用事前狀態變數推測的電壓的差值。預先設定臨界電壓並根據測出的電壓差值檢測突發異常、具體為微短路等。再者，較佳為使用神經網路學習時間序列的差分電壓差值的資料，並判斷是異常還是正常而進行檢測。

【指定代表圖】 圖2A

【代表圖之符號簡單說明】

401 符號

402 延遲電路

403 比較器

【發明說明書】

【中文發明名稱】 二次電池的異常檢測裝置及二次電池

【技術領域】

【0001】 本發明的一個實施方式係關於一種物品、方法或者製造方法。另外，本發明係關於一種製程(process)、機器(machine)、產品(manufacture)或者組合物(composition of matter)。本發明的一個實施方式係關於一種半導體裝置、顯示裝置、發光裝置、蓄電裝置、照明設備或電子裝置的製造方法。此外，本發明的一個實施方式係關於一種蓄電裝置的充電控制方法、一種蓄電裝置的狀態推測方法及一種蓄電裝置的異常檢測方法，特別係關於一種蓄電裝置的充電系統、一種蓄電裝置的狀態推測系統及一種蓄電裝置的異常檢測系統。

【0002】 另外，在本說明書中，蓄電裝置是指具有蓄電功能的所有元件以及裝置。例如，蓄電裝置包括鋰離子二次電池等蓄電池(也稱為二次電池)、鋰離子電容器、鎳氫電池、全固態電池及雙電層電容器等。

【0003】 此外，本發明的一個實施方式係關於一種使用神經網路的蓄電裝置的異常檢測系統及一種蓄電裝置的狀態推測裝置。此外，本發明的一個實施方式係關於一種使用神經網路的車輛。此外，本發明的一個實施方式係關於一種使用神經網路的電子裝置。此外，本發明的一個實施方式係關於一種不但適用於車輛，而且還可以適用於用來儲存從設置在結構體等中的太陽能發電面板等發電設備得到的電力的蓄電裝置的狀態推測系統及設備異常檢測系統。

【先前技術】

【0004】近年來，對鋰離子二次電池、鋰離子電容器及空氣電池等各種蓄電裝置積極地進行了開發。尤其是，伴隨手機、智慧手機、平板電腦或膝上型個人電腦等可攜式資訊終端、遊戲裝置、可攜式音樂播放機、數位相機、醫療設備、混合動力汽車(HEV)、電動汽車(EV)或插電式混合動力汽車(PHEV)等新一代清潔能源汽車、或者電動摩托車等的半導體產業的發展，對高輸出、高能量密度的鋰離子二次電池的需求量急劇增長，作為能夠充電的能量供應源，成為現代資訊化社會的必需品。

【0005】此外，雖然電動汽車是只將電動發動機作為驅動部的車輛，但是也有具備引擎等內燃機和電動發動機的兩者的混合動力汽車。作為用於汽車的二次電池，也是將多個二次電池作為一個電池組並將多個電池組配置在汽車的下部。

【0006】用於電動汽車、混合動力汽車及電動摩托車的二次電池由於充電次數、放電深度、充電電流、充電環境（溫度變化）等而會發生劣化。還依賴於使用者的用法，且充電時的溫度、高速充電的頻率、使用再生制動器的充電量、使用再生制動器的充電時機等也可能與劣化有關。此外，用於電動汽車及混合動力汽車的二次電池有可能由於隨時間的劣化等而發生短路等異常。

【0007】此外，因為用於電動汽車、混合動力汽車或電動摩托車的二次電池以長期間使用為前提，所以被期待有充分的可靠性。

【0008】鋰離子二次電池不採用在充滿電容量（FCC（Full Charge Capacity））中電池的剩餘容量（RC）所佔的比例，亦即充電率（SOC）使用設計容量（DC）中的0%至100%的設定，並且為了防止過放電，充電率不設為0%，而設定有5%（或10%）左右的寬容量。此外，為了防止過充電，充電率不

設為100%，而設定有5%（或10%）左右的寬容量。其結果是，鋰離子二次電池被認為在設計容量的5%至95%的範圍內（或10%至90%的範圍內）使用。實際上，藉由使用與二次電池連接的BMS（Battery Management System：電池管理單元）設定上限電壓 V_{max} 和下限電壓 V_{min} 的電壓範圍，來在設計容量的5%至95%的範圍內（或10%至90%的範圍內）使用。

【0009】 二次電池由於使用、隨時間的變化或溫度變化而會發生劣化。藉由正確地知道二次電池的內部狀態，特別是SOC（充電率），來進行二次電池的管理。藉由正確地知道SOC，可以擴大上限電壓 V_{max} 和下限電壓 V_{min} 的電壓範圍。在習知技術中，藉由庫侖計數法進行SOC推測。

【0010】 專利文獻1示出對二次電池的剩餘容量的運算使用神經網路的一個例子。

【0011】 [專利文獻]

[專利文獻1]美國專利申請公開第2006/0181245號公報

【發明內容】

【0012】 本發明的目的之一是檢測二次電池的異常，例如藉由早期檢測降低二次電池的安全性的現象，警告使用者或改變二次電池的工作條件，從而確保安全性。

【0013】 此外，雖然在習知的二次電池的異常檢測中，在發生二次電池的劣化而發生誤差時需要校正，但是由於不進行藉由回饋的校正，校正不充分而導致異常檢測的精度低，由此提高精度也是本發明的目的之一。

【0014】 此外，當在二次電池中產生大的雜訊，對二次電池的內部電阻及SOC等進行監視時，由於被輸入的雜訊資料而導致在後面推測的SOC的數值中

發生誤差。作為本發明的目的之一，理想的是，提供在進行異常檢測的同時，以高精度預測其他參數（內部電阻及SOC等）的二次電池的控制系統。

【0015】在鋰離子電池中只有電流、電壓及溫度的參數可以測量，而內部電阻及SOC（充電率）難以直接測量。於是，由回歸模型（回歸式），例如，回歸分析、卡爾曼濾波、多元回歸分析進行計算處理來推測內部電阻及SOC。

【0016】卡爾曼濾波是無限脈衝回應濾波之一種。此外，多元回歸分析是多變數分析之一種，其中回歸分析的獨立變數為多個。作為多元回歸分析，有最小二乘法等。回歸分析需要較多的觀察值的時間序列，而卡爾曼濾波具有只要積蓄一定程度的資料就可以逐步得到最適合的校正係數的優點。此外，也可以將卡爾曼濾波應用於非平穩時間序列。

【0017】作為推測二次電池的內部電阻及SOC的方法，可以利用非線性卡爾曼濾波（明確而言，無損卡爾曼濾波（也稱為UKF））。此外，也可以使用擴展卡爾曼濾波（也稱為EKF）。

【0018】使用卡爾曼濾波推測二次電池的內部電阻及SOC的方法是已知方法，只藉由該方法難以檢測突發異常，明確而言，微短路等。在推測二次電池的內部電阻及SOC時，將事後狀態推測值用為輸出，但是在本發明中，不直接使用狀態推測值而藉由使用觀察值和事前狀態推測值之間的差值來實現突發異常的檢測。

【0019】為了解決上述課題，本說明書所公開的二次電池的異常檢測裝置、異常檢測系統及異常檢測方法採用以下手段。

【0020】利用卡爾曼濾波測出某個時間的觀察值（電壓）和使用事前狀態變數推測的電壓之間的差值。預先設定臨界電壓，並由測出的電壓差值檢測突發異常，明確而言，微短路等。藉由檢測微短路等，可以早期檢測二次電池的異常。

【0021】微短路是指二次電池內部的極小的短路，不是由於在二次電池的正極和負極之間發生短路而不能進行充放電的狀態，而是微量的短路電流流過極小的短路部的現象。發生微短路的原因之一被認為是由於多次進行充放電，發生正極活性物質的不均勻分佈，在正極的一部分與負極的一部分發生局部性電流集中，而使隔離體的一部分不起作用，或者，因副反應而發生副反應物，導致發生微短路。

【0022】作為理想的二次電池，需要減薄隔離體以實現二次電池的小型化。另外，需要以高電壓來進行高速供電的充電。但在上述結構中，二次電池容易發生微短路。另外，當反復發生微短路時，有可能導致二次電池的異常發熱及起火等重大事故。

【0023】因此，構成能在發生微短路時早期測出來防患於未然的異常檢測系統、二次電池的控制系統或二次電池的充電系統。微短路是二次電池特有的異常，以往不存在著眼於微短路而測出微短路的方法及系統。本發明人構建在發生微短路時發現大變動的值並計算出該值的方法及系統。再者，使用AI（AI：Artificial Intelligence：人工智慧）系統（神經網路）進行藉由回饋的校正來測出二次電池的異常發生。

【0024】下面示出測出二次電池的異常發生的測量模型。在此，模型是指二次電池的異常檢測系統的模型，根據預先規定的步驟計算或模擬系統的輸入來決定系統的輸出。以可以藉由回歸及學習等手段決定相對於系統的輸入的最適當的輸出的結構（例如，神經網路、隱藏式馬可夫模型、多項式函數近似等）為模型。這些模型為一個例子而不侷限於此。

【0025】在事前推測預測步驟中利用模型及輸入值。在事後推測步驟（也稱為濾波步驟）中利用觀察值。

【0026】[公式1]

第5頁，共 35 頁(發明說明書)

$$\mathbf{x}(k+1) = \mathbf{A}\mathbf{x}(k) + \mathbf{b}u(k) + \mathbf{b}v(k)$$

【0027】 上述公式是描述系統的狀態的遷移的狀態方程式。

【0028】 在某個時間（時間k）觀察值y（k）與x（k）之間有如下關係。

【0029】 [公式2]

$$y(k) = \mathbf{c}^T \mathbf{x}(k) + w(k)$$

【0030】 $\mathbf{c}^T$ 是用來將狀態空間線性影像到觀察空間的觀察模型。 $w(k)$ 是觀察雜訊。上述公式是觀察方程式。

【0031】 將狀態方程式和觀察方程式統稱為狀態空間模型。

【0032】 此外，可以由以下公式表示事前狀態推測值（左邊）。

【0033】 [公式3]

$$\hat{\mathbf{x}}^-(k) = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}}(k-1) + \mathbf{b}u(k-1)$$

【0034】 注意，k是0、1、2等的整數，表示時間。 $u(k)$ 表示輸入信號，在二次電池中表示電流值。 $\mathbf{x}(k)$ 表示狀態變數。

【0035】 此外，可以由以下公式表示事前誤差協方差（左邊的P（k）是協方差矩陣的逆矩陣）。

【0036】 [公式4]

$$\mathbf{P}^-(k) = \mathbf{A}\mathbf{P}(k-1)\mathbf{A}^T + \sigma_v^2 \mathbf{b}\mathbf{b}^T$$

【0037】 在事前推測預測步驟中，根據狀態方程式算出事前狀態推測值及狀態的事前協方差矩陣。根據時間k的事後狀態推測值及狀態的事後協方差矩陣和狀態方程式算出時間k+1的事前狀態推測值及事前協方差矩陣。

【0038】 對推測值和實測電壓（觀察值）進行比較，利用卡爾曼濾波算出作為誤差的加權係數的卡爾曼增益，由此校正推測值。可以由以下公式表示在濾波步驟中使用的卡爾曼增益g（k）。

【0039】 [公式5]

$$\mathbf{g}(k) = \frac{\mathbf{P}^{-}(k)\mathbf{c}}{\mathbf{c}^T\mathbf{P}^{-}(k)\mathbf{c} + \sigma^2_{\omega}}$$

【0040】 可以由以下公式表示在濾波步驟中使用的事後狀態推測值（左邊）。

【0041】 [公式6]

$$\hat{\mathbf{x}}(k) = \hat{\mathbf{x}}^{-}(k) + \mathbf{g}(k)\left(y(k) - \mathbf{c}^T\hat{\mathbf{x}}^{-}(k)\right)$$

【0042】 此外，可以由以下公式表示在濾波步驟中使用的事後誤差協方差矩陣 $\mathbf{P}(k)$ 。

【0043】 [公式7]

$$\mathbf{P}(k) = (\mathbf{I} - \mathbf{g}(k)\mathbf{c}^T)\mathbf{P}^{-}(k)$$

【0044】 利用上述測出二次電池的異常發生的測量模型監視以下公式的值，亦即某個時間的觀察值（電壓）和使用事前狀態變數推測的電壓之間的差值（電壓差值），將該值的變動大的情況視為發生微短路等的異常來進行檢測。

【0045】 [公式8]

$$y(k) - \mathbf{c}^T\hat{\mathbf{x}}^{-}(k)$$

【0046】 比較器等在上述公式的電壓差值超過某個臨界值時輸出信號，且在檢測出異常的情況下，對顯示器輸出表示異常信號的顯示以向外部報告異常或對揚聲器輸出用於蜂鳴等報警的信號。在本說明書中，區別使用“測出”和“檢測”。“檢測”是指測出異常資料，在該異常資料正確時向外部聯繫，亦即對其他電路輸出信號。而“測出”只是指收集異常資料，其包括雜訊（不正

確的異常資料)。因此,“測出”是“檢測”的一部分,它們不等同。“檢測”至少還包括向其他電路的通知(信號輸出)。

【0047】此外,在從充電狀態切換為放電狀態或從放電狀態切換為充電狀態時電壓差值變動大,而產生雜訊。因為該雜訊的產生不是會引起二次電池的異常的現象,所以也可以設置多個比較器以去除該雜訊。

【0048】本說明書所公開的發明的結構是一種異常檢測裝置,包括:測出成為第一觀察值的二次電池的電壓值的第一測出單元;測出成為第二觀察值的二次電池的電流值的第二測出單元;使用基於狀態方程式的卡爾曼濾波算出事前狀態推測值(推測電壓值)的計算部;以及計算出第一觀察值的電壓值和在上一次時間得到的推測電壓值之間的差值,並在超過某個臨界值範圍時判定二次電池為異常(微短路等)的判定部。

【0049】在上述結構中,判定部包括一個或多個比較器。藉由使用多個比較器,可以去除雜訊並減少異常測出的誤差。

【0050】再者,較佳為使用神經網路學習時間序列的電壓差值資料,判定為異常或正常而進行檢測。在上述結構中包括輸入第一觀察值的電壓值和在上一次時間得到的推測電壓值之間的差值的神經網路結構部。

【0051】此外,本說明書所公開的其他結構是一種判定二次電池是否異常的異常檢測方法,包括:使用基於狀態方程式的卡爾曼濾波輸出推測電壓值的事前推測預測步驟;以及算出事後狀態推測值及事後誤差協方差矩陣的濾波步驟。

【0052】此外,本說明書所公開的其他結構是一種使電腦用作使用基於狀態方程式的卡爾曼濾波算出事前狀態推測值(推測電壓值)的計算部以及求出所述觀察值的電壓值和在上一次時間得到的推測電壓值之間的差值,並在超過某個臨界值範圍時判定二次電池為異常的判定部的程式。

【0053】也可以藉由使用上述異常檢測裝置、上述方法、執行上述程式的計算機構成二次電池的異常檢測系統。電腦例如是電動汽車的控制裝置、智慧手機、膝上型個人電腦，作為該結構包括控制部、記憶部及輸入輸出部。控制部包括CPU（或MPU、MCU（Micro Controller Unit：微控制單元））等。此外，控制部也可以使用GPU（Graphics Processing Unit：圖形處理器）。此外，有時將CPU和GPU統合為一個的晶片被成為APU（Accelerated Processing Unit：加速處理單元），也可以使用該APU晶片。另外，還可以使用組裝有AI系統的IC（也稱為推論晶片）。組裝有AI系統的IC有時被稱為進行神經網路運算的電路（微處理器）。

【0054】記憶部包括RAM、ROM及HDD等。輸入輸出部包括操作部、顯示部及通訊部等。此外，上述程式不侷限於儲存於電腦的記憶部的程式，也可以使電腦讀出儲存於電腦能夠讀取的儲存媒體中的程式而執行。電腦能夠讀取的儲存媒體例如是CD-ROM等光碟、磁帶、USB記憶體、快閃記憶體等。另外，也可以預先在與網際網路、LAN（Local Area Network：局域網）、無線LAN等連接線連接的裝置儲存上述程式，並使電腦從這些連接線讀取程式而執行。

【0055】此外，本說明書所公開的其他結構是一種檢測微短路的異常檢測系統，包括：測出成為第一觀察值的二次電池的電壓值的第一測出單元；測出成為第二觀察值的二次電池的電流值的第二測出單元；使用基於狀態方程式的卡爾曼濾波算出事前狀態推測值（推測電壓值）的計算部；以及求出第一觀察值的電壓值和在上時間得到的推測電壓值之間的差值，並在超過某個臨界值範圍時判定二次電池為異常（微短路等）的判定部，其中，檢測起因於微短路的資料異常。

【0056】 本說明書所公開的二次電池的異常檢測系統持續或定期監視二次電池。可以適當地設定取樣週期（及運算週期）。此外，本說明書所公開的二次電池的異常檢測系統也可以稱為二次電池的監視系統。再者，當將使用溫度感測器、照相機、氣體感測器等測出二次電池的外表面溫度的異常、外形變形等的異常也包括於二次電池的異常檢測系統時，可以更確實地測出異常。

