



(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 I590326 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：105104759 (22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 02 月 18 日

(51)Int. Cl. : H01L21/3065(2006.01) G06F17/10 (2006.01)

(30)優先權：2015/05/12 日本 2015-097000

(71)申請人：日立全球先端科技股份有限公司(日本) HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：渡辺成一 WATANABE, SEIICHI (JP)；井上智己 INOUE, SATOMI (JP)；中元茂 NAKAMOTO, SHIGERU (JP)；福地功祐 FUKUCHI, KOUSUKE (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 200414347A

TW 201003812A

TW 201037779A

TW 201438094A

TW 201505094A

審查人員：陳俊宏

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：13 共 69 頁

(54)名稱

電漿處理裝置、資料處理裝置及資料處理方法

PLASMA PROCESSING APPARATUS, DATA PROCESSING APPARATUS AND DATA PROCESSING METHOD

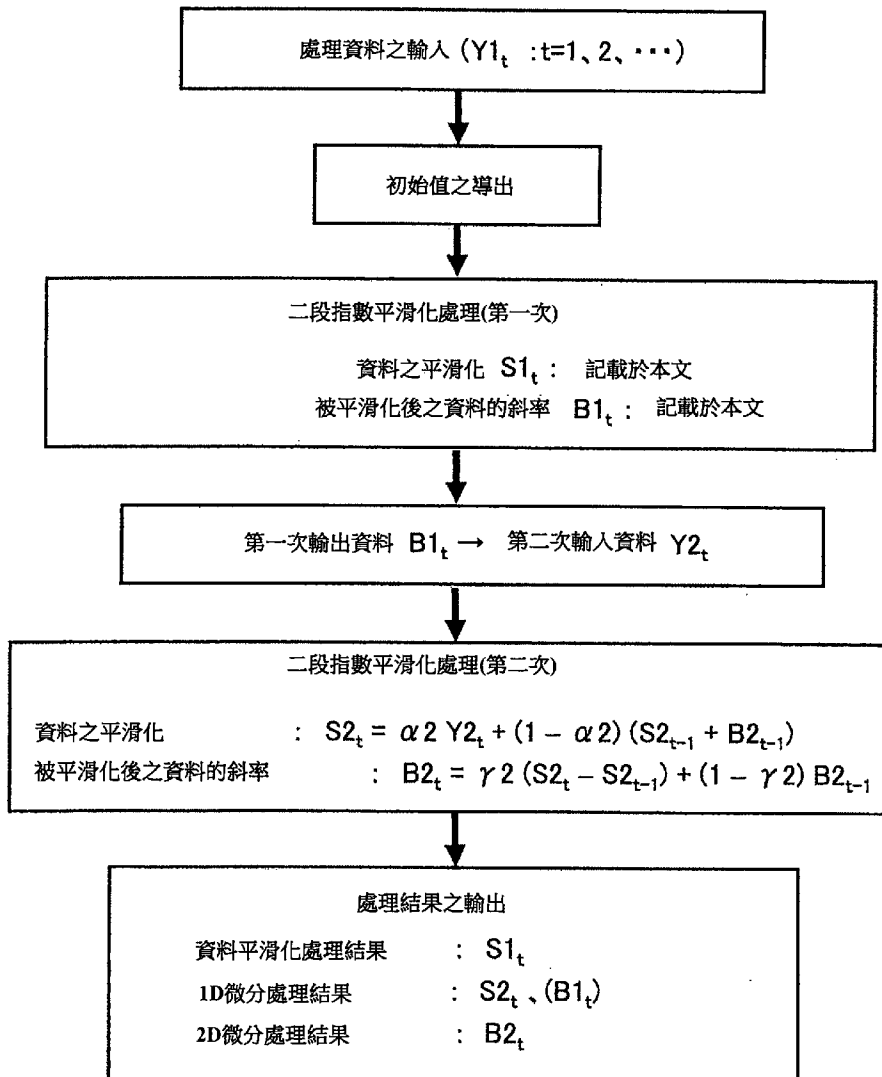
(57)摘要

本發明提供一種電漿處理裝置、資料處理裝置及資料處理方法，係具備處理資料之資料處理裝置的電漿處理裝置、處理資料的資料處理裝置及資料處理方法，其可以同時並存高 S/N 比和資料處理響應性提高，且可以自動設定最適於該資料處理的參數。

本發明的電漿處理裝置，係具備：處理室，其是能供試料進行電漿處理；及高頻電源，其是供應用來在前述處理室內生成電漿的高頻電力；以及資料處理裝置，其是能處理前述電漿的發光資料；其特徵為：藉由前述資料處理裝置而能使用基於輸入資料和被平滑化後之資料的預測值之誤差使平滑化參數變化的響應型二段指數平滑化法來處理前述發光資料；前述平滑化參數的響應係數，係使用將前述誤差作為參數的機率密度函數所求出。

指定代表圖：

第 2 圖



發明摘要

※申請案號：105104759

※申請日：105. 2. 18

※IPC 分類：H01L 21/3065

G06F 12/10

(2006:01)

(2006:01)

【發明名稱】(中文/英文)

電漿處理裝置、資料處理裝置及資料處理方法

Plasma processing apparatus, data processing apparatus and data processing method

【中文】

本發明提供一種電漿處理裝置、資料處理裝置及資料處理方法，係具備處理資料之資料處理裝置的電漿處理裝置、處理資料的資料處理裝置及資料處理方法，其可以同時並存高 S/N 比和資料處理響應性提高，且可以自動設定最適於該資料處理的參數。

本發明的電漿處理裝置，係具備：處理室，其是能供試料進行電漿處理；及高頻電源，其是供應用來在前述處理室內生成電漿的高頻電力；以及資料處理裝置，其是能處理前述電漿的發光資料；其特徵為：藉由前述資料處理裝置而能使用基於輸入資料和被平滑化後之資料的預測值之誤差使平滑化參數變化的響應型二段指數平滑化法來處理前述發光資料；前述平滑化參數的響應係數，係使用將前述誤差作為參數的機率密度函數所求出。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(2)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

電漿處理裝置、資料處理裝置及資料處理方法

Plasma processing apparatus, data processing apparatus and data processing method

【技術領域】

[0001] 本發明係關於一種作為對象的系統(裝置、分析資料等)之一連串數值資料中的資料處理裝置及資料處理方法。

【先前技術】

[0002] 在作為對象的系統中，作為將一連串數值資料進行資料平滑化(data smoothing)、資料預測的技術，已有提出各種的模型(model)。又，以掌握作為對象的系統之狀態的目的，為了檢測作為資料之變化點的極值(最大值、最小值)或是變曲點，而多採用資料之一次微分、二次微分等的微分處理。尤其是，在包含雜音(noise)等的測量資料等之時間序列資料的情況，藉由高精度地進行資料平滑化處理、微分處理來檢測作為對象的系統之變化點，且進行作為對象的系統之控制已成為重要的技術課題。

[0003] 以往的資料平滑化、資料預測的技術，係如非專利文獻 1 所述般具有曲線擬合法(curve fitting method)、移動平均法等。在曲線擬合法中，係如專利文

獻 1 所述般具有多項式適合法(Savitzky-Golay 法)。又，作為數位濾波器(digital filter)，係有巴特沃斯型低通濾波器(Butterworth type low pass filter)等。更且，在移動平均法中，係如非專利文獻 2 所述般具有指數平滑化法等。

[0004] 在非專利文獻 2 中，已有揭示一段指數平滑化法(平滑化參數有一個)、二段指數平滑化法(平滑化參數有二個)，在供需預測等的經濟關係之領域中所利用。又，在非專利文獻 3 中，已有揭示平滑化係數依輸入資料(尤其是逐次輸入資料)而變化的響應型一段指數平滑化法。平滑化係數，已有記載依|相對誤差/絕對誤差|而變化的事例、和依羅吉斯函數(Logistic function)而變化的事例。一般而言，較多事例為：使用公式(1)至公式(4)所示之平滑化係數依|相對誤差/絕對誤差|而變化的事例。

[0005]

資料之平滑化：	$S1_{t+1} = \alpha 1_t Y1_t + (1 - \alpha 1_t) S1_t$	公式(1)
平滑化係數：	$\alpha 1_t = \delta \alpha_t / \Delta \alpha_t $	公式(2)
相對誤差：	$\delta \alpha_t = A1 (Y1_t - S1_t) + (1 - A1) \delta \alpha_{t-1}$	公式(3)
絕對誤差：	$\Delta \alpha_t = A1 Y1_t - S1_t + (1 - A1) \Delta \alpha_{t-1}$	公式(4)

在此，輸入資料，例如是設為時間序列資料 $Y1_t$ ：
 $t=1, 2, \dots$ ，且將第一時間後之輸出的資料之平滑化的預測值設為 S_{t+1} 。又， $A1$ 為任意的常數。另外，雖然各記號，係與非專利文獻 3 不同，但是儘量以與以下之實施例中的記號成為相同的方式記載。

[0006] 以往之進行資料微分處理的技術，較多是採

用差分法。又，如專利文獻 1、非專利文獻 4 所述般，也有使用多項式適合法(Savitzky-Golay 法)的情況。通常，多項式適合法(Savitzky-Golay 法)，多是使用複數個連續的資料，且導出該連續資料的期間之中心點的微分處理結果的情況。但是，在非專利文獻 4 中，已有揭示以下的方法：在所使用的資料之任意的點，藉由多項式適合法(Savitzky-Golay 法)，進行資料平滑化處理及一次微分處理。

[0007] 作為將對包含雜音等測量資料等之時間序列資料進行資料平滑化處理，且利用一次微分處理、二次微分處理來檢測資料之變化點，藉此控制作為對象的系統之例，在專利文獻 2 中已有揭示一種「在電漿蝕刻處理裝置中，藉由移動平均處理將來自電漿發光的分光強度信號資料進行資料平滑化處理，且藉由一次微分值、二次微分值，判定蝕刻終點的方法」。又，非專利文獻 3 中，已有揭示以下的方法：在一段指數平滑化法中，將第一時間後預測值之誤差的總和設為最小，藉此推定最佳的平滑化參數。

〔 先前技術文獻 〕

〔 專利文獻 〕

[0008]

專利文獻 1：日本特開 2000-228397 號公報

專利文獻 2：日本特開昭 61-53728 號公報

〔 非專利文獻 〕

[0009]

非專利文獻 1：「資料處理的背面側」高橋和裕著、
Journal of Surface Analysis Vol7.No 1(2000) p68-p77.

非專利文獻 2：「時間序列模型入門」A.C.Harvey
著、國友直人/山本拓譯、(1985)、P173、東京大學出版
會、(原著：TIME SERIES MODELS by A.C.Harvey)

非專利文獻 3：James W Taylor, Journal of
Forecasting, 2004, (23), pp385-394.

非專利文獻 4：Peter A. Gorry, Anaal. Chem. 1990,
(62), pp570-573.

【發明內容】

〔發明所欲解決之問題〕

[0010] 如測量資料等，在從真正的信號(signal)加上
雜音而得的資料中去除雜音的資料平滑化處理之情況，其
技術課題之一是在於加大 S/N 比(信號/雜音比)。即便是在
資料微分處理的情況，加大 S/N 比(信號/雜音比)仍為技術
課題之一。

[0011] 例如，如專利文獻 1 所述般，當利用差分法
進行資料微分處理時，在資料平滑化處理非為充分的情
況，一次微分處理的輸出結果，就會包含較多的雜音，且
非為平滑的資料，而是 S/N 比(信號/雜音比)會變小。當使
用上述資料而再次利用差分法進行資料微分處理時，二次
微分處理的輸出結果，就會使雜音更為增大，且非為平滑

的資料，而是 S/N 比會變得更小。亦即，將造成以下的技術課題：資料一次微分處理會比資料平滑化處理更難加大 S/N 比(信號/雜音比)，更且，越成為資料高次微分處理，就越難加大 S/N 比(信號/雜音比，以下稱為 S/N 比)。

[0012] 在資料處理中，係有：在取得全部的資料之後，進行處理的方法(離線處理：off-line processing)；以及一邊取得資料一邊進行處理的方法(線上處理：on-line processing，或是逐次資料處理)。在線上處理的情況，多是即時利用資料處理結果，並活用於例如製程處理裝置之控制等的情況。因此，資料處理結果的延遲時間(與真正的處理結果之時間上的偏移量)較小為其技術課題之一。

[0013] 當以差分法之資料微分處理來增加差分間隔時，雖然一次微分處理的輸出結果及二次微分處理的輸出結果，就會變成平滑的資料，且 S/N 比會增大(但是，在差分間隔中存在最佳值)，但是在時間序列資料等之線上處理的情況，會有因資料微分處理而增加資料延遲時間的課題。又，在低通濾波器等中，係當使截止頻率減少時，一次微分處理的輸出資料及二次微分處理的輸出資料，就會變成平滑的資料，且 S/N 比會增大(但是，在截止頻率中存在最佳值)，但是與上述同樣，會有因資料微分處理而增加資料延遲時間的課題。

[0014] 又，在藉由多項式適合法(Savitzky-Golay 法)進行資料微分處理的情況，一般需要連續的複數個資料，且導出該資料期間之中心時間的微分值。因此，在逐次資

料處理的情況，會有在原理上發生從最新資料之時間至上述的中心資料之時間差的時間延遲的課題。藉由非專利文獻 3 所述之多項式適合法(Savitzky-Golay 法)在取得最新資料的時間點導出微分值的情況，比起藉由一般的多項式適合法(Savitzky-Golay 法)在資料中心點導出微分值的情況，雖然資料延遲時間會減少，但是另一方面，S/N 比會減少。

[0015] 因此，當增加所使用的資料數時，S/N 比就會增加並獲得改善。但是，另一方面，會有藉由使用較多的資料數而使對急遽之變化的追隨性(響應性)劣化並因所使用的資料數而在響應性上發生界限的課題。具體而言，其課題在於：真正的信號中所含的高頻成分，會在資料處理後的信號中遺漏。

[0016] Savitzky-Golay 法，係將複數個資料回饋至二次曲線或三次曲線者。因此，當使資料數增加時，擬合精度就會提高。但是，上述之高頻成分遺漏的理由，係在於因資料數的期間而無法對應二次或三次曲線以上的變化。

[0017] 再者，雖然有專利文獻 2 所揭示的方法作為電漿蝕刻處理裝置的電漿蝕刻之終點判定方法，但是對該專利文獻 2 所揭示的電漿蝕刻之終點判定方法主要存在有如以下的課題。

[0018] 現狀的半導體裝置，係藉由高性能化及高集成化而具有 Fin Field Effect Transistor(Fin FET：鰭式場效電晶體)構造等的高段差構造。又，在通常的電漿蝕刻

中，會發生屬於稀疏部的圖案與緊密部的圖案之蝕刻性能差的微小負載(micro loading)。更有被蝕刻膜在晶圓面內不均一的情況。

[0019] 根據此等情形，例如會有來自電漿發光的分光強度信號資料之時間序列資料發生二段變化的情況，該電漿發光係用於電漿蝕刻之終點判定。如此，在來自電漿發光的分光強度信號資料之時間序列資料發生二段變化並藉由第一個或第二個變化而進行電漿蝕刻之終點判定的情況，因第一個變化和第二個變化會在較短的期間發生，故而資料處理無法追隨二次的變化且無法檢測出電漿蝕刻的終點。另外，在此，係將來自電漿發光的分光強度信號資料之時間序列資料已發生變化的時間點，作為電漿蝕刻的終點。

[0020] 又，例如，即便是在對一次微分值或二次微分值之延遲時間為短時間的電漿蝕刻中，算出一次微分值或二次微分值的資料處理，仍無法追隨來自電漿發光的分光強度信號資料之時間序列資料的變化。換句話說，會有電漿蝕刻之終點檢測的響應性不充分的課題。

[0021] 其次，當大致區分電漿蝕刻之遮罩圖案(mask pattern)時，就有溝槽圖案和孔圖案。又，通常，孔圖案之晶圓的開口率，係比溝槽圖案之晶圓的開口率更小，也有未滿 1%之開口率的情況。又，隨著開口率變小，電漿發光的分光強度之變化就會變小。

[0022] 因此，例如，在未滿 1%之開口率的晶圓之情

況，因來自電漿發光的分光強度信號資料之時間序列資料的變化過小，故而電漿蝕刻之終點檢測就變得困難。換句話說，有無法對應低 S/N 比的課題。另外，在此所謂開口率係指被蝕刻面積對晶圓整體面積的比例之意。

[0023] 在非專利文獻 3 中，已有揭示一種平滑化係數依輸入資料(尤其是逐次輸入資料)而變化的響應型一段指數平滑化法。平滑化係數，係記載有依|相對誤差/絕對誤差|而變化的事例、和依羅吉斯函數而變化的事例。雖然上述二個事例的平滑化係數皆為資料響應型，但是由於基本上是一段指數平滑化法，所以有很難同時並存 S/N 比和資料響應性的課題。

[0024] 又，使用羅吉斯函數的事例，係可推定適於平滑化係數之可動範圍，而單純輸出成為 0 至 1 為主要的理由，且並未充分考慮到平滑化係數與誤差的關係。因此，有資料平滑化處理的 S/N 比性能並不一定充分的課題。更且，在羅吉斯函數中，係具有複數個參數，而有不易進行參數之設定且使用方便性不佳的課題。

