



(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 I842882 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 05 月 21 日

(21)申請案號：109114252

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 04 月 29 日

(51)Int. Cl. : H01L21/683 (2006.01)

H01L21/3065(2006.01)

(30)優先權：2019/05/13 日本

2019-090851

(71)申請人：日商東京威力科創股份有限公司 (日本) TOKYO ELECTRON LIMITED (JP)
日本

(72)發明人：岡信介 OKA, SHINSUKE (JP)

(74)代理人：周良吉；周良謀

(56)參考文獻：

US 2007/0084847A1

US 2009/0219969A1

US 2016/0378092A1

US 2018/0102267A1

審查人員：張長軾

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：8 共 56 頁

(54)名稱

電漿處理裝置、溫度控制方法及溫度控制程式

(57)摘要

本發明之課題為以良好精度求出電漿處理中之被處理體的溫度。

本發明中，量測部對於往加熱器的供給電力進行控制，俾使加熱器的溫度保持於一定，對於從電漿點火後往加熱器供給之供給電力穩定的第一穩定狀態轉變到電漿熄滅狀態後的往加熱器供給之供給電力增加的過渡狀態、及電漿熄滅狀態下往加熱器供給之供給電力穩定的第二穩定狀態下之供給電力進行量測。參數計算部以來自電漿的熱輸入量、及被處理體與加熱器之間的熱阻為參數，對於計算出過渡狀態之供給電力的計算模型，使用量測得到之過渡狀態與第二穩定狀態的供給電力來進行擬合，而計算熱輸入量及熱阻。溫度計算部使用計算得到的熱輸入量及熱阻，來計算在第一穩定狀態之被處理體的溫度。

A plasma processing apparatus includes a stage having a placing surface on which a workpiece is accommodated; a heater provided in the stage and configured to adjust a temperature of the placing surface of the stage; and a controller. The controller is configured to control a supply power to the heater; measure the supply power in a transient state where the supply power to the heater increases and in a second steady state where the supply power to the heater is stable in an extinguished state of plasma; calculate a heat input amount and a heat resistance by performing a fitting on a calculation model that calculates the supply power in the transient state using the heat input amount from the plasma and the heat resistance between the workpiece and the heater as parameters; and calculate a temperature of the workpiece in the first steady state.