【0057】 輸入判斷為正常的預測誤差代替將判斷為異常的預測誤差直接輸入到卡爾曼濾波。藉由不使用異常值算出二次電池的內部電阻及SOC來提高推測精度。

【0058】 本說明書所公開的發明的其他結構是一種推測二次電池的充電狀態的二次電池的狀態推測方法，其中，從二次電池取得觀察值的資料，使用回歸模型算出事前狀態推測值，並算出作為觀察值和事前狀態推測值之間的差值的預測誤差電壓 V_d ，根據預測誤差電壓 V_d 的資料是否超過預先設定的臨界值判定該資料是否為雜訊，代替被判定為雜訊的資料，將異常測出之前的 k 個資料的平均值輸入到回歸模型進行校正，並且，在測出雜訊之後也繼續進行異常檢測。

【0059】 微短路的問題在充電中發生。例如，在只由一個電池構成時，因為由充電器控制電流，所以在發生微短路時外觀的電流值不產生變化，而電壓值產生變化。但是，在並聯電池中，電壓變化變小，因此難以測出。此外，因為該電壓變化在電池使用的上下限電壓範圍內，所以需要特殊的檢測機構。另外，關於電流，在並聯電池中，在發生微短路時內部電阻降低，因此流過正常電池的電流量相對小，而流過異常電池的電流大，所以是危險的。但是，在組電池中由於整體電流保持被控制的值，因此難以檢測異常。此外，雖然在一般的組電池結構中通常監視各串聯級的電壓，但是因成本、佈線的複雜性而難以對所有電池的電流進行監視。

【0060】 如圖14所示的流程圖那樣，當在比較電路與信號REF進行比較而小於REF時，亦即，當公式8中的值 $< \text{REF}$ 時，將視為發生諸如微短路的異常，而在檢測出微短路等的異常之後，生成預測誤差的資料，例如將從上一步驟到上四步驟為止的正常的預測誤差的平均投入卡爾曼濾波中。可以在測出異常之後也準確地求出SOC。卡爾曼濾波的優點可以說是能夠高精度地預測剩餘容量以及即使初期的剩餘容量未知也能夠預測剩餘容量。

【0061】 以前有在發生微短路前後發生推測值的誤差，而在該推測值與真正的容量值之間發生偏差的問題。藉由去除起因於微短路發生的資料並輸入正常的值，可以提高推測結果的精度。

【0062】 於是，藉由不將引起異常檢測的資料用於異常檢測後的推測，即使異常檢測之後也可以到反復發生微短路為止使用二次電池。

【0063】 下面示出進行二次電池的充電狀態的推測的推測方法。在測出二次電池的異常發生之後也繼續反復進行推測的步驟。推測使用能夠藉由回歸或學習等的手段決定相對於系統的輸入的最適當的輸出的結構（例如，神經網路、隱藏式馬可夫模型、多項式函數近似等）。為了進行學習，較佳為使用用來學習的大量資料及分析，因此學習也可以在工作站或功能伺服器上的網站內實施，在此情況下使用一個以上的伺服器來自動地或需要操作者合作的半自動地進行資料的積蓄及分析。此外，在預先結束大量資料的存儲及分析並獲得結果的情況下，藉由將這些結果納入系統，明確而言，程式或IC晶片的記憶體中，也可以不使用伺服器地進行異常測出及充電狀態的推測。

【0064】 此外，在藉由無線供電對二次電池充電時，也可以使用本說明書所公開的二次電池的異常檢測系統。作為以幾十釐米以下的距離無線傳輸幾W以上的電力的方式，有電磁感應方式或磁場共振方式。作為電磁感應方式有Qi規格。此外，作為磁場共振方式有WiPower規格。由受電線圈接收來自送電裝

置的電力，在該受電線圈和二次電池之間設置異常檢測裝置，即可。在異常檢測裝置檢測出異常時，使用通訊功能（無線LAN或藍牙（Blue tooth（註冊商標）））發出停止送電裝置的電力的指令。

【0065】 在本說明書中說明的實施方式中包括包含各種電腦硬體或軟體的專用電腦或通用電腦的使用。另外，在本說明書中下面說明的實施方式可以使用電腦能夠讀取的儲存媒體安裝。另外，儲存媒體也可以包括RAM、ROM、光碟、磁片或電腦所能夠存取的任意的其他的存儲介質。另外，在本說明書中說明的實施方式中作為一個例子示出的演算法、組件、流程、程式等可以由軟體或者硬體與軟體的組合安裝。

【0066】 藉由監視上述公式8的值（電壓差值），可以容易且高精度地進行二次電池的異常測出。再者，藉由使用神經網路進行藉由回饋的校正來進行二次電池的異常測出，可以更高精度地進行二次電池的異常測出。

【0067】 另外，不侷限於對一個二次電池的異常檢測，而也可以對串聯連接的多個二次電池進行異常檢測。

【0068】 此外，二次電池不侷限於使用電解液的鋰離子二次電池，而還可以採用使用固體電解質的全固體電池、鈉離子二次電池、鉀離子二次電池等。鉀離子二次電池的吸引溶劑的性質比鋰及鈉弱，因此離子在電解液中自由地移動。在改變二次電池的種類或尺寸時，根據該二次電池適當地設定臨界值。因為在全固體電池中也會發生微短路，所以本說明書所公開的異常檢測系統是有用的。

【0069】 本說明書所公開的異常檢測系統也可以搭載於IC晶片等而安裝於車輛系統的一部分中，所以是有用的。此外，本說明書所公開的異常檢測系統也可以由與其他功能電路（隨機存取記憶體（Random Access Memory：

RAM)、GPU (Graphics Processing Unit)、PMU (Power Management Unit) 等) 統合而成的一個IC晶片構成。

【0070】 本說明書所公開的異常檢測系統可以縮短測出時間而實現即時的異常測出。此外，無論充電時還是放電時等的二次電池的任何狀態，都可以實現異常測出。

【0071】 此外，可以實現即時地檢測二次電池的異常，並去除用於異常檢測的雜訊而高精度地預測其他參數(內部電阻及SOC等)的二次電池的控制系統。

【圖式簡單說明】

【0072】 在圖式中：

圖1是示出本發明的一個實施方式的等效電路模型；

圖2A是示出本發明的一個實施方式的功能方塊圖，圖2B是示出電壓差值和時間的關係的圖；

圖3A和圖3B是示出本發明的一個實施方式的功能方塊圖；

圖4A和圖4B是示出本發明的一個實施方式的功能方塊圖；

圖5A和圖5B是示出本發明的一個實施方式的功能方塊圖；

圖6A和圖6B是示出本發明的一個實施方式的功能方塊圖；

圖7是示出本發明的一個實施方式的功能方塊圖；

圖8是示出本發明的一個實施方式的使用測量模型的模擬結果的圖表；

圖9是示出本發明的一個實施方式的使用測量模型的模擬結果的圖表；

圖10A和圖10B是示出本發明的一個實施方式的電動汽車的方塊圖及二次電池的透視圖；

圖11A至圖11C是示出移動體的一個例子的圖；

圖12A至圖12C是示出二次電池的一個例子的透視圖；

圖13A至圖13D是示出二次電池的一個例子的剖面圖及透視圖；

圖14是示出本發明的一個實施方式的流程圖；

圖15A和圖15B是示出本發明的一個實施方式的等效電路模型的圖；

圖16是示出本發明的一個實施方式的系統圖；

圖17是示出本發明的一個實施方式的系統圖；

圖18是示出本發明的一個實施方式的流程。

【實施方式】

【0073】 下面，參照圖式對本發明的實施方式進行詳細說明。注意，本發明不侷限於以下說明，所屬技術領域的通常知識者可以很容易地理解一個事實就是其方式和詳細內容可以被變換為各種形式。此外，本發明不應該被解釋為僅限定在下面的實施方式所記載的內容中。

【0074】 實施方式1

圖1是用於異常測出的電池的等效電路模型（也稱為電池模型）的一個例子。圖1中所示的R0是串聯電阻組成，R1、R2、R3、R4是電阻器。而且，C2、C3和C4是電容。

【0075】 以某一定時間間隔對圖1中的微短路模型400施加脈衝信號類比發生微短路，來進行電池模型的數值模擬。在本實施方式中使用數值模擬進行說明，但是實際上是監視有異常的電池的電壓。

【0076】圖1中所示的OCV是開路電壓（Open Circuit Voltage）的簡稱，是電池與外部電路斷開後經過充分的時間，電池內部的電化學反應成為平衡狀態時的正極和負極之間的電位差值。

【0077】圖2A是示出功能方塊的一個例子的圖，也可以稱為推測邏輯。

【0078】在圖2A中，延遲電路402是使用時間 k 的狀態推測值推測時間 $(k+1)$ 的電路。在圖2A中， A 和 b 是從模型獲得的矩陣。 C^T 是觀察係數向量。 Z^{-1} 是延遲電路。

【0079】圖2A中的符號401所示的部分是觀察值（電壓）和使用事前狀態變數推測的電壓之間的差值（電壓差值）的部分。由於在電壓差值突變時可以視為發生了微短路，因此將該電壓差值輸入到比較器403，由比較器403對該值和作為參考信號（REF）賦予的臨界值進行比較來判定是否異常。在比較器403中將輸入的兩個值中的較低的一個作為輸出LO。也可以在一個步驟期間內多次更改REF，以在多個級別進行比較。

【0080】圖2B示出二次電池的端子電壓及電壓差值和時間的關係圖表。橫軸是時間，縱軸是電壓。由於端子電壓的值的變動不太大，因此難以辨認出微短路的發生時機。另一方面，如圖2B所示那樣，在中央出現電壓差值（觀察值和事前狀態推測值之間的電壓差值）的突變，其與微短路的發生時機一致。由此，藉由監視電壓差值，可以判斷微短路的發生。

【0081】再者，藉由使用相同的輸入資料並共同使用圖2A所示的推測邏輯的一部分，可以輸出SOC推測值。這樣，無需擴大電路規模就可以輸入SOC推測值。

【0082】實施方式2

在本實施方式中，以下說明還使用神經網路（NN）提高精度的結構。

【0083】 圖3A和圖3B是功能方塊的一個例子的圖。與實施方式1的不同之處是其包括神經網路部404。在圖3A中，NN是神經網路部，為輸出LO（k）。

【0084】 圖3A中的由符號401所示的部分是觀察值（電壓）和使用事前狀態變數推測的電壓之間的差值（電壓差值）的部分。將該電壓差值輸入到神經網路部404中並對該值與學習資料進行比較來判定是否有異常。此外，積蓄輸入到神經網路部404的資料並將其作為學習資料的一部分，從而也可以進一步提高精度。

【0085】 此外，圖3B是其他方式之一。在圖3B所示的功能方塊中，對比較器和神經網路（NN）的兩者輸入電壓差值，並獲取兩者的輸出的OR。或者，也可以獲取AND代替OR。

【0086】 此外，圖4A是其他方式之一。在圖4A所示的功能方塊中，將比較器的輸出輸入到神經網路（NN），使用被輸出的值判定是否異常。

【0087】 此外，圖4B是其他方式之一。在圖4B所示的功能方塊中，將比較器的輸出輸入到神經網路（NN），使用比較器和神經網路（NN）的AND值判定是否異常。

【0088】 此外，圖5A是其他方式之一。在圖5A所示的功能方塊中，採用使用經過卡爾曼增益 $g(k)$ 之後的資料測出異常的結構。

【0089】 實施方式3

在本實施方式中，以下說明進一步使用另一個比較器提高精度的結構。

【0090】 在調查時間的經過和電壓差值之間的關係中，發現與微短路發生時機不同的誤差。本發明人發現在二次電池中當充電切換時會發生誤差。如圖6A所示，確認到端子電流在放電時機上發生了變化。

【0091】 在充放電切換時觀察不到正一側的過衝。另一方面，如圖6B所示，在發生微短路時，在正一側和負一側的兩者發生過衝。正一側的過衝是因為預測誤差的修改反映到下一個步驟而發生的。先在負一側發生過衝，然後在正一側發生過衝。根據該差異，在只有正一側發生過衝時視為誤差而不判定為發生了微短路。

【0092】 如圖5B所示，設置兩個比較器，對比較器1輸入負一側的過衝的值（REF1），對比較器2輸入正一側的過衝的值（REF2），使用延遲電路對上一個步驟的比較器的輸出和當前的比較器的輸出進行AND運算。

【0093】 根據上述結構，可以藉由去除充放電切換時等的雜訊來提高微短路的異常測出的精度。

【0094】 本實施方式可以與其他實施方式自由地組合。

【0095】 實施方式4

在本實施方式中，參照圖10示出應用於電動汽車（EV）的例子。

【0096】 圖10A示出電動汽車的方塊圖的一個例子。

【0097】 電動汽車設置有用作主驅動用二次電池的第一電池301以及對啟動發動機304的反相器312供應電力的第二電池311。在本實施方式中，由第二電池311的電源驅動的異常監視單元300統一監視構成第一電池301的多個二次電池。

【0098】 第一電池301主要對42V系列（高電壓系列）車載設備供應電力，而第二電池311對14V系列（低電壓系列）車載設備供應電力。第二電池311在很多情況下因成本上有利而採用鉛蓄電池。但是鉛蓄電池有與鋰離子二次電池相比自放電大，且因稱為硫酸化的現象容易劣化的缺點。雖然在作為第二電池311使用鋰離子二次電池時有無需維修的優點，但是在長期間，例如三年以上的使用時，可能發生在製造時不能辨別的異常。特別是，為了防止發生在啟動反相器的第二電池311無法工作時，即使第一電池301具有剩餘容量也不能啟動發動機的情況，在第二電池311是鉛蓄電池時，從第一電池對第二電池供應電力來以一直維持充滿電狀態的方式進行充電。

【0099】 本實施方式示出第一電池301和第二電池311的兩者使用鋰離子二次電池的一個例子。第二電池311也可以使用鉛蓄電池或全固體電池。

【0100】 參照圖12A及圖12B說明圓筒型二次電池的例子。如圖12A所示，圓筒型二次電池600的頂面包括正極蓋（電池蓋）601，其側面及底面包括電池罐（外包裝罐）602。這些正極蓋和電池罐（外包裝罐）602藉由墊片（絕緣墊片）610絕緣。

【0101】 圖12B是示意性地示出圓筒型二次電池的剖面的圖。在中空圓柱狀電池罐602的內側設置有帶狀正極604和帶狀負極606夾著隔離體605被捲繞的電池元件。雖然未圖示，但是電池元件以中心銷為中心被捲繞。電池罐602的一端關閉且另一端開著。作為電池罐602可以使用對電解液具有抗腐蝕性的鎳、鋁、鈦等金屬、它們的合金或者它們和其他金屬的合金（例如不鏽鋼等）。另外，為了防止電解液所引起的腐蝕，電池罐602較佳為被鎳或鋁等覆蓋。在電池罐602的內側，正極、負極及隔離體被捲繞的電池元件由對置的一對絕緣板608

和絕緣板609夾著。另外，在設置有電池元件的電池罐602的內部中注入有非水電解液（未圖示）。二次電池由包括鈷酸鋰（ LiCoO_2 ）及磷酸鐵鋰（ LiFePO_4 ）等的活性物質的正極、由能夠進行鋰離子的吸留及釋放的石墨等碳材料構成的負極、以及將由 LiBF_4 、 LiPF_6 等鋰鹽構成的支援電解質溶解於碳酸亞乙酯或碳酸二乙酯等有機溶劑中的非水電解液等構成。

【0102】 因為用於圓筒型二次電池的正極及負極被捲繞，從而活性物質較佳為形成在集電器的兩個表面。正極604連接有正極端子（正極集電引線）603，而負極606與負極端子（負極集電引線）607連接。正極端子603及負極端子607都可以使用鋁等金屬材料。將正極端子603電阻銲接到安全閥機構612，而將負極端子607電阻銲接到電池罐602底。安全閥機構612與正極蓋601藉由PTC（Positive Temperature Coefficient：正溫度係數）元件611電連接。當電池的內壓上升到超過指定的臨界值時，安全閥機構612切斷正極蓋601與正極604的電連接。另外，PTC元件611是在溫度上升時其電阻增大的熱敏感電阻器，並藉由電阻的增大來限制電流量以防止異常發熱。PTC元件可以使用鈦酸鋇（ BaTiO_3 ）類半導體陶瓷等。

【0103】 使用電解液的鋰離子二次電池包括正極、負極、隔離體、電解液以及外包裝體。注意，在鋰離子二次電池中，由於陽極及陰極根據充電或放電調換，氧化反應及還原反應調換，所以將反應電位高的電極稱為正極，而將反應電位低的電極稱為負極。由此，在本說明書中，即使在充電、放電、反向脈衝電流流過以及充電電流流過時也將正極稱為“正極”或“+極”，而將負極稱為“負極”或“-極”。如果使用與氧化反應及還原反應有關的陽極及陰極的術語，則充電時和放電時的陽極與陰極是相反的，這有可能引起混亂。因此，

