



(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 I665759 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 07 月 11 日

(21)申請案號：104103647

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 02 月 04 日

(51)Int. Cl. : **H01L21/687 (2006.01)**

(30)優先權：2014/02/05 美國 14/173,149

(71)申請人：美商蘭姆研究公司(美國) LAM RESEARCH CORPORATION (US)  
美國(72)發明人：瓦爾德曼 沃爾 WALDMANN, OLE (DE)；派博 艾瑞克 A PAPE, ERIC A.  
(US)；歐尼爾 羅伯特 葛芬 O'NEILL, ROBERT GRIFFITH (US)；馬汀尼斯  
法蘭西斯柯 MARTINEZ, FRANCISCO (ES)

(74)代理人：許峻榮

(56)參考文獻：

US 6164816A US 2010/0124249A1

US 2011/0216803A1

審查人員：于若天

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：3 共 25 頁

(54)名稱

計算輸入到熱控制元件陣列的功率以達成二維溫度輸出

CALCULATING POWER INPUT TO AN ARRAY OF THERMAL CONTROL ELEMENTS TO  
ACHIEVE A TWO-DIMENSIONAL TEMPERATURE OUTPUT

(57)摘要

一種用以計算輸入到靜電夾頭之至少一熱控制元件之功率的方法，包含下列步驟：將該至少一熱控制元件設定至第一預定功率等級；當在該第一預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，量測該至少一熱控制元件的第一溫度；將該至少一熱控制元件設定至第二預定功率等級；當在該第二預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，量測該至少一熱控制元件的第二溫度；計算該第一溫度與該第二溫度之間的差值；基於該差值，計算該至少一熱控制元件的系統響應；對該系統響應進行反演；以及基於經過反演的該系統響應，校正該至少一熱控制元件。

A method for calculating power input to at least one thermal control element of an electrostatic chuck includes: setting the at least one thermal control element to a first predetermined power level; measuring a first temperature of the at least one thermal control element when the at least one thermal control element is powered at the first predetermined power level; setting the at least one thermal control element to a second predetermined power level; measuring a second temperature of the at least one thermal control element when the at least one thermal control element is powered at the second predetermined power level; calculating a difference between the first temperature and the second temperature; calculating a system response of the at least one thermal control element based on the difference; inverting the system response; and calibrating the at least one thermal control element based on the inverted system response.

指定代表圖：

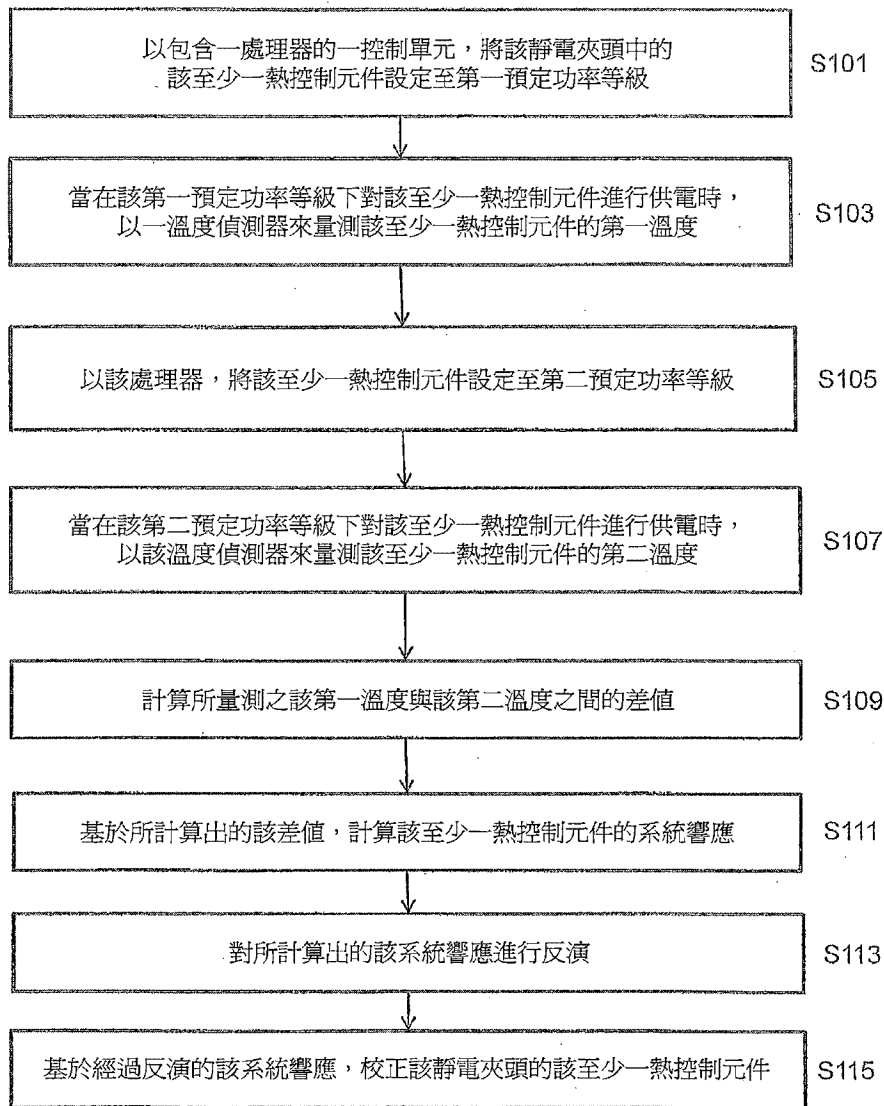


圖 2

符號簡單說明：

S101 . . . 以包含一處理器的一控制單元，將該靜電夾頭中的該至少一熱控制元件設定至第一預定功率等級

S103 . . . 當在該第一預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，以一溫度偵測器來量測該至少一熱控制元件的第一溫度

S105 . . . 以該處理器，將該至少一熱控制元件設定至第二預定功率等級

S107 . . . 當在該第二預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，以該溫度偵測器來量測該至少一熱控制元件的第二溫度