指定代表圖：

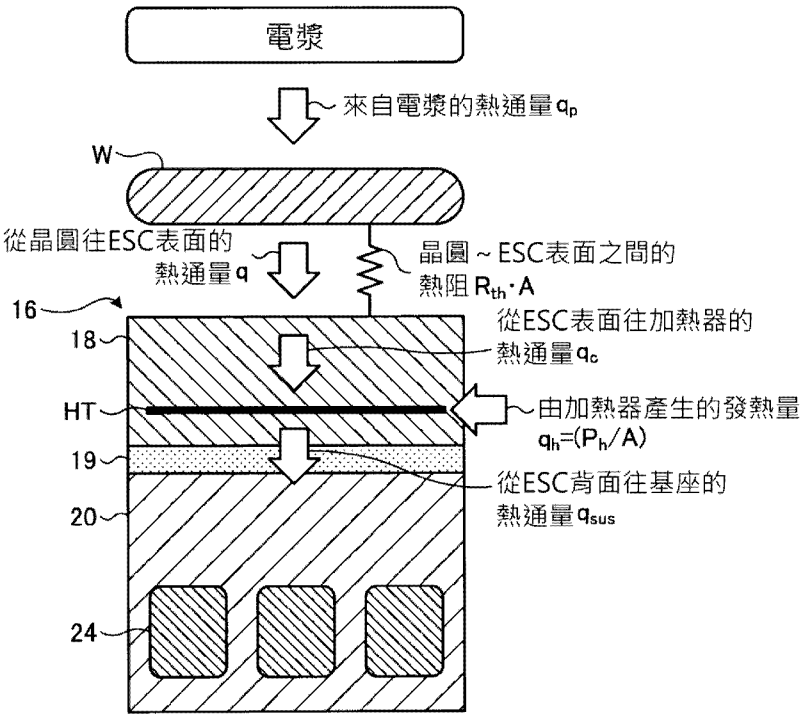


圖 4

符號簡單說明：

- 16:載置台
- 18:靜電吸盤
- 19:黏接層
- 20:基座
- 24:冷媒通道
- HT:加熱器
- W:晶圓



I842882

【發明摘要】

【中文發明名稱】電漿處理裝置、溫度控制方法及溫度控制程式

【英文發明名稱】PLASMA PROCESSING APPARATUS AND

TEMPERATURE CONTROL METHOD

【中文】

本發明之課題為以良好精度求出電漿處理中之被處理體的溫度。

本發明中，量測部對於往加熱器的供給電力進行控制，俾使加熱器的溫度保持於一定，對於從電漿點火後往加熱器供給之供給電力穩定的第一穩定狀態轉變到電漿熄滅狀態後的往加熱器供給之供給電力增加的過渡狀態、及電漿熄滅狀態下往加熱器供給之供給電力穩定的第二穩定狀態下之供給電力進行量測。參數計算部以來自電漿的熱輸入量、及被處理體與加熱器之間的熱阻為參數，對於計算出過渡狀態之供給電力的計算模型，使用量測得到之過渡狀態與第二穩定狀態的供給電力來進行擬合，而計算熱輸入量及熱阻。溫度計算部使用計算得到的熱輸入量及熱阻，來計算在第一穩定狀態之被處理體的溫度。

【英文】

A plasma processing apparatus includes a stage having a placing surface on which a workpiece is accommodated; a heater provided in the stage and configured to adjust a temperature of the placing surface of the stage; and a controller. The controller is configured to control a supply power to the heater; measure the supply power in a transient state where the supply power to the heater increases and in a second steady

state where the supply power to the heater is stable in an extinguished state of plasma; calculate a heat input amount and a heat resistance by performing a fitting on a calculation model that calculates the supply power in the transient state using the heat input amount from the plasma and the heat resistance between the workpiece and the heater as parameters; and calculate a temperature of the workpiece in the first steady state.

【指定代表圖】 圖4

【代表圖之符號簡單說明】

16:載置台

18:靜電吸盤

19:黏接層

20:基座

24:冷媒通道

HT:加熱器

W:晶圓

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 電漿處理裝置、溫度控制方法及溫度控制程式

【英文發明名稱】 PLASMA PROCESSING APPARATUS AND
TEMPERATURE CONTROL METHOD

【技術領域】

【0001】

本發明有關一種電漿處理裝置、溫度控制方法及溫度控制程式。

【先前技術】

【0002】

專利文獻1提議一種技術，於載置半導體晶圓之載置台內嵌入可進行溫度控制的加熱器，藉由加熱器進行半導體晶圓的溫度控制。

[先前技術文獻]

【0003】

[專利文獻1]日本專利公開公報2016-001688號

【發明內容】

[發明欲解決之課題]

【0004】

本發明提供一種技術，可以良好精度求出電漿處理中之被處理體的溫度。

[解決課題之手段]

【0005】

依本發明之一態樣的電漿處理裝置包含載置台、加熱器控制部、量測部、參數計算部、及溫度計算部。載置台設有可調整載置面之溫度的加熱器，該載置面供作為電漿處理之對象的被處理體載置其上。加熱器控制部對於往加熱器的供給電力進行控制，俾使加熱器達到被設定的設定溫度。量測部利用加熱器控制部對於往加熱器的供給電力進行控制，俾使加熱器的溫度保持於一定，對於從電漿點火後往加熱器供給之供給電力穩定的第一穩定狀態轉變到電漿熄滅狀態後的往加熱器供給之供給電力增加的過渡狀態、及電漿熄滅狀態下往加熱器供給之供給電力穩定的第二穩定狀態下之供給電力進行量測。參數計算部以來自電漿的熱輸入量、及被處理體與加熱器之間的熱阻為參數，對於計算出過渡狀態之供給電力的計算模型，使用以量測部量測得到之過渡狀態與第二穩定狀態的供給電力來進行擬合，而計算熱輸入量及熱阻。溫度計算部使用以參數計算部計算得到的熱輸入量及熱阻，來計算在第一穩定狀態之被處理體的溫度。

[發明之效果]