[0025] 如上述般，在資料平滑化處理、資料微分處理中， S/N 比性能提高、和資料響應性能提高(延遲時間縮短)，係存在取捨關係(trade-off)。在資料平滑化處理方法及資料微分處理方法中，係有按照作為資料處理之對象的輸入資料而將各資料處理方法之參數最佳化的必要。

[0026] 以往，係依次變更資料處理之參數並進行資料處理，且綜合性地俯瞰各資料平滑化處理波形、資料微

分處理波形等的資料處理波形、及 S/N 比、延遲時間等的數值資料，而發現了最佳的參數。然而，在上述的方法中，為了發現最佳的參數而需要長時間，又在發現最佳的參數之時間縮短等方面，存在了需要資料處理之知識或經驗等的課題。

[0027] 又，在非專利文獻 3 中，已有揭示一種方法，其是在一段指數平滑化法中，藉由將第一時間後預測值的誤差之總和設為最小來推定最佳的平滑化參數的方法。但是，在該方法中，因並未考慮到預測值的曲線之平滑度，故而在檢測變化點的一次微分處理、二次微分處理中，存在了雜音較大、且 S/N 比不佳的課題。

[0028] 為此，本發明提供一種電漿處理裝置、資料處理裝置及資料處理方法，係具備處理資料之資料處理裝置的電漿處理裝置、處理資料的資料處理裝置及資料處理方法，其可以同時並存高 S/N 比和資料延遲時間之縮短或資料處理響應性提高。又，提供一種可以簡便地自動發現最適於將輸入資料進行資料平滑化處理、資料微分處理之參數的電漿處理裝置、資料處理裝置及資料處理方法。

〔解決問題之手段〕

[0029] 本發明係一種使用按照輸入資料和被平滑化後之資料的預測值之誤差使平滑化參數變化的響應型二段指數平滑化法來處理資料的資料處理方法，其特徵為：使用將輸入資料和被平滑化後之資料的預測值之誤差作為參

數的機率密度函數(常態分布型函數、高斯分布型函數)，來導出平滑化參數的響應係數。

[0030] 又，本發明係一種使用按照輸入資料和被平滑化後之資料的預測值之誤差使平滑化參數變化的響應型二段指數平滑化法來處理資料的資料處理方法，其特徵為：將輸入資料和被平滑化後之資料的預測值之誤差進行指數加權移動平均，該指數加權移動平均之係數，是使用依平滑化資料之斜率而變化的響應型加法係數。

[0031] 又，本發明係使用二段指數平滑化法來處理資料的資料處理方法，其特徵為：使用連續的複數個輸入資料，並將以後退型 Savitzky-Golay 法進行資料平滑化處理後的結果，作為二段指數平滑化法之資料之平滑化的公式之輸入資料來使用，且使用連續的複數個該資料之平滑化的預測值，並將以後退型 Savitzky-Golay 法進行一次微分處理後的結果，在二段指數平滑化之平滑化資料的斜率之公式中，作為資料之平滑化的預測值之斜率的輸入資料來使用。

[0032] 又，本發明係一種將試料進行電漿處理的電漿處理方法，其特徵為：測量前述試料之電漿處理時的發光資料，且使用使平滑化參數依前述所測量的發光資料、和被平滑化後之發光資料的預測值之誤差而變化的響應型二段指數平滑化法，並且使用以下之至少一種方式：藉由將輸入資料和資料之平滑化的預測值之誤差作為參數的機率密度函數(常態分布型函數、高斯分布型函數)，導出平

滑化參數之響應性係數；或是將輸入資料和資料之平滑化的預測值之誤差進行指數加權移動平均，該指數加權移動平均之係數，是使用依平滑化資料之斜率的預測值而變化的響應型加法係數；或是使用連續的複數個輸入資料，並將以後退型 Savitzky-Golay 法進行資料平滑化處理後的結果，作為二段指數平滑化法之資料之平滑化的公式之輸入資料來使用，更進一步使用連續的複數個該資料之平滑化的預測值，並將以後退型 Savitzky-Golay 法進行一次微分處理後的結果，在二段指數平滑化之平滑化資料的斜率之公式中，作為資料之平滑化的預測值之斜率的輸入資料來使用；在活用前述二段指數平滑化法所求出的一次微分處理結果、或是二次微分處理結果當中，基於至少一個處理結果來檢測前述試料之電漿處理狀態或是前述試料之電漿處理狀態的變化，且按照檢測結果來控制前述試料之電漿處理。

[0033] 又，本發明係一種資料處理裝置，其特徵為，具備：資料輸出入裝置，其是接收被處理的資料；及記憶裝置，其是儲存前述資料輸出入裝置所接收的前述資料；及資料處理程式記憶裝置，其是儲存二段指數平滑化法之資料處理程式，該二段指數平滑化法之資料處理程式，係使用使平滑化參數依輸入資料和輸入資料之平滑化的預測值之誤差而變化的響應型二段指數平滑化法，並且使用以下之至少一種方式：藉由將輸入資料和資料之平滑化的預測值之誤差作為參數的機率密度函數(常態分布型

函數、高斯分布型函數)，導出平滑化參數之響應性係數；或是將輸入資料和資料之平滑化的預測值之誤差進行指數加權移動平均，該指數加權移動平均之係數，是使用依資料之平滑化的斜率之預測值而變化的響應型加法係數；或是使用連續的複數個輸入資料，並將以後退型 Savitzky-Golay 法進行資料平滑化處理後的結果，作為二段指數平滑化法之資料之平滑化的公式之輸入資料來使用，更進一步使用連續的複數個該資料之平滑化的預測值，並將以後退型 Savitzky-Golay 法進行一次微分處理後的結果，在二段指數平滑化之平滑化資料的斜率之公式中，作為資料之平滑化的預測值之斜率的輸入資料來使用；以及資料運算處理裝置，其是基於前述資料處理程式而進行資料處理。

[0034] 又，本發明係一種處理裝置，其特徵為，具備：處理室，其是作為控制對象；及測量裝置，其是取得與前述處理室關聯的資料；及資料運算處理裝置，其是基於二段指數平滑化法之資料處理程式進行資料處理，該二段指數平滑化法之資料處理程式，係使用使平滑化參數依輸入資料和輸入資料之平滑化的預測值之誤差而變化的響應型二段指數平滑化法，並且使用以下之至少一種方式：藉由將輸入資料和資料之平滑化的預測值之誤差作為參數的機率密度函數(常態分布型函數、高斯分布型函數)，導出平滑化參數之響應性係數；或是將輸入資料和資料之平滑化的預測值之誤差進行指數加權移動平均，該指數加權

移動平均之係數，是使用依資料之平滑化的斜率之預測值而變化的響應型加法係數；或是使用連續的複數個輸入資料，並將以後退型 Savitzky-Golay 法進行資料平滑化處理後的結果，作為二段指數平滑化法之資料之平滑化的公式之輸入資料來使用，更進一步使用連續的複數個該資料之平滑化的預測值，並將以後退型 Savitzky-Golay 法進行一次微分處理後的結果，在二段指數平滑化之平滑化資料的斜率之公式中，作為資料之平滑化的預測值之斜率的輸入資料來使用；以及控制裝置，其是利用藉由前述資料運算處理裝置所求出的資料處理結果，檢測前述處理室之狀態或是前述處理室之狀態的變化，且按照檢測結果來控制前述處理室。

[0035] 更且，本發明係一種處理裝置，其特徵為，具備：處理室，其是可供被載置於試料台的試料進行電漿處理；及測量裝置，其是取得前述試料之電漿處理時的發光資料；及資料運算處理裝置，其是基於二段指數平滑化法之資料處理程式進行資料處理，該二段指數平滑化法之資料處理程式，係使用使平滑化參數依藉由前述測量裝置所取得的資料和資料之平滑化的預測值之誤差而變化的響應型二段指數平滑化法，並且使用以下之至少一種方式：藉由將輸入資料和資料之平滑化的預測值之誤差作為參數的機率密度函數(常態分布型函數、高斯分布型函數)，導出平滑化參數之響應性係數；或是將輸入資料和被平滑化後之資料的預測值之誤差進行指數加權移動平均，該指數

加權移動平均之係數，是使用依平滑化資料之斜率的預測值而變化的響應型加法係數；或是使用連續的複數個輸入資料，並將以後退型 Savitzky-Golay 法進行資料平滑化處理後的結果，作為二段指數平滑化法之資料之平滑化的公式之輸入資料來使用，更進一步使用連續的複數個該資料之平滑化的預測值，並將以後退型 Savitzky-Golay 法進行一次微分處理後的結果，在二段指數平滑化之平滑化資料的斜率之公式中，作為資料之平滑化的預測值之斜率的輸入資料來使用；以及控制裝置，其是利用藉由前述資料運算處理裝置所求出的資料處理結果，檢測前述試料的電漿處理狀態或是前述試料的電漿處理狀態之變化，且按照檢測結果來控制前述處理室。

[0036] 更且，本發明係一種將離散化且連續的複數個資料作為輸入資料，進行資料平滑化處理、或是資料微分處理，且具有至少一個參數的資料處理方法，其特徵為：將在資料平滑化處理結果的二次微分之均方值，乘上任意數值之係數而得者，與輸入資料和資料平滑化處理結果之均方誤差進行相加後的數值，作為評估函數，且將該評估函數設為最小，以此為指標，導出該資料處理的參數。

〔發明效果〕

[0037] 依據本發明，則在具備處理資料之資料處理裝置的電漿處理裝置、處理資料的資料處理裝置及資料處

理方法中，可以同時並存資料處理結果的 S/N 比提高和資料處理結果的響應性提高(資料處理結果的延遲時間降低)。又，可以既簡便又短時間地自動發現資料處理方法的最佳參數。藉此，可以提供一種以具備使用便利性佳之資料處理裝置、資料處理方法及控制處理室之控制裝置的處理裝置。

【圖式簡單說明】

[0038]

第 1 圖係顯示實施例 1 的資料處理裝置 1 之整體構成的示意圖。

第 2 圖係顯示實施例 1 的資料處理之流程的示意圖。

第 3A 圖係顯示在亂數資料中，來自平均值的預測值之偏移量定義的示意圖。

第 3B 圖係顯示在第 3A 圖的資料中，偏移量/標準偏差 σ 與響應係數 F_t 之關係的示意圖。

第 4 圖係顯示成為資料處理之輸入的信號輸出之斜率之變化例的示意圖。

第 5 圖係實施例 1 的有磁場微波電漿蝕刻裝置的縱剖視圖。

第 6 圖(A)至(D)係蝕刻終點檢測用的代表性之資料處理的流程圖。

第 7 圖(A)至(D)係在實施例 1 的資料處理裝置 1 中使用第 2 圖的資料處理流程並使用公式(33)至公式(42)之響

應型二段指數平滑化法(型式 IV)的情況之資料處理結果。

第 8 圖(A)至(D)係利用公式(5)至公式(14)之響應型二段指數平滑化法(型式 I)設為 $N=0$ 的情況之資料處理結果。

第 9 圖(A)至(D)係利用公式(5)至公式(14)之響應型二段指數平滑化法(型式 I)設為 $N=1$ 的情況之資料處理結果。

第 10 圖(A)至(D)係利用公式(5)至公式(14)之響應型二段指數平滑化法(型式 I)設為 $N=5$ 的情況之資料處理結果。

第 11 圖係在使型式 I 的響應型二段指數平滑化法($N=0$)之一個參數依次變化的情況下，由顯示輸入資料($Y1_t$)和資料平滑化處理結果($S1_t$)的(A)、和顯示二次微分處理結果($B2_t$)的(B)所構成的示意圖。

第 12 圖係在第 11 圖的情況下，顯示作為均方誤差的 E 、作為二次微分之均方的 D 以及作為評估函數的 W 之參數依存性的示意圖。

第 13 圖係在第 12 圖中的使用用評估函數 W 而自動導出的 $\times$ 記號之位置之參數的情況下，由顯示輸入資料($Y1_t$)和資料平滑化處理結果($S1_t$)的(A)、和顯示二次微分處理結果($B2_t$)的(B)所構成的示意圖。

【實施方式】

[0039] 以下，一邊參照圖式一邊說明本發明的實施

例。

〔實施例 1〕

[0040] 首先，使用第 1 圖至第 10 圖說明本發明之第 1 實施例的資料處理裝置。在此，係在有磁場微波電漿蝕刻裝置中，針對將本發明應用於以高精度之蝕刻處理為目的之藉由電漿分光而進行的蝕刻終點檢測之例加以說明。

[0041] 第 1 圖係顯示第 1 實施例的資料處理裝置 1 之構成圖。在本實施例中，資料處理裝置 1，係由資料輸出入裝置 2、作為記憶裝置的資料記憶裝置 3、資料處理程式記憶裝置 4 及資料運算處理裝置 5 所構成，且以能夠相互地進行資料移動的方式所連接。

[0042] 又，按照需要除了上述以外，還設置有資料顯示裝置(省略圖示)。資料處理裝置 1，係可以與作為對象的系統 6(裝置、分析資料等)進行資料之輸出入。藉此，高精度地控制作為對象的系統 6。在本實施例的情況，作為對象的系統 6，是一種微波電漿處理裝置。又，資料處理裝置 1，也可單獨使用，且可以利用於資料解析等。

[0043] 資料輸出入裝置 2，係可以輸出入處理資料、資料處理程式的參數等。資料輸出入裝置 2，係從作為對象的系統 6 等接收批量或逐次處理的資料。藉由資料輸出入裝置 2 所接收的資料，係能在 RAM 等之資料記憶裝置 3 儲存，且按照儲存於 RAM 等之資料處理程式記憶裝置 4

的資料處理程式，藉由資料運算處理裝置 5 進行資料平滑化處理、資料微分處理。在藉由資料運算處理裝置 5 而進行資料之運算後，藉由資料輸出入裝置 2 將資料平滑化處理結果資料、資料微分處理結果資料輸出至作為對象的系統 6 等並利用於作為對象的系統 6 之控制。

[0044] 第 2 圖係顯示資料處理程式中所儲存的資料處理方法之整體流程圖。接收批量或逐次處理的資料，且輸入資料。輸入資料，係作為時間序列資料 $Y1_t$ ： $t=1$ 、 2 、 $\dots$ 。其次藉由後述的方法來導出初始值。其次進行第一次的二段指數平滑化處理，且獲得第一次輸出的資料之平滑化的預測值 $S1_t$ 和被平滑化後的資料之斜率的預測值 $B1_t$ 。

[0045] 在此情況下，用下述公式(5)至公式(14)所示的型式 I 之響應型二段指數平滑化處理法來處理。

[0046]

資料之平滑化：	$S1_t = \alpha 1_t Y1_t + (1 - \alpha 1_t) (S1_{t-1} + B1_{t-1})$	公式(5)
被平滑化後的資料之斜率：	$B1_t = \gamma 1_t (S1_t - S1_{t-1}) + (1 - \gamma 1_t) B1_{t-1}$	公式(6)
平滑化係數：	$\alpha 1_t = (K_\alpha - L_\alpha) F_{\alpha t} + L_\alpha$	公式(7)
響應係數：	$F_{\alpha t} = (\delta \alpha_t / \Delta \alpha_t + \phi)^N$	公式(8)
相對誤差：	$\delta \alpha_t = A1 (Y1_t - S1_t) + (1 - A1) \delta \alpha_{t-1}$	公式(9)
絕對誤差：	$\Delta \alpha_t = A1 Y1_t - S1_t + (1 - A1) \Delta \alpha_{t-1} + \phi$	公式(10)
平滑化係數：	$\gamma 1_t = (K_\gamma - L_\gamma) F_{\gamma t} + L_\gamma$	公式(11)
響應係數：	$F_{\gamma t} = (\delta \gamma_t / \Delta \gamma_t + \phi)^N$	公式(12)
相對誤差：	$\delta \gamma_t = A2 \{ (S1_t - S1_{t-1}) - B1_t \} + (1 - A2) \delta \gamma_{t-1}$	公式(13)
絕對誤差：	$\Delta \gamma_t = A2 (S1_t - S1_{t-1}) - B1_t + (1 - A2) \Delta \gamma_{t-1} + \phi$	公式(14)

在此，輸入資料，例如是可以藉由逐次資料處理來取得輸出的資料之平滑化的預測值 $S1_t$ 、和被平滑化後的資

料之斜率的預測值 $B1_t$ ，作為時間序列資料 $Y1_t$ ： $t=1, 2, \dots$ 。又， K_α 、 L_α 、 K_γ 、 L_γ 、 N 、 $A1$ 、 $A2$ 、 ϕ ，為任意的常數。其中， $1 > K_\alpha > L_\alpha > 0$ 、 $1 > K_\gamma > L_\gamma > 0$ 、 $1 > A1 > 0$ 、 $1 > A2 > 0$ 。 ϕ ，係為了迴避絕對誤差 $\Delta \alpha_t$ 及 $\Delta \gamma_t$ 、或響應係數 F_{α_t} 及 F_{γ_t} 變成零值所設。又，為了對一般的運算影響非常少而可選擇極微小值作為 ϕ 。