S109 . . . 計算所量測之該第一溫度與該第二溫度之間的差值

S111 . . . 基於所計算出的該差值，計算該至少一熱控制元件的系統響應

S113 . . . 對所計算出的該系統響應進行反演

S115 . . . 基於經過反演的該系統響應，校正該靜電夾頭的該至少一熱控制元件

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 計算輸入到熱控制元件陣列的功率以達成二維溫度輸出

【英文發明名稱】 CALCULATING POWER INPUT TO AN ARRAY OF  
THERMAL CONTROL ELEMENTS TO ACHIEVE A TWO-DIMENSIONAL  
TEMPERATURE OUTPUT

### 【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種用以計算輸入到靜電夾頭之至少一熱控制元件之功率的方法。

### 【先前技術】

【0002】 隨著每個後繼半導體技術世代，基板直徑傾向於增加，而電晶體尺寸則為降低，因而導致對基板處理時之更高程度的準確性與再現性之需求。

【0003】 今日可用的電漿處理系統係處於這些逐漸對改良準確性與再現性增加需求的半導體製造工具之列。一種用於電漿處理系統的評量指標為增加的均勻性，其包含在半導體基板表面上之處理結果的均勻性與以名義上相同的輸入參數所處理之一連串基板之處理結果的均勻性。基板上均勻性的持續改良係被期望的。除了別的以外，此需要具有改良之均勻性、一致性以及自我診斷的電漿腔室。對於控制橫越晶圓之臨界尺寸(CD, critical dimension)的均勻性而言，在半導體晶片晶圓之蝕刻及/或沉積處理期間控制靜電夾頭(ESC, electrostatic chuck)的溫度係具關鍵性的，理想上，其係利用高空間解析度來補償晶圓在蝕刻及/或沉積處理前的任何不均勻性而完成。

**【發明內容】**

**【0004】** 依照一實施例，一種用以計算輸入到靜電夾頭之至少一熱控制元件之功率的方法，該靜電夾頭具有可單獨控制之加熱器區域的陣列，該方法包含下列步驟：以包含處理器的控制單元，將該靜電夾頭中的至少一熱控制元件設定至第一預定功率等級；當在第一預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，以溫度偵測器來量測該至少一熱控制元件的第一溫度；以該處理器，將該至少一熱控制元件設定至第二預定功率等級；當在第二預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，以該溫度偵測器來量測該至少一熱控制元件的第二溫度；計算所量測之第一溫度與第二溫度之間的差值；基於所計算出的差值，計算該至少一熱控制元件的系統響應；對所計算出的系統響應進行反演 (inverting)；以及基於經過反演的系統響應，校正該靜電夾頭的至少一熱控制元件。

**【0005】** 依照另一實施例，一種儲存指令的非暫時性電腦可讀儲存媒體，當藉由處理器來實施該等指令時執行用以計算輸入到靜電夾頭之至少一熱控制元件之功率的方法，該靜電夾頭具有可單獨控制之加熱器區域的陣列。該等指令使下列步驟被實現：(1) 將該靜電夾頭中的至少一熱控制元件設定至第一預定功率等級；(2) 當在第一預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，以溫度偵測器來量測該至少一熱控制元件的第一溫度；(3) 將該至少一熱控制元件設定至第二預定功率等級；(4) 當在第二預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，以溫度偵測器來量測該至少一熱控制元件的第二溫度；(5) 計算所量測之第一溫度與第二溫度之間的差值；(6) 基於所計算出的差值，計算該至少

一熱控制元件的系統響應；(7) 對所計算出的系統響應進行反演；以及(8) 基於經過反演的系統響應，校正該靜電夾頭的至少一熱控制元件。

【0006】 現在將藉由不作為限制的示範實施例來說明用以計算輸入到靜電夾頭之至少一熱控制元件之功率的方法的詳細實施例的這些與其他示範特徵及優點。

### 【圖式簡單說明】

【0007】 吾人在一同閱讀下列示範實施例的詳細說明與隨附圖式時可從該詳細說明最佳瞭解到本揭露內容的範圍。下列圖形係包含在該等圖式中：

【0008】 圖1顯示依照一示範實施例之可被利用的系統架構。

【0009】 圖2為顯示一實施例之示範方法的流程圖。

【0010】 圖3為顯示一實施例之示範方法的流程圖。

【0011】 本揭露內容的進一步應用性範圍可從以下所提供的詳細說明而更顯明白。吾人應瞭解示範實施例的詳細說明係僅為了說明之目的，因此並非意指必然限制本揭露內容之範圍。

### 【實施方式】

【0012】 圖1顯示電漿處理腔室的示範概略圖，其包含腔室122，此腔室具有上部噴淋頭電極108以及例如靜電夾頭112之合併一加熱板的基板支座組件。透過裝載口(未顯示)將基板110裝載到靜電夾頭112上。氣體線路104將處理氣體供應至上部噴淋頭電極108，此上部噴淋頭電極將處理氣體輸送到此腔室內。氣體源102(例如供應適當氣體混合物的質量流量控制器)係與氣體線路104連接。射

頻(RF, radio-frequency)電源106係與上部噴淋頭電極108連接。在操作時，藉由真空幫浦來排空此腔室，並且在上部噴淋頭電極108與靜電夾頭112中的一下部電極之間使RF功率電容耦合，以在基板110與上部噴淋頭電極108之間的一空間內將此處理氣體激發成電漿。此電漿可用以將裝置晶粒特徵蝕刻到位於基板110上的層內。靜電夾頭112可具有合併於其內的加熱器。例如，此靜電夾頭可包含至少一熱控制元件114(114a、114b、114c、114d等等)，此熱控制元件可將靜電夾頭112加熱至期望溫度。每一熱控制元件114係與控制單元116連接，此控制單元包含用以儲存資料的儲存裝置118，例如硬碟、唯讀記憶體(ROM, read-only memory)、隨機存取記憶體(RAM, random-access memory)、光碟機、快閃記憶體、磁碟機等等。可使用不具有RF/功率控制等等的腔室122。