【0006】

依本發明，可以良好精度求出電漿處理中之被處理體的溫度。

【圖式簡單說明】**【0007】**

【圖1】 圖1係顯示依實施態樣之電漿處理裝置之概略構成一例的剖面圖。

【圖2】 圖2係顯示依實施態樣之載置台的俯視圖。

【圖3】圖3係顯示對於依實施態樣之電漿處理裝置進行控制的控制部之概略構成的方塊圖。

【圖4】圖4係示意地顯示依實施態樣的載置台附近之能量移動的圖式。

【圖5】圖5(A)、(B)係顯示晶圓的溫度、與往加熱器的供給電力之變化一例的圖式。

【圖6A】圖6A係示意地顯示在圖5之期間T3的載置台附近之能量移動的圖式。

【圖6B】圖6B係示意地顯示在圖5之期間T4的載置台附近之能量移動的圖式。

【圖6C】圖6C係示意地顯示在圖5之期間T5的載置台附近之能量移動的圖式。

【圖7】圖7係顯示因為晶圓W與靜電吸盤表面之間的熱阻變化而使得在期間T4往加熱器HT供給的供給電力產生變化之一例的圖式。

【圖8】圖8係顯示依實施態樣之溫度控制方法之流程一例的流程圖。

【實施方式】

【0008】

以下參照圖式，詳細說明本案揭示的電漿處理裝置、溫度控制方法及溫度控制程式之實施態樣。在本發明中，作為電漿處理裝置之具體例子，以進行電漿蝕刻的裝置為例，進行詳細的說明。又，依本實施態樣揭示的電漿處理裝置、溫度控制方法及溫度控制程式並非限定性之態樣。

【0009】

話說回來，已有一種電漿處理裝置，使用電漿對半導體晶圓(以下亦稱「晶圓」)等之被處理體進行蝕刻等之電漿處理。於此電漿處理裝置，在蝕刻製程中，晶圓溫度為重要的參數之一。

【0010】

然而，在電漿處理中，有熱能從電漿往晶圓輸入。因此，在電漿處理裝置中，有時無法以良好精度求出電漿處理中之晶圓的溫度。

【0011】

因此，人們期待一種技術，其在電漿處理裝置中，可以良好精度求出電漿處理中之被處理體的溫度。

【0012】

[電漿處理裝置的構成]

首先，對於依實施態樣之電漿處理裝置10的構成進行說明。圖1係顯示依實施態樣之電漿處理裝置的概略構成之一例的剖面圖。圖1概略地顯示依實施態樣之電漿處理裝置10在縱剖面上的構造。圖1所示之電漿處理裝置10為電容耦合型平行板電漿蝕刻裝置。此電漿處理裝置10具備大致圓筒狀的處理容器12。處理容器12例如由鋁構成。又，處理容器12之表面施加了陽極氧化處理。

【0013】

在處理容器12內設有載置台16。載置台16包含靜電吸盤18及基座20。靜電吸盤18之頂面作為將電漿處理之對象亦即被處理體進行載置之載置面。在本實施態樣中，將晶圓W載置於靜電吸盤18之頂面作為被處理體。基座20形成大致圓盤狀，基座20之主要部分由例如稱為鋁之導電性金屬構成。基座20構成下部

電極，並藉由支持部14支持。又，支持部14係從處理容器12之底部延伸的圓筒狀構件。

【0014】

基座20經由匹配器MU1電性連接有第一射頻電源HFS。第一射頻電源HFS為產生電漿生成用之射頻功率的電源，產生頻率為27~100MHz之射頻功率，例如40MHz之射頻功率。藉此，在基座20之正上方生成電漿。匹配器MU1具有電路，該電路用以使第一射頻電源HFS之輸出阻抗與負載側(基座20側)之輸入阻抗互相匹配。

【0015】

又，基座20經由匹配器MU2電性連接有第二射頻電源LFS。第二射頻電源LFS產生用以將離子導入於晶圓W之射頻功率(射頻偏壓功率)，而將該射頻偏壓功率供給至基座20。藉此，在基座20產生偏壓電位。射頻偏壓功率的頻率為400kHz~13.56MHz之範圍內的頻率，例如3MHz。匹配器MU2具有電路，該電路用以使第二射頻電源LFS之輸出阻抗與負載側(基座20側)之輸入阻抗互相匹配。

【0016】

在基座20上設有靜電吸盤18。靜電吸盤18以庫侖力等之靜電力吸附晶圓W，並固持該晶圓W。靜電吸盤18在陶瓷製之本體部內設有靜電吸附用的電極E1。電極E1經由開關SW1電性連接有直流電源22。將晶圓W固持的吸附力取決於從直流電源22施加之直流電壓的值。

【0017】

在基座20之頂面上且靜電吸盤18之周圍，配置對焦環FR。對焦環FR之設置目的係為了提高電漿處理的均一性。對焦環FR由因應於須執行之電漿處理而適當選擇的材料構成。例如，對焦環FR由矽或石英構成。

【0018】

在基座20之內部形成有冷媒通道24。從設在處理容器12之外部的急冷器單元，將冷媒經由配管26a供給至冷媒通道24。供給至冷媒通道24的冷媒，再經由配管26b回到急冷器單元。