[0047] 在公式(8)、公式(12)中 $N=0$ 的情況下，響應係數 $F_\alpha=1$ 、 $F_\gamma=1$ ，且平滑化係數 $\alpha_t=K_\alpha$ 、 $\gamma_t=K_\gamma$ 並成為固定值。因而，在 $N=0$ 的情況下，就成為一般的二段指數平滑化法。在 $N=1$ 的情況下，各平滑化係數，係與各相對誤差/絕對誤差成正比，並成為在 $K_\alpha \sim L_\alpha$ 、 $K_\gamma \sim L_\gamma$ 之範圍內變化的響應型二段指數平滑化法。同樣地，在 $N=5$ 的情況下，各平滑化係數，係與各相對誤差/絕對誤差之 5 次方成正比，並成為在 $K_\alpha \sim L_\alpha$ 、 $K_\gamma \sim L_\gamma$ 之範圍內變化的響應型二段指數平滑化法。

[0048] 響應型二段指數平滑化法，係在各相對誤差/絕對誤差較小的情況下減小各平滑化係數以提高資料平滑化性能。另一方面，在各相對誤差/絕對誤差較大的情況下，係加大各平滑化係數以提高資料響應性能。資料平滑化性能和資料響應性能，係處於取捨關係，因兩者的平衡，係依上述 N 值而變化，故而按照輸入資料之特性，來選擇上述 N 值。

[0049] 其次說明前述的初始值之導出方法。一般而言，二段指數平滑化處理中的資料之平滑化的預測值 $S1$

之初始值、以及被平滑化後的資料之斜率的預測值 $B1$ 之初始值，例如可用以下的方法來導出。資料之平滑化的預測值 $S1$ 之初始值，係能用 $S1_1 = \text{輸入資料 } Y1_1$ (方法 A1)、或 $S1_1 = \text{初始 } N \text{ 個輸入資料之平均值 } (\{Y1_1 + Y1_2 + \dots + Y1_N\} / N)$ 等(方法 A2)來導出。

[0050] 被平滑化後的資料之斜率的預測值 $B1$ 之初始值，係能用 $B1_1 = Y1_2 - Y1_1$ (方法 B1)、 $B2_1 = \{ (Y1_2 - Y1_1) + (Y1_4 - Y1_3) \} / 2$ 等(方法 B2)來導出。一般而言，二段指數平滑化處理，係在剛開始資料處理後會存在誤差較大的課題。其原因之一，係在於：藉由上述習知導出方法所導出的初始值為真正初始的資料之平滑化的預測值、和真正初始之被平滑化後的資料之斜率的預測值之誤差較大。

[0051] 在此，係使用所期望的 N 個資料輸入開始後初始的資料 $Y1_t (t=1, 2, \dots, N)$ 並藉由最小自乘法來導出多項式近似式。又，使用了初始 10 個等時間之間隔的時間序列資料。從上述所導出的多項式近似式中導出作為輸入資料之前 $t=0$ 之虛擬資料的資料之平滑化的預測值 $S1_0$ 、被平滑化後的資料之斜率的預測值 $B1_0$ 。

[0052] 在此，使用直線一次式作為多項式近似式，而資料之平滑化的預測值 $S1_0$ 、被平滑化後的資料之斜率的預測值 $B1_0$ ，係分別藉由公式(15)、公式(16)所導出。

$$\text{資料之平滑化的預測值 } S1_0 = \{ 330 Y1_1 + 275 Y1_2 + 220 Y1_3 + 165 Y1_4 \\ + 110 Y1_5 + 55 Y1_6 + 0 Y1_7 - 55 Y1_8 - 110 Y1_9 \\ - 165 Y1_{10} \} / 825 \quad \text{公式 (15)}$$

$$\text{被平滑化後的資料之斜率的預測值 } B1_0 = \{ -45 Y1_1 - 35 Y1_2 - 25 Y1_3 - 15 Y1_4 \\ - 5 Y1_5 + 5 Y1_6 + 15 Y1_7 + 25 Y1_8 + 35 Y1_9 \\ + 45 Y1_{10} \} / 825 \quad \text{公式 (16)}$$

又，第 2 圖所述之第二次的二段指數平滑化處理中的資料之平滑化的預測值之初始值 $S2_1$ 、和被平滑化後的資料之斜率的預測值之初始值 $B2_1$ ，係分別設定為 $S2_1=S1_1$ 、 $B2_1=0$ 。上述的初始值設定方法，係有以下的功效：資料輸入開始後初始的輸入資料之誤差也較少，且可以高精度地進行資料平滑化處理、資料微分處理。

[0053] 在此，雖然是藉由多項式近似式而導出作為輸入資料之前 $t=0$ 之虛擬資料的資料之平滑化的預測值 $S1_0$ 、和被平滑化後的資料之斜率的預測值 $B1_0$ ，但是也可使用 $t=1$ 等藉由任意的時間之多項式近似式所導出的各預測值作為各初始值。但是，在此情況下，比起使用 $t=0$ 之虛擬資料的情況，對短時間步驟的資料平滑化處理、資料微分處理等更為不利。

[0054] 如上述般地進行第一次的二段指數平滑化處理，且獲得第一次輸出的資料之平滑化的預測值 $S1_t$ 、和被平滑化後的資料之斜率的預測值 $B1_t$ 。其次，將第一次輸出的被平滑化後的資料之斜率的預測值 $B1_t$ 作為第二次的輸入資料 $Y2_t$ ，進行取決於下述公式(17)及公式(18)之第二次的二段指數平滑化處理，藉此獲得第二次輸出的資料之平滑化的預測值 $S2_t$ 、和被平滑化後的資料之斜率的預

測值 $B2_t$ 。

[0055]

資料之平滑化 : $S2_t = \alpha^2 Y2_t + (1 - \alpha^2) (S2_{t-1} + B2_{t-1})$ 公式(17)

被平滑化後的資料之斜率 : $B2_t = \gamma^2 (S2_t - S2_{t-1}) + (1 - \gamma^2) B2_{t-1}$ 公式(18)

其次，資料平滑化處理結果資料 $S1_t$ 、資料一次微分處理結果資料 $S2_t$ 、資料二次微分處理結果資料 $B2_t$ ，係輸出作為批量或逐次資料。在此，第二次的二段指數平滑化中的資料之平滑化的平滑化參數 α^2 、被平滑化後的資料之斜率的平滑化參數 γ^2 ，係事先設定為任意的常數。其中，假設 $0 < \alpha^2 < 1$ 、 $0 < \gamma^2 < 1$ 。因第一次輸出的被平滑化後的資料之斜率的預測值 $B1_t$ ，也是相當於一次微分處理結果，故而也可使用此，但是因資料結果的變動較大，故而是藉由第二次的二段指數平滑化處理，進行資料平滑化處理。

[0056] 可以藉由上述型式 I 的響應型二段指數平滑化法、以及將二段指數平滑化處理實施二次的方法，來同時並存並大幅地改善資料平滑化處理結果、資料一次微分處理結果、資料二次微分處理結果等中的 S/N 比之增加和延遲時間之縮短。然而，在藉由一次微分資料或二次微分資料來檢測作為對象的系統之變化點，且使作為對象的裝置更進一步接近實際時間，更進一步以高精度來控制的情況下，可以藉由更進一步謀求時間延遲之縮短或響應性之提高、高 S/N 比之同時並存等的資料處理性能之提高，來

提高作為對象的裝置之控制精度。

[0057] 因此，在第 2 圖之第一次的二段指數平滑化處理中，本實施例之型式 II 的情況，係使用下述公式(19)至公式(24)來進行資料處理。

$$\begin{aligned} \text{資料之平滑化} & : S1_t = \alpha 1_t Y1_t + (1 - \alpha 1_t) (S1_{t-1} + B1_{t-1}) & \text{公式(19)} \\ \text{被平滑化後的資料之斜率} & : B1_t = \alpha 1_t (S1_t - S1_{t-1}) + (1 - \alpha 1_t) B1_{t-1} & \text{公式(20)} \\ \text{平滑化係數} & : \alpha 1_t = (K - L) F_t + L & \text{公式(21)} \\ \text{響應係數} & : F_t = 1 - \text{Exp}[-\delta \alpha_t^2 / (2\sigma_t^2)] & \text{公式(22)} \\ \text{相對誤差} & : \delta \alpha_t = A1 (Y_t - S1_t) + (1 - A1) \delta \alpha_{t-1} & \text{公式(23)} \\ \text{預測誤差分散} & : \sigma_t^2 = A1 (Y_t - S1_t)^2 + (1 - A1) \sigma_{t-1}^2 & \text{公式(24)} \end{aligned}$$

在此，K、L、A1，為任意的常數。其中， $1 > K > L > 0$ 、 $1 > A1 > 0$ 。又， α_t 之初始值，係與上述的初始值導出方法同樣地在輸入資料中，藉由使用初始數點之資料的多項式近似的結果和輸入資料之誤差的標準偏差所算出。又，響應係數 F_t ，係 1 減去機率密度函數(常態分布型函數、高斯分布型函數)而得。一般而言，誤差成為常態分布的事例較多。因此，作為利用表現常態分布之機率密度函數的響應係數 F_t 。藉此可以按照資料變化來設定適於將誤差最小化的平滑化係數。

[0058] 如第 3A 圖所示，例如在按照平均 O 、標準偏差 $\sigma = 1$ 之常態分布的亂數資料中，定義預測值最容易發生的值、來自平均值的偏移量。第 3B 圖係顯示前述偏移量/標準偏差 σ 與響應係數 F_t 之關係。在此， $N=0$ 、 $N=1$ 、 $N=5$ ，為公式(5)至公式(14)所示之型式 I 的響應型二段指數平滑化法中的響應係數。1-PDF，為公式(19)至公式(24)

所示之使用型式 II 之機率密度函數的響應型二段指數平滑化法中的響應係數。

[0059] 在此，PDF，係顯示機率密度函數(Probability Density Function)。雖然 1-PDF，係顯示與 $N=5$ 類似的響應係數之特性，但是 1-PDF，與 $N=5$ 相較，在偏移量/標準偏差 $\sigma < \text{約 } 1$ 的情況下，響應係數較大，而在偏移量/標準偏差 $\sigma > \text{約 } 1$ 的情況下，響應係數較小。具有以下的功效：可以藉由該響應特性來進行使資料平滑化性能(S/N 比)和資料響應性(延遲時間之減低)同時並存的資料平滑化處理、資料微分處理。

[0060] 在上述第一次的二段指數平滑化處理中，係本實施例之型式 III 的情況，使用下述公式(25)至公式(32)進行資料處理。

$$\begin{aligned} \text{資料之平滑化: } S1_t &= \alpha 1_t Y1_t + (1 - \alpha 1_t) (S1_{t-1} + B1_{t-1}) && \text{公式 (25)} \\ \text{被平滑化後的資料之斜率: } B1_t &= \alpha 1_t (S1_t - S1_{t-1}) + (1 - \alpha 1_t) B1_{t-1} && \text{公式 (26)} \\ \text{平滑化係數: } \alpha 1_t &= (K - L) F_t + L && \text{公式 (27)} \\ \text{響應係數: } F_t &= 1 - \text{Exp}[-\delta \alpha_t^2 / (2\sigma_t^2)] && \text{公式 (28)} \\ \text{相對誤差: } \delta \alpha_t &= A1_t (Y1_t - S1_t) + (1 - A1_t) \delta \alpha_{t-1} && \text{公式 (29)} \\ \text{預測誤差分散: } \sigma_t^2 &= A1_t (Y1_t - S1_t)^2 + (1 - A1_t) \sigma_{t-1}^2 && \text{公式 (30)} \\ \text{響應型加法係數: } A1_t &= \text{MAX}(A1, \beta_t A1_{\max}) && \text{公式 (31)} \\ \text{斜率係數: } \beta_t &= 1 - \text{Exp}[-B_t^2 / (2 NN C)^2] && \text{公式 (32)} \end{aligned}$$

在此， $A1_{\max}$ ，為加法係數的上限值($0 < A1_{\max} < 1$)，NN 為靈敏度係數且為任意的常數。又，C，係與上述的初始值導出方法同樣地在輸入資料中，藉由使用初始數點之資料的一次近似式的結果所算出的斜率。型式 III，係將響應型加法係數導入型式 II 而得，且型式 III 的公式(25)至

公式(30)，係與型式 II 的公式(19)至公式(24)大致相同。第 4 圖係顯示成為輸入的信號輸出之斜率的變化例。在此情況下，係將在初始值之算出期間的初始斜率 C 作為基準，斜率會變大，且再次變化成與初始同程度的斜率。

[0061] 在本實施例中，係按照斜率之變化而使加法係數變化。根據公式(29)、公式(30)，加法係數 $A1_t$ ，係相當於指數加權平均處理的係數。因而，按照初始斜率使指數加權平均處理的係數變化。換句話說，與初始斜率 C 相較，在平滑化資料之斜率 $B1_t$ 變大的情況下，係以減小響應型加法係數 $A1_t$ ，且有效地使最新的資料之係數的比率變大的方式來提高響應性。響應型加法係數 $A1_t$ ，首先是藉由公式(32)來算出斜率係數 β_t 。

[0062] 斜率係數 β_t ，係與前述的響應係數 F_t 同樣地使用機率密度函數(常態分布函數、高斯型函數)所算出。響應型加法係數 $A1_t$ ，係藉由公式(31)在一般時候使用設定值 $A1$ ，而在平滑化資料之斜率變大，且 $\beta_t A1_{\max}$ 變得比設定值 $A1$ 更大的情況下，則使用該值作為加法係數。但是，可以為了抑制響應性過度變佳，而設定上限值 $A1_{\max}$ 。

[0063] 在藉由響應型加法係數 $A1_t$ 之導入而被平滑化後的資料之斜率是與初始斜率同程度之斜率的情況下，將加法係數保持為設定值。在顯示資料狀態之變化的被平滑化後的資料之斜率變大的情況下，因藉由加大響應型加法係數 $A1_t$ 而會使最新的資料之比重變大，故而有更進一

步提高資料處理之響應性的功效。

[0064] 在上述第一次的二段指數平滑化處理中，本實施例之型式 IV 的情況，係使用下述公式(33)至公式(42)進行資料處理。

$$\begin{aligned} \text{資料之平滑化} \quad : S1_t &= \alpha 1_t \text{ SGBOD}_t + (1 - \alpha 1_t) (S1_{t-1} + B1_{t-1}) && \text{公式(33)} \\ \text{被平滑化後的資料之斜率} \quad : B1_t &= \alpha 1_t \text{ SGB1D}_t + (1 - \alpha 1_t) B1_{t-1} && \text{公式(34)} \\ \text{SGBOD}_t &= (83Y1_t + 54Y1_{t-1} + 30Y1_{t-2} + 11Y1_{t-3} - 3Y1_{t-4} - 12Y1_{t-5} - 16Y1_{t-6} \\ &\quad - 15Y1_{t-7} - 9Y1_{t-8} + 2Y1_{t-9} + 18Y1_{t-10}) / 143 && \text{公式(35)} \\ \text{SGB1D}_t &= (945S1_t + 456S1_{t-1} + 67S1_{t-2} - 222S1_{t-3} - 411S1_{t-4} - 500S1_{t-5} \\ &\quad - 489S1_{t-6} - 378S1_{t-7} - 167S1_{t-8} + 144S1_{t-9} + 555S1_{t-10}) / 4290 && \text{公式(36)} \\ \text{平滑化係數} \quad : \alpha 1_t &= (K - L) F_t + L && \text{公式(37)} \\ \text{響應係數} \quad : F_t &= 1 - \text{Exp}[-\delta \alpha_t^2 / (2\sigma_t^2)] && \text{公式(38)} \\ \text{相對誤差} \quad : \delta \alpha_t &= A1_t (Y_t - S1_t) + (1 - A1_t) \delta \alpha_{t-1} && \text{公式(39)} \\ \text{預測誤差分散} \quad : \sigma_t^2 &= A1_t (Y_t - S1_t)^2 + (1 - A1_t) \sigma_{t-1}^2 && \text{公式(40)} \\ \text{響應型加法係數} \quad : A1_t &= \text{MAX}(A1, \beta_t A1_{\max}) && \text{公式(41)} \\ \text{斜率係數} \quad : \beta_t &= 1 - \text{Exp}[-B_t^2 / (2 \text{NN C})^2] && \text{公式(42)} \end{aligned}$$

在此，SGBOD_t，為藉由非專利文獻 3 所述的後退型 Savitzky-Golay 法，使用連續之 11 項的輸入資料 Y1_t~Y1_{t-10} 並且在最新的資料 Y1_t 之時間點的資料平滑化處理結果。同樣地，SGB1D_t，為藉由後退型 Savitzky-Golay 法，使用連續之 11 項的資料之平滑化的預測值 S1_t~S1_{t-10} 並且在最新的資料之平滑化的預測值 S1_t 之時間點的一次微分處理結果。但是，在非專利文獻 3 中，似有存在一部分誤記等，且已做修正使用。

[0065] 公式(33)、公式(34)、公式(37)至公式(42)，係與前述之型式 III 的公式(25)至公式(32)大致相同。作為二段指數平滑化法及型式 I 的響應型二段指數平滑化法之基本部分的公式(5)、公式(6)之意義，係分別為下述公式

(43)、公式(44)。

資料之平滑化： $Sl_t = \alpha l_t (\text{輸入資料})_t + (1 - \alpha l_t) (Sl_{t-1} + Bl_{t-1})$ 公式(43)

被平滑化後的資料之斜率： $Bl_t = \gamma l_t (\text{資料之平滑化的預測值之斜率})_t + (1 - \gamma l_t) Bl_{t-1}$ 公式(44)