**【0013】** 控制單元116亦可包含電腦處理器120。可使用多個控制單元來代替一個控制單元116。可將控制單元116實施為在電腦上所編譯的電腦可讀碼，因此使其成為一特定用途電腦。舉例而言，控制單元116可使用硬體、軟體、韌體、具有儲存於其上之指令的非暫時性電腦可讀媒體、或其組合而在一電腦系統中被實施，並且可在一或多個電腦系統或其他處理系統中被實施。硬體、軟體、或其任何組合可體現用以實施圖2與3之方法的模組與元件。

**【0014】** 若使用可程式邏輯的話，此種邏輯可在市售處理平台或專門用途裝置上實施。本技術領域中具有通常知識者可明白在此所揭露之實施例可以各種電腦系統形態來加以實現，其包含多核心多處理器系統、小型電腦、主機電腦、連結或聚集分散功能的電腦、以及實際上可嵌入任何裝置的普遍性或微型電腦。例如，至少一處理器裝置以及一記憶體可被使用來實施上述實施例。

【0015】如在此所述的處理器裝置可為單一處理器、複數處理器、或其組合。處理器裝置可具有一或多個處理器「核心」。如在此所述的「電腦程式媒體」、「非暫時性電腦可讀媒體」、以及「電腦可用媒體」詞語係用以泛指例如可移除式儲存單元或安裝於硬碟機內之硬碟的有形媒體。

【0016】各種實施例係就示範控制單元116而加以說明。在閱讀本說明之後，熟習相關技藝者可明白如何使用其他電腦系統及/或電腦架構來實施此種實施例。雖然操作可能被描述成連續的製程，但其中若干操作事實上可並行、同時、及/或在分散的環境中執行，並且可以程式碼方式就近或遠端儲存而讓單一或多處理器機器進行存取。此外，在若干實施例中，可重排操作的順序。

【0017】處理器裝置120可為專門用途或一般用途處理器裝置。處理器裝置120可與例如匯流排、訊息佇列、網路、多核訊息傳遞架構等等的通訊基礎設施連接。此網路可為適用於執行如在此所揭示之功能的任何網路，並且可包含區域網路(LAN，local area network)、廣域網路(WAN，wide area network)、無線網路(例如WiFi)、行動通訊網路、衛星網路、網際網路、光纖、同軸纜線、紅外線、射頻(RF)、或其任何組合。熟習相關技藝者可明白其他合適的網路種類與形態。

【0018】吾人應明白雖然電漿處理腔室的詳細設計可能會改變(例如，此腔室可為感應耦合式電漿處理腔室、螺旋波、微波、或其他類型的腔室，此噴淋頭電極可被RF天線替代)，但RF功率係透過靜電夾頭112而與電漿耦合。

【0019】在一示範實施例中，可控制靜電夾頭112，俾能使靜電夾頭112的陶瓷表面溫度受到熱控制元件114的陣列所控制，並因此亦使得晶圓基板110的溫度受到熱控制元件114的陣列所控制。舉例而言，此陣列可包含至少100個熱

控制元件，例如上至400個。晶圓溫度可針對每一個裝置晶粒位置而受到控制，並因此電漿蝕刻處理亦可針對每一個裝置晶粒位置而受到控制，以使由一晶圓所製造之裝置的良率增至最大。例如紅外線攝影機的溫度偵測器124偵測靜電夾頭112及/或晶圓基板110的表面溫度。

**【0020】** 在一示範實施例中，控制單元116或另一控制器產生/實施用以判定熱控制元件114之功率輸入與溫度輸出間之關係的演算法。熱控制元件114之功率輸入與溫度輸出之間的關係考量到當處理晶圓時之靜電夾頭112的溫度安定化與控制。又，熱控制元件114之功率輸入與溫度輸出之間的關係考量到對於所有溫度敏感製程在空間上之臨界尺寸(CD)的控制與修改，並因此增加由一晶圓所製造之晶片的良率。在一示範實施例中，熱影像的運用可被使用來判定靜電夾頭112的熱輸出、單位響應矩陣的產生、反演以及驗證、此反演問題的受限制最佳化過程、以及對於空間溫度需求的功率輸出。

**【0021】** 圖2顯示用以計算輸入到靜電夾頭112之至少一熱控制元件114之功率的示範方法，此靜電夾頭具有可單獨控制之加熱器區域的陣列。此方法包含步驟S101：以包含處理器120的控制單元116，將靜電夾頭112中的至少一熱控制元件114設定至第一預定功率等級。

**【0022】** 步驟S103包含當在第一預定功率等級下對至少一熱控制元件114進行供電時，以溫度偵測器124來量測至少一熱控制元件114的第一溫度或空間溫度響應圖形。在一示範實施例中，至少一熱控制元件114為熱控制元件114的陣列。在一示範實施例中，每一個熱控制元件114係具有類似於在一晶圓上之四個或更少之裝置晶粒的尺寸。



【0023】 步驟S105包含以處理器120，將至少一熱控制元件114設定至第二預定功率等級。

【0024】 步驟S107包含當在第二預定功率等級下對至少一熱控制元件114進行供電時，以溫度偵測器124來量測至少一熱控制元件114的第二溫度或空間溫度響應圖形。溫度偵測器124可為例如紅外線攝影機，以及第一溫度與第二溫度係藉由利用此紅外線攝影機取得的至少一熱影像所量測。

【0025】 在一示範實施例中，於第一預定功率等級設定期間，將所有熱控制元件114或一群熱控制元件114設定至同一功率等級，並且於第二預定功率等級設定期間，不對所有熱控制元件114提供任何功率。在一示範實施例中，第一預定功率等級係熱控制元件114的最大功率等級。

【0026】 步驟S109包含計算所量測之第一溫度與第二溫度之間的差值。因此，從每一熱控制元件114的兩次量測來收集溫度資訊，並且對一熱控制元件114判定其間的差量。取代量測處於最大功率等級的熱控制元件114，並且當其關閉時，一替代方法為可將低於全功率的功率用於每一熱控制元件、及/或同時供電給多個熱控制元件114。又，在一示範實施例中，取代使用每熱控制元件114的一次性(one off)影像，可使用整個的一次性影像，或者可使用從一紅外線(IR)影像或一不同來源(例如但不限於，熱電偶)所測定的一次性平均影像或一平均溫度。