【0019】

在處理容器12內設有上部電極30。上部電極30於載置台16的上方，與基座20對向配置。基座20與上部電極30彼此大致平行設置。

【0020】

上部電極30以絕緣性遮蔽構件32支持於處理容器12的上部。上部電極30包含電極板34與電極支持體36。電極板34面向處理空間S，形成有複數之氣體噴吐孔34a。電極板34由焦耳熱少且阻抗低的導電體或半導體構成。

【0021】

電極支持體36以可任意裝卸之方式支持電極板34。電極支持體36由例如稱為鋁之導電性材料構成。電極支持體36具有水冷構造亦可。在電極支持體36的內部設有氣體擴散室36a。於電極支持體36中，連通於氣體噴吐孔34a的複數之氣體流通孔36b從氣體擴散室36a往下方延伸。又，於電極支持體36形成有氣體導入口36c，其將處理氣體引導至氣體擴散室36a。氣體導入口36c連接有氣體供給管38。

【0022】

氣體供給管38經由閥群42及流量控制器群44連接有氣體源群40。閥群42具有複數之開閉閥。流量控制器群44具有稱為質量流量控制器的複數之流量控制器。又，氣體源群40具有電漿處理需要的複數種之氣體用的氣體源。氣體源群40的複數之氣體源經由對應之開閉閥及對應之質量流量控制器，而連接於氣體供給管38。

【0023】

在電漿處理裝置10中，將一種以上的氣體供給至氣體供給管38，該一種以上的氣體來自從氣體源群40之複數氣體源中選出的一種以上的氣體源。供給至氣體供給管38的氣體到達至氣體擴散室36a，而經由氣體流通孔36b及氣體噴吐孔34a噴吐至處理空間S。

【0024】

又，如圖1所示，電漿處理裝置10更具有接地導體12a。接地導體12a為大致圓筒狀的接地導體，以從處理容器12之側壁延伸至相較於上部電極30之高度位置更上方的方式設置。

【0025】

又，在電漿處理裝置10中，沉積物屏蔽46沿著處理容器12之內壁以可任意裝卸的方式設置。又，沉積物屏蔽46亦設置於支持部14之外周。沉積物屏蔽46係防止蝕刻副產物(沉積物)附著於處理容器12，藉由在鋁材被覆 Y_2O_3 等之陶瓷而構成。

【0026】

於處理容器12之底部側，在支持部14與處理容器12的內壁之間設有排氣板48。排氣板48藉由例如在鋁材被覆 Y_2O_3 等之陶瓷而構成。於此排氣板48之下

方，在處理容器12設有排氣口12e。排氣口12e經由排氣管52連接有排氣裝置50。排氣裝置50具有渦輪分子泵等之真空泵，可將處理容器12內減壓至所希望之真空度為止。又，在處理容器12之側壁設有晶圓W的搬入搬出口12g。搬入搬出口12g藉由閘閥54可進行開閉。

【0027】

如上述構成之電漿處理裝置10，其動作以控制部100整合性地控制。此控制部100例如為電腦，將電漿處理裝置10之各部進行控制。電漿處理裝置10之動作以控制部100整合性地控制。

【0028】

[載置台之構成]

接著，針對載置台16進行詳細的說明。圖2係顯示依實施態樣之載置台的俯視圖。如上述，載置台16包含靜電吸盤18及基座20。靜電吸盤18具有陶瓷製的本體部18m。本體部18m形成大致圓盤狀。本體部18m包含載置區域18a及外周區域18b。載置區域18a為俯視觀察大致圓形的區域。在載置區域18a之頂面上載置晶圓W。亦即，載置區域18a之頂面發揮作為載置晶圓W之載置面的功能。在外周區域18b之頂面上載置對焦環FR。載置區域18a之直徑與晶圓W之直徑大致相同或稍微小於晶圓W之直徑。外周區域18b為包圍載置區域18a的區域，延伸成大致環狀。在本實施態樣中，外周區域18b之頂面位在低於載置區域18a之頂面的位置。

【0029】

靜電吸盤18在載置區域18a內具有靜電吸附用的電極E1。電極E1如上述，經由開關SW1連接於直流電源22。

【0030】

又，在載置區域18a內且電極E1的下方，設有複數之加熱器HT。於本實施態樣中，載置區域18a分割成複數之分割區域，在各個分割區域設有加熱器HT。例如圖2所示，載置區域18a分割成中央之圓形區域內、及包圍該圓形區域的同心圓狀之複數個環狀區域，並設置複數之加熱器HT。又，複數之環狀區域各自在周向上也分割，並在周向上配置有複數之加熱器HT。又，圖2所示之分割區域的分割方法為一例，不限定於此。載置區域18a分割成更多的分割區域亦可。例如，載置區域18a亦可分割成越靠近外周其角幅越小且徑向寬度越窄的分割區域。又，將加熱器HT設在外周區域18b來控制對焦環FR的溫度亦可。