在型式 IV 中，係使用用後退型 Savitzky-Golay 法進行資料平滑化處理後的結果作為前處理以取代公式(43)的輸入資料。又，使用用後退型 Savitzky-Golay 法進行一次微分處理後的結果作為前處理以取代公式(44)之被平滑化後的資料之預測值的斜率。通常，多項式適合法(Savitzky-Golay 法)，較多是使用複數個連續之資料，且導出該連續資料之期間的中心點之資料處理結果的情況。在此，將此作為中心型 Savitzky-Golay 法。相對於此，將導出最新資料之時間點的資料處理結果的情況作為後退型 Savitzky-Golay 法。

[0066] 在中心型 Savitzky-Golay 法的情況，為了導出連續資料之中心點的資料處理結果，而無法迴避會在資料處理上發生延遲時間。雖然 Savitzky-Golay 法所使用的資料數越多 S/N 比就會越高，但是在中心型中，延遲時間也會隨著使用的資料數而增加。在後退型 Savitzky-Golay 法的情況，由於會導出最新資料之時間點的資料處理結果，所以幾乎沒有資料處理之延遲。但是，後退型的 S/N 比卻比中心型的 S/N 比更降低。

[0067] 檢討的結果，得知在將中心型資料數為 5 個

的情況與後退型資料數為 11 個的情況進行比較後的結果，能獲得大致同長度的 S/N 比。因 Savitzky-Golay 法，係使用複數個資料並多項式近似二次或三次曲線，故而當資料數增加時，就無法在所使用的資料數之期間發生三次以上的變化的情況下對應。亦即，當所使用的資料數增加時，就會發生高頻成分遺漏的風險。

[0068] 有鑑於以上的問題，型式 IV，係在公式(33)之輸入資料中使用後退型 Savitzky-Golay 法資料數 11 個的資料平滑化處理，且在公式(34)的資料之平滑化的預測值之斜率中使用後退型 Savitzky-Golay 法資料數 11 個的資料一次微分處理值。因此，依據本實施例，就有以下的功效：不會增加資料延遲時間，又，將資料處理的頻率特性之劣化抑制得很少而提高資料平滑化處理、資料微分處理之 S/N 比。雖然在型式 IV 中，係使用了後退型 Savitzky-Golay 法資料數 11 個，但是也可按照被要求的資料處理性能而使用其他的資料數，或是使用在中心型與後退型之中間等的時間點進行資料處理的 Savitzky-Golay 法。

[0069] 更且，作為 Savitzky-Golay 法以外的前處理，也可將輸入資料進行資料平滑化處理後的結果作為公式(43)之輸入資料，又，將資料之平滑化的預測值進行資料一次微分處理後的結果使用於公式(44)的資料之平滑化的預測值之斜率中。

[0070] 第 5 圖係本發明之第 1 實施例的有磁場微波

電漿蝕刻裝置的縱剖視圖。在本實施例中，有磁場微波電漿蝕刻裝置是相當於第 1 圖之作為對象的系統 6(裝置、分析資料等)。將由容器 7、放電管 8、石英板 9 及石英窗 10 所劃分的處理室 11 之內部利用排氣用開閉閥 12 予以開啟，且藉由真空排氣裝置 13 來減壓。蝕刻氣體，係經由流量控制器(mass flow controller)(省略圖示)並通過氣體配管 14，且通過石英板 9 與石英淋浴板 15 之間而從石英淋浴板 15 之氣孔導入處理室 11。被導入處理室 11 的蝕刻氣體，係藉由排氣速度可變閥 16 將處理室 11 內的壓力調整在所期望的壓力。

[0071] 又，處理室 11，係位在藉由線圈 17、18 和軛鐵 19 所生成的磁場區域內。從磁控管 20 所振盪出的微波(在此情況為頻率 2.45GHz)，係經由絕緣體(省略圖示)、電力監控器(省略圖示)、匹配器 21 而用矩形 TE10 模式傳播至矩形導波管 22 內，且經由圓矩形轉換器 23 而用圓形 TE11 模式傳播至圓形導波管 24 內。之後，微波，係被導入空腔共振器 25，且穿透石英板 9、石英淋浴板 15 並入射至處理室 11 內。在處理室 11 內，係形成有用來產生被導入的 2.45GHz 之微波和電子迴旋共振的磁通密度 875Gauss 之磁場區域，該磁場區域是與處理室 11 中心軸及微波之導入方向形成垂直，又全面地形成於與處理室 11 之中心軸相對的剖面方向。

[0072] 能藉由電漿使被載置於作為試料台的晶圓載置用電極 26 之晶圓 27 進行蝕刻處理，該電漿主要是藉由

該 2.45GHz 之微波與 875Gauss 之磁場的相互作用所生成。又，為了控制作為試料的晶圓 27 之蝕刻形狀，而在晶圓載置用電極 26 上透過匹配器(省略圖示)連接有高頻電源 28，且能夠施加高頻電壓。又，在晶圓載置用電極 26 上，係連接有急冷器單元(chiller unit)(省略圖示)，且可以控制晶圓 27 的溫度。

[0073] 處理室 11、晶圓 27、晶圓載置用電極 26，係分別配置成同軸。又，導入蝕刻氣體的石英淋浴板 15 之氣孔區域、作為真空排氣部的排氣用開閉閥 12、排氣速度可變閥 16、真空排氣裝置 13 也是分別同軸地配置於處理室 11。因此，在晶圓 27 上的氣流為同軸對稱。因生成磁場的線圈 17、18、軛鐵 19 也是同軸地配置於處理室 11，故而處理室 11 內的磁場分布曲線(magnetic field profile)、磁通 875Gauss 的電子迴旋共振區域係同軸地形成於處理室 11。又，因圓形導波管 24、空腔共振器 25 也是同軸地配置於處理室 11，故而被導入處理室 11 的微波也是同軸地導入處理室 11。

[0074] 因磁場是同軸地生成於處理室 11，且微波也是同軸地導入處理室 11，故而藉由磁場與微波之相互作用所形成的電漿，係同軸地生成於處理室 11。藉此，電漿中的電子或離子，係同軸地輸送至晶圓 27。又，因蝕刻氣體的流動也是對處理室 11 呈同軸，故而藉由利用電漿而生成的自由基或藉由晶圓 27 的蝕刻而得的反應生成物也是同軸地對晶圓 27 進行導入、排氣。因而，可以在

晶圓面內均一性佳地蝕刻處理蝕刻速率或材料選擇比或蝕刻形狀等的蝕刻製程處理性能。

[0075] 來自在處理室 11 所生成的電漿之發光、且來自處理室 11 側方之發光，係通過石英窗 10 及光纖 29 而導入分光器 30，且作為光強度之波長依存性的時間序列資料來輸出。又，來自處理室 11 上方之電漿的發光，係通過石英淋浴板 15、石英板 9、空腔共振器 25、圓形導波管 24、圓矩形轉換器 23 及光纖 31 而導入分光器 32，且作為光強度之波長依存性的時間序列資料來輸出。

[0076] 在處理室 11，係導入有蝕刻氣體及來自晶圓 27 的蝕刻反應生成物，此等是藉由微波與磁場的相互作用而解離，且生成電漿。因此，來自在處理室 11 所生成的電漿之發光，係包含有蝕刻氣體及蝕刻反應生成物所構成的原子、分子、自由基及此等的反應物的資訊。

[0077] 例如，在圖案遮罩(pattern mask)之下方配置有 Poly-Si 膜(多晶矽膜)和 SiO₂ 膜的 Si 基板(矽基板)之代表性的 Poly-Si 蝕刻中，係被要求與底層 SiO₂ 以高選擇比進行 Poly-Si 蝕刻。蝕刻氣體，係可使用鹵系氣體，在蝕刻反應生成物中，係包含有作為被蝕刻材料的 Si 和鹵素。因蝕刻反應生成物，係藉由電漿而再解離，故而用分光器 30 或是分光器 32 來監控起因於來自電漿之 Si 的波長 288nm 之發光的光強度。

[0078] 在此情況下，在 Poly-Si 膜的蝕刻作業結束，且出現了底層 SiO₂ 的情況下，因底層 SiO₂ 的蝕刻速率較

小，故而起因於 Si 的波長 288nm 之電漿發光強度會急遽地減少，且終究接近固定值。監控該電漿發光的變化並進行蝕刻處理的終點檢測。

[0079] 在來自處理室 11 側方的電漿之發光中，雖然包含有蝕刻氣體和蝕刻反應生成物的資訊，但是在來自處理室 11 上方的電漿之發光中，除了上述資訊以外，電漿光還會在晶圓 27 的膜構造及段差構造上產生干涉，故而也包含晶圓 27 的膜構造及段差構造的資訊。可以藉由解析該電漿的發光資料而監控蝕刻中的膜厚、蝕刻深度等。在本實施例中，係為了簡單起見而將來自處理室 11 側方的電漿之發光資料使用於蝕刻終點監控器中。

[0080] 第 6 圖係顯示蝕刻終點檢測用的代表性之資料處理流程。輸入資料 $Y1_t$ ，係以模擬蝕刻中的電漿發光強度之變化後的公式(45)之評估函數所製作成。

[0081]

$$Y1_t = H/[1 + \exp\{-A(t - T)\}] + C \cdot t + D + F \cdot (R - 0.5) \quad \text{公式(45)}$$

在此，H、A、T、C、D、F，為任意的常數，R 為 0 至 1 的亂數。只要使用上述評估函數，因資料平滑化處理、一次微分處理、二次微分處理之解析的真值就為已知，故而在各種的資料處理方法中，可以比較、評估與真值的絕對誤差、伴隨資料處理的延遲時間、S/N 比(信號/雜音比)等的資料處理性能。

[0082] 如第 6 圖所示，蝕刻終點用的代表性之資料處理流程，係在將如第 6 圖(A)所示的輸入資料波形如第 6 圖(B)所示地進行資料平滑化處理之後，如第 6 圖(C)所示地進行一次微分處理，如第 6 圖(D)所示地進行二次微分處理。包含較多雜音的輸入資料，係藉由資料平滑化處理而使變化點變得明瞭。將此變化點在一次微分處理中作為峰值的點(時間)且在二次微分處理中作為零交叉的點(時間)來檢測。將零交叉的點(時間)作為基準而判斷蝕刻終點，控制蝕刻裝置，且進行高精度的蝕刻處理。

[0083] 雖然變化點，係可以藉由一次微分處理的波峰、二次微分處理的零交叉，依次更明確且更簡便地進行判斷，但是信號強度的絕對值卻會依次變小。因此，S/N 比較高的資料處理就變得重要。尤其是，在被蝕刻面積較小之低開口率的遮罩圖案之蝕刻的情況，因蝕刻終點前後的電漿發光強度之變化較小，故而更進一步需要高 S/N 比的資料處理。

[0084] 一般而言，在資料平滑化處理、資料微分處理中，當 S/N 比變高時，延遲時間就會變長，且與真值的絕對誤差會變大。換句話說，S/N 比和延遲時間、絕對誤差，係成為取捨關係，而需要一種同時滿足 S/N 比、延遲時間、絕對誤差的資料平滑化處理、資料微分處理。

[0085] 在本實施例中，係使用第 2 圖的資料平滑化處理、資料微分處理流程來進行第 6 圖的資料處理。又，第 6 圖的輸入資料，係相當於來自分光器 30 的輸出資

料，該分光器 30 係用來監控第 5 圖之有磁場微波電漿蝕刻裝置中之正在蝕刻中的電漿發光。如第 5 圖所示，設置有將有磁場微波蝕刻裝置作為系統來控制的系統控制裝置 33(包含資料輸出入裝置、資料處理裝置、資料顯示裝置等)和本實施例的資料處理裝置 1。資料處理裝置 1，也可作為系統控制裝置 33 的一部分來組入。

[0086] 來自分光器 30、分光器 32 的輸出資料，係傳輸至資料處理裝置 1。資料平滑化處理結果、資料一次微分結果、資料二次微分結果，係傳輸至作為控制裝置的系統控制裝置 33。系統控制裝置 33，係基於該資料平滑化處理結果、資料一次微分結果、資料二次微分結果，而進行蝕刻終點判定，且將有磁場微波蝕刻裝置作為系統來控制。在蝕刻終點判定中，主要是為了控制電漿生成，而在第 5 圖中，系統控制裝置 33，係圖示有對磁控管 20、高頻電源 28 的連接。又，第 5 圖中的圖示雖然已省略，但是系統控制裝置 33，也可連接於構成系統的其他機器上。

[0087] 第 7 圖係在本發明之實施例的資料處理裝置 1 中，使用第 2 圖的資料處理流程，且使用公式(33)至公式(42)的型式 IV 之響應型二段指數平滑化法的情況之資料處理結果。第 8 圖係在利用公式(5)至公式(14)的型式 I 之響應型二段指數平滑化法中，設為 $N=0$ 的情況之資料處理結果。又，第 9 圖係與第 8 圖同樣設為 $N=1$ 的情況之資料處理結果。第 10 圖係與第 8 圖同樣設為 $N=5$ 的情況

之資料處理結果。

[0088] 在第 7 圖至第 10 圖中，(A)係顯示輸入資料($Y1_t$)和資料平滑化處理結果($S1_t$)，(B)係顯示一次微分處理結果($B1_t$)，(C)係顯示一次微分平滑化處理結果($S2_t$)，(D)係顯示二次微分處理結果($B2_t$)。又，第 7 圖至第 10 圖的輸入資料，係使用相同者。

[0089] 當比較第 7 圖至第 10 圖時，首先在(A)的資料平滑化處理中，可明白：作為本發明的型式 IV 之實施例的第 7 圖(A)，係比型式 I 之第 8 圖(A)、第 9 圖(A)、第 10 圖(A)，更使資料平滑化處理結果追隨輸入資料的變化，且超越量(overshoot)等較少，加上響應性較佳，誤差較小。其次，在(C)的一次微分平滑化處理中，作為本發明的型式 IV 之實施例的第 7 圖(C)，係比型式 I 之第 8 圖(C)、第 9 圖(C)、第 10 圖(C)，使一次微分的波峰之時間更早，又，波形的半值寬度也較小。因此，可明白資料處理的延遲時間較小，響應性較佳。

[0090] 在(D)的二次微分處理中，作為本發明的型式 IV 之實施例的第 7 圖(D)，係比型式 I 之第 8 圖(D)、第 9 圖(D)、第 10 圖(D)，使二次微分的零交叉之時間更早，又，二次微分波形的整體寬度也較小。更且，波形也較平滑，二次微分的信號強度也較大。因此，可明白資料處理的延遲時間較小，響應性較佳，S/N 比也較佳。當以數值進行比較時，依作為本發明的型式 IV 之實施例的第 7 圖(D)、型式 I(N=0)之第 8 圖(D)、型式 I(N=1)之第 9 圖

(D)、型式 $I(N=5)$ 之第 10 圖(D)的順序，各自的二次微分波形之 S/N 比，為 1862、68、621、957。

[0091] 延遲時間，在二次微分波形的零交叉時間中，作為本發明之實施例的第 7 圖(D)，係比型式 $I(N=0)$ 之第 8 圖(D)更早 3.9 秒，比型式 $I(N=1)$ 之第 9 圖(D)更早 1.6 秒，比型式 $I(N=5)$ 之第 10 圖(D)更早 0.9 秒，而能縮短延遲時間。因此，在本發明之實施例中，延遲時間和 S/N 比，皆能比型式 I 更提高性能，且有使延遲時間縮短(響應性提高)和 S/N 比提高同時並存的功效。

[0092] 因而，可明白：可以明瞭地檢測作為蝕刻終點判定之基準的一次微分之波峰的點(時間)、二次微分之零交叉的點(時間)。因此，依據本發明之實施例，具有以下的功效：可以即時地逐次處理絕對值誤差較小、 S/N 比較高、延遲時間較短的資料平滑化處理、資料微分處理。

[0093] 又，在(B)一次微分處理中，作為本發明的型式 IV 之實施例的第 7 圖(B)，係比型式 I 之第 8 圖(B)、第 9 圖(B)、第 10 圖(B)，使波形更平滑。此為取決於後退型 Savitzky-Golay 法之前處理的功效。因此，在第 2 圖之處理流程中，因作為第二次的輸入資料之第一次的輸出資料($S1_i$)、($B1_i$)是平滑的波形，故而可以加大第二次的二段指數平滑化之平滑化係數。藉此，可以縮短作為第二次的輸出之一次微分平滑化結果($S2_i$)和二次微分處理結果($B2_i$)的延遲時間，且提高響應性。

[0094] 又，在僅需要資料平滑化處理結果及資料一

次微分處理結果的情況下，依據本實施例，基於取決於後退型 Savitzky-Golay 法之前處理的功效，因能藉由第一次的二段指數平滑化處理來獲得一次微分之平滑的波形，故而也可不實施第二次的二段指數平滑化處理而是使用第一次的輸出資料($S1_t$)、($B1_t$)。在此情況下，資料處理程式就變得簡單，且具有提高資料處理速度的功效。