【0027】 步驟S111包含基於所計算出的差值，計算至少一熱控制元件114的系統響應。在一示範實施例中，所計算出的系統響應為一用以判定至少一熱控制元件114之功率輸入與溫度輸出間之關係的演算法。在一示範實施例中，所

計算出的系統響應為一包含例如向量的矩陣。在一示範實施例中，此矩陣可為單位響應矩陣。

【0028】 步驟S113包含對所計算出的系統響應進行反演(inverting)。步驟S115包含基於經過反演的系統響應，校正靜電夾頭112的至少一熱控制元件114。在一示範實施例中，此方法亦可包含驗證至少一熱控制元件114的校正。在一示範實施例中，可將圖2的方法儲存於非暫時性電腦可讀儲存媒體上。

【0029】 在一示範實施例中，此方法可包含運用藉由紅外線攝影機所拍攝的至少一熱影像來執行靜電夾頭112、及/或晶圓基板110的二維溫度預測。同樣地，此方法可包含運用藉由紅外線攝影機所拍攝的至少一熱影像來判定靜電夾頭112的熱輸出。

【0030】 在一示範實施例中，為了減少IR像差的雜訊，對於每次量測採平均多個影像。然而，不必對這些影像進行平均。為了進一步減少雜訊，可使用合併(binching)程序，於此處例如將3x3像素合而為一。在邊緣處，僅位於靜電夾頭112內的像素被合併。或者，可在不同像素尺寸(2x2、4x4、5x5...mxn)上執行合併，以將某一權重因子( $W_{ij}$ )應用在mxn子矩陣的每一個像素，或者完全不合併，或者藉由略過樣本以減少取樣並且僅保留每個2、3、4、5...像素。然而，空間解析度較佳係足夠高，以使經過合併的像素尺寸仍在次厘米(sub-cm)範圍內。此矩陣的維度可例如為熱控制元件114之總數量與位於靜電夾頭112內之經過合併的像素之數量。

【0031】 在一示範實施例中，為了將影像縮小至關注區域，藉由取得所有熱控制元件114皆設定至同一有限功率等級之靜電夾頭112之間的差值並且減去無加熱器被供電的影像而偵測靜電夾頭112的邊緣。由處理器120所執行的演算

法係在靜電夾頭112的一(預計)中心附近開始，並且比對每一像素與其鄰近像素的值。將具有最高梯度的像素假設為邊緣。此係在兩個方向上進行，並且假設靜電夾頭112為一個圓而測定半徑與中心點。可被執行的一替代演算法為使用霍夫轉換(Hough transform)的二值化法。或者，可略過邊緣的偵測，並且可假設靜電夾頭112的固定已知半徑與中心點。

【0032】 在一示範實施例中，取得靜電夾頭112內之每一像素的差量溫度(delta temperature)，並且將此二維影像向量化。此可藉由逐行或逐列掃描(rastering)資料而完成。將所有的向量一起放入一矩陣中。此矩陣具有熱控制元件114之數量與靜電夾頭112內之(經過合併之)像素之數量的維度。

【0033】 在一示範實施例中，為了驗證單位響應矩陣(URM，unit response matrix)，測試一使用例，於此處，將每一加熱器(熱控制元件)設定至一半功率，並且比對剛算好的 $URM_1$ ：

$$\text{Error (誤差)} = \text{MeasuredImage} - 0.5 * URM_1$$

$$URM = URM_1 + 2 * \text{Error} / (\text{熱控制元件的數量})$$

假設少量的誤差，此修正URM並將熱控制元件114交互作用納入考量。或者，可略過此步驟或可使用不同的功率等級。對此URM進行反演係考量到計算針對空間向量化溫度需求(TDemand)之功率設定點的向量矩陣系統之建構。

$$\text{PowerOutput}_1 = URM^{-1} * \text{TDemand}$$

【0034】 可以數位化方式或類比方式來控制功率。因此，將 $\text{PowerOutput}_1$ 解答自未受限制的實數域改進至具有有限範圍的數位量化域係關鍵的。在一示

範實施例中，可以兩個程序來使解答PowerOutput<sub>1</sub>最佳化。首先，受限制的最小值最佳化：

$\min F(X)$  subject to:  $A * X \leq B$ ,  $A_{eq} * X = B_{eq}$  (線性限制)

$X C(X) \leq 0$ ,  $C_{eq}(X) = 0$  (非線性限制)

$0 \leq X \leq \text{DigitizationNumber}$  (界限)

【0035】 DigitizationNumber乃為數位化步驟的數量。在此程序之後，每一PowerOutput值被捨入為下一個數位化數字，並且解出此問題而獲得整數最佳化，於此處，算出此問題的最小值： $\text{Min}(\text{TDemand} - \text{URM} * \text{PowerOutput}_2)$ 。將解答PowerOutput<sub>2</sub>用於熱控制元件的控制。一替代方法為僅使用此三步驟最佳化程序中的一或兩個步驟。

【0036】 在一示範實施例中，為了驗證此校正，實施一特定溫度需求的自動檢查。此系統(例如藉由處理器裝置120)計算兩個經過定義的溫度分佈(temperature profile)之功率輸出並且量測該兩個溫度分佈。統計製程控制(SPC, statistical process control)限制係對此校正造成或不造成自動的接受。

【0037】 在一示範實施例中，可省略這些檢查中的一或兩者，或者可代替自動方式而以人工方式來執行此檢查。

【0038】 經過反演的矩陣，如以上所述的 $\text{URM}^{-1}$ ，係考量全開迴路控制(full open loop control)以代替在製程期間需要就地(in situ)量測的閉迴路控制(closed loop control)。在一示範實施例中，經過反演之矩陣的一維度係由熱控制元件114的數量所決定。另一個維度則決定空間需求的解析度。此可為溫度量測(熱電偶的數量、IR攝影機的像素...)、其子集合的全解析度，或內插一高於量測點之數量的數字。