【0031】

各分割區域的加熱器HT藉由設在基座20之未圖示的配線，而個別連接於圖1所示之加熱器電源HP。加熱器電源HP係在控制部100的控制下，對各加熱器HT供給經過個別調整後的電力。藉此，將各加熱器HT發出的熱能加以個別控制，而對載置區域18a內之複數個分割區域的溫度進行個別的調整。

【0032】

在加熱器電源HP設有電力檢測部PD，其對於往各加熱器HT供給的供給電力進行檢測。又，電力檢測部PD不設在加熱器電源HP，而設在從加熱器電源HP往各加熱器HT之電力流動其中的配線亦可。電力檢測部PD對於往各加熱器HT供給的供給電力進行檢測。例如，電力檢測部PD檢測出電力量[W]，作為往各加熱器HT供給的供給電力。加熱器HT依電力量而發熱。因此，往加熱器HT供給的電力量表示加熱器功率。又，電力檢測部PD將電力資料通知予控制部100，該電力資料顯示出檢測得到之往各加熱器HT的供給電力。

【0033】

又，載置台16在載置區域18a之各分割區域分別設有未圖示的溫度感測器，其等可檢測出加熱器HT的溫度。溫度感測器為可測定不同於加熱器HT之其他溫度的元件亦可。又，溫度感測器配置於往加熱器HT移動之電力流動其中的配線，利用主要金屬之電阻具有與溫度上升成比例而增大的性質，對作用在加熱器HT之電壓、電流進行測定而求出電阻值，並從該電阻值檢測出溫度亦可。又，將以各溫度感測器檢測得到的感測值輸送至溫度測定器TD。溫度測定器TD從各感測值將載置區域18a的各分割區域之溫度進行測定。溫度測定器TD將顯示載置區域18a的各分割區域之溫度的溫度資料加以通知予控制部100。

【0034】

另外，以未圖示的傳熱氣體供給機構及氣體供給管線，將傳熱氣體例如He氣供給至靜電吸盤18之頂面與晶圓W之背面兩者之間亦可。

【0035】**[控制部之構成]**

接著，對控制部100進行詳細的說明。圖3係顯示對於依實施態樣之電漿處理裝置進行控制的控制部之概略構成的方塊圖。控制部100例如為電腦，設有外部介面101、製程控制器102、使用者介面103、及儲存部104。

【0036】

外部介面101可與電漿處理裝置10的各部進行通信，輸入輸出各種資料。例如，顯示往各加熱器HT供給之供給電力的電力資料，係從電力檢測部PD輸入至外部介面101。顯示載置區域18a的各分割區域之溫度的溫度資料，係從溫度測

定器TD輸入至外部介面101。又，對於往各加熱器HT供給之供給電力進行控制的控制資料，外部介面101將其往加熱器電源HP輸出。

【0037】

製程控制器102具備CPU(Central Processing Unit，中央處理單元)，對電漿處理裝置10的各部進行控制。

【0038】

為了讓製程管制者對電漿處理裝置10進行管制，使用者介面103由下列部分等構成：鍵盤，進行指令的輸入操作；或顯示器，將電漿處理裝置10的運轉狀況可視化而顯示出來。

【0039】

儲存部104儲存有：控制程式(軟體)，用以在製程控制器102的控制下，實現以電漿處理裝置10執行的各種處理；或配方，記憶有處理條件資料等。又，儲存部104儲存著關於在進行電漿處理上之裝置或製程的參數等。又，控制程式或配方儲存於電腦可讀取之電腦記錄媒體(例如硬碟、DVD等之光碟、軟性磁碟、半導體記憶體等)亦可。另外，控制程式或處理條件資料等之配方儲存於其他裝置，例如藉由專用電路隨時傳送而直接連線進行利用亦可。

【0040】

製程控制器102具有用以儲存程式或資料的內部記憶體，將儲存於儲存部104的控制程式讀取出來，並執行所讀取之控制程式的處理。製程控制器102藉由控制程式的動作，而發揮作為各種處理部的功能。例如，製程控制器102具有加熱器控制部102a、量測部102b、參數計算部102c、溫度計算部102d、及輸出控

制部102e的功能。又，加熱器控制部102a、量測部102b、參數計算部102c、溫度計算部102d、及輸出控制部102e的各功能以複數之控制器來分開實現亦可。

【0041】

話說回來，在電漿處理中，處理的進行依晶圓W的溫度有所變化。例如，在電漿蝕刻中，依晶圓W的溫度，而蝕刻的進行速度有所變化。因此，在電漿處理裝置10中，一般會利用各加熱器HT將晶圓W的溫度控制在目標溫度。