在本說明書中，不使用陽極及陰極的術語。當使用陽極及陰極的術語時，明確表示是充電時還是放電時，並示出是對應正極(+極)還是負極(-極)。

【0104】圖12C所示的兩個端子與充電器連接，對蓄電池1400進行充電。在圖12C中，1406是電解液，1408是隔離體。隨著蓄電池1400的充電的進展，電極之間的電位差增大。在圖12C中的正方向為：從蓄電池1400外部的端子流至正極1402，在電池1400中從正極1402流至負極1404，從負極流至電池1400外部的端子的方向。就是說，充電電流流過的方向為電流的方向。

【0105】在本實施方式中，示出鋰離子二次電池的例子，但是不侷限於鋰離子二次電池。作為二次電池的正極材料，例如可以使用包含元素A、元素X及氧的材料。元素A較佳為選自第一族元素及第二族元素中的一個以上的元素。作為第一族元素，例如可以使用鋰、鈉、鉀等鹼金屬。另外，作為第二族元素，例如可以使用鈣、銍、鎂等。作為元素X，例如可以使用選自金屬元素、矽和磷中的一個以上的元素。另外，元素X較佳為選自鈷、鎳、錳、鐵和鈮中的一個以上的元素。典型地，可以舉出鋰鈷複合氧化物（ LiCoO_2 ）和磷酸鐵鋰（ LiFePO_4 ）。

【0106】負極包括負極活性物質層及負極集電器。此外，負極活性物質層也可以包含導電添加劑及黏合劑。

【0107】作為負極活性物質，可以使用能夠藉由與鋰的合金化/脫合金化反應進行充放電反應的元素。例如，可以使用包含矽、錫、鎳、鋁、鎳、鉛、銻、銻、銀、鋅、鎳和鈷等中的至少一個的材料。這種元素的電容比碳大，尤其是矽的理論電容大，為4200mAh/g。

【0108】 另外，二次電池較佳為包括隔離體。作為隔離體，例如可以使用由紙等具有纖維素的纖維、不織布、玻璃纖維、陶瓷或包含尼龍（聚醯胺）、維尼綸（聚乙烯醇類纖維）、聚酯、丙烯酸樹脂、聚烯烴、聚氨酯的合成纖維等形成的隔離體。

【0109】 此外，輪胎316的旋轉所引起的再生能量藉由變速器305發送給發動機304，並從發動機控制器303及電池控制器302充電到第二電池311或第一電池301。

【0110】 此外，第一電池301主要被用來使發動機304旋轉，還藉由DCDC電路306將電力供應到42V系列車載構件（電動助力轉向系統307、加熱器308、除霧器309等）。在後輪包括後置發動機的情況下第一電池301被用來使後置發動機旋轉。

【0111】 此外，第二電池311藉由DCDC電路310對14V系列車載構件（音響313、電動車窗314、燈類315等）供應電力。

【0112】 此外，第一電池301由包括多個二次電池的模組構成。例如，使用圖12A所示的圓筒型二次電池600。如圖10B所示，也可以將圓筒型二次電池600夾在導電板613和導電板614之間來構成模組。在圖10B中未圖示二次電池之間的開關。多個二次電池600既可以並聯連接或串聯連接，又可以在並聯連接之後還串聯連接。藉由構成包括多個二次電池600的模組，可以獲取大電力。

【0113】 為了切斷來自多個二次電池的電力，車載二次電池包括可以不使用工具就切斷高電壓的充電用插頭或斷路器，其被設置於第一電池301。例如，在將包括2個至10個單元的48個電池模組直接連接的情況下，在第24個和第25個電池模組之間包括充電用插頭或斷路器。

【0114】 在圖11A至圖11C中例示使用作為本發明的一個實施方式的二次電池的異常檢測系統的車輛。圖11A所示的汽車8400的二次電池8024不但驅動電發動機8406，而且還可以對車頭燈8401或室內燈(未圖示)等發光裝置供應電力。汽車8400的二次電池8024也可以使用將圖10B所示的圓筒型二次電池600夾在導電板613和導電板614之間而成的模組。

【0115】 在圖11B所示的汽車8500中，可以藉由利用插電方式或非接觸供電方式等從外部的充電設備接收電力，來對汽車8500所具有的二次電池進行充電。圖11B示出從地上設置型的充電裝置8021藉由電纜8022對安裝在汽車8500中的二次電池8024進行充電的情況。當進行充電時，作為充電方法或連接器的規格等，可以根據CHAdemo(註冊商標)或聯合充電系統等的規定的方式而適當地進行。作為充電裝置8021，也可以使用設置在商業設施的充電站或家庭的電源。例如，藉由利用插電技術從外部供應電力，可以對安裝在汽車8500中的二次電池8024進行充電。可以藉由AC/DC轉換器等轉換裝置將交流電力轉換成直流電力來進行充電。

【0116】 另外，雖然未圖示，但是也可以將受電裝置安裝在車輛中並從地上的送電裝置非接觸地供應電力來進行充電。當利用非接觸供電方式時，藉由在公路或外壁中組裝送電裝置，不但停車中而且行駛中也可以進行充電。此外，也可以利用該非接觸供電方式，在車輛之間進行電力的發送及接收。再者，還可以在車輛的外部設置太陽能電池，在停車時或行駛時進行二次電池的充電。可以利用電磁感應方式或磁場共振方式實現這樣的非接觸供電。

【0117】 圖11C是使用本發明的一個實施方式的二次電池的兩輪車的例子。圖11C所示的小型摩托車8600包括二次電池8602、後視鏡8601及方向燈8603。二次電池8602可以對方向燈8603供電。

【0118】 此外，在圖11C所示的小型摩托車8600中，可以將二次電池8602收納在座位下收納箱8604中。即使座位下收納箱8604為小型，也可以將二次電池8602收納在座位下收納箱8604中。

【0119】 二次電池8602可以使用全固態電池。二次電池8602由多個層壓型二次電池構成。圖13D示出使用全固態電池的層壓型二次電池的例子。

【0120】 圖13D所示的層壓型二次電池500包括正極引線電極510及負極引線電極511。

【0121】 簡單地說明層壓型二次電池的製程。首先，準備正極及負極。正極包括正極集電器，正極活性物質層形成在正極集電器的表面。另外，正極具有正極集電器的一部分露出的區域（以下，稱為極耳區域（tab region））。負極包括負極集電器，負極活性物質層形成在負極集電器的表面。此外，負極具有負極集電器的一部分露出的區域，亦即極耳區域。

【0122】 然後，層疊負極、固體電解質層及正極。在此，示出使用5組負極和4組正極的例子。接著，使正極的極耳區域彼此接合，並且使正極引線電極510與最表面的正極的極耳區域接合。例如可以利用超聲波銲接等進行接合。與此同樣，使負極的極耳區域彼此接合，並且使負極引線電極511與最表面的負極的極耳區域接合。

【0123】 接著，在外包裝體上配置負極、固體電解質層及正極。固體電解質層是包含能夠傳導鋰離子的固體成分的材料層（陶瓷等）即可。例如，作為

固體電解質層，使陶瓷粉末或者玻璃粉末漿料化並成型為片狀。陶瓷可以是諸如氧化物、碳化物、氮化物、硼化物等無機化合物的金屬或非金屬材料。玻璃是非晶，定義為具有玻璃轉化現象的材料，但是有時將微晶化玻璃稱為陶瓷玻璃。由於陶瓷玻璃具有結晶性，所以可以藉由X射線繞射法分辨。作為固體電解質，例如可以使用氧化物固體電解質或硫化物固體電解質等。另外，正極活性物質層和負極活性物質層包含固體電解質，也可以包含導電添加劑。導電添加劑的材料具有電子傳導性即可，例如，可以使用碳材料或金屬材料等。

【0124】 另外，作為可用作正極活性物質的氧化物固體電解質，例如可以使用 Li_3PO_4 、 Li_3BO_3 、 Li_4SiO_4 、 Li_4GeO_4 、 LiNbO_3 、 LiVO_2 、 LiTiO_3 、 LiZrO_3 等。另外，也可以使用這些化合物的複合化合物，例如可以舉出 $\text{Li}_3\text{BO}_3\text{-Li}_4\text{SiO}_4$ 等。另外，固體電解質的表面的至少一部分也可以由1nm以上且20nm以下的保護層覆蓋，作為保護層的材料，使用Li離子傳導性氧化物。

【0125】 作為可用作負極活性物質的氧化物固體電解質，可以舉出 Nb_2O_5 、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 、 SiO 等。在本說明書等中， SiO 例如是指一氧化矽。或者， SiO 是指矽的組成比 SiO_2 多的材料，也可以表示為 SiO_x 。在此， x 較佳為1左右。例如， x 較佳為0.2以上且1.5以下，更佳為0.3以上且1.2以下。

【0126】 另外，作為可用作正極活性物質的硫化物固體電解質，可以舉出包含Li及S的材料，明確而言， $\text{Li}_7\text{P}_3\text{S}_{11}$ 、 $\text{Li}_2\text{S-SiS}_2$ 、 $\text{Li}_2\text{S-P}_2\text{S}_5$ 等。

【0127】 接著，折疊外包裝體。然後，使外包裝體的外周部接合。作為外包裝體，可以使用層疊金屬箔與有機樹脂薄膜的層壓薄膜，例如，可以使用鋁箔或不鏽鋼箔，例如可以藉由熱壓合等進行接合。藉由上述步驟，可以製造圖

13D所示的層壓型二次電池500。另外，在此，示出使用1個層壓薄膜進行接合的例子，但是也可以層疊兩個層壓薄膜並黏合邊緣部而進行密封。

【0128】 圖13A是固態電池的示意圖，該固態電池在正極81與負極82之間包括固體電解質層83。另外，固態電池分為薄膜型全固態電池和體型（bulk-type）全固態電池。薄膜型全固態電池是藉由層疊薄膜而獲得的全固態電池，體型全固態電池是藉由層疊微粒子而獲得的全固態電池。

【0129】 圖13B示出體型全固態電池的例子，在正極81附近設置有粒子狀正極活性物質87，在負極82附近設置有粒子狀負極活性物質88，以填充它們之間間隙的方式配置有固體電解質層83。藉由進行加壓，以正極81與負極82之間不發生空隙的方式填充多個種類的粒子。

【0130】 另外，圖13C示出薄膜型全固態電池的例子。薄膜型全固態電池藉由氣相法（真空蒸鍍法、熱噴塗法、脈衝雷射沉積法、離子鍍法、冷噴塗法、氣浮沉積、濺射法）形成。圖13C示出藉由如下步驟製造鋰離子蓄電池的例子：在基板84上形成佈線電極85、86之後，在佈線電極85上形成正極81，在正極81上形成固體電解質層83，在固體電解質層83及佈線電極86上形成負極82。作為基板84，可以使用陶瓷基板、玻璃基板、塑膠基板、金屬基板等。

【0131】 本實施方式可以與其他實施方式的記載適當地組合。

【0132】 實施方式5

圖14示出推測二次電池的SOC的方法的一個例子。圖14是流程圖，在檢測出微短路等的異常之後，生成預測誤差資料，例如將上一個步驟至上四個步驟之前的正常的預測誤差的平均投入卡爾曼濾波。在測出異常之後也可以正確地求出SOC。

【0133】比較器等在上述公式的電壓差值超過某個臨界值時輸出信號，並檢測異常。與對比較器輸入的臨界值的電壓信號REF進行比較來判斷是否為異常。不將檢測出異常的時機的資料用於後面的推測，而將幾個步驟之前的平均值輸入到推測演算法。在上述公式8的電壓差值低於電壓信號REF時，將該值換成上幾個步驟的平均值。因此，在上述公式8的電壓差值低於輸入比較器的電壓信號REF時，不將該電壓差值投入卡爾曼濾波的回路，而將平均值輸入推測演算法，從而即使發生異常也可以高精度地進行SOC推測等。在不使用檢測出微短路的異常的時機的資料，而將幾個步驟之前的平均值輸入到推測演算法時，上述公式8的電壓差值近似於不發生微短路的情況的資料。

【0134】圖16示出用來執行圖14的流程的具體的系統圖。在圖16中，二次電池的充電狀態推測裝置至少包括比較器403、延遲電路、AND電路405以及多工器407。時脈信號CLK輸入到AND電路。參考信號REF輸入到比較器403。圖16只是一個例子，不侷限於此，推測二次電池的充電狀態的二次電池的充電狀態推測裝置包括測出成為第一觀察值的二次電池的電壓值的測出單元、使用回歸模型算出推測電壓值的計算部以及求出第一觀察值的電壓值和在上時間得到的推測電壓值之間的差值並在該差值超過某個臨界值範圍時判定二次電池為異常的判定部，判定部包括一個或多個比較器、多工器以及延遲電路。圖16中的MUX是多工器。二次電池的充電狀態推測裝置還可以包括測出成為第二觀察值的二次電池的電流值的第二測出單元。圖16使用FIR（Finite Impulse Response）濾波。此外，圖17示出系統圖的另一個不同例子。圖17使用IIR（Infinite Impulse Response）濾波。在圖17中，N表示時間k的足夠大值的無限時間。

【0135】 此外，即使不將測出異常的資料輸入到卡爾曼濾波的回路，藉由正確地計算由於異常測出時的微短路而消失的電流並反映該電流，也可以得到更正確的SOC值。此外，圖18示出流程圖。如圖18所示，當比較器電路作為LO輸出比信號REF小的值時，亦即，當公式8中的值<REF時，視為發生了諸如微短路的異常而對該異常進行檢測。

【0136】 測出異常的資料是預測誤差電壓，並且使用狀態方程式求出微短路時的電流 I_{micro} 。下面，參照圖15A及圖15B所示的等效電路模型進行說明。在圖15A及圖15B中，OCV是放電時的電位差， V_0 、 V_1 、 V_2 、 V_3 是各部分處的電壓。

【0137】 [公式9]

$$\mathbf{x}(k) = [\text{SOC}(k) \quad V_1(k) \quad V_2(k) \quad V_3(k) \quad R_0(k)]^T$$

【0138】 上述公式是圖15A中的電路的狀態變數 $\mathbf{x}(k)$ 。在圖15A中是對應於發生微短路之前的狀態的等效電路模型。

【0139】 此外， $u(k)$ 是電流 $I_{\text{BAT}}(k)$ 。 $u(k)$ 是輸入信號。二次電池中的 $u(k)$ 是電流值。

【0140】 [公式10]

$$\mathbf{b} = \left[\frac{T_s}{FCC} \frac{T_s}{C_1} \frac{T_s}{C_2} \frac{T_s}{C_3} \mathbf{0} \right]^T$$

【0141】 構成狀態方程式的 $\mathbf{b}$ 是常數， T_s 是取樣週期。

【0142】 [公式11]

$$x(k+1) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - \frac{T_s}{C_1 R_1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \frac{T_s}{C_2 R_2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 - \frac{T_s}{C_3 R_3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} x(k) + \begin{bmatrix} \frac{T_s}{FCC} \\ \frac{T_s}{C_1} \\ \frac{T_s}{C_2} \\ \frac{T_s}{C_3} \\ 0 \end{bmatrix} u(k)$$

【0143】 上述公式是卡爾曼濾波的狀態方程式。注意，也可以擴大公式將上述公式中的電阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、電容 C_1 、 C_2 、 C_3 、充滿電容量FCC代入狀態變數 $x(k)$ 。

【0144】 接著，將發生微短路時的狀態視為圖15B所示的等效電路模型，下面示出算出步驟。

【0145】 [公式12]

$$V_0(k+1) = R_0(k) \times I_0$$

【0146】 上述公式是發生微短路時為時間 $k+1$ 時的關係式。此外，各部分的電流可以示為如下。

【0147】 [公式13]

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_{BAT}(k)$$

【0148】 此外，施加到電阻 R_1 及容量 C_1 的電壓 V_1 為以下公式。

[公式14]

$$V_1(k+1) = \left(1 - \frac{T_s}{C_1 R_1}\right) \times V_1(k) + \frac{I_{BAT}(k)}{C_1}$$

【0149】 此外，施加到電阻 R_2 及容量 C_2 的電壓 V_2 為以下公式。

【0150】 [公式15]

$$V_2(k+1) = \left(1 - \frac{T_S}{C_2 R_2}\right) \times V_2(k) + \frac{I_{BAT}(k)}{C_2}$$

【0151】 此外，施加到電阻 R_3 及容量 C_3 的電壓 V_3 為以下公式。

【0152】 [公式16]

$$V_3(k+1) = \left(1 - \frac{T_S}{C_3 R_3}\right) \times V_3(k) + \frac{I_{BAT}(k)}{C_3}$$

【0153】 在上述公式中，在以下所示數值比1小得多或不需要太高的精度的情況下，也可以將以下所示值視為1。

【0154】 [公式17]

$$1 - \frac{T_S}{C_N R_N}$$

【0155】 在上述公式為1時，可以減少計算量。

【0156】 [公式18]

$$\begin{aligned} I_{micro} &= I_1 - I_0 \\ &= I_{BAT}(k) - \frac{V_0(k+1)}{R_0(k)} \\ &= I_{BAT}(k) \\ &\quad - \frac{V_{IN} - \{V_1(k+1) + V_2(k+1) + V_3(k+1) + V_{ocv}(k)\}}{R_0(k)} \end{aligned}$$