[0095] 進而將後退型 Savitzky-Golay 法應用於公式(5)至公式(14)所示的型式 I 之響應型二段指數平滑化法的情況作為型式 V，而顯示於下述公式(46)至公式(57)。

$$\begin{aligned} \text{資料之平滑化} \quad : S1_t &= \alpha 1_t \text{ SGBOD}_t + (1 - \alpha 1_t) (S1_{t-1} + B1_{t-1}) && \text{公式(46)} \\ \text{被平滑化後的資料之斜率} : B1_t &= \gamma 1_t \text{ SGB1D}_t + (1 - \gamma 1_t) B1_{t-1} && \text{公式(47)} \\ \text{SGBOD}_t &= (83Y1_t + 54Y1_{t-1} + 30Y1_{t-2} + 11Y1_{t-3} - 3Y1_{t-4} - 12Y1_{t-5} - 16Y1_{t-6} \\ &\quad - 15Y1_{t-7} - 9Y1_{t-8} + 2Y1_{t-9} + 18Y1_{t-10}) / 143 && \text{公式(48)} \\ \text{SGB1D}_t &= (945S1_t + 456S1_{t-1} + 67S1_{t-2} - 222S1_{t-3} - 411S1_{t-4} - 500S1_{t-5} \\ &\quad - 489S1_{t-6} - 378S1_{t-7} - 167S1_{t-8} + 144S1_{t-9} + 555S1_{t-10}) / 4290 && \text{公式(49)} \\ \text{平滑化係數} : \alpha 1_t &= (K_\alpha - L_\alpha) F_{\alpha t} + L_\alpha && \text{公式(50)} \\ \text{響應係數} : F_{\alpha t} &= (|\delta \alpha_t / \Delta \alpha_t| + \phi)^N && \text{公式(51)} \\ \text{相對誤差} : \delta \alpha_t &= A1 (Y1_t - S1_t) + (1 - A1) \delta \alpha_{t-1} && \text{公式(52)} \\ \text{絕對誤差} : \Delta \alpha_t &= A1 |Y1_t - S1_t| + (1 - A1) \Delta \alpha_{t-1} + \phi && \text{公式(53)} \\ \text{平滑化係數} : \gamma 1_t &= (K_\gamma - L_\gamma) F_{\gamma t} + L_\gamma && \text{公式(54)} \\ \text{響應係數} : F_{\gamma t} &= (|\delta \gamma_t / \Delta \gamma_t| + \phi)^N && \text{公式(55)} \\ \text{相對誤差} : \delta \gamma_t &= A2 \{ (S1_t - S1_{t-1}) - B1_t \} + (1 - A2) \delta \gamma_{t-1} && \text{公式(56)} \\ \text{絕對誤差} : \Delta \gamma_t &= A2 | (S1_t - S1_{t-1}) - B1_t | + (1 - A2) \Delta \gamma_{t-1} + \phi && \text{公式(57)} \end{aligned}$$

在型式 V 的情況，比型式 IV，雖然響應性等更差，但是具有資料處理程式較為簡單的功效。只要按照被要求的資料處理之性能而選擇需要的等級、複雜度的方式即可。

[0096] 更且，將後退型 Savitzky-Golay 法應用於公式(19)至公式(24)所示的型式 II 之響應型二段指數平滑化

法的情況作為型式 VI，且顯示於下述公式(58)至公式(65)。

$$\text{資料之平滑化} : S1_t = \alpha 1_t \text{ SGBOD}_t + (1 - \alpha 1_t) (S1_{t-1} + B1_{t-1}) \quad \text{公式(58)}$$

$$\text{被平滑化後的資料之斜率} : B1_t = \alpha 1_t \text{ SGB1D}_t + (1 - \alpha 1_t) B1_{t-1} \quad \text{公式(59)}$$

$$\text{SGBOD}_t = (83Y1_t + 54Y1_{t-1} + 30Y1_{t-2} + 11Y1_{t-3} - 3Y1_{t-4} - 12Y1_{t-5} - 16Y1_{t-6} - 15Y1_{t-7} - 9Y1_{t-8} + 2Y1_{t-9} + 18Y1_{t-10}) / 143 \quad \text{公式(60)}$$

$$\text{SGB1D}_t = (945S1_t + 456S1_{t-1} + 67S1_{t-2} - 222S1_{t-3} - 411S1_{t-4} - 500S1_{t-5} - 489S1_{t-6} - 378S1_{t-7} - 167S1_{t-8} + 144S1_{t-9} + 555S1_{t-10}) / 4290 \quad \text{公式(61)}$$

$$\text{平滑化係數} : \alpha 1_t = (K - L) F_t + L \quad \text{公式(62)}$$

$$\text{響應係數} : F_t = 1 - \text{Exp}[-\delta \alpha_t^2 / (2\sigma_t^2)] \quad \text{公式(63)}$$

$$\text{相對誤差} : \delta \alpha_t = A1 (Y1_t - S1_t) + (1 - A1) \delta \alpha_{t-1} \quad \text{公式(64)}$$

$$\text{預測誤差分散} : \sigma_t^2 = A1 (Y1_t - S1_t)^2 + (1 - A1) \sigma_{t-1}^2 \quad \text{公式(65)}$$

在型式 VI 的情況，比型式 IV，雖然響應性等更差，但是具有資料處理程式變得簡單的功效。又，在型式 V 中，在 N=0 的情況，係成為將後退型 Savitzky-Golay 法應用於平滑化係數為固定的二段指數平滑化法的方式，且成為最簡單。只要按照被要求的資料處理之性能而選擇需要的等級、複雜度的方式即可。

[0097] 型式 II，係將使用機率密度函數的資料響應型平滑化係數導入型式 I 之響應型二段指數平滑化法者。又，型式 III，係將資料響應型加法係數導入型式 II 者。更且，型式 IV，係將後退型 Savitzky-Golay 法之前處理導入型式 III 者。也可與型式 V 同樣地將各自的改善要件之使用機率密度函數的資料響應型平滑化係數、資料響應型加法係數個別地應用於型式 I 之響應型二段指數平滑化法。又，也可將使用機率密度函數的資料響應型平滑化係數、資料響應型加法係數、後退型 Savitzky-Golay 法適當

地組合在一起並應用於型式 I 之響應型二段指數平滑化法。只要與前述同樣地按照被要求的資料處理之性能而選擇需要的等級、複雜的方式即可。

〔實施例 2〕

[0098] 如上述般，在資料平滑化處理、資料微分處理中，S/N 比性能提高和資料響應性能提高(延遲時間縮短)，係處於取捨關係。因此，在上面所述的型式 I 之響應型二段指數平滑化法、或是本實施例所述的型式 II、型式 III、型式 IV、型式 V、型式 IV 等的資料平滑化處理方法及資料微分處理方法中，係有必要按照作為資料處理之對象的輸入資料而將各資料處理方法的參數最佳化。

[0099] 以往，係依次變更資料處理的參數，進行資料處理，且綜合性地俯瞰各資料平滑化波形、資料微分波形、及 S/N 比、延遲時間等的數值資料，而發現了最佳的參數。然而，在上述的方法中，為了發現最佳的參數而需要長時間，又在發現最佳的參數之時間縮短等方面，存在了需要資料處理之知識或經驗等的課題。

[0100] 又，在非專利文獻 3 中，已有揭示以下的方法：在一段指數平滑化法中，藉由將第一時間後預測值的誤差之總和設為最小來推定最佳的平滑化參數的方法。但是，在該方法中，因並未考慮到預測值的曲線之平滑度，故而在檢測變化點的一次微分處理、二次微分處理中，存在了雜音較大、S/N 比不佳的課題。

[0101] 為此，以下顯示一種既簡便又可以在短時間自動發現最適於將輸入資料進行資料平滑化處理、資料微分處理的參數的方法。

[0102] 首先，使用下述公式(66)的評估函數 W 。

[0103]

評估函數 $W = \text{均方誤差}(E) + \text{係數 } \lambda \times \text{二次微分之均方}(D)$

公式(66)

在此，作為均方誤差的 E ，為輸入資料和資料平滑化處理結果的均方誤差，用來評估資料平滑化處理結果對輸入資料的適合度。作為二次微分之均方的 D ，係評估資料平滑化處理波形的曲線之平滑度。係數 λ ，為任意的數值，用來調整適合度評估、和曲線的平滑度評估對上述輸入資料的重要度之比率。

[0104] 資料平滑化處理結果對輸入資料的適合度越大，就越沒有超越量等，且資料處理的響應性佳，且資料處理的延遲時間較小。又，資料平滑化處理波形越是平滑的曲線，資料一次微分處理波形、資料二次微分處理波形，就越成為平滑的曲線。結果，能提高資料一次微分處理和資料二次微分處理之各自的 S/N 比。雖然曲線的平滑度，係用資料平滑化處理波形之二次微分的均方 D 來進行評估，但是在此是用差分法來算出二次微分。

[0105] 二次微分的均方 D ，係越接近直線，就越成

為較小的值。因而，不僅二次微分的均方平均 D 較小，均方誤差 E 也為較小的值，且在資料平滑化處理結果對輸入資料的適合度也較佳而兩者同時並存的情況，就成為 S/N 比較較佳，且資料處理之響應性較佳(延遲時間較少)的最佳之資料處理。將在本實施例中所使用的評估函數 W 顯示於下述公式(67)。

[0106]

$$W = \sum (Y1_t - S1_t)^2 / N + \lambda \times \sum \{ (S1_{t+1} - 2 \times S1_t + S1_{t-1}) / \Delta T^2 \}^2 / N \quad \text{公式(67)}$$

在此， N 為資料數， ΔT 為輸入資料的抽樣時間(時間間隔)。資料平滑化處理、資料微分處理的最佳參數，係以評估函數 W 成為最小值的方式，使用最速下降法等等的梯度法等來導出。為了以二次元圖形來顯示評估函數 W 的特性，而使用第 11 圖至第 13 圖為例來說明簡單的型式 I 之響應型二段指數平滑化法的情況。但是，雖然輸入資料，係與在第 7 圖至第 10 圖中所使用的輸入資料類似，但是使用了不同的資料。

[0107] 第 11 圖係在使型式 I 的響應型二段指數平滑化法之一個參數依次變化的情況下，由顯示輸入資料($Y1_t$)及資料平滑化處理結果($S1_t$)的(A)、和顯示二次微分處理結果($B2_t$)的(B)所構成的示意圖。數值係依參數 1、2、3、4 之順序而大。在數值最大的參數 4 之情況，可明白輸入資料波形和資料平滑化波形係大致一致，且適合度較

佳。但是，可明白：雖然二次微分波形的零交叉之時間較早，且響應性較佳，但是雜音較多，且 S/N 比不佳。另一方面，在數值最小的參數 1 之情況，可明白資料平滑化波形對輸入波形係存在超越量，適合度不佳，且響應性不佳。又，可明白：雖然二次微分波形的雜音較少，但是信號強度也較小，又，零交叉之時間較慢，延遲時間較大。在第 11 圖的情況，根據(B)的二次微分處理波形，可以判斷參數 2 的情況，符合同時並存 S/N 比和延遲時間的條件。

[0108] 第 12 圖係在第 11 圖的情況下，顯示作為均方誤差 E 、二次微分之均方 D 以及評估函數 W 之參數依存性的示意圖。又，用箭頭來圖示對應第 11 圖的參數之位置。又， $\times$ 記號，係顯示使用最速下降法等之梯度法等而自動導出的評估函數 W 成為最小值的參數之位置和評估函數 W 的數值之位置。第 13 圖係在第 12 圖中的使用評估函數 W 而自動導出的 $\times$ 記號之位置之參數的情況下，由顯示輸入資料($Y1_t$)及資料平滑化處理結果($S1_t$)的(A)、和顯示二次微分處理結果($B2_t$)的(B)所構成的示意圖。

[0109] 如第 12 圖所示，可明白參數之數值增加的同時均方誤差 E 就會減少，且二次微分的均方 D 會增加。結果，可明白評估函數 W ，係具有最小值。結果，可明白可以藉由求出評估函數 W 之最小值來發現同時並存 S/N 比和響應性的參數。在第 12 圖中定量顯示第 11 圖所示之

定性的資料處理波形之特性的參數依存性。

[0110] 第 12 圖所示的 x 記號之參數的最佳值，係與參數 2 大致一致。又，可明白：第 13 圖所示的資料平滑化處理波形及資料二次微分處理波形，係與第 12 圖的參數 2 之資料平滑化處理波形和資料二次微分處理波形分別大致一致。

[0111] 在本實施例中，雖然是為了方便說明起見，已針對使一個參數變化的情況加以說明，但是可以使用最速下降法等之梯度法等來導出複數個參數。在此情況下，有必要考慮到局部最小值(最佳值)之有無等，且檢討參數的初始值及探索範圍。又，在本實施例中，雖然是為了方便說明起見，已針對簡單的型式 I 之響應型二段指數平滑化法的情況加以說明，但是即便是在上述的型式 II、型式 III、型式 IV、型式 V、型式 VI 之資料處理方式、或是一段指數平滑化法(指數加權移動平均：EWMA)、響應型一段指數平滑化法、低通濾波器、卡爾曼濾波器(Kalman filter)等的其他資料平滑化處理、或是取決於差分法等之資料微分處理中，仍可以同樣地藉由將評估函數 W 最小化而簡便地發現同時並存 S/N 比和響應性之最佳的參數。

[0112] 又，在本實施例中，雖然是在公式(66)及公式(67)之二次微分的均方 D 中使用資料平滑化處理結果的二次微分值，但是也可使用一次微分處理結果或是二次微分處理結果之二次微分的均方。在此情況下，係分別直接評估一次微分波形之曲線的平滑度、二次微分波形之曲線的

平滑度。在此情況下，與資料平滑化處理結果相較，因一次微分處理結果、二次微分處理結果之數值的絕對值會依順序變小，故而需要進行加大公式(66)及公式(67)之係數 λ 等的調整。

[0113] 在非專利文獻 3 所述之公式(1)至公式(4)所示的響應型一段指數平滑化法中，係使用現在的時間 t 之輸入資料 $Y1_t$ 、和現在時間 t 的資料平滑化之預測值 $S1_t$ 來導出第一時間後的时间 $t+1$ 的資料平滑化之預測值 S_{t+1} 。另一方面，在型式 I 至型式 VI 的實施例中，係使用現在的時間 t 之輸入資料 $Y1_t$ 、和第一時間前的時間 $t-1$ 的資料平滑化之預測值 S_{t-1} 來導出現在時間 t 的資料平滑化之預測值 $S1_t$ 。前者可以稱為「第一時間後預測」，後者可以稱為「現在推定」。即便是在型式 I 至型式 VI 之實施例的情況下仍可藉由 $S1_{t-1} \rightarrow S1_t$ 、 $S1_t \rightarrow S1_{t+1}$ 等的轉換來變更成「第一時間後預測」。

[0114] 但是，一般而言，「現在推定」的資料平滑化之預測值的精度是比「第一時間後預測」更佳。又，在非專利文獻 3 中，已有揭示以下的方法：在「第一時間後預測」之一段指數平滑化法中，藉由將第一時間後預測值之誤差的總和設為最小來推定最佳的平滑化參數的方法。

[0115] 在「現在推定」的情況下，因當將平滑化係數設為 1 時，就成為 $Y1_t = S1_t$ ，且誤差或是均方誤差成為零，故而無法使用最速下降法等來推定最佳的平滑化參數。但是，如實施例所示，即便是「現在推定」，仍可以

藉由使用已考慮均方誤差和曲線之平滑度的公式(66)之評估函數 W 來導出最佳的平滑化參數。

[0116] 依據本實施例，則具有以下的功效：不用依賴資料處理之知識或經驗就可在短時間內自動發現最適於將輸入資料進行資料平滑化處理、資料微分處理的參數。藉此，具有以下的功效：可以提供一種具備一般使用者之使用方便性佳、即易用性(usability)佳的資料處理裝置、資料處理方法以及控制處理室的控制裝置的處理裝置。

[0117] 以上，本發明尤其是對短時間的蝕刻製程或伴隨短時間之變化的蝕刻之終點檢測等有效。伴隨半導體裝置之高集成化、細微化，在半導體蝕刻中，蝕刻多層薄膜的步驟會增加，且短時間的蝕刻製程、伴隨短時間之變化的蝕刻步驟之蝕刻終點檢測會變得重要。

[0118] 該短時間製程及短時間變化製程對應，係可以藉由本發明之 S/N 比提高和響應性提高之同時並存的綜合性能之提高，來檢測明瞭的一次微分波形、二次微分波形。藉此，能夠高精度地進行蝕刻終點判定，且基於此可以藉由控制電漿處理室的製程以穩定的性能高精度地細微加工半導體晶圓。

[0119] 以上，在上面所述的實施例中，雖然已針對應用於微波電漿蝕刻裝置中的蝕刻之終點檢測而高精度地進行蝕刻的情況加以詳述，但是即便是在其他電漿生成方式(感應耦合型、平行平板型等)的蝕刻裝置及成膜裝置、或是其他領域的處理裝置以及其他的裝置等中，仍可以藉

由將從裝置等所得的數值資料作為輸入並應用本發明的資料處理裝置及資料處理方法，來監視裝置的狀態，且高精度地檢測狀態的變化點。因此，具有可以高精度地控制作為對象的裝置的功效。又，即便是在其他的裝置之控制中，仍具有同樣的作用功效。

[0120] 又，即便是在供需預測等的經濟或金融領域中仍具有可以應用本發明的資料處理裝置及資料處理方法來高精度地分析資料的功效。

[0121] 更且，本發明係能在逐次資料處理中，以高 S/N 比且資料延遲較小地進行資料平滑化處理、資料微分處理，又，也能在資料處理開始初始的期間進行可靠度高的資料處理。