【0042】

然而，在電漿處理中，有熱能從電漿往晶圓W輸入。因此，電漿處理裝置10有時無法將電漿處理中之晶圓W的溫度加以精度良好地控制在目標溫度。

【0043】

接著，針對影響晶圓W之溫度的載置台16附近之能量移動進行說明。圖4係示意地顯示依實施態樣的載置台16附近之能量移動的圖式。在圖4中，簡略地顯示晶圓W及包含靜電吸盤(ESC)18的載置台16。圖4之例子係針對靜電吸盤18之載置區域18a的一個分割區域，而顯示對於晶圓W之溫度產生影響的能量移動。載置台16包含靜電吸盤18及基座20。靜電吸盤18與基座20以黏接層19黏接起來。在靜電吸盤18之載置區域18a的內部設有加熱器HT。在基座20之內部，形成有冷媒流動其中的冷媒通道24。

【0044】

加熱器HT依從加熱器電源HP供給過來的供給電力進行發熱，而溫度上升。在圖4中，將往加熱器HT供給的供給電力顯示為加熱器功率 P_h 。又，加熱器HT產生了將加熱器功率 P_h 除以靜電吸盤18之設有加熱器HT的分割區域之面積A而得的每單位面積之發熱量(熱通量) q_h 。

【0045】

又，在進行電漿處理時，晶圓W因為有熱能從電漿輸入，而溫度上升。在圖4中顯示的熱通量 q_p ，乃是將從電漿往晶圓W移動的熱輸入量除以晶圓W之面積而得的每單位面積之來自電漿的熱通量。

【0046】

吾人知曉，來自電漿的熱能輸入，係主要和往晶圓W照射之電漿中的離子量、與用以將電漿中的離子導入於晶圓W之偏壓電位兩者的乘積成比例。往晶圓W照射之電漿中的離子量，係和電漿的電子密度成比例。電漿的電子密度，係和為了生成電漿而施加之來自第一射頻電源HFS的電漿生成用射頻功率成比例。又，電漿的電子密度取決於處理容器12內的壓力。用以將電漿中的離子導入於晶圓W之偏壓電位，係和為了產生偏壓電位而施加之來自第二射頻電源LFS的射頻偏壓功率成比例。又，用以將電漿中的離子導入於晶圓W之偏壓電位取決於處理容器12內的壓力。另外，在射頻偏壓功率未施加於載置台16時，藉由在生成電漿時產生的電漿電位(plasma potential)與載置台16的電位差，而將離子導入於載置台。

【0047】

又，來自電漿的熱能輸入包含：電漿發光而進行的加熱或電漿中之電子或自由基對晶圓W的照射、離子與自由基所進行的晶圓W上之表面反應等。此等組成部分亦取決於電漿生成用射頻功率或射頻偏壓功率、壓力。又，來自電漿的熱能輸入另外還取決於有關電漿生成的裝置參數。例如，載置台16與上部電極30的間隔距離或供給至處理空間S的氣體種類。

【0048】

傳遞至晶圓W的熱能再傳遞至靜電吸盤18。在此，晶圓W的熱能並非全部傳遞至靜電吸盤18，乃是依晶圓W與靜電吸盤18之接觸程度等熱能傳遞難度，而傳遞至靜電吸盤18。熱能傳遞難度亦即熱阻，係與相對於熱能傳熱方向的剖面積成反比。因此，在圖4中，將從晶圓W往靜電吸盤18表面之熱能的傳遞難度顯示為，晶圓W與靜電吸盤18表面之間的每單位面積之熱阻 $R_{th} \cdot A$ 。又，A為設有加熱器HT之分割區域的面積。 R_{th} 為在設有加熱器HT之分割區域整體的熱阻。又，在圖4中，將從晶圓W往靜電吸盤18表面的熱輸入量顯示為，從晶圓W往靜電吸盤18表面之每單位面積的熱通量 q 。熱阻 $R_{th} \cdot A$ 取決於：靜電吸盤18的表面狀態、為了固持晶圓W而從直流電源22施加過來之直流電壓的值、及供給至靜電吸盤18頂面與晶圓W的背面之間的傳熱氣體的壓力。又，熱阻 $R_{th} \cdot A$ 另外還取決於有關熱阻或導熱係數的裝置參數。