【0039】圖3顯示一示範方法的流程圖，該方法係與圖2的方法類似。在步驟S201中，將熱控制元件設定至一既定功率等級。在步驟S203中，量測被供電之熱控制元件的溫度。在步驟S205中，量測熱控制元件在其不被供電(即，未被供電)時的溫度。在步驟S207中，將所量測的溫度相減。在步驟S209中，判定步驟S207的輸出是否與一函數適配。若否，則在步驟S211中，使一函數與每一熱控制元件適配。若步驟S207的輸出係與此函數適配，則在步驟S213，計算系統響應。在步驟S215中，對所計算出的系統響應進行反演。

【0040】如上所述，此揭露內容的一示範方法判定一特定功率輸入的系統響應，並且藉由對此關係進行反演，其係在不需要就地量測的情況下提供對於一目標溫度分佈的功率需求，並因此避免就地量測的相關問題，例如：靜電夾頭中之熱控制元件的校正。上述方法提供數個優點。例如，不就地量測溫度係具有成本效益的，此係因為不需要特殊的診斷、分析工具、及/或使用者輸入。

【0041】呈現與扣除每一熱控制元件114的影像係消除了一偏移基線的影響。其亦克服了IR攝影機安定化以及鄰近溫度控制系統(例如冷卻劑流體)之溫度波動的問題。此對於功率等級之溫度響應之判定的高準確性而言係重要的。

【0042】在藉由平均時間與空間的方法中，IR影像的雜訊問題可被解決。此改良了量測的準確性與精確性，並且能夠使用現成、非致冷式(non-cooled)IR攝影機來取代昂貴、保養不易且買賣受限的致冷式攝影機。

【0043】每一靜電夾頭112可在一校正台上被安裝與拆卸，並因此例如IR攝影機124的可動零件亦可被移動，以提供往靜電夾頭112的較佳通道。將邊緣偵測用於每一靜電夾頭112以確保影像對正，此改良了準確性並且修正了少量的空間位移。

【0044】 IR影像與功率設定點的向量化允許在矩陣方程式中解出此問題。此考量到對矩陣進行反演以解出經過反演的溫度需求問題。修正單一加熱器響應的預測總和與所有熱控制元件的量測溫度輸出之間的誤差係有助於在同時使用多個熱控制元件時實現高準確性。此為用以調整單位響應矩陣對熱控制元件之交互作用的極快速、有效之方式。

【0045】 將最佳化程序拆成三個分部(矩陣方程式、具有限制的非整數最佳化以及具有限制的整數最佳化)係對具有數位化輸入之元件系統賦予了最高準確性。

【0046】 經整合的預測檢查包含響應的預測以及量測。其連同所定義的SPC限制一起判定在製造期間以及在製程中使用靜電夾頭之前靜電夾頭的校正是否成功。

【0047】 靜電夾頭可被併入基板支座中及/或具有藉由熱控制元件114所加熱之加熱器區域的各種配置。參見例如共同讓與之美國專利公開案第2011/0092702號、第2012/0115254號、第2012/0068750號、第2013/0072035號、第2013/0220989號、第2013/0270250號，上述所有公開案之全部內容乃藉由參考文獻方式合併於此。

【0048】 雖然以上已說明所揭露之方法的各種示範實施例，但吾人應瞭解這些實施例僅係為了示範之目的而提出，其並非限制。其並非排他且不將本揭露內容限於所揭露的精確形式。在不背離廣域或範圍的情況下，根據以上教示可進行修改與變化，或者可從本揭露內容的實施習得這些修改與變化。

#### 【符號說明】

## 【0049】

102 氣體源

104 氣體線路

106 射頻電源

108 上部噴淋頭電極

110 基板

112 靜電夾頭

114a 熱控制元件

114b 熱控制元件

114c 熱控制元件

114d 熱控制元件

116 控制單元

118 儲存裝置

120 處理器

122 腔室

124 溫度偵測器

S101 以包含一處理器的一控制單元，將該靜電夾頭中的該至少一熱控制元件設定至第一預定功率等級

S103 當在該第一預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，以一溫度偵測器來量測該至少一熱控制元件的第一溫度

S105 以該處理器，將該至少一熱控制元件設定至第二預定功率等級

S107 當在該第二預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，以該溫度偵測器來量測該至少一熱控制元件的第二溫度

S109 計算所量測之該第一溫度與該第二溫度之間的差值

S111 基於所計算出的該差值，計算該至少一熱控制元件的系統響應

S113 對所計算出的該系統響應進行反演

S115 基於經過反演的該系統響應，校正該靜電夾頭的該至少一熱控制元件

S201 將熱控制元件設定至既定功率等級

S203 量測被供電之熱控制元件的溫度

S205 量測未被供電之熱控制元件的溫度

S207 量測值相減

S209 適配？

S211 使函數與每一熱控制元件適配

S213 計算系統響應

S215 對所計算出的系統響應進行反演



I665759

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】 計算輸入到熱控制元件陣列的功率以達成二維溫度輸出

【英文發明名稱】 CALCULATING POWER INPUT TO AN ARRAY OF

THERMAL CONTROL ELEMENTS TO ACHIEVE A TWO-DIMENSIONAL  
TEMPERATURE OUTPUT

【中文】一種用以計算輸入到靜電夾頭之至少一熱控制元件之功率的方法，包含下列步驟：將該至少一熱控制元件設定至第一預定功率等級；當在該第一預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，量測該至少一熱控制元件的第一溫度；將該至少一熱控制元件設定至第二預定功率等級；當在該第二預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，量測該至少一熱控制元件的第二溫度；計算該第一溫度與該第二溫度之間的差值；基於該差值，計算該至少一熱控制元件的系統響應；對該系統響應進行反演；以及基於經過反演的該系統響應，校正該至少一熱控制元件。

【英文】 A method for calculating power input to at least one thermal control element of an electrostatic chuck includes: setting the at least one thermal control element to a first predetermined power level; measuring a first temperature of the at least one thermal control element when the at least one thermal control element is powered at the first predetermined power level; setting the at least one thermal control element to a second predetermined power level; measuring a second temperature of the at least one thermal control element when the at least one thermal control element is powered at the

second predetermined power level; calculating a difference between the first temperature and the second temperature; calculating a system response of the at least one thermal control element based on the difference; inverting the system response; and calibrating the at least one thermal control element based on the inverted system response.