[0122] 又，本發明係能以較高的 S/N 比、較短的延遲時間、或是也能在資料處理開始之初始以較高之可靠度逐次即時地獲得資料平滑化值、一次微分值、二次微分值。更且，本發明係可以使用該資料平滑化值、一次微分值、二次微分值來高精度地控制作為對象的系統。

[0123] 另外，本發明並非被限定於上面所述的各實施例，而是包含有各式各樣的變化例。例如，上面所述的各實施例係為了易於理解地說明本發明而進行了詳細說明，而並不一定是被限定於具備所說明之全部的構成。又，也能夠將某一實施例的構成之一部分置換成其他實施例的構成，又，也能夠在某一實施例的構成中加上其他實施例的構成。又，有關各實施例的構成之一部分，係能夠

進行其他構成之追加、刪除、置換。

[0124] 又，在實施例 1 及實施例 2 中，雖然日文說明書中有「スムージング」和「平滑化」二個用詞混合在一起，但是實施例 1 及實施例 2 中的「スムージング」和「平滑化」二個用詞，係作為同義詞來使用。

【符號說明】

[0125]

- 1：資料處理裝置
- 2：資料輸出入裝置
- 3：資料記憶裝置
- 4：資料處理程式記憶裝置
- 5：資料運算處理裝置
- 6：作為對象的系統
- 7：容器
- 8：放電管
- 9：石英板
- 10：石英窗
- 11：處理室
- 12：排氣用開閉閥
- 13：真空排氣裝置
- 14：氣體配管
- 15：石英淋浴板
- 16：排氣速度可變閥

- 17：線圈
- 18：線圈
- 19：軛鐵
- 20：磁控管
- 21：匹配器
- 22：矩形導波管
- 23：圓矩形轉換器
- 24：圓形導波管
- 25：空腔共振器
- 26：晶圓載置用電極
- 27：晶圓
- 28：高頻電源
- 29：光纖
- 30：分光器
- 31：光纖
- 32：分光器
- 33：系統控制裝置

申請專利範圍

1. 一種電漿處理裝置，係具備：處理室，其是能供試料進行電漿處理；及高頻電源，其是供應用來在前述處理室內生成電漿的高頻電力；其特徵為：

進而具備使用基於輸入資料和被平滑化後之資料的預測值之誤差使平滑化參數變化的響應型二段指數平滑化法來處理前述電漿的發光資料之資料處理裝置；

前述資料處理裝置，使用將前述誤差作為參數的機率密度函數求出前述平滑化參數的響應係數。

2. 一種電漿處理裝置，係具備：處理室，其是能供試料進行電漿處理；及高頻電源，其是供應用來在前述處理室內生成電漿的高頻電力；其特徵為：

進而具備使用基於輸入資料和被平滑化後之資料的預測值之誤差使平滑化參數變化的響應型二段指數平滑化法來處理前述電漿的發光資料之資料處理裝置；

前述資料處理裝置，作為算出前述被平滑化後之資料的預測值的公式之輸入資料，使用藉由前述輸入資料之最新時的多項式適合法而被平滑化後的前述輸入資料，

同時作為算出前述被平滑化後之資料之斜率的預測值的公式之被平滑化後之資料的預測值之斜率，使用藉由前述被平滑化後之資料的預測值之最新時的多項式適合法而被一次微分的前述被平滑化後之資料的預測值。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述的電漿處理裝置，其中，前述資料處理裝置，使用將前述誤差作為參數的機率

密度函數求出前述平滑化參數的響應係數。

4. 如申請專利範圍第 2 項所述的電漿處理裝置，其中，前述資料處理裝置，在將 N 設為 0 以上之整數的場合，將前述誤差之相對值的預測值除以前述誤差之絕對值的預測值並加上常數而得的值乘上 N 求出前述平滑化參數的響應係數。

5. 一種電漿處理裝置，係具備：處理室，其是能供試料進行電漿處理；及高頻電源，其是供應用來在前述處理室內生成電漿的高頻電力；其特徵為：

進而具備使用基於輸入資料和被平滑化後之資料的預測值之誤差使平滑化參數變化的響應型二段指數平滑化法來處理前述電漿的發光資料之資料處理裝置；

前述資料處理裝置，將前述誤差予以指數加權移動平均同時

基於被平滑化後之資料之斜率的預測值使前述指數加權移動平均的係數改變。

6. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項所述的電漿處理裝置，其中，前述資料處理裝置，將前述誤差予以指數加權移動平均同時

基於被平滑化後之資料之斜率的預測值改變前述指數加權移動平均的係數。

7. 一種資料處理裝置，係能使用二段指數平滑化法來處理資料的資料處理裝置，其特徵為：

能使用基於輸入資料和被平滑化後之資料的預測值之

誤差使平滑化參數變化的響應型二段指數平滑化法來處理前述資料；

前述平滑化參數的響應係數，係使用將前述誤差作為參數的機率密度函數所求出。

8. 一種資料處理裝置，係能使用二段指數平滑化法來處理資料的資料處理裝置，其特徵為：

能使用基於輸入資料和被平滑化後之資料的預測值之誤差使平滑化參數變化的響應型二段指數平滑化法來處理前述資料；

藉由前述輸入資料之最新時的多項式適合法而被平滑化後的前述輸入資料，是作為算出前述被平滑化後之資料的預測值的公式之輸入資料來使用；

藉由前述被平滑化後之資料的預測值之最新時的多項式適合法而被一次微分而得的前述被平滑化後之資料的預測值，是作為算出前述被平滑化後之資料之斜率的預測值的公式之被平滑化後之資料的預測值之斜率來使用。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述的資料處理裝置，其中，前述平滑化參數的響應係數，係使用將前述誤差作為參數的機率密度函數所求出。

10. 如申請專利範圍第 8 項所述的資料處理裝置，其中，在將 N 設為 0 以上之整數的情況下，前述平滑化參數的響應係數，係將前述誤差之相對值的預測值除以前述誤差之絕對值的預測值並加上常數而得的值乘上 N 所求出。

11. 一種資料處理裝置，係能使用二段指數平滑化法

來處理資料的資料處理裝置，其特徵為：

能使用基於輸入資料和被平滑化後之資料的預測值之誤差使平滑化參數變化的響應型二段指數平滑化法來處理前述資料；

前述誤差是進行指數加權移動平均；

前述指數加權移動平均的係數，係基於被平滑化後之資料之斜率的預測值所變化。

12. 如申請專利範圍第 7 至 9 項中任一項所述的資料處理裝置，其中，前述誤差是進行指數加權移動平均；

前述指數加權移動平均的係數，係基於被平滑化後之資料之斜率的預測值所變化。

13. 一種資料處理方法，係能使用二段指數平滑化法來處理資料的資料處理方法，其特徵為：

使用基於輸入資料和被平滑化後之資料的預測值之誤差使平滑化參數變化的響應型二段指數平滑化法來處理前述資料；

前述平滑化參數的響應係數，係使用將前述誤差作為參數的機率密度函數來求出。

14. 一種資料處理方法，係能使用二段指數平滑化法來處理資料的資料處理方法，其特徵為：

使用基於輸入資料和被平滑化後之資料的預測值之誤差使平滑化參數變化的響應型二段指數平滑化法來處理前述資料；

將藉由前述輸入資料之最新時的多項式適合法而被平

滑化後的前述輸入資料，作為算出前述被平滑化後之資料的預測值的公式之輸入資料來使用；

將藉由前述被平滑化後之資料的預測值之最新時的多項式適合法而被一次微分而得的前述被平滑化後之資料的預測值，作為算出前述被平滑化後之資料之斜率的預測值的公式之被平滑化後之資料的預測值之斜率來使用。

15. 如申請專利範圍第 14 項所述的資料處理方法，其中，前述平滑化參數的響應係數，係使用將前述誤差作為參數的機率密度函數來求出。

16. 如申請專利範圍第 14 項所述的資料處理方法，其中，前述平滑化參數的響應係數，係在將 N 設為 0 以上之整數的情況下，將前述誤差之相對值的預測值除以前述誤差之絕對值的預測值並加上常數而得的值乘上 N 來求出。

17. 一種資料處理方法，係能使用二段指數平滑化法來處理資料的資料處理方法，其特徵為：

使用基於輸入資料和被平滑化後之資料的預測值之誤差使平滑化參數變化的響應型二段指數平滑化法來處理前述資料；

前述誤差被指數加權移動平均；

前述指數加權移動平均的係數，基於被平滑化後之資料之斜率的預測值而改變。

18. 如申請專利範圍第 13 至 15 項中任一項所述的資料處理方法，其中，前述誤差被指數加權移動平均；

前述指數加權移動平均的係數，係基於被平滑化後之資料之斜率的預測值而使其改變。

19. 一種資料處理方法，係使用指數平滑化法來處理資料的資料處理方法，其特徵為：

求出被指數平滑化後之資料的預測值，作為資料平滑化處理結果；

使用前述指數平滑化法的資料處理之參數的值，為評估函數成為最小之值，而進行使用前述指數平滑化法之資料處理；

前述評估函數，為輸入資料與前述資料平滑化處理結果的均方誤差、加上前述資料平滑化處理結果之二次微分的均方值乘上係數之值，而得之和。

20. 一種資料處理方法，係使用指數平滑化法來處理資料的資料處理方法，其特徵為：

求出被指數平滑化後之資料的預測值，作為資料平滑化處理結果；

使用前述被指數平滑化後之資料的預測值來求出一次微分處理結果或二次微分處理結果；

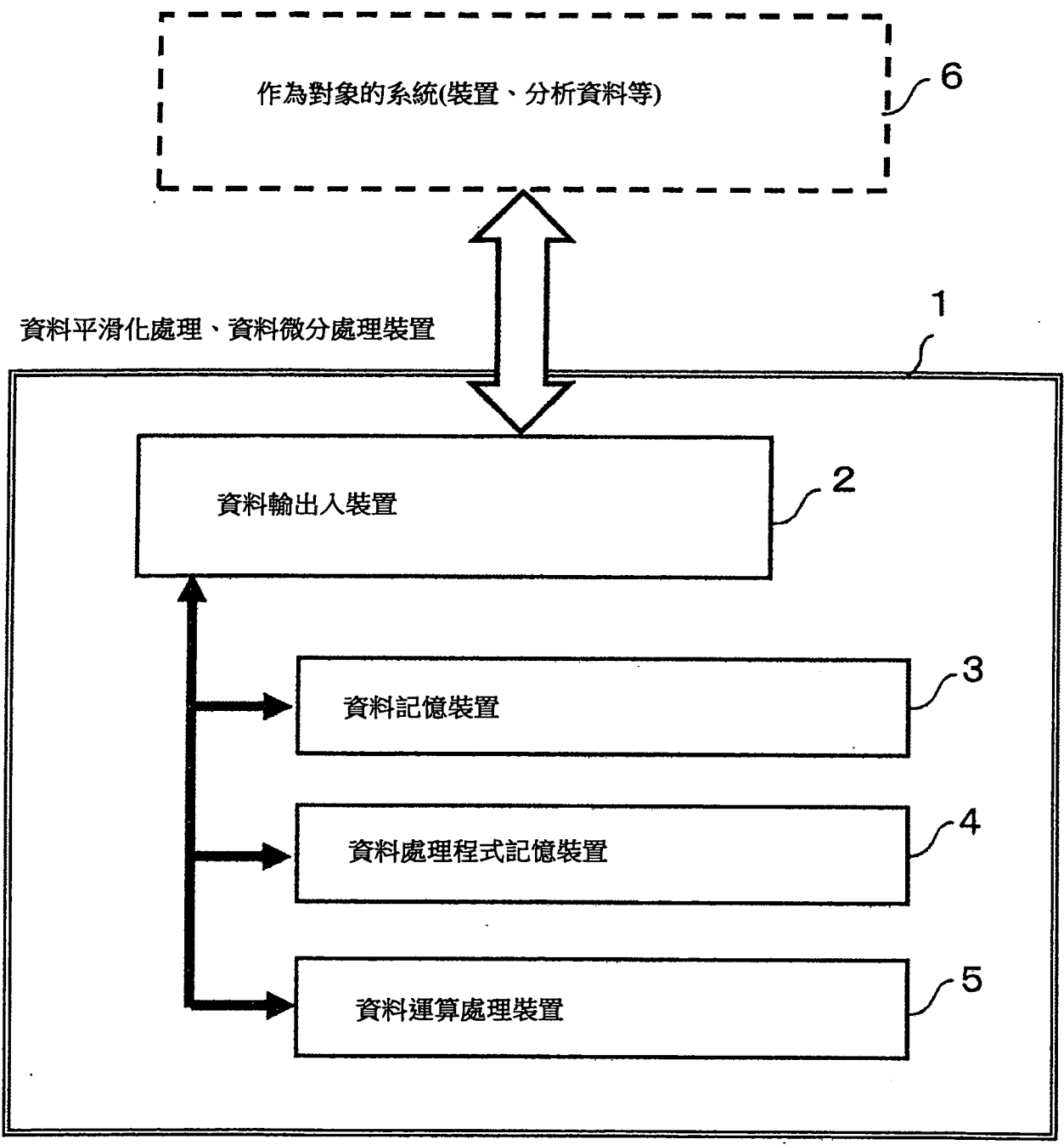
使用前述指數平滑化法的資料處理之參數的值，為評估函數成為最小之值，而進行使用前述指數平滑化法之資料處理；

前述評估函數，為輸入資料與前述資料平滑化處理結果的均方誤差、加上二次微分的均方值乘上係數之值，而得之和；

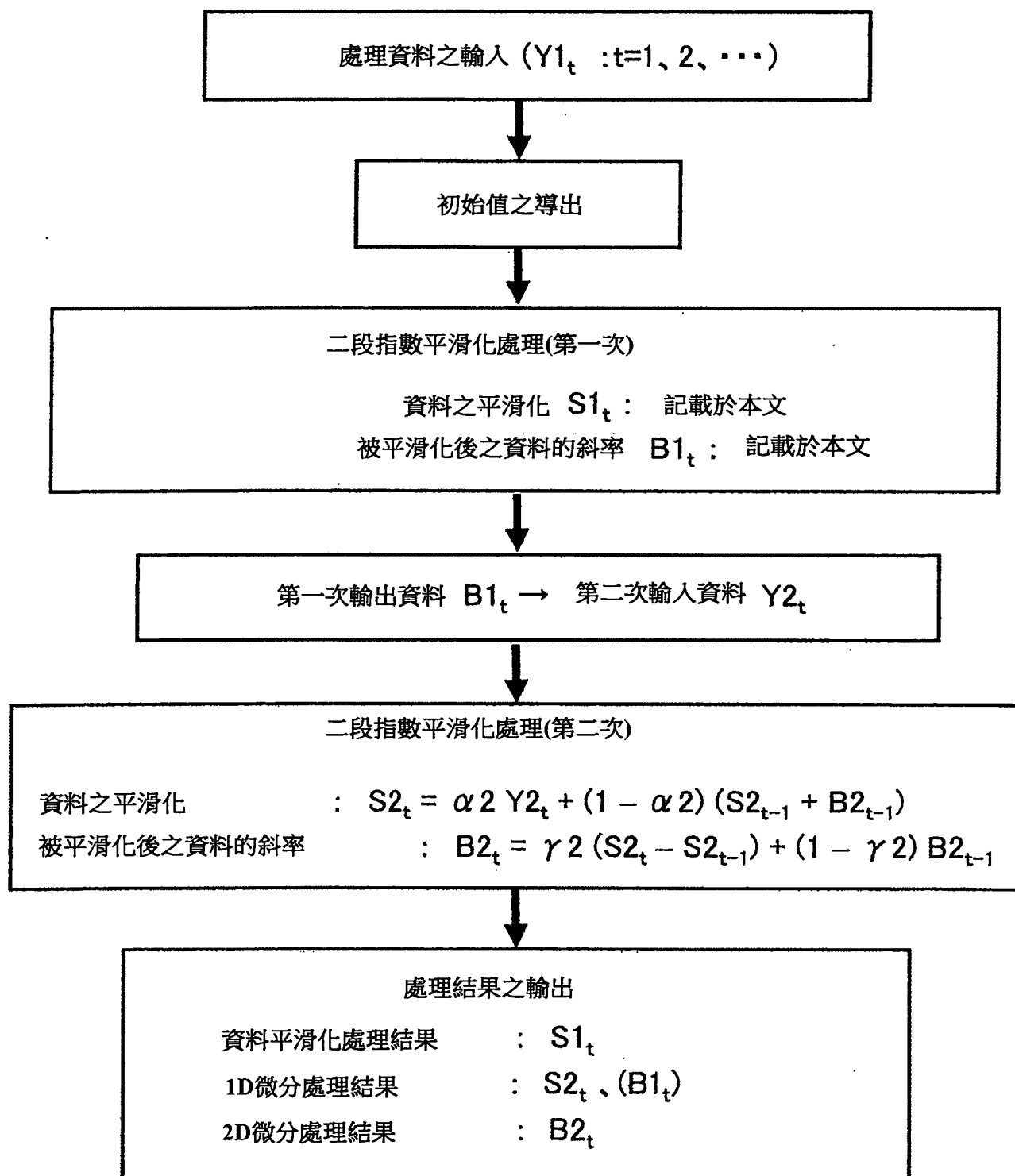
前述二次微分，為前述一次微分處理結果的二次微分、或是前述二次微分處理結果的二次微分。