【0157】 藉由計算上述公式可以求出微短路時的電流（ I_{micro} ）。如上述公式所示，使用在上一個步驟中推測的 R_0 、OCV、包括預測誤差電壓的電壓 V_{IN} 及電流 I_{BAT} 的觀察值算出微短路時的電流。 $R_0(k)$ 是觀察誤差的協方差。

【0158】 [公式19]

$$SOC(k) = SOC(k) - \frac{T_S \times I_{micro}}{FCC}$$

【0159】 上述公式中的SOC (k) 相當於事前推測預測步驟時的卡爾曼濾波內部的SOC資料。此外，藉由在濾波步驟近前將上述公式中的左邊的值換成卡爾曼濾波內部的SOC資料，可以將微短路時的電流反映於卡爾曼濾波內部的SOC。

【0160】 在進行上述運算的SOC的推測處理中，藉由將能夠執行上述公式的程式移植到微電腦或微處理器等，可以算出SOC。

【0161】 本實施方式可以與其他實施方式組合。

實施例1

【0162】 圖7是進行卡爾曼濾波的運算的功能方塊的一個例子。除了沒有比較器的部分以外，與實施方式1相同。對微短路的發生來說，圖7中的由符號401所示的電壓差值很重要，藉由監視該值進行二次電池的異常測出。

【0163】 使用模擬地生成使微短路定期發生的電流的資料進行模擬。

【0164】 圖8示出模擬結果，橫軸表示時間，縱軸表示電壓差值，明確地說，觀察值（電壓）和使用事前狀態變數推測的與電壓的差值（電壓差值）。

【0165】 在圖8中，定期在正一側及負一側觀察到過衝的資料是有微短路的資料。此外，只在負一側觀察到過衝的資料是沒有微短路的資料，亦即是比較例子。此外，只在負一側觀察到過衝的點對應於從充電切換為放電時的電壓變動的點。由於在圖8的比較例子中，只在負一側觀察到過衝的點為-0.0213V，因此當將大於該值的值，例如-0.03V作為臨界值時可以視為誤差而不測出為異常。

【0166】 注意，在圖9中，加工圖8的資料，為簡化起見而將縱軸分為左右兩側進行表示。此外，用於圖8的驗證的資料是使微短路的波形定期發生的資

料，圖8中的發生次數為13次。但是，在實際的二次電池中微短路無規發生，峰值的大小也根據二次電池的使用狀況（充電或放電）而變化。在無論上述哪一種情況下，當測出微短路時，二次電池的劣化會加速或變得無法使用，由此能夠向使用者通知微短路被測出的警告是有用的。微短路的發生原因尚未確定，然而有製造時金屬粉末的混入的說法，因此雖然在製造之後不能立刻測出異常，但是因充放電的反復異常部分（導通部分）成長形成，而發生微短路。當對發生微短路的二次電池進行充放電時劣化會加劇，有時可能突然無法使用。由此，能夠測出微短路的本發明的方法是有用的。

【0167】 在卡爾曼濾波中，對電池等效電路模型輸入電池的輸入值並對這些輸出進行比較，在有差值時，對該差值乘以卡爾曼增益並回饋，來校正電池等效電路模型以使誤差最小化。逐步反復該工作。

【0168】 注意，因為卡爾曼濾波是逐步調整的系統，所以可以忽略圖8及圖9中的開始附近的誤差。

【0169】 圖7中的由符號401示出的電壓差值的最低值為-0.0631V，而最大值為+0.0324V。此外，在發生微短路的點中，負一側的近於0的峰值為-0.0386V，正一側的近於0的峰值為+0.0186V。因此，在測出所有微短路的情況下，將負一側的臨界值設定為-0.0386V，而將正一側的臨界值設定為+0.0186V，並且使用比較器等測出，即可。由於這些值根據所使用的二次電池不同，採用所使用的二次電池的特性資料預先適當地進行模擬，且根據這結果決定臨界值等，即可。

【0170】此外，圖8、圖9所示的模擬結果是使用作為亞德諾半導體技術有限公司所提供的電路模擬器的LTspice（Simulation program with integrated circuit emphasis）得到的。

【符號說明】

【0171】

- 1 比較器
- 2 比較器
- 81 正極
- 82 負極
- 83 固體電解質層
- 84 基板
- 85 佈線電極
- 86 佈線電極
- 87 正極活性物質
- 88 負極活性物質
- 300 異常監視單元
- 301 電池
- 302 電池控制器
- 303 發動機控制器
- 304 發動機
- 305 變速機
- 306 DCDC電路

307 電動助力轉向系統

308 加熱器

309 除霧器

310 DCDC電路

311 電池

312 反相器

313 音響

314 電動車窗

315 燈類

316 輪胎

400 微短路模型

401 符號

402 延遲電路

403 比較器

404 神經網路部

405 AND電路

407 多工器

600 二次電池

601 正極蓋

602 電池罐

603 正極端子

604 正極

605 隔離體

606 負極

607 負極端子

608 絕緣板

609 絕緣板

611 PTC元件

612 安全閥機構

613 導電板

614 導電板

1400 蓄電池

1402 正極

1404 負極

8021 充電裝置

8022 電纜

8024 二次電池

8400 汽車

8401 車頭燈

8406 電發動機

8500 汽車

8600 小型摩托車

8601 後視鏡

8602 二次電池

8603 方向燈

8604 座位下收納箱

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種二次電池的異常檢測裝置，包括：

測出成為第一觀察值的該二次電池的電壓值的第一測出手段；

測出成為第二觀察值的該二次電池的電流值的第二測出手段；

使用回歸模型算出推測電壓值的計算部；

輸入該第一觀察值的該電壓值和在上上一時間得到的該推測電壓值之間的差值的比較器；

輸入該第一觀察值的該電壓值和和該上一時間得到的該推測電壓值之間的差值的神經網路結構部；以及

基於該比較器及該神經網路結構部兩者的輸出的 OR 值或 AND 值判定該二次電池是否為異常的判定部。

【請求項2】 一種二次電池的異常檢測裝置，包括：

測出成為第一觀察值的該二次電池的電壓值的第一測出手段；

測出成為第二觀察值的該二次電池的電流值的第二測出手段；

使用回歸模型算出推測電壓值的計算部；

輸入該第一觀察值的該電壓值和在上上一時間得到的該推測電壓值之間的差值的比較器；

輸入該比較器的輸出的神經網路結構部；以及

基於該神經網路結構部的輸出判定該二次電池是否為異常的判定部。

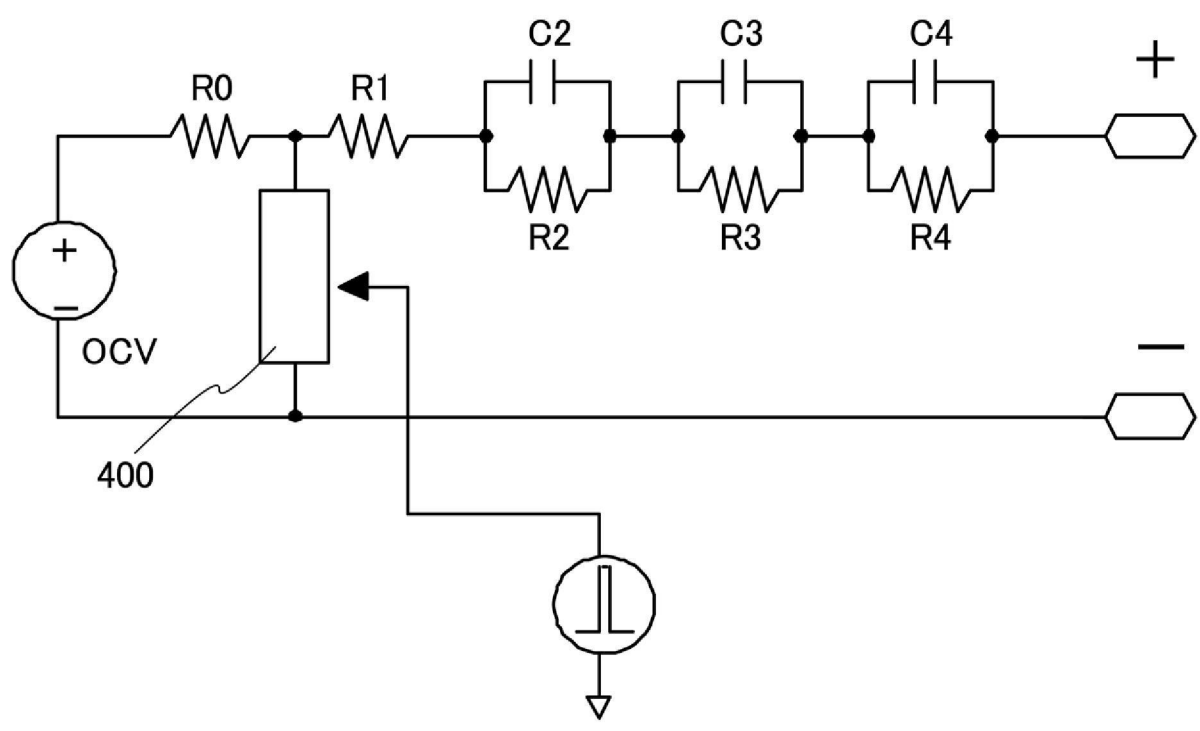
【請求項3】 如請求項1或2之二次電池的異常檢測裝置，其中該回歸模型是基於狀態方程式的卡爾曼濾波。

【請求項4】 如請求項1或2之二次電池的異常檢測裝置，其中該二次電池是鋰離子二次電池。

【請求項5】 如請求項1或2之二次電池的異常檢測裝置，其中該二次電池是全固體電池。

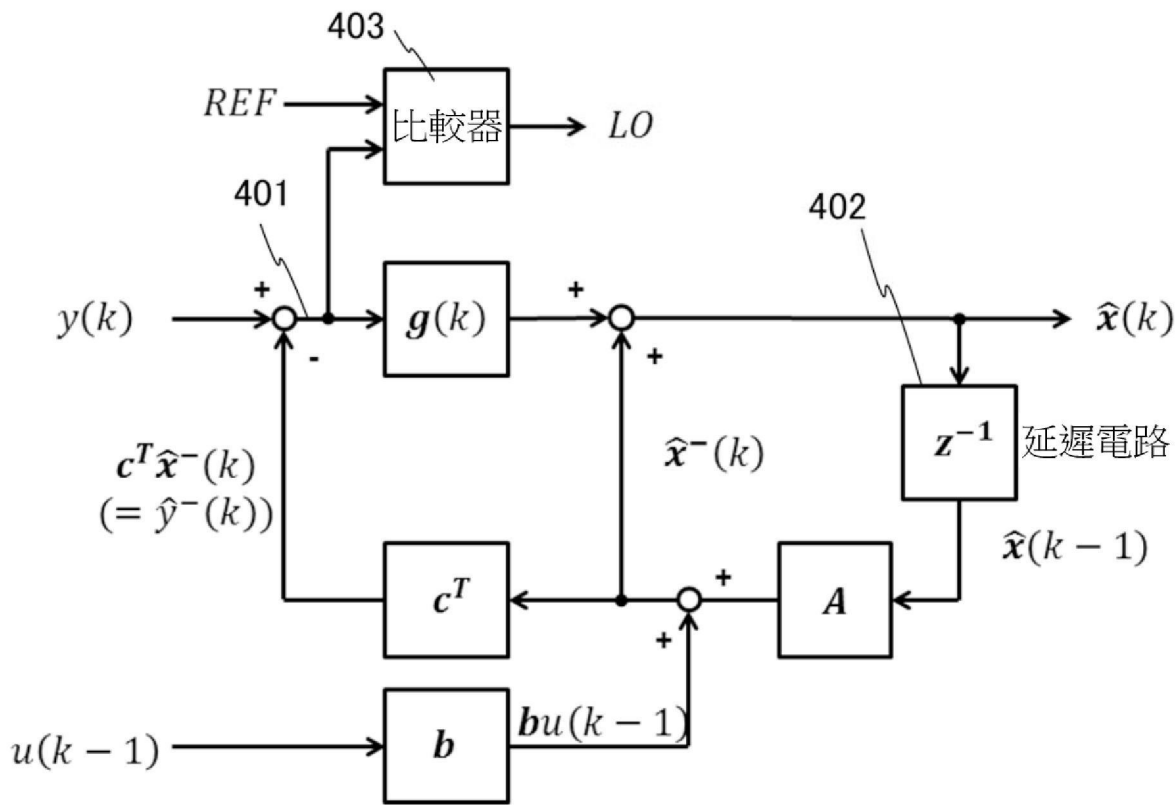
【請求項6】 一種二次電池，包括請求項1或2之異常檢測裝置。

【發明圖式】

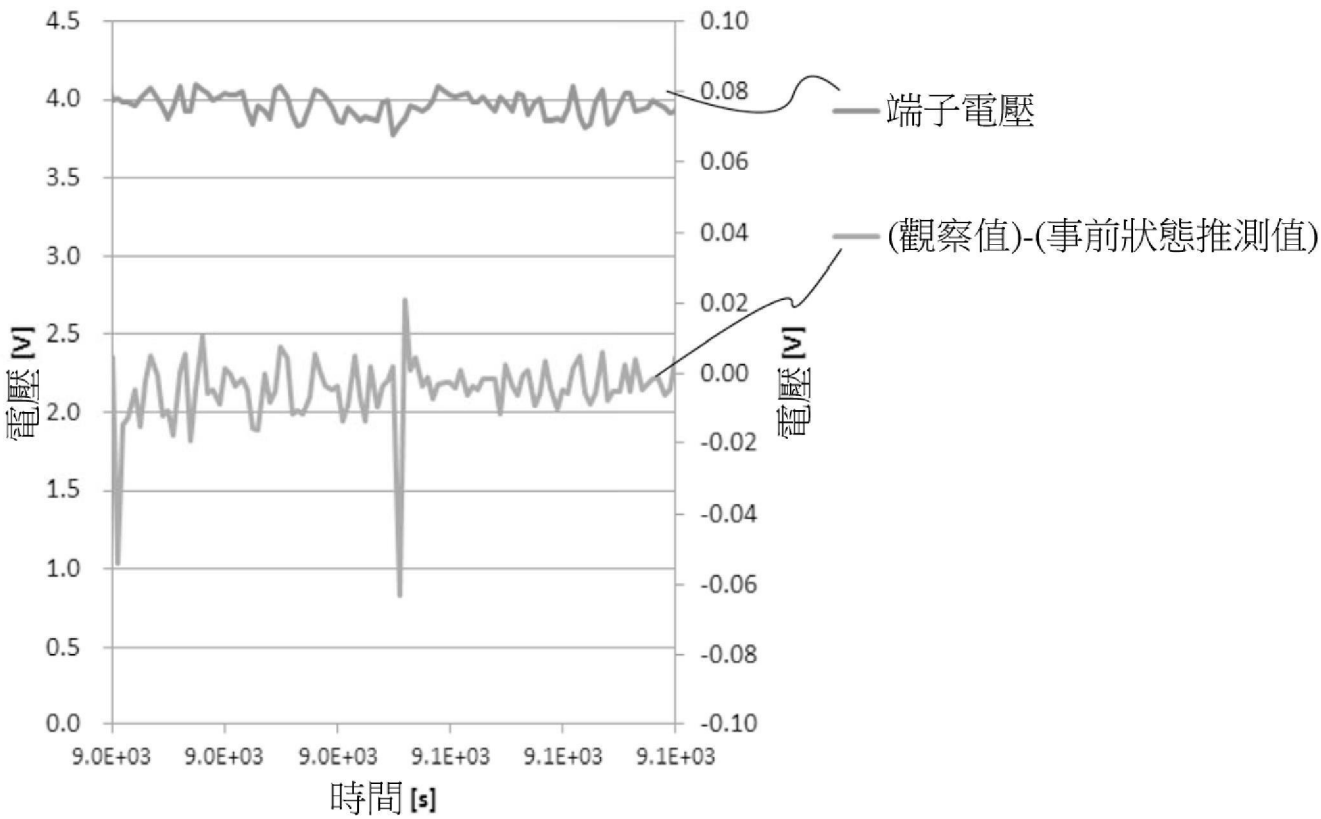


【圖1】

(A)