【指定代表圖】 圖2

【代表圖之符號簡單說明】

S101 以包含一處理器的一控制單元，將該靜電夾頭中的該至少一熱控制元件設定至第一預定功率等級

S103 當在該第一預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，以一溫度偵測器來量測該至少一熱控制元件的第一溫度

S105 以該處理器，將該至少一熱控制元件設定至第二預定功率等級

S107 當在該第二預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，以該溫度偵測器來量測該至少一熱控制元件的第二溫度

S109 計算所量測之該第一溫度與該第二溫度之間的差值

S111 基於所計算出的該差值，計算該至少一熱控制元件的系統響應

S113 對所計算出的該系統響應進行反演

S115 基於經過反演的該系統響應，校正該靜電夾頭的該至少一熱控制元件

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】一種用以計算輸入到靜電夾頭之熱控制元件的一陣列之至少一熱控制元件之功率的方法，該靜電夾頭具有可單獨控制之加熱器區域的一陣列，該方法包含下列步驟：

以包含一處理器的一控制單元，將該靜電夾頭中的該至少一熱控制元件設定至第一預定功率等級；

當在該第一預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，以一溫度偵測器來量測該至少一熱控制元件的第一溫度；

以該處理器，將該至少一熱控制元件設定至第二預定功率等級；

當在該第二預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，以該溫度偵測器來量測該至少一熱控制元件的第二溫度；

計算所量測之該第一溫度與該第二溫度之間的差值；

基於所計算出的該差值，計算該至少一熱控制元件的系統響應；

對所計算出的該系統響應進行反演；及

基於經過反演的該系統響應，校正該靜電夾頭的該至少一熱控制元件。

【第2項】如申請專利範圍第1項所述之用以計算輸入到靜電夾頭之熱控制元件的一陣列之至少一熱控制元件之功率的方法，其中該溫度偵測器為一紅外線攝影機，而該第一溫度與該第二溫度係藉由該紅外線攝影機拍攝的至少一熱影像所量測，且該方法更包含下列步驟：

運用藉由該紅外線攝影機所拍攝的該至少一熱影像來執行該靜電夾頭或一晶圓基板的二維溫度預測。

【第3項】如申請專利範圍第1項所述之用以計算輸入到靜電夾頭之熱控制元件的一陣列之至少一熱控制元件之功率的方法，其中該溫度偵測器為一紅外線攝影機，而該第一溫度與該第二溫度係藉由該紅外線攝影機拍攝的至少一熱影像所量測，且該方法更包含下列步驟：

運用藉由該紅外線攝影機所拍攝的該至少一熱影像來判定該靜電夾頭的熱輸出。

【第4項】如申請專利範圍第3項所述之用以計算輸入到靜電夾頭之熱控制元件的一陣列之至少一熱控制元件之功率的方法，更包含下列步驟：

藉由執行將 $n \times m$ 像素合而為一的合併程序，以減少該熱影像的雜訊，其中 $n$ 與 $m$ 為整數。

【第5項】如申請專利範圍第3項所述之用以計算輸入到靜電夾頭之熱控制元件的一陣列之至少一熱控制元件之功率的方法，更包含下列步驟：

藉由執行將 $2 \times 2$ 或 $3 \times 3$ 像素合而為一的合併程序，以減少該熱影像的雜訊。

【第6項】如申請專利範圍第1項所述之用以計算輸入到靜電夾頭之熱控制元件的一陣列之至少一熱控制元件之功率的方法，其中在該第一預定功率等級設定期間，將該陣列的所有熱控制元件設定至同一功率等級，並且在該第二預定功率等級設定期間，不對該陣列的所有熱控制元件提供任何功率。

【第7項】如申請專利範圍第6項所述之用以計算輸入到靜電夾頭之熱控制元件的一陣列之至少一熱控制元件之功率的方法，其中該第一預定功率等級為該熱控制元件的最大功率等級。

【第8項】如申請專利範圍第1項所述之用以計算輸入到靜電夾頭之熱控制元件的一陣列之至少一熱控制元件之功率的方法，其中該至少一熱控制元件為一群熱控制元件陣列或整個熱控制元件陣列。

【第9項】如申請專利範圍第8項所述之用以計算輸入到靜電夾頭之熱控制元件的一陣列之至少一熱控制元件之功率的方法，其中該熱控制元件陣列包含至少100個熱控制元件。

【第10項】如申請專利範圍第1項所述之用以計算輸入到靜電夾頭之熱控制元件的一陣列之至少一熱控制元件之功率的方法，其中所計算出的該系統響應為一用以判定該至少一熱控制元件之功率輸入與溫度輸出間之關係的演算法。

【第11項】如申請專利範圍第1項所述之用以計算輸入到靜電夾頭之熱控制元件的一陣列之至少一熱控制元件之功率的方法，其中所計算出的該系統響應為一矩陣。

【第12項】如申請專利範圍第11項所述之用以計算輸入到靜電夾頭之熱控制元件的一陣列之至少一熱控制元件之功率的方法，其中該矩陣包含向量。

【第13項】 如申請專利範圍第11項所述之用以計算輸入到靜電夾頭之熱控制元件的一陣列之至少一熱控制元件之功率的方法，其中該矩陣為一單位響應矩陣。

【第14項】 如申請專利範圍第11項所述之用以計算輸入到靜電夾頭之熱控制元件的一陣列之至少一熱控制元件之功率的方法，其中該矩陣的維度為熱控制元件之總數量與位於該靜電夾頭內之經過合併的像素之數量。

【第15項】 如申請專利範圍第1項所述之用以計算輸入到靜電夾頭之熱控制元件的一陣列之至少一熱控制元件之功率的方法，更包含下列步驟：

藉由下列方式來偵測該靜電夾頭的邊緣：

取得所有熱控制元件皆設定至同一功率等級的該靜電夾頭與無熱控制元件被供電的一影像之間的差值，

在該靜電夾頭的一預計中心附近開始，並且比對每一像素與其鄰近像素的值，以及

將具有最高梯度的像素判定為該邊緣。

【第16項】 如申請專利範圍第1項所述之用以計算輸入到靜電夾頭之熱控制元件的一陣列之至少一熱控制元件之功率的方法，更包含下列步驟：

偵測該靜電夾頭的邊緣。

【第17項】如申請專利範圍第1項所述之用以計算輸入到靜電夾頭之熱控制元件的一陣列之至少一熱控制元件之功率的方法，更包含下列步驟：

驗證該至少一熱控制元件的校正。

【第18項】一種儲存指令的非暫時性電腦可讀儲存媒體，當藉由一處理器來實施該等指令時執行用以計算輸入到一靜電夾頭之至少一熱控制元件之功率的方法，該靜電夾頭具有可單獨控制之加熱器區域的一陣列，該方法包含下列步驟：