圖式

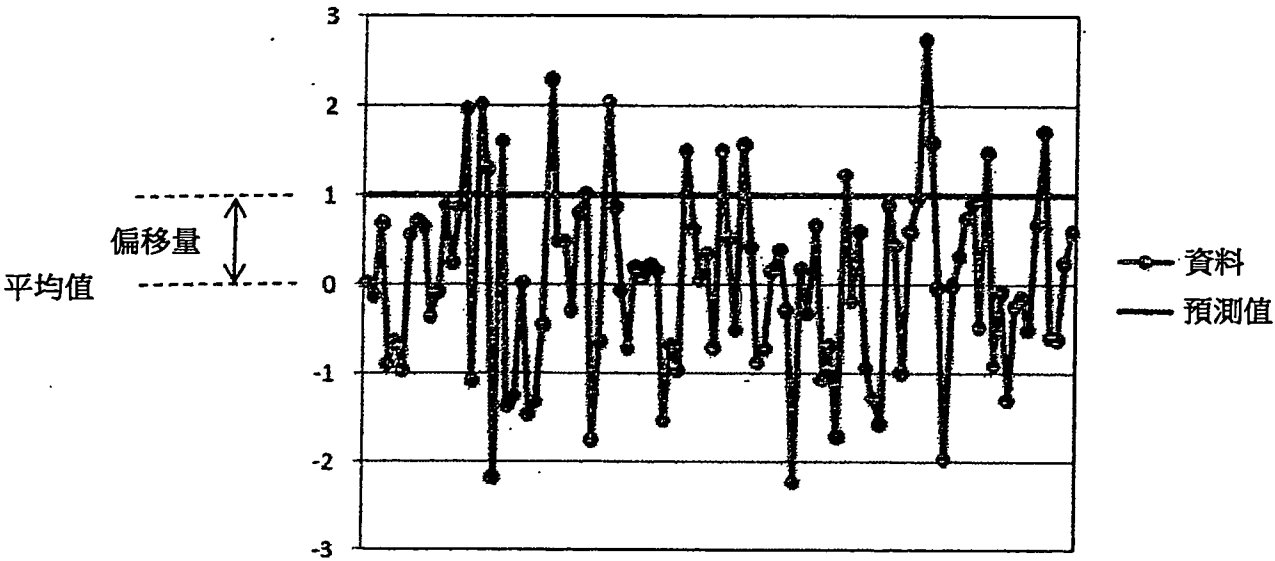
第 1 圖



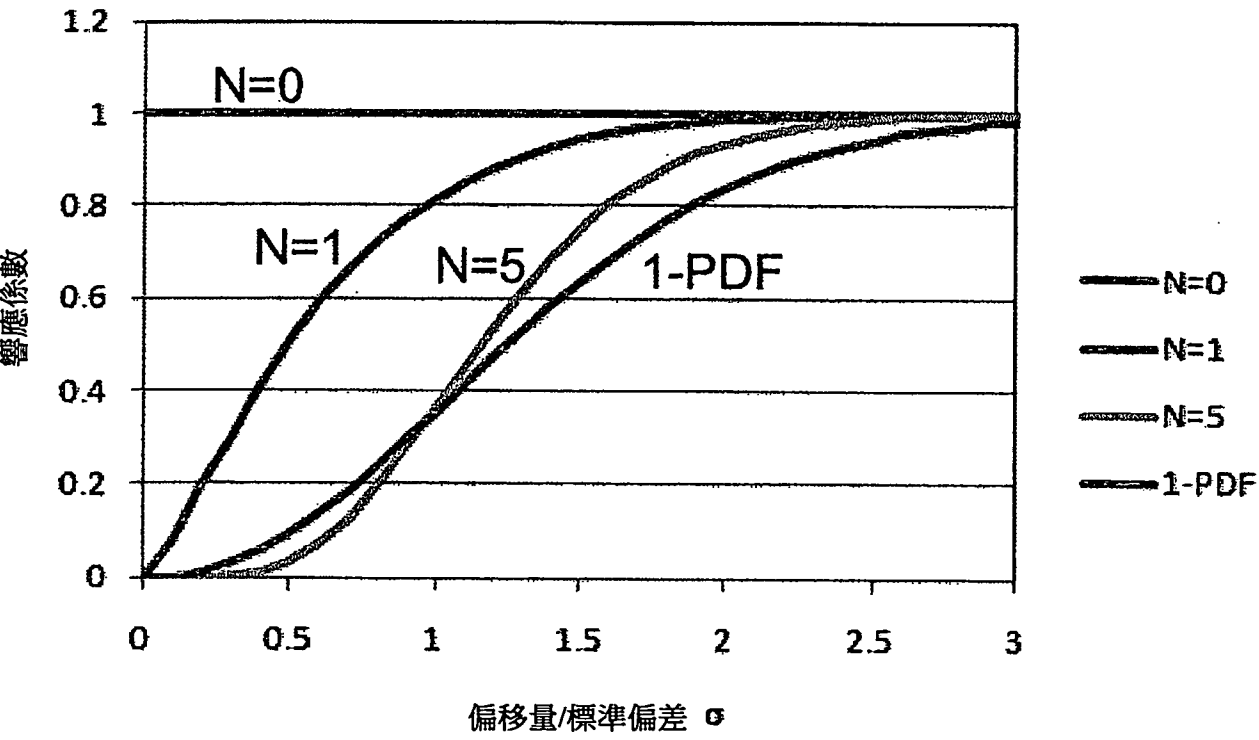
第 2 圖



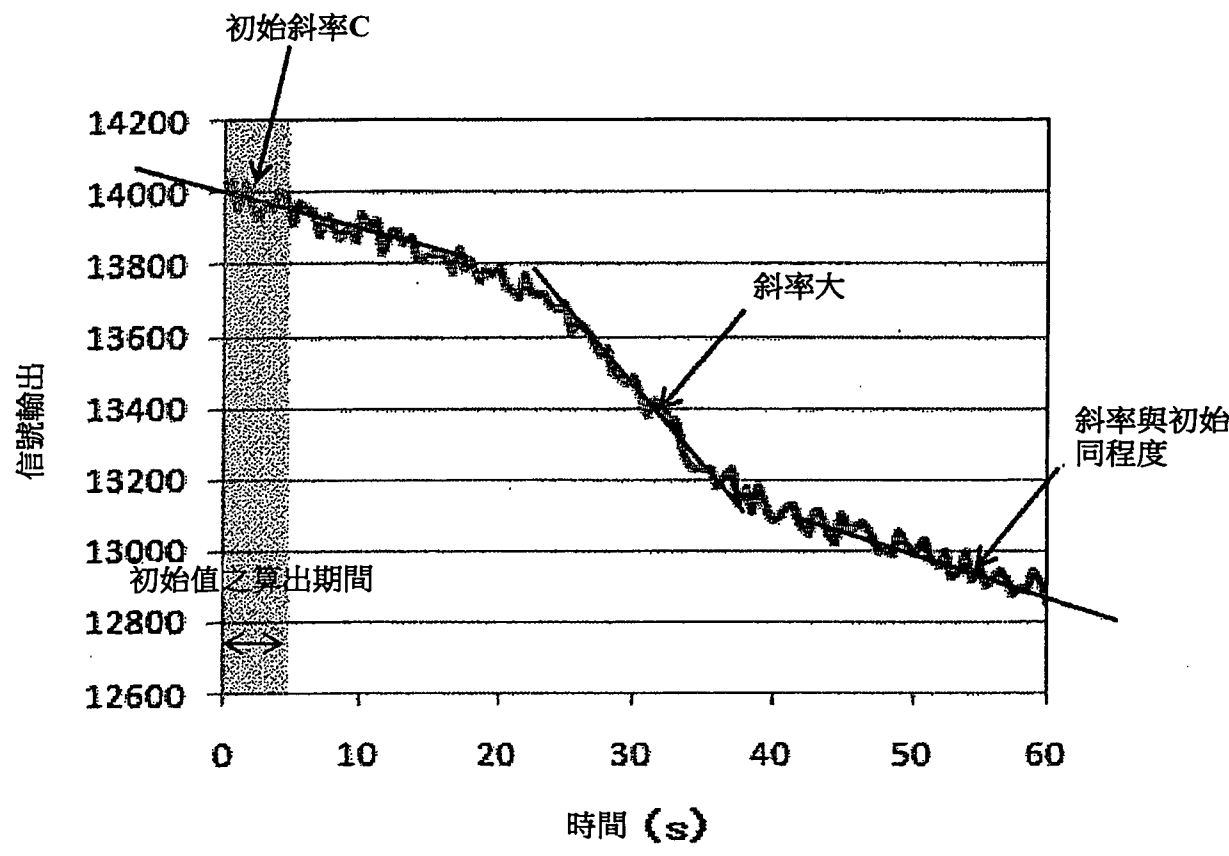
第 3A 圖



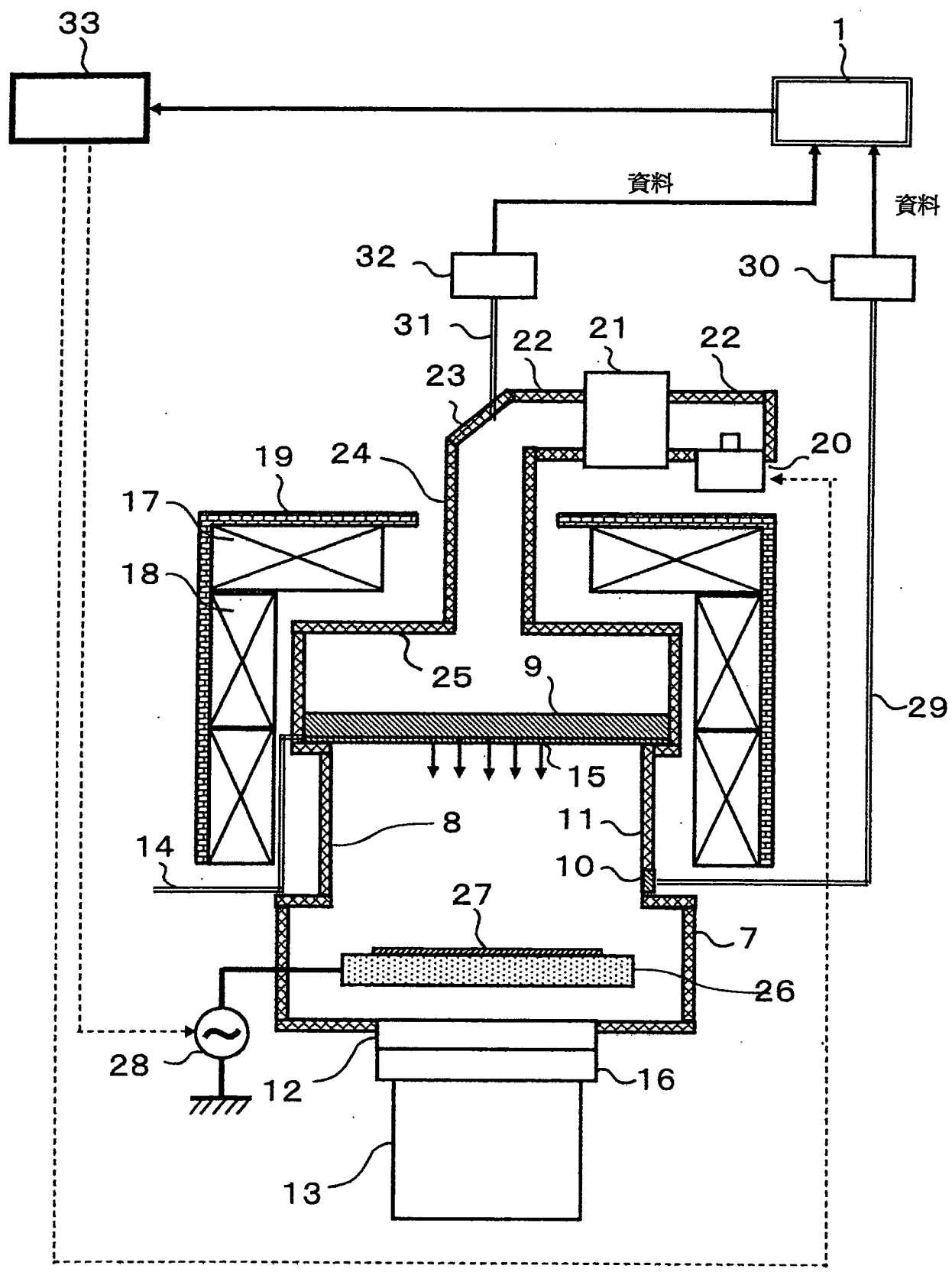
第 3B 圖



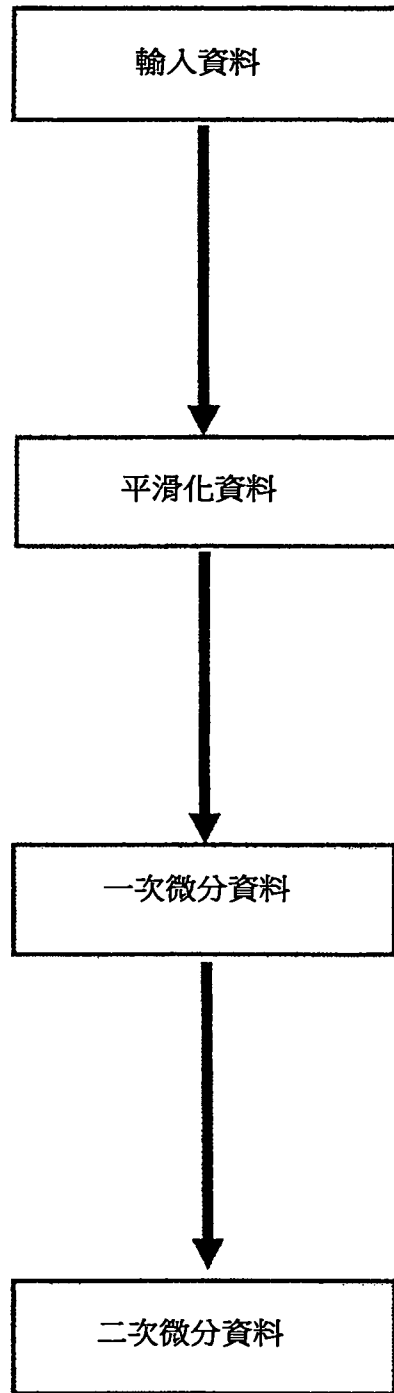
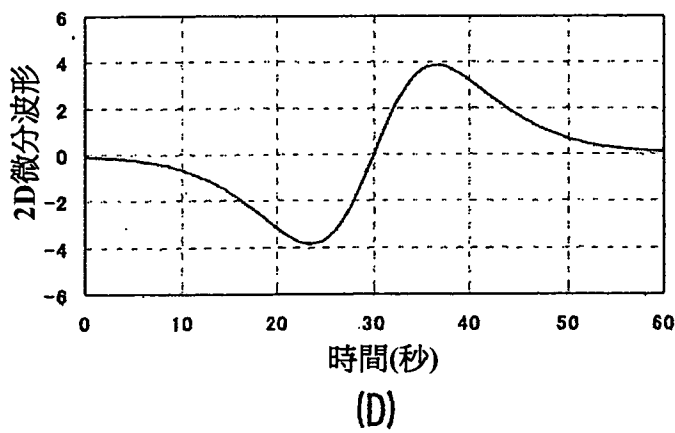
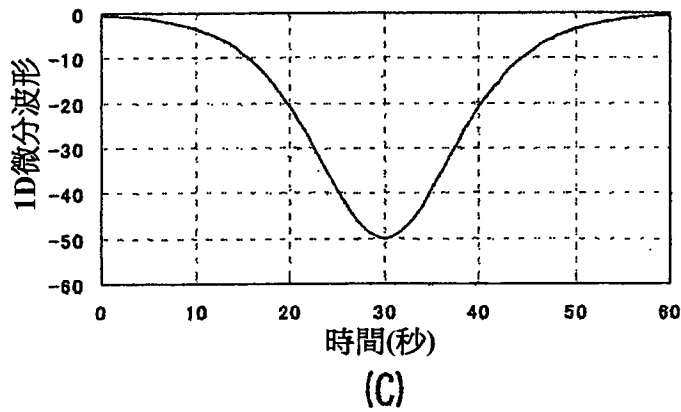
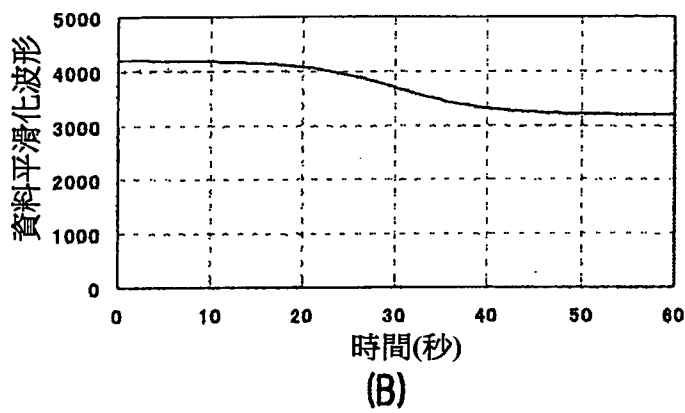
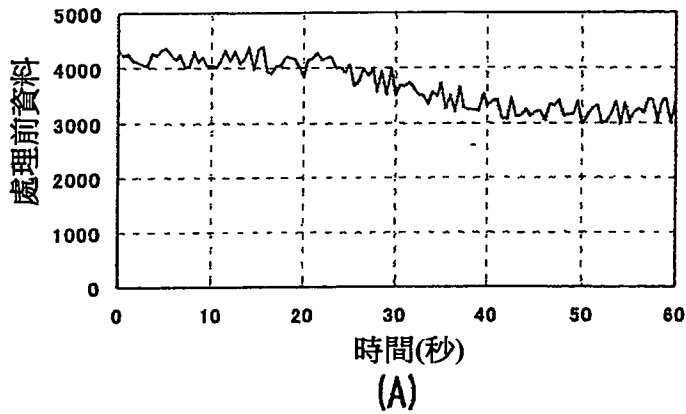
第 4 圖