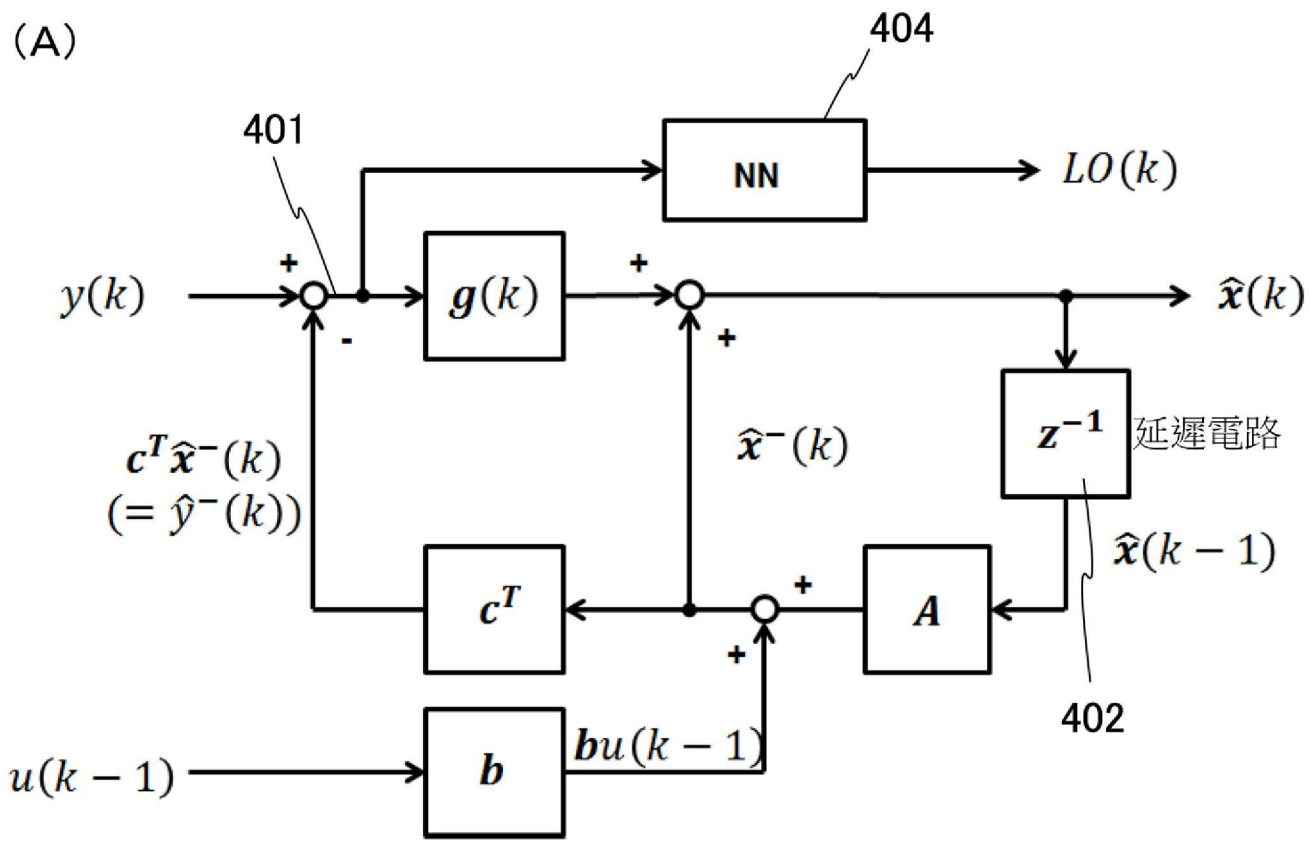


(B)

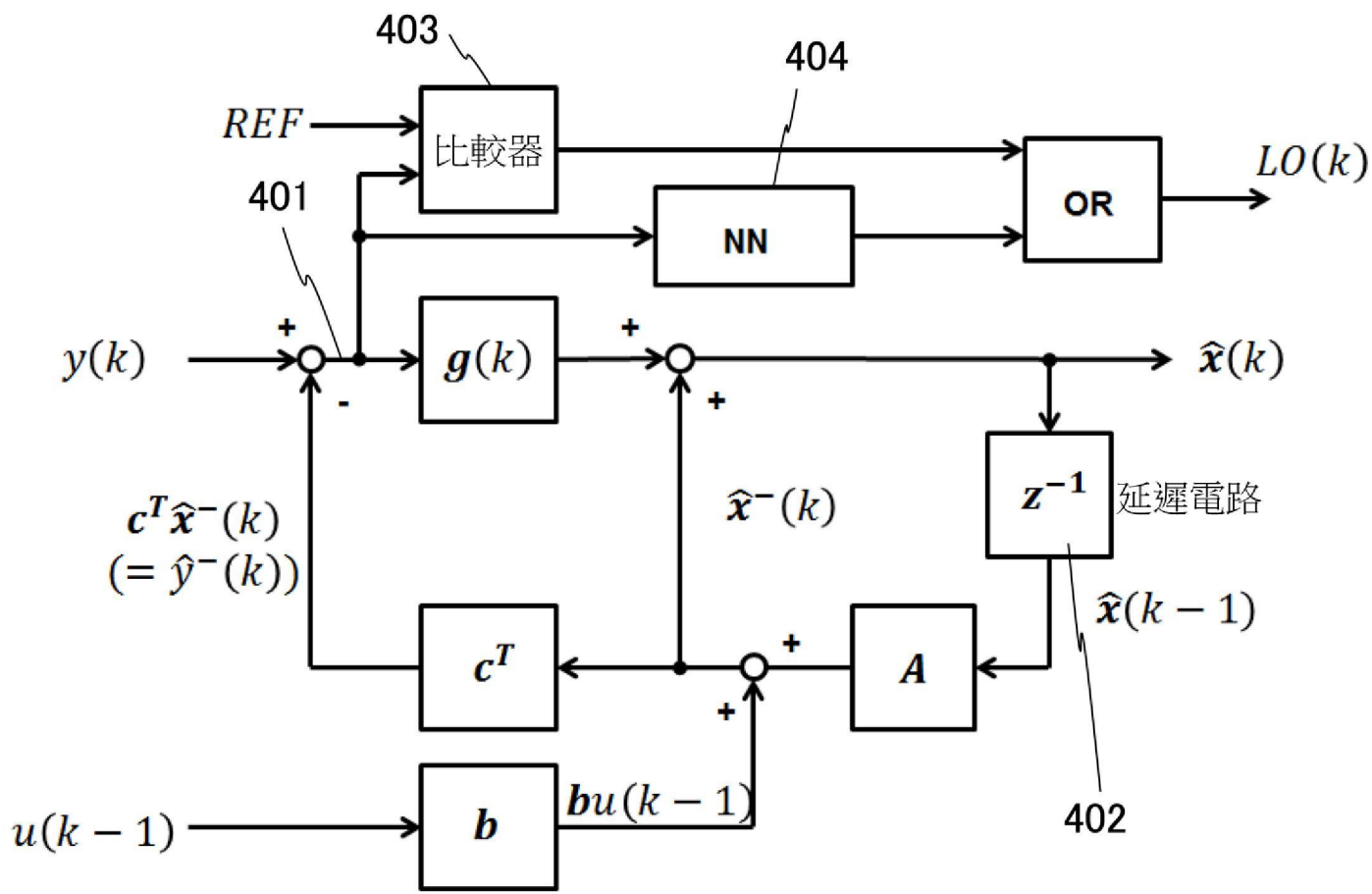


【圖2】

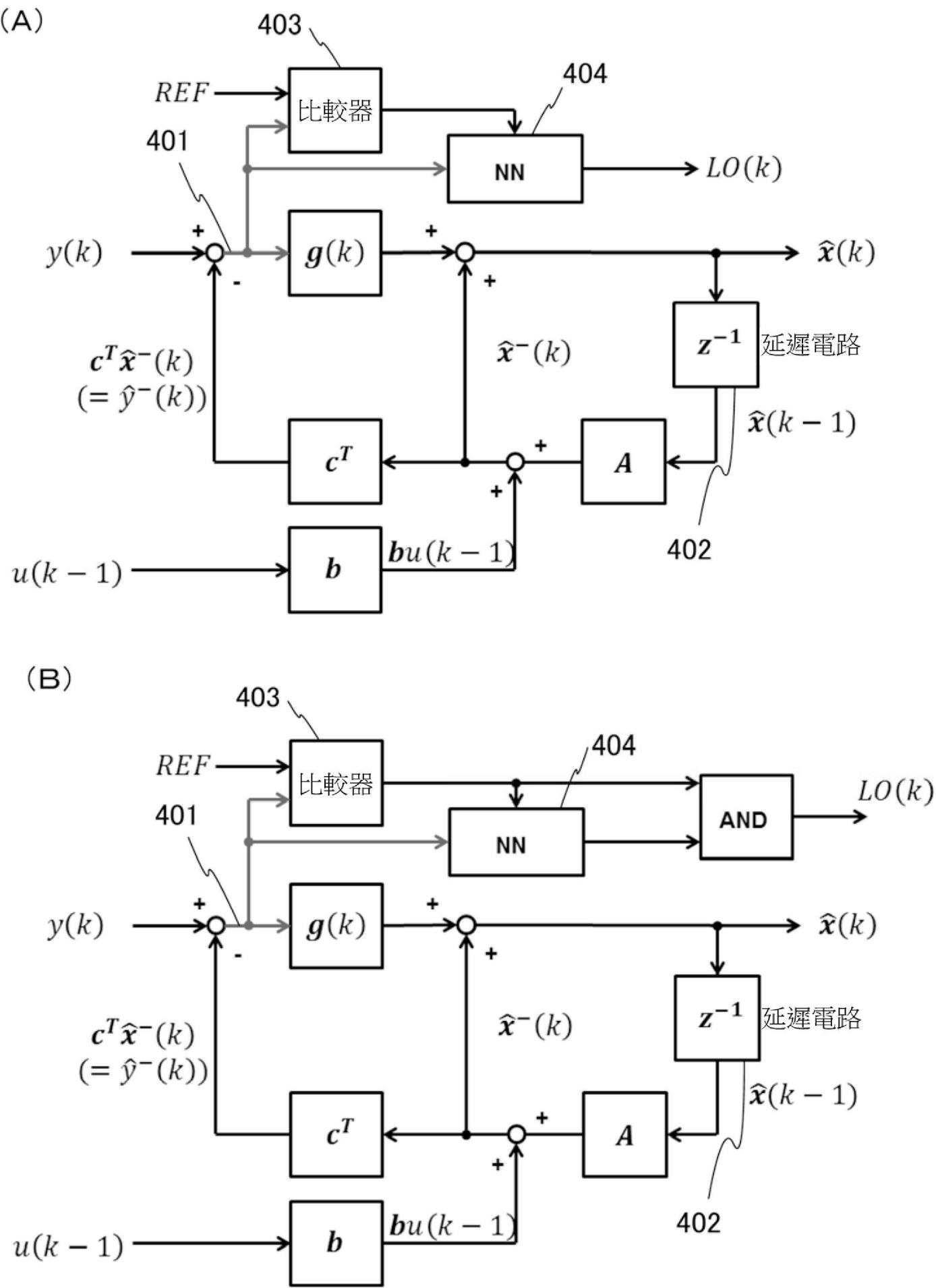
(A)



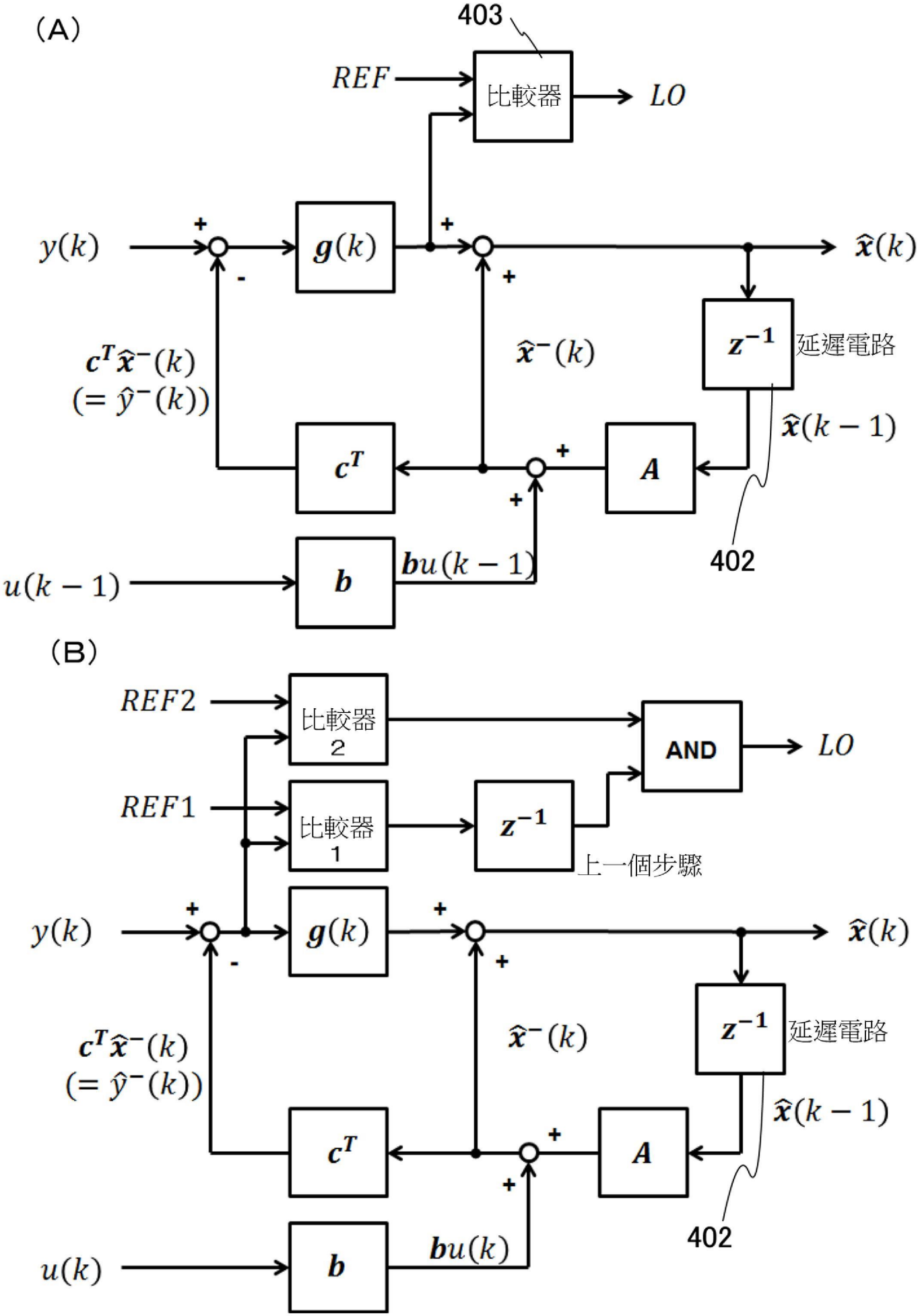
(B)