將該靜電夾頭中的該至少一熱控制元件設定至第一預定功率等級；

當在該第一預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，以一溫度偵測器來量測該至少一熱控制元件的第一溫度；

將該至少一熱控制元件設定至第二預定功率等級；

當在該第二預定功率等級下對該至少一熱控制元件進行供電時，以該溫度偵測器來量測該至少一熱控制元件的第二溫度；

計算所量測之該第一溫度與該第二溫度之間的差值；

基於所計算出的該差值，計算該至少一熱控制元件的系統響應；

對所計算出的該系統響應進行反演；及

基於經過反演的該系統響應，校正該靜電夾頭的該至少一熱控制元件。

【第19項】一種在電漿處理腔室中處理半導體基板的方法，其中該半導體基板係支撐在藉由如申請專利範圍第1項所述之方法驗證的一靜電夾頭上。

【第20項】 一種在電漿蝕刻腔室中處理半導體基板的方法，其中該半導體基板係支撐在藉由如申請專利範圍第1項所述之方法驗證的一靜電夾頭上。



【發明圖式】

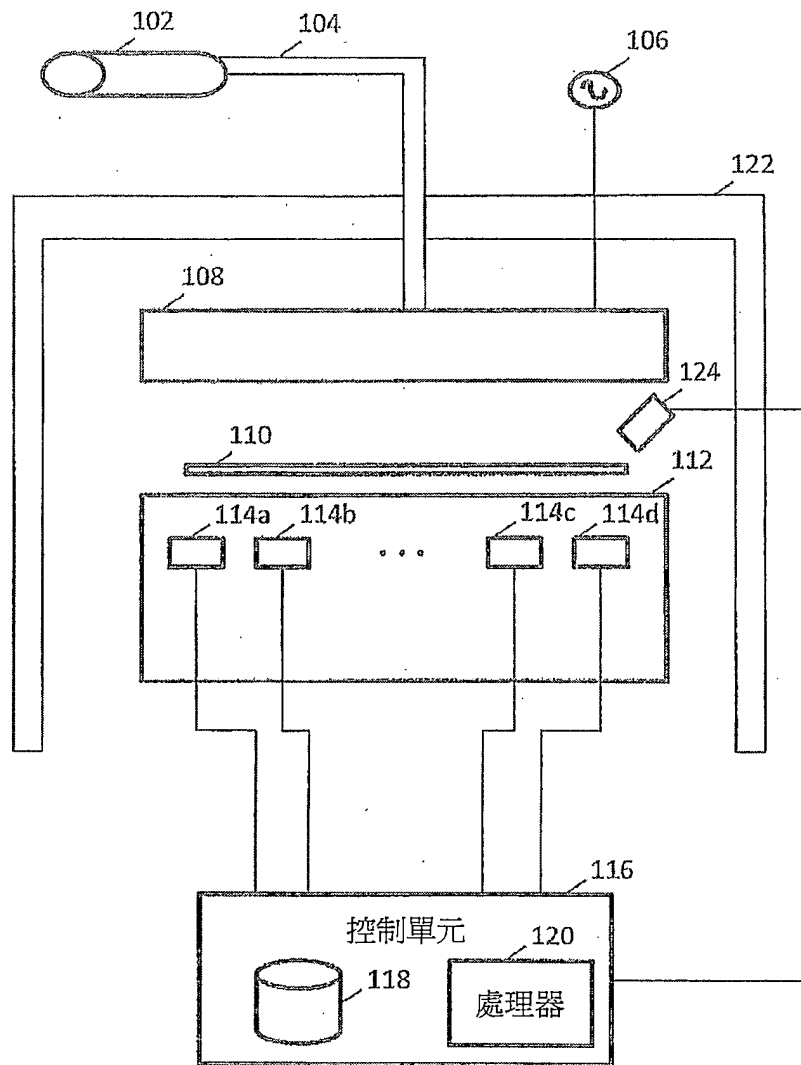


圖 1

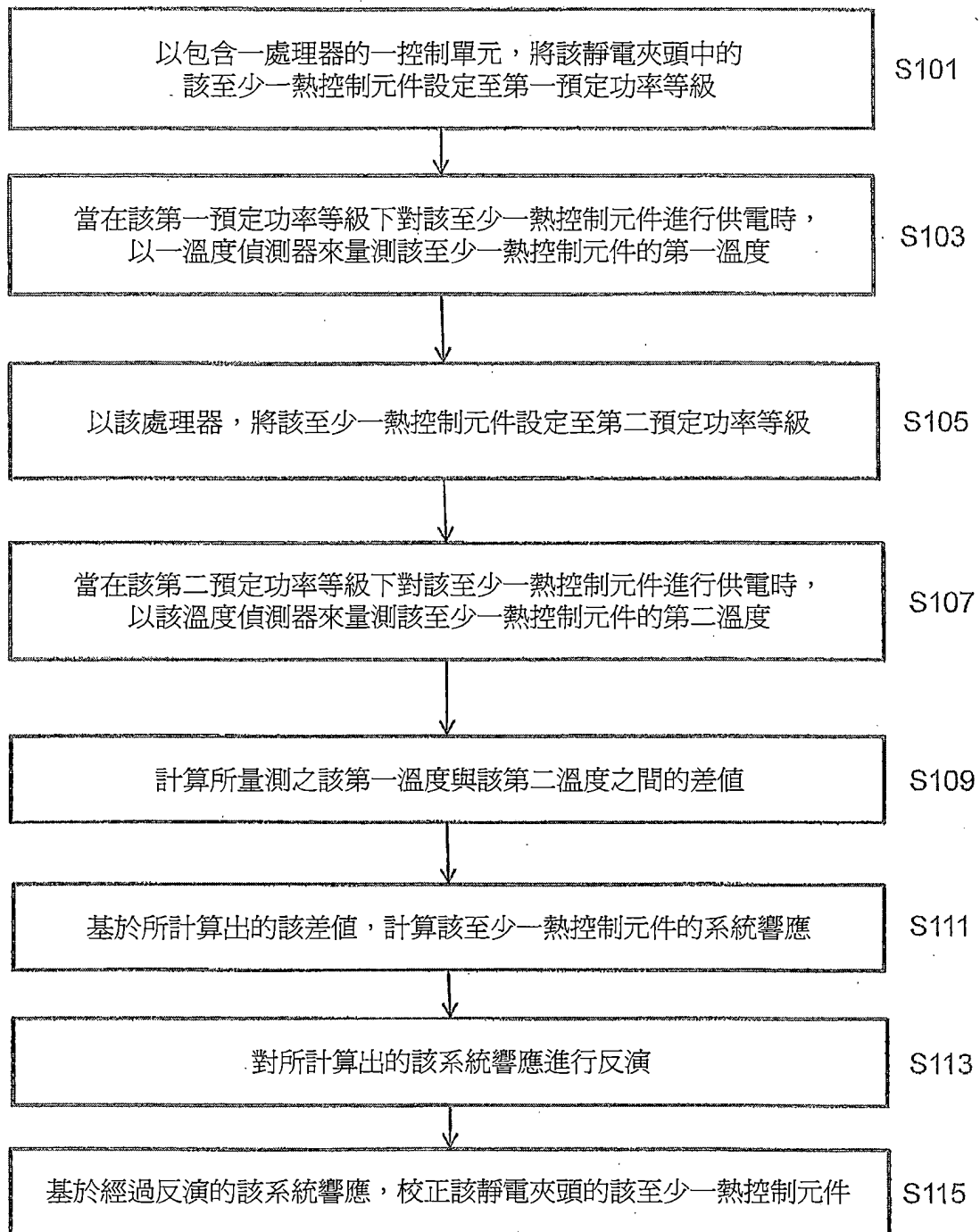


圖 2

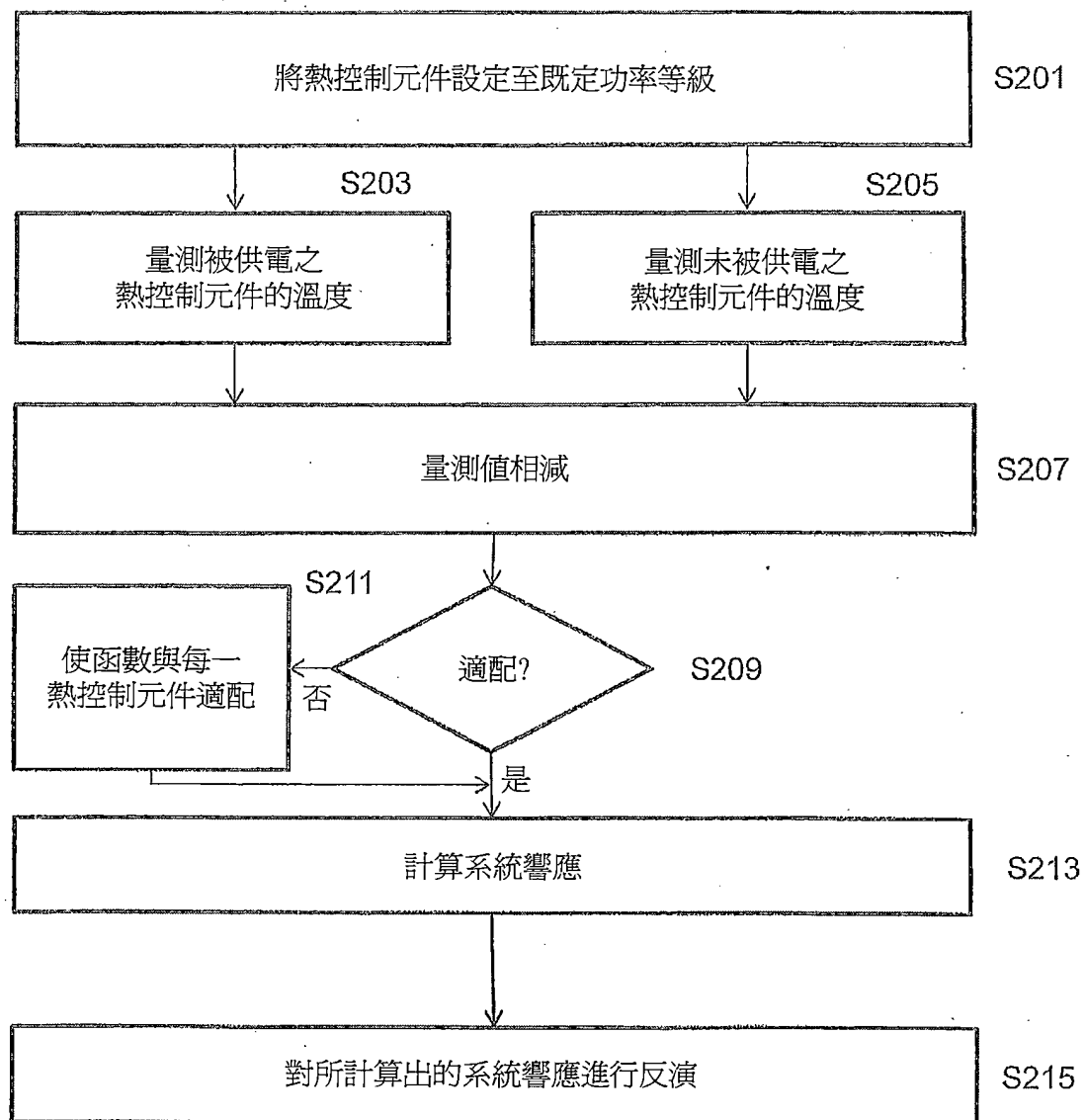


圖 3