【0049】

傳遞至靜電吸盤18之表面的熱能使靜電吸盤18的溫度上升，進一步傳遞至加熱器HT。在圖4中，將從靜電吸盤18表面往加熱器HT的熱輸入量顯示為，從靜電吸盤18表面往加熱器HT的每單位面積之熱通量 q_c 。

【0050】

另一方面，基座20以流過冷媒通道24的冷媒進行冷卻，並將接觸的靜電吸盤18冷卻。此時，在圖4中，將從靜電吸盤18之背面通過黏接層19往基座20的排熱量顯示為，從靜電吸盤18之背面往基座20的每單位面積之熱通量 q_{sus} 。藉此，加熱器HT藉由除熱而冷卻，溫度降低。

【0051】

以加熱器HT之溫度保持於一定的方式進行控制時，加熱器HT所處的狀態為，傳遞至加熱器HT之熱能之熱輸入量及加熱器HT產生之發熱量的總和、與從加熱器HT移除的排熱量兩者相等。

【0052】

因此，以加熱器HT之溫度保持於一定的方式進行控制時，往加熱器HT的供給電力係依從靜電吸盤18側傳遞過來的熱量而變化。

【0053】

圖5係顯示晶圓W的溫度、與往加熱器HT的供給電力之變化一例的圖式。圖5(A)顯示晶圓W之溫度的變化。圖5(B)顯示往加熱器HT之供給電力的變化。圖5顯示的結果為一例，該結果係以加熱器HT之溫度保持於一定的方式進行控制，自未將電漿點火的狀態，轉變為已將電漿點火的狀態，然後轉變為已將電漿熄滅的狀態，而對晶圓W的溫度、和往加熱器HT的供給電力進行測定而得。晶圓W的溫度係使用由科磊(KLA-Tencor)公司販售之Etch Temp等的溫度量測用晶圓進行量測而得。此溫度量測用晶圓的價格昂貴。因此，於量產現場，若在電漿處理裝置10之各加熱器HT的溫度調整上使用溫度量測用晶圓，會提高成本。又，於量產現場，若在電漿處理裝置10之各加熱器HT的溫度調整上使用溫度量測用晶圓，生產力會降低。

【0054】

圖5之期間T1係未將電漿點火的未點火狀態。在期間T1中，往加熱器HT的供給電力穩定維持於一定。圖5之期間T2及期間T3係已將電漿點火的點火狀態。點火狀態有兩種：如期間T2所示，晶圓W之溫度有上升傾向的過渡狀態；如期間T3所示，晶圓W之溫度穩定維持於一定的穩定狀態。在期間T2中，往加熱器

HT的供給電力下降。又，在期間T2中，晶圓W的溫度上升至一定溫度為止。期間T3係晶圓W之溫度穩定維持於一定的狀態，往加熱器HT的供給電力亦大致穩定維持於一定。

【0055】

圖5之期間T4及期間T5係已將電漿熄滅的未點火狀態。點火狀態後的未點火狀態有兩種：如期間T4所示，晶圓W之溫度有下降傾向的過渡狀態；如期間T5所示，晶圓W之溫度穩定維持於一定的穩定狀態。在期間T4中，往加熱器HT的供給電力上升。又，在期間T4中，晶圓W的溫度下降至一定溫度為止。期間T5係晶圓W之溫度穩定維持於一定的狀態，往加熱器HT的供給電力亦大致穩定維持於一定。

【0056】

在本實施態樣中，期間T3所示的電漿點火狀態下往加熱器HT之供給電力穩定的穩定狀態對應於第一穩定狀態。又，期間T1或期間T5所示的電漿熄滅狀態下往加熱器HT之供給電力穩定的穩定狀態對應於第二穩定狀態。

【0057】

在此，針對在期間T3～T5的載置台16附近之能量移動進行說明。圖6A係示意地顯示在圖5之期間T3的載置台16附近之能量移動的圖式。在圖6A的例子中，從基座20進行冷卻，藉以從加熱器HT移除「100」的熱量。在期間T3中，由於電漿點火，因此電漿的熱能往晶圓W輸入。在圖6A的例子中，「80」的熱量從電漿往晶圓W傳遞。傳遞至晶圓W的熱能又傳遞至靜電吸盤18。又，如期間T3般，為晶圓W之溫度穩定維持於一定的穩定狀態時，晶圓W處於熱輸入量與熱輸出量相等的狀態。因此，從電漿傳遞至晶圓W之「80」的熱量，從晶圓W傳遞往