【圖3】

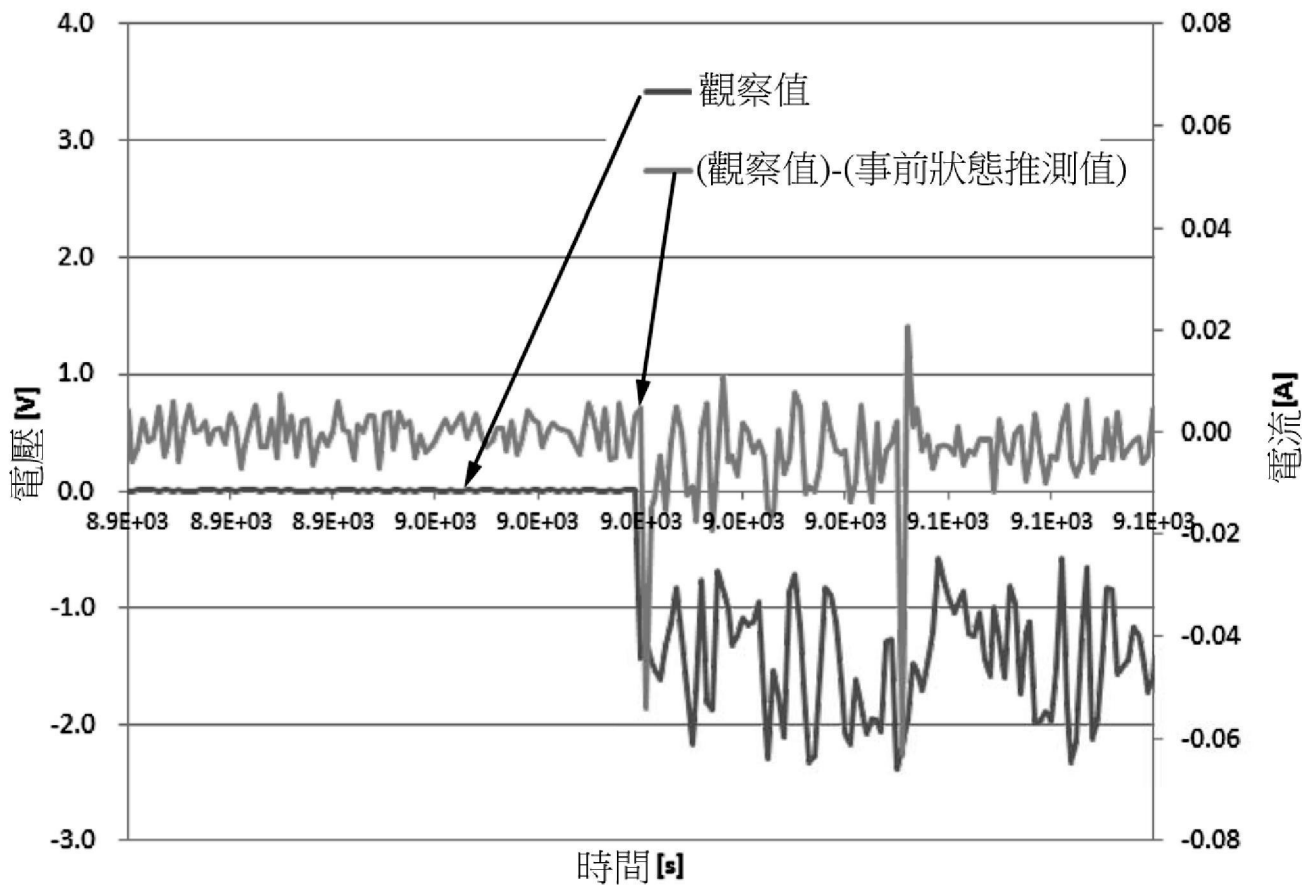


【圖4】

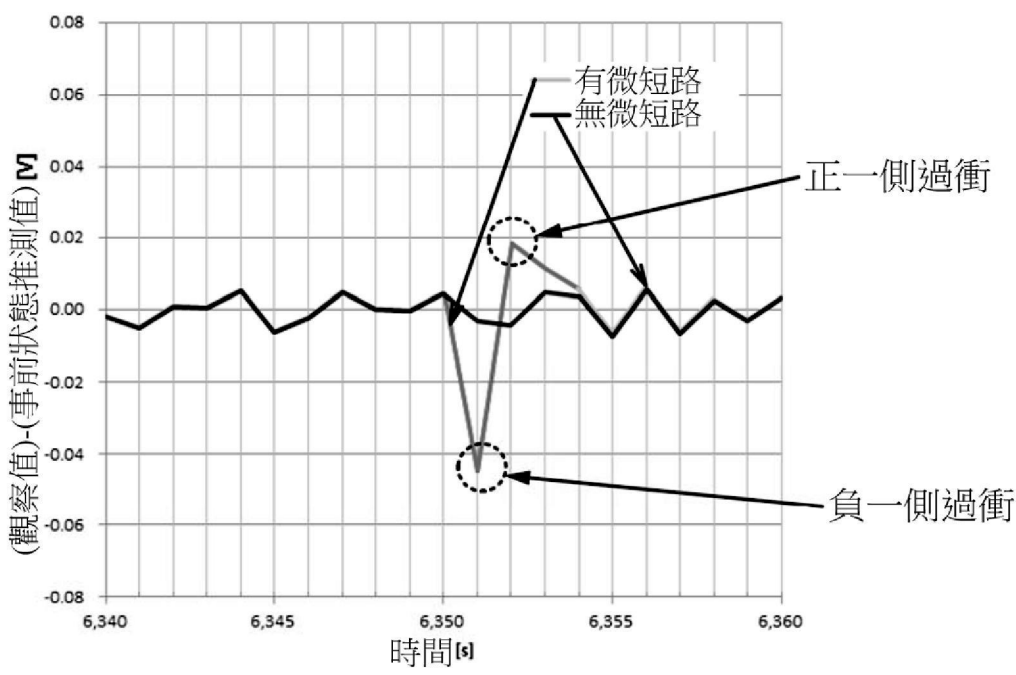


【圖5】

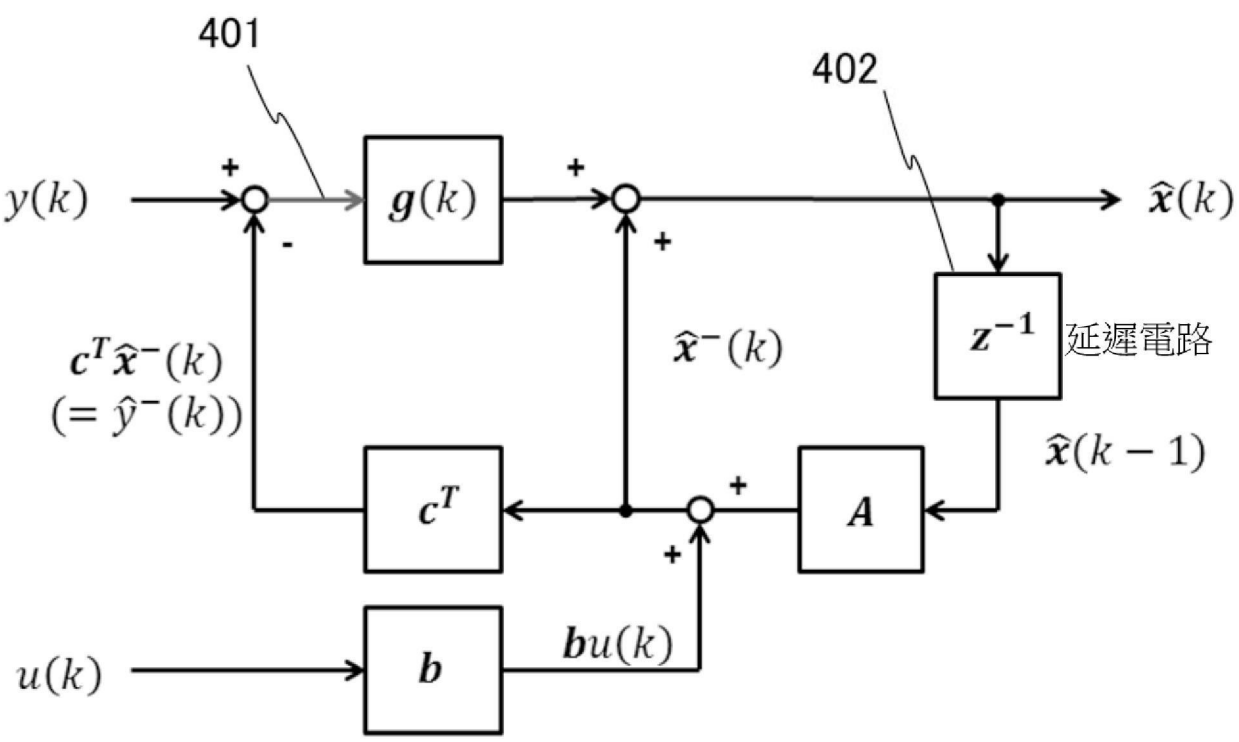
(A)



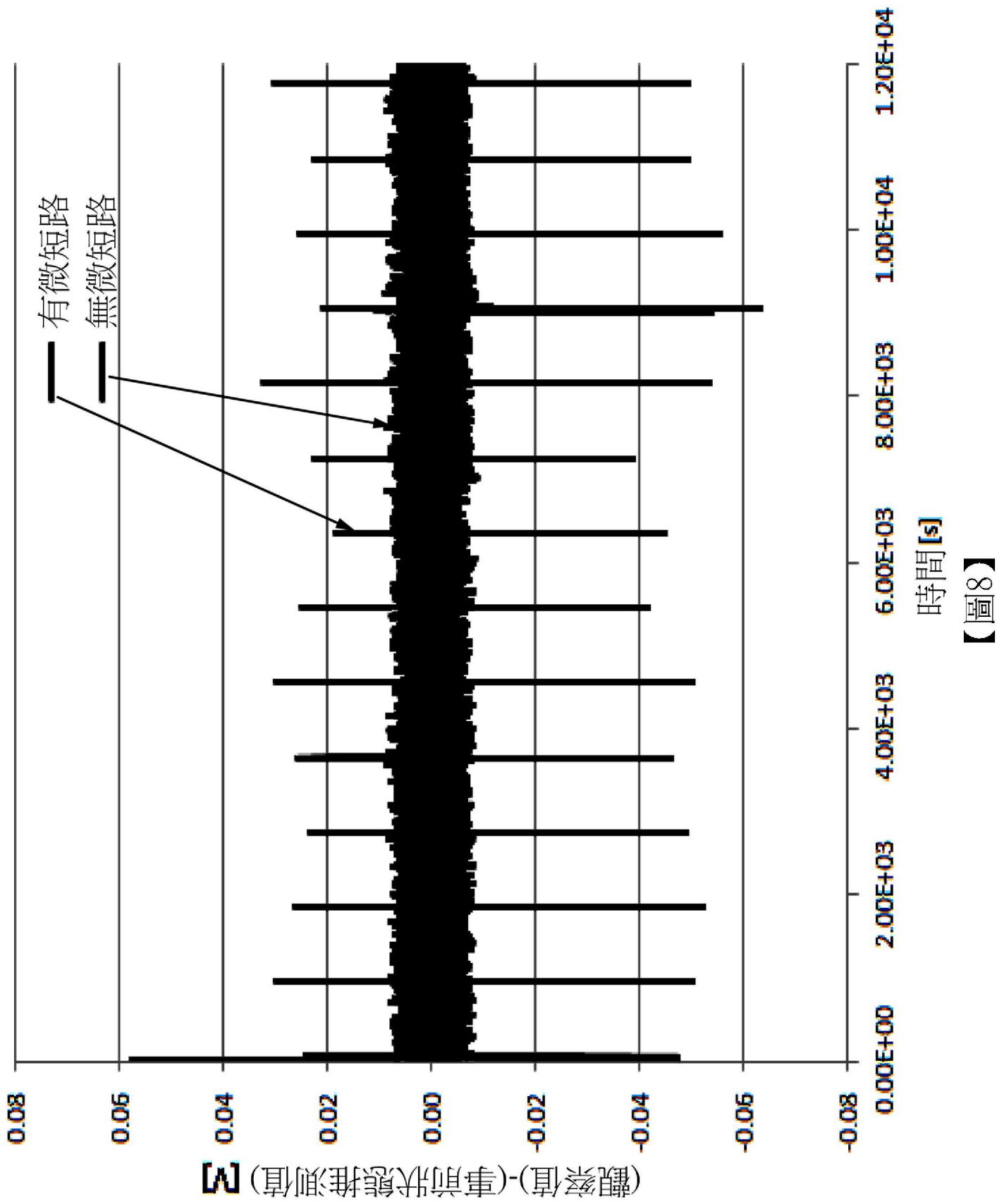
(B)



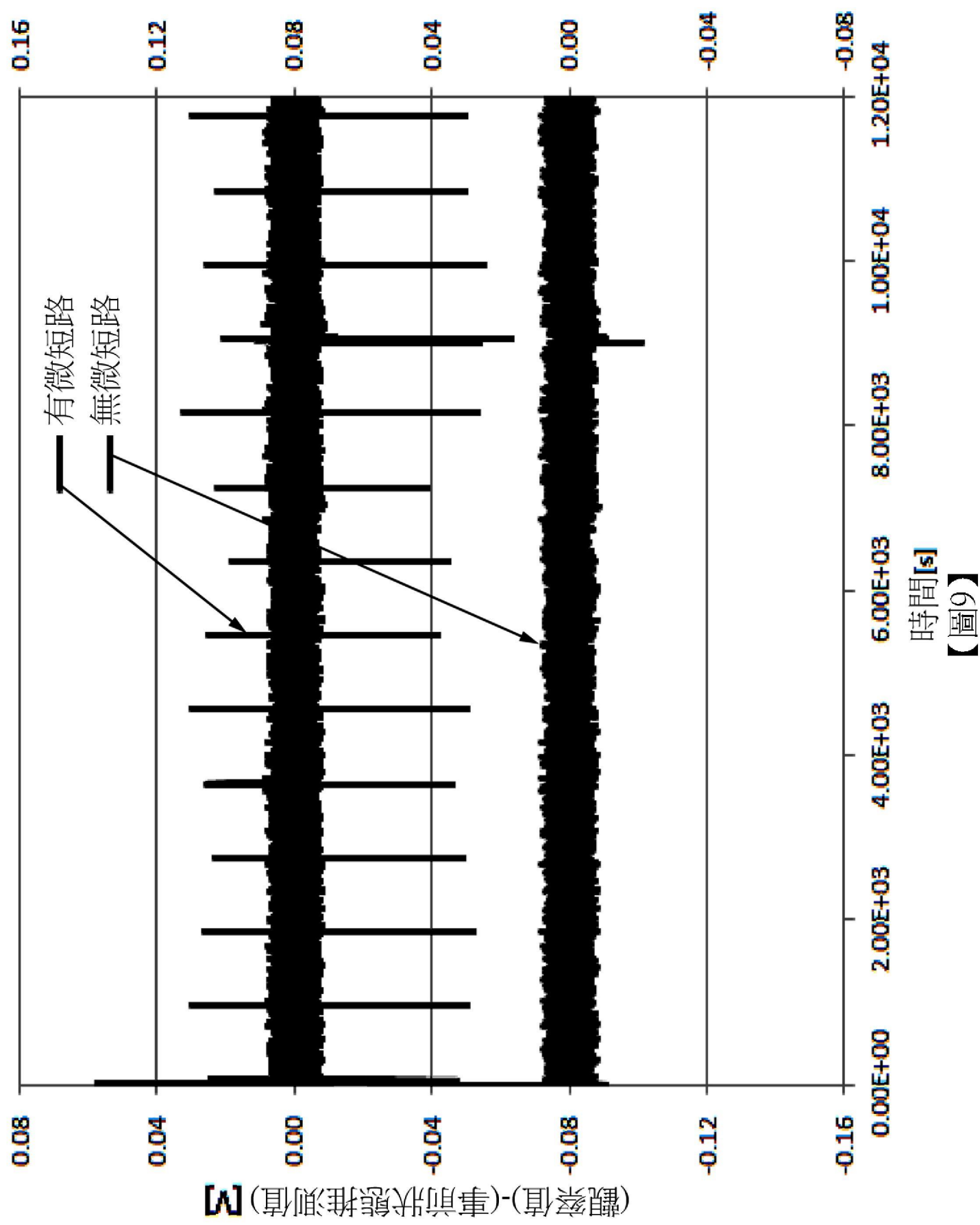
【圖6】



【圖7】

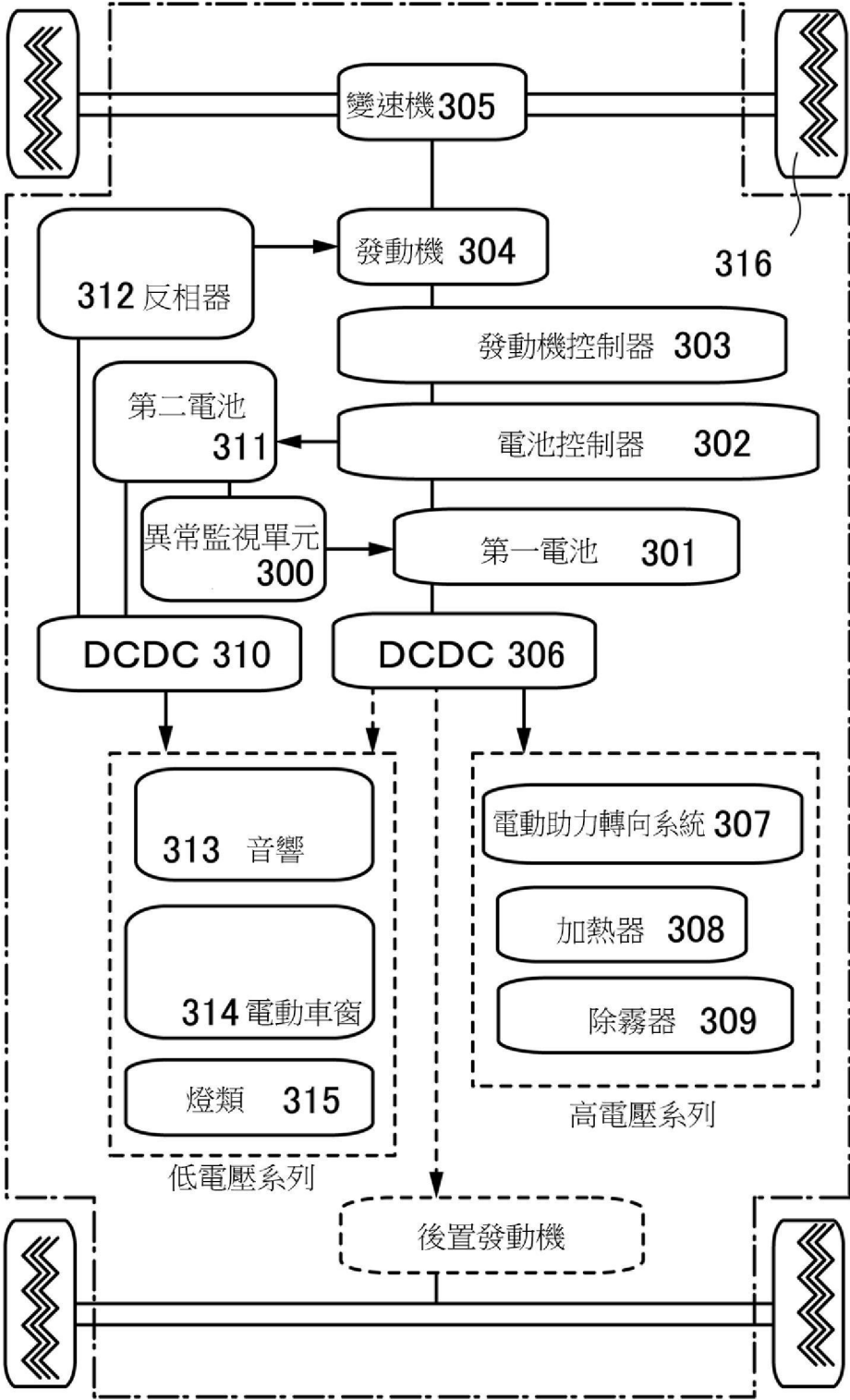


【圖8】

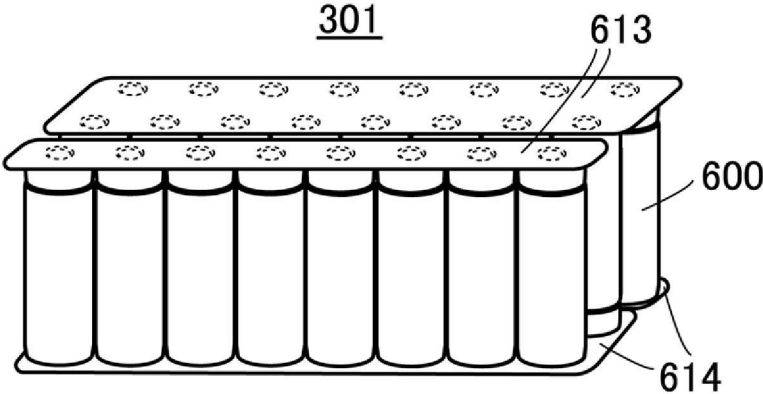


【圖9】

(A)