第 5 圖

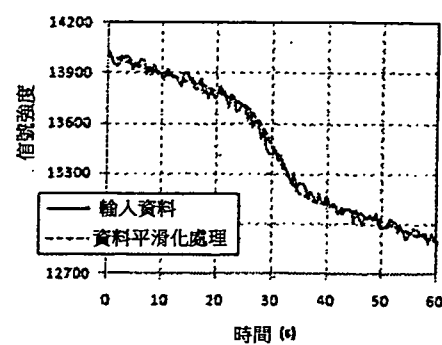


第 6 圖

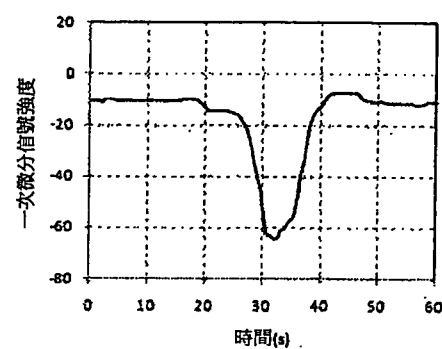


第 7 圖

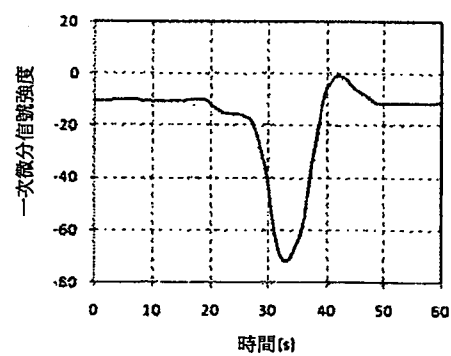
(A) 輸入資料 ($Y1_t$)
資料平滑化處理 ($S1_t$)



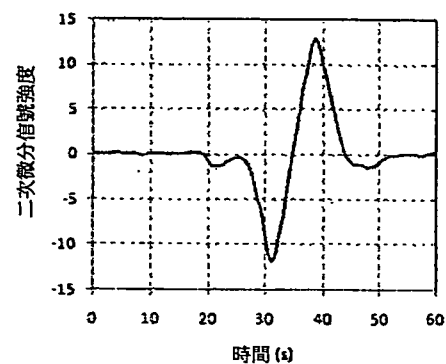
(B) 一次微分處理 ($B1_t$)



(C) 一次微分平滑化處理 ($S2_t$)

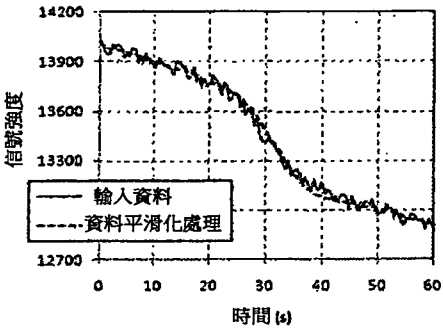


(D) 二次微分處理 ($B2_t$)

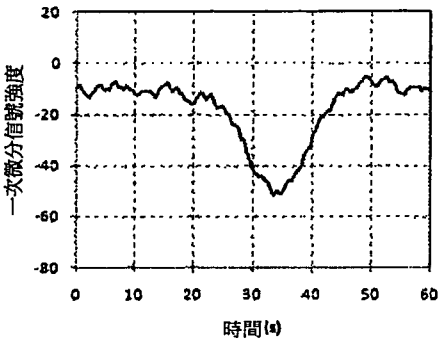


第 8 圖

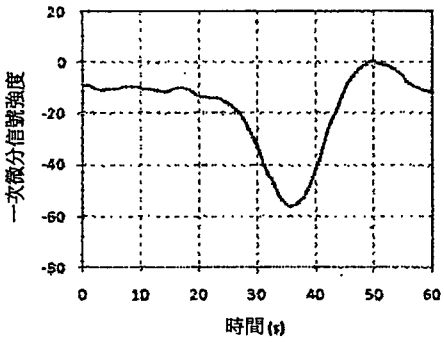
(A) 輸入資料 ($Y1_t$)
資料平滑化處理 ($S1_t$)



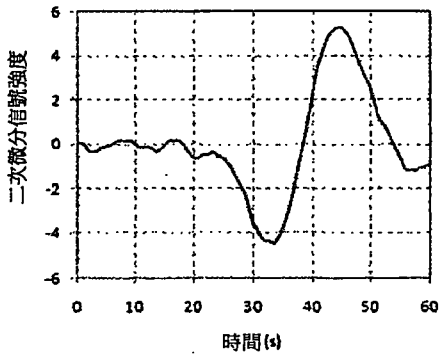
(B) 一次微分處理 ($B1_t$)



(C) 一次微分平滑化處理 ($S2_t$)

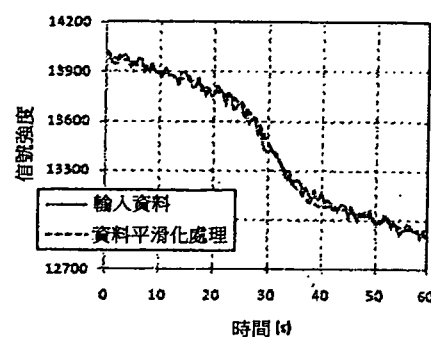


(D) 二次微分處理 ($B2_t$)

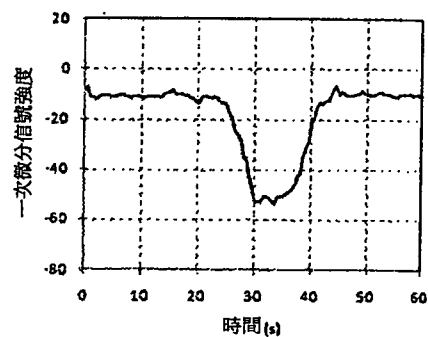


第 9 圖

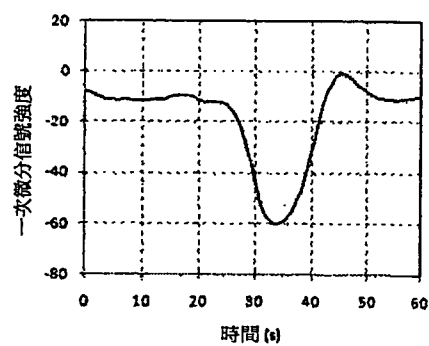
(A) 輸入資料 ($Y1_t$)
資料平滑化處理 ($S1_t$)



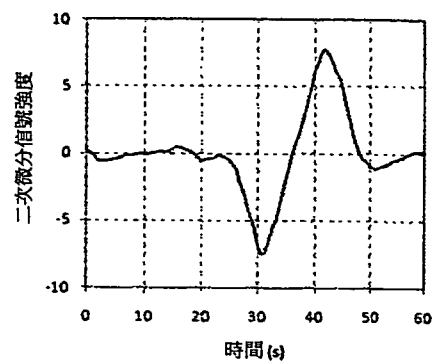
(B) 一次微分處理 ($B1_t$)



(C) 一次微分平滑化處理 ($S2_t$)

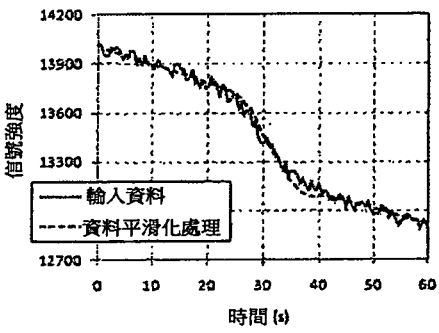


(D) 二次微分處理 ($B2_t$)

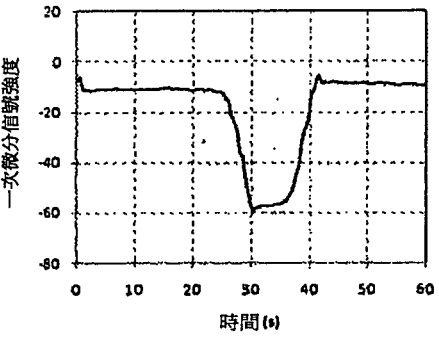


第 10 圖

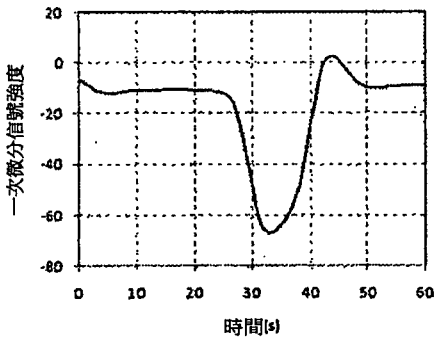
(A) 輸入資料 ($Y1_t$)
資料平滑化處理 ($S1_t$)



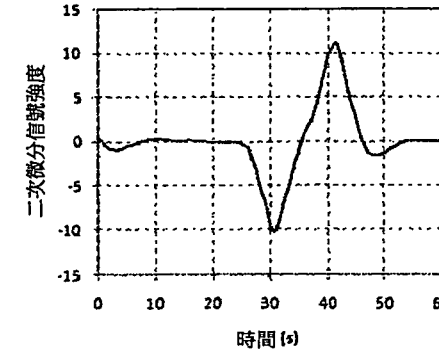
(B) 一次微分處理 ($B1_t$)



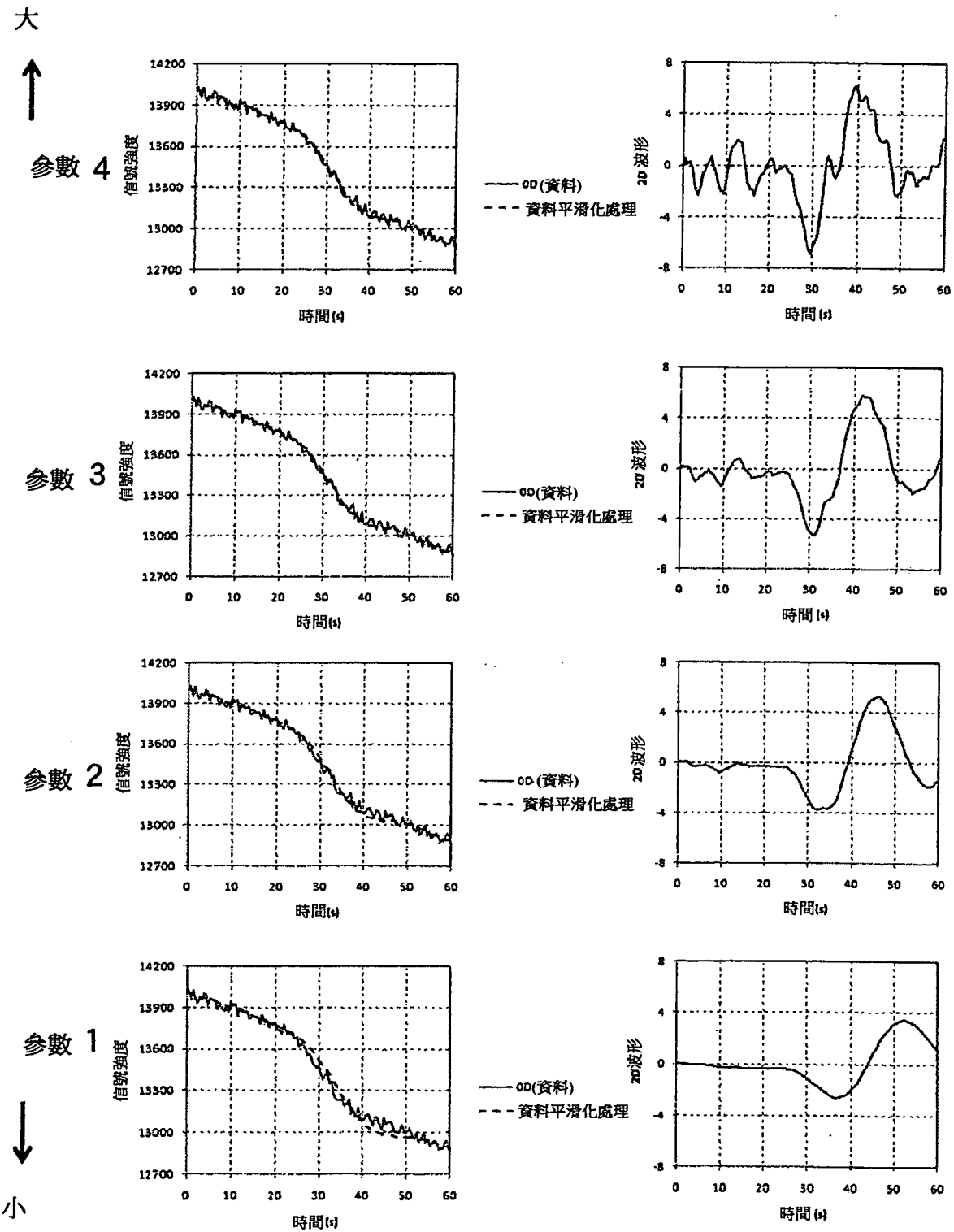
(C) 一次微分平滑化處理 ($S2_t$)



(D) 二次微分處理 ($B2_t$)



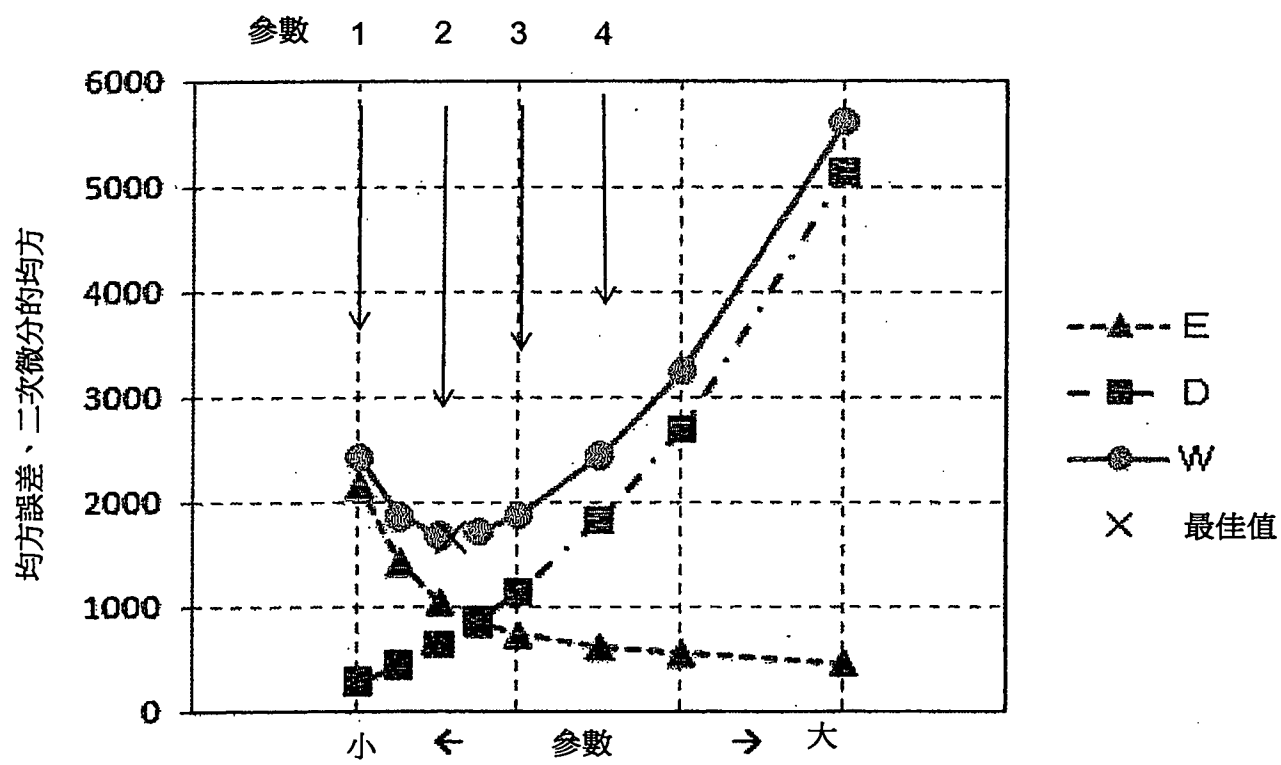
第 11 圖



(A)

(B)

第 12 圖



第 13 圖