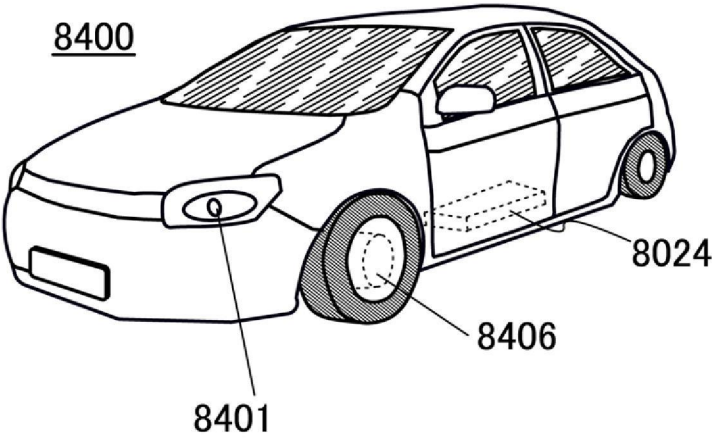


(B)

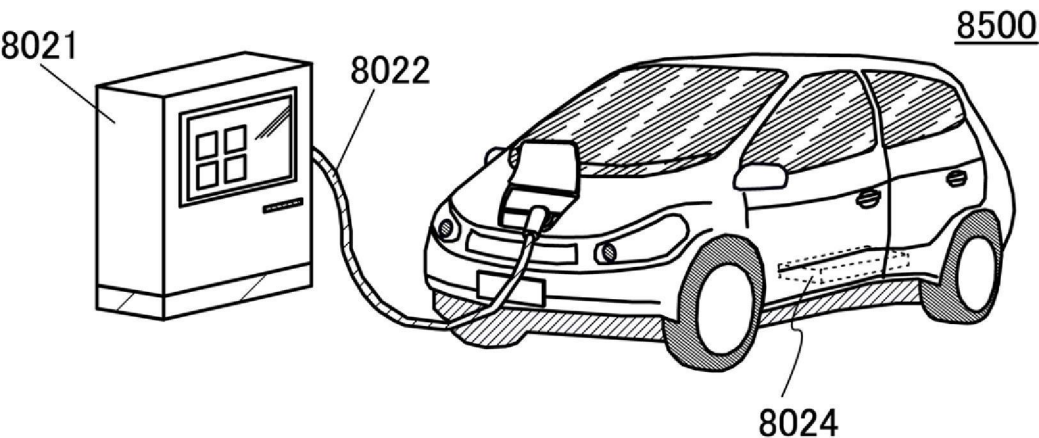


【圖10】

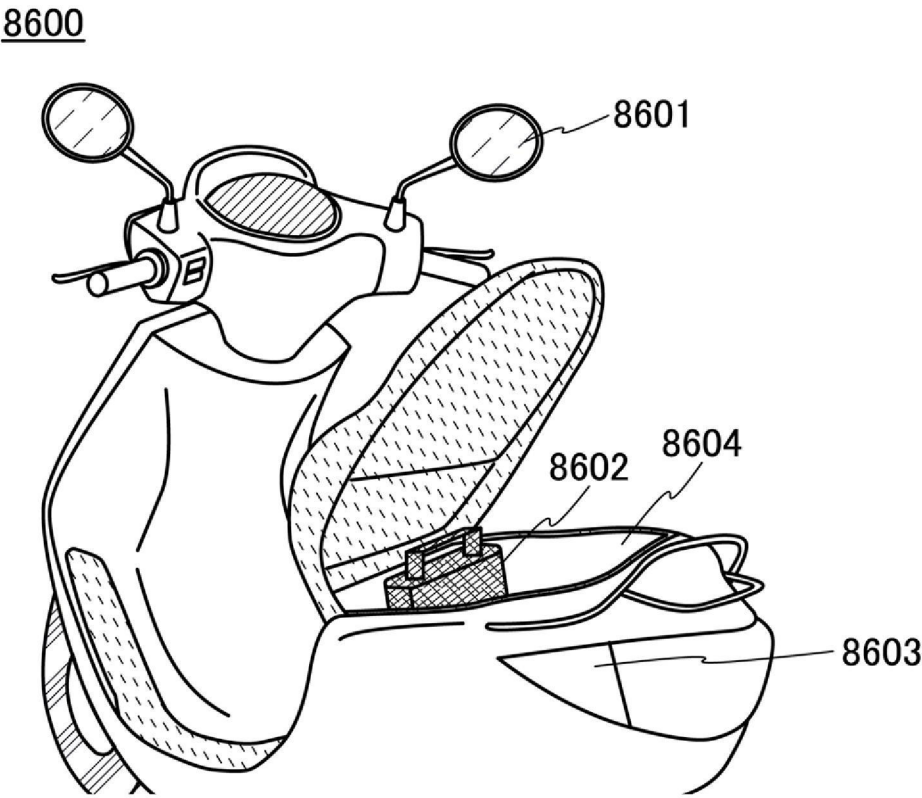
(A)



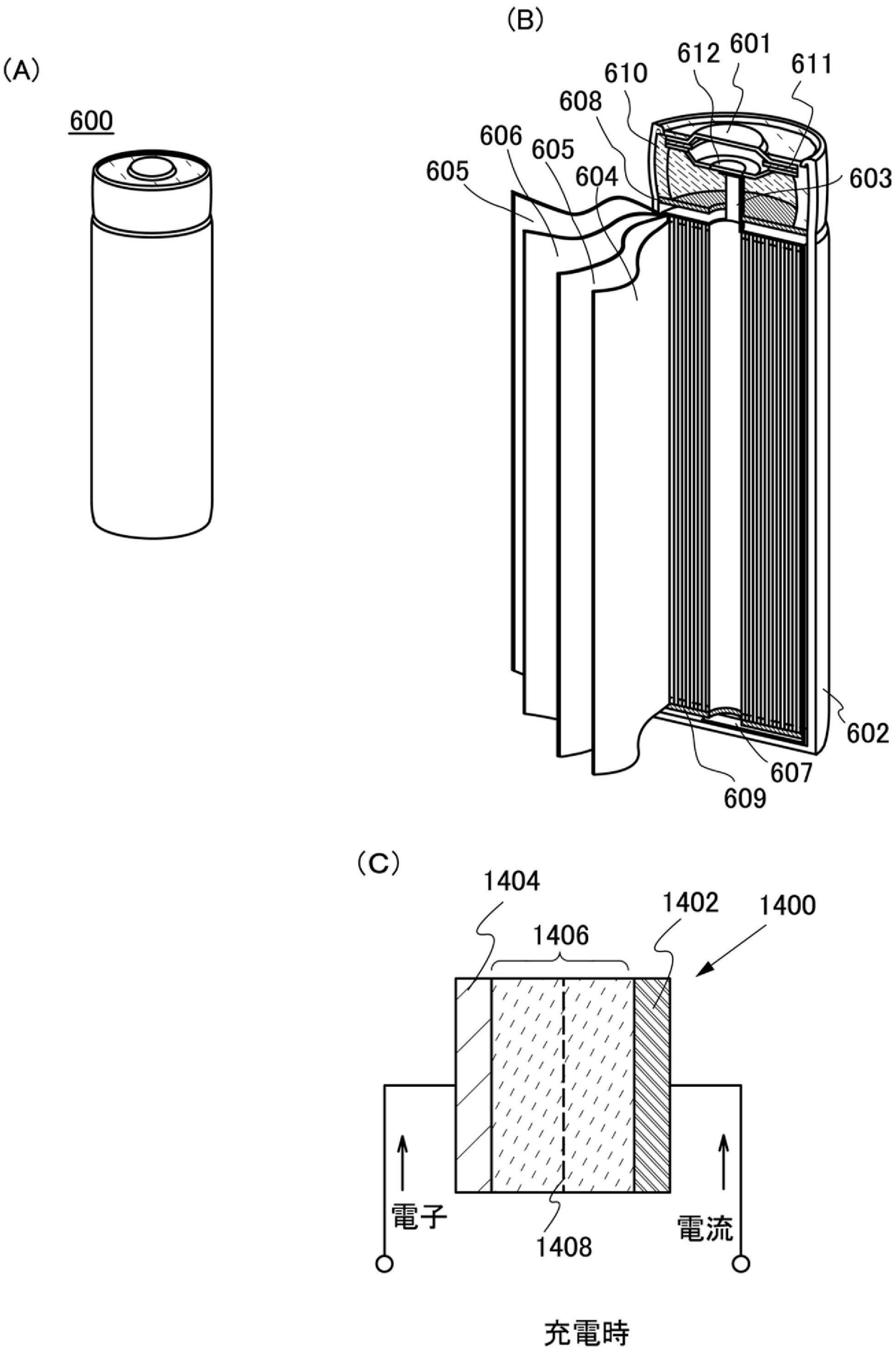
(B)



(C)

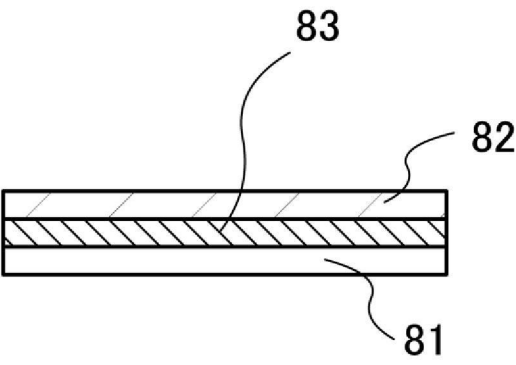


【圖11】

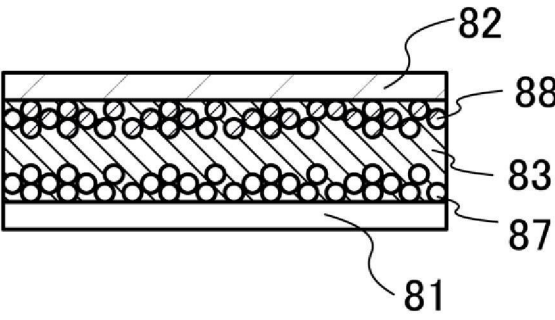


【圖12】

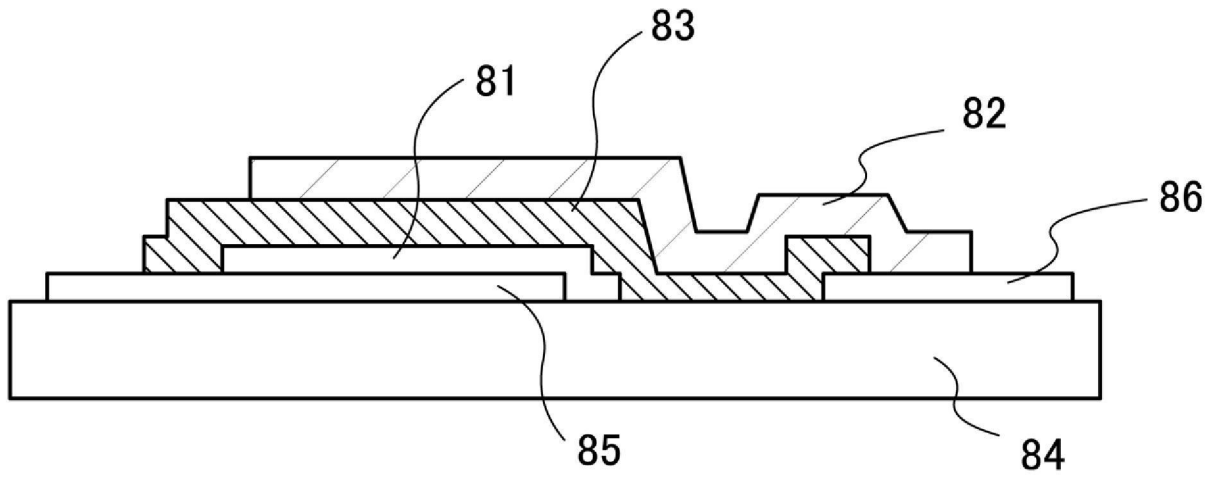
(A)



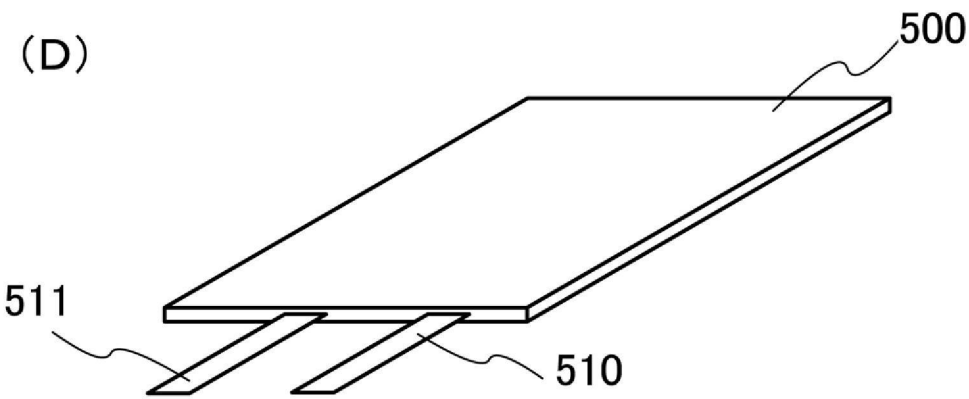
(B)



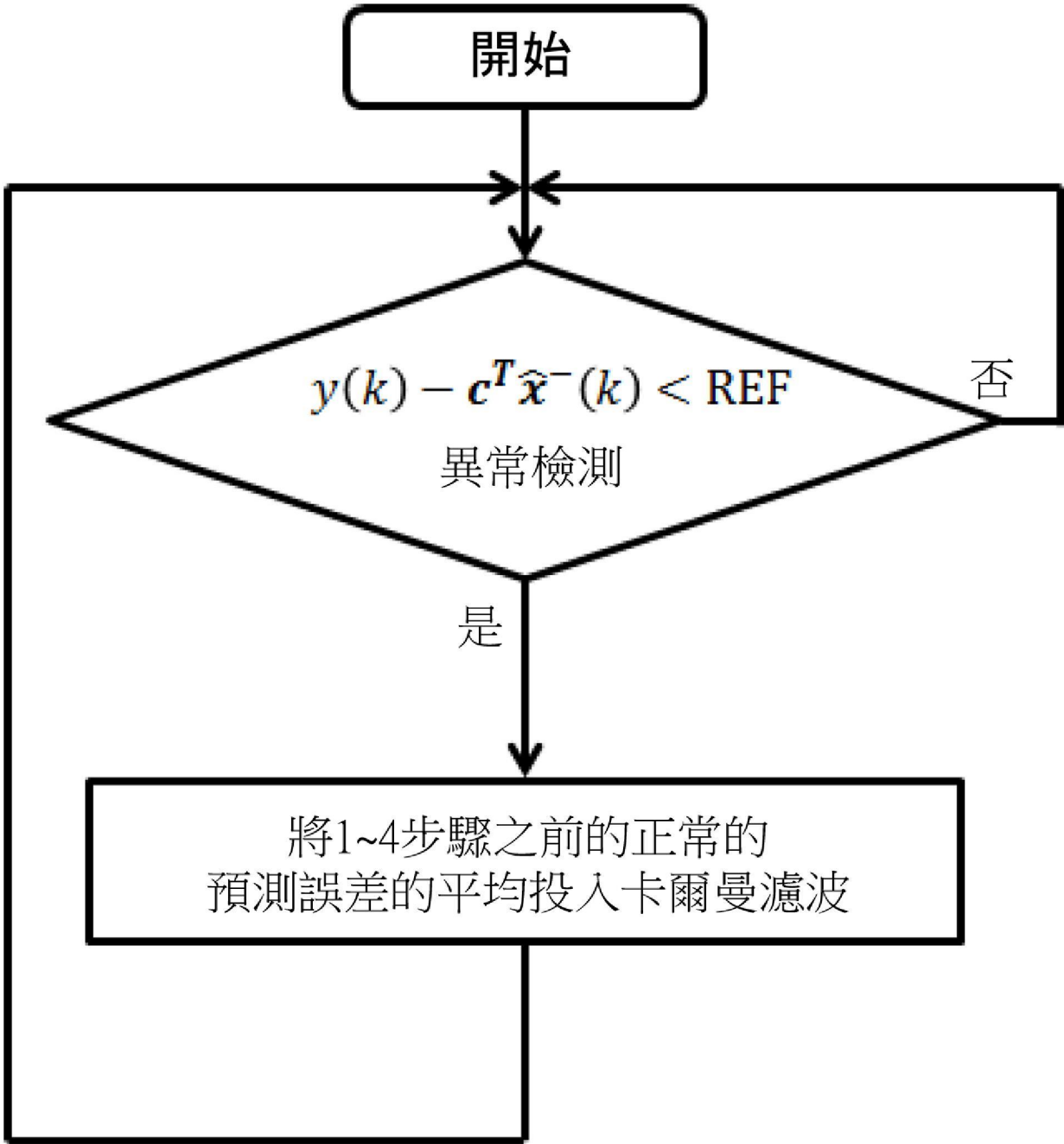
(C)



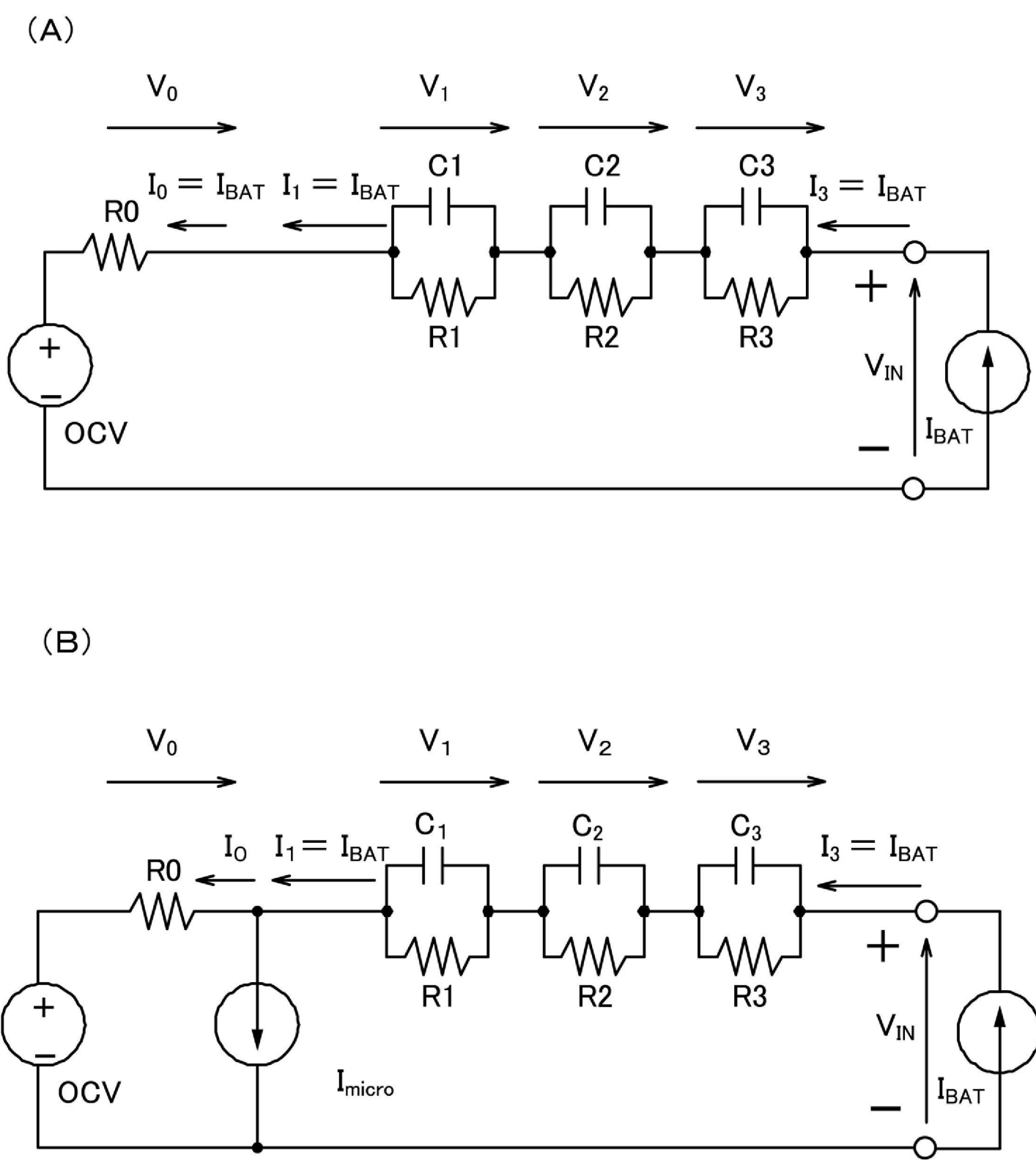
(D)



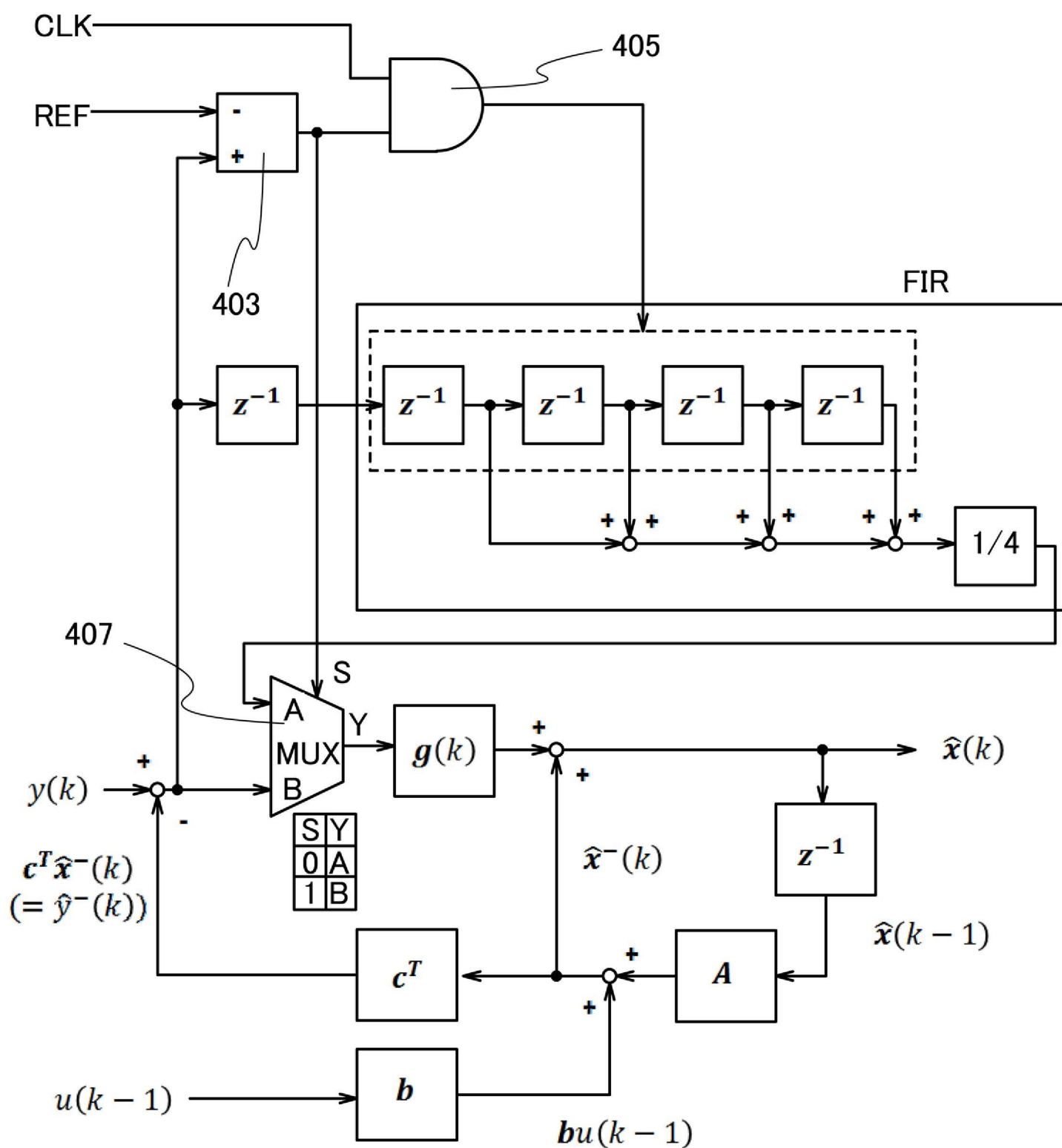
【圖13】



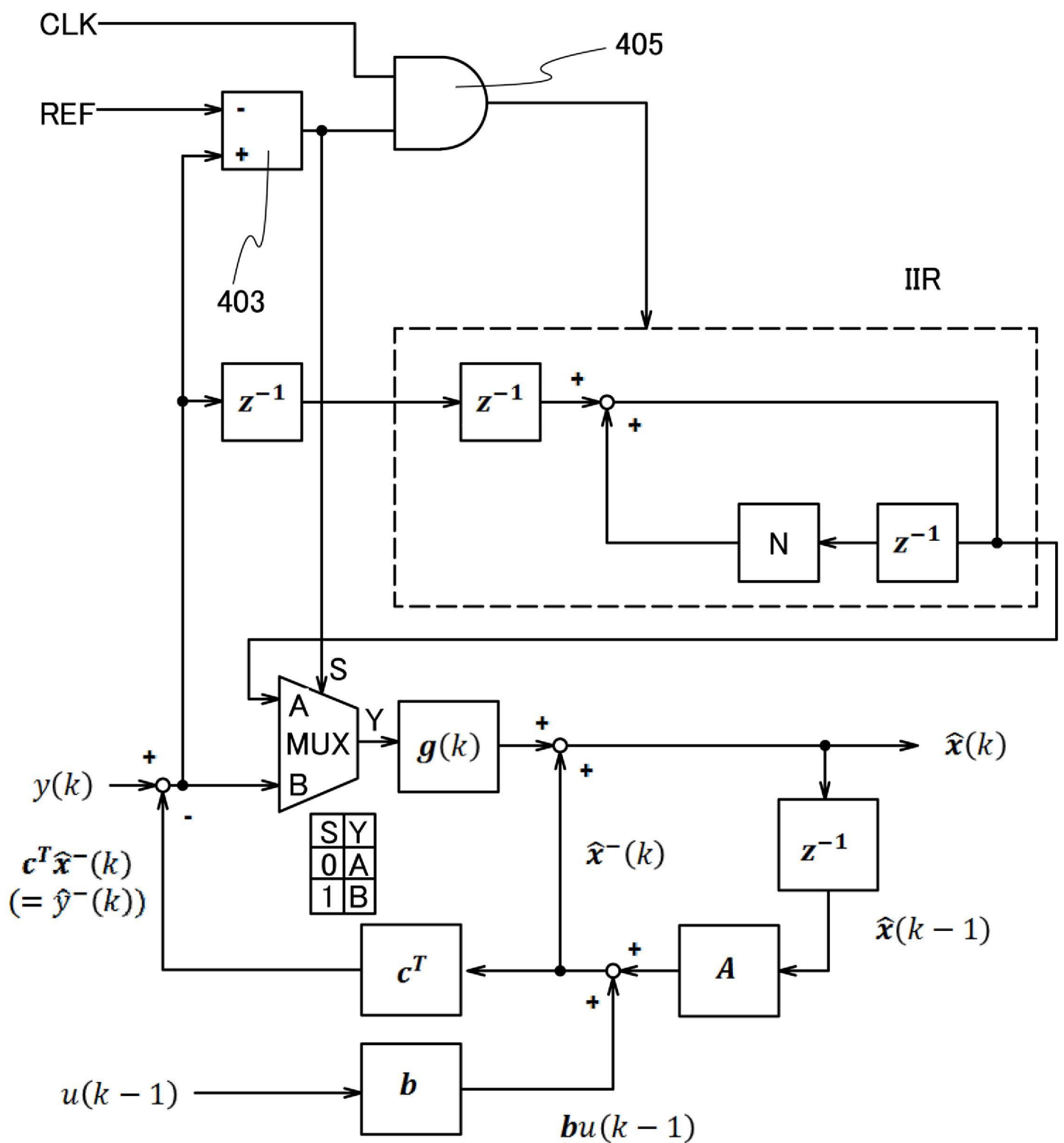
【圖14】



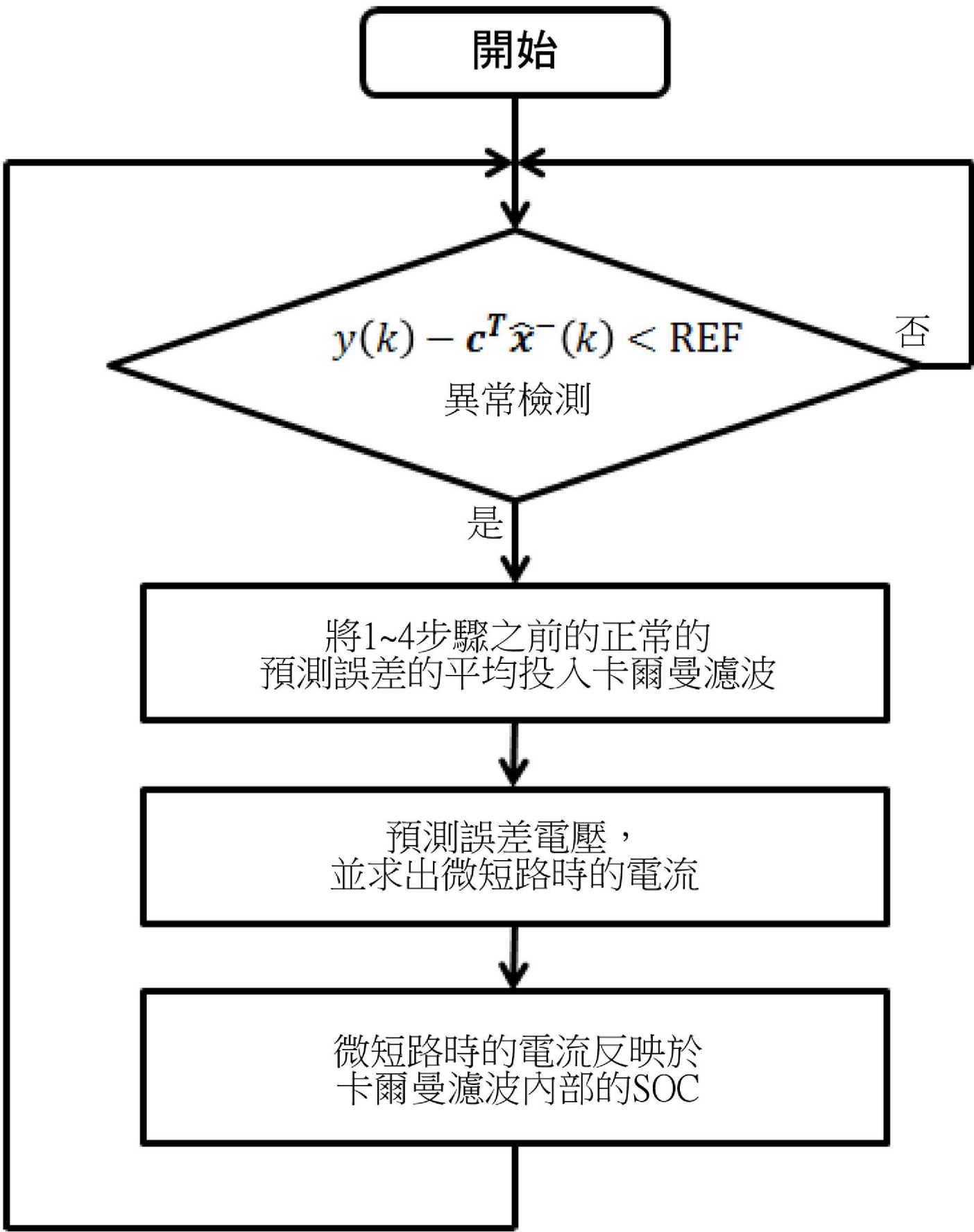
【圖15】



【圖16】



【圖17】



【圖18】