靜電吸盤18的表面。傳遞至靜電吸盤18之表面的熱能，又傳遞至加熱器HT。靜電吸盤18的溫度處於穩定狀態時，靜電吸盤18的熱輸入量與其熱輸出量相等。因此，傳遞至靜電吸盤18之表面的「80」的熱量傳遞至加熱器HT。以加熱器HT之溫度保持於一定的方式進行控制時，加熱器HT所處的狀態為，傳遞至加熱器HT之熱能之熱輸入量及加熱器HT產生之發熱量的總和、與從加熱器HT移除的排熱量兩者相等。因此，以加熱器HT之溫度保持於一定的方式進行控制時，對於加熱器HT，從加熱器電源HP以加熱器功率 P_h 供給「20」的熱量。

【0058】

圖6B係示意地顯示在圖5之期間T4的載置台16附近之能量移動的圖式。又，在過渡狀態下，依晶圓W與靜電吸盤18之表面間的熱阻，而能量移動有所變化。圖6B分開顯示熱阻小的情形與熱阻大的情形。在過渡狀態下，依晶圓W與靜電吸盤18之間的熱阻，而能量移動有所變化。在圖6B的例子中，亦從基座20進行冷卻，藉以從加熱器HT移除「100」的熱量。在期間T4中，由於電漿熄滅了，因此沒有熱能從電漿往晶圓W輸入。

【0059】

例如，於圖6B中，在設定為「熱阻：小」的例子，有「60」的熱量從晶圓W傳遞往靜電吸盤18的表面。又，傳遞至靜電吸盤18之表面的「60」的熱量當中，有「40」的熱量傳遞至加熱器HT。以加熱器HT之溫度保持於一定的方式進行控制時，對於加熱器HT，從加熱器電源HP以加熱器功率 P_h 供給「60」的熱量。

【0060】

另一方面，於圖6B中，在設定為「熱阻：大」的例子，有「30」的熱量從晶圓W傳遞往靜電吸盤18的表面。又，傳遞至靜電吸盤18之表面的「30」的熱

量當中，有「20」的熱量傳遞至加熱器HT。以加熱器HT之溫度保持於一定的方式進行控制時，對於加熱器HT，從加熱器電源HP以加熱器功率 P_h 供給「80」的熱量。

【0061】

圖6C係示意地顯示在圖5之期間T5的載置台16附近之能量移動的圖式。又，圖5之期間T1的載置台16附近之能量移動係與期間T5相同。在圖6C的例子中，亦從基座20進行冷卻，藉以從加熱器HT移除「100」的熱量。以加熱器HT之溫度保持於一定的方式進行控制時，對於加熱器HT，從加熱器電源HP以加熱器功率 P_h 產生「100」的熱量。

【0062】

如圖6B所示，將加熱器HT的溫度控制於一定時，依從電漿往晶圓W的熱輸入量、或晶圓W與靜電吸盤18表面之間的熱阻，而加熱器功率 P_h 有所變化。因此，依在電漿點火之際從電漿往晶圓W的熱輸入量、或晶圓W與靜電吸盤18表面之間的熱阻等，使得在期間T4往加熱器HT供給之供給電力的上升傾向有所變化。

【0063】

又，如圖6A、圖6B及圖6C所示，以加熱器HT之溫度保持於一定的方式進行控制時，「T3：電漿點火狀態」、「T4：過渡狀態」、「T：5穩定狀態」之任一狀態，均從基座20進行冷卻，藉以從加熱器HT移除「100」的熱量。

亦即，冷媒通道24形成於基座20的內部，從加熱器HT傳向被供給至冷媒通道24之冷媒的每單位面積之熱通量 q_{sus} 總是保持於一定，從加熱器HT到冷媒為止的溫度梯度也總是保持於一定。因此，為了以加熱器HT之溫度保持於一定

的方式進行控制而使用的溫度感測器，並非必須直接安裝於加熱器HT。例如，靜電吸盤18的背面、黏接層19中、基座20的內部等，只要是加熱器HT到冷媒之間，加熱器HT與溫度感測器之間的溫度差也總是保持於一定。使用位於加熱器HT與溫度感測器之間的材質具有的導熱係數、熱阻等，來計算出溫度感測器與加熱器HT之間的溫度差(ΔT)，而在以溫度感測器檢測得到的溫度值加上溫度差(ΔT)，藉此可輸出為加熱器HT的溫度，以加熱器HT之實際溫度保持於一定的方式進行控制。

【0064】

圖7係顯示因為晶圓W與靜電吸盤18表面之間的熱阻變化而使得在期間T4往加熱器HT供給的供給電力產生變化之一例的圖式。例如，在期間T4往加熱器HT供給的電力量，其在晶圓W與靜電吸盤18表面之間的熱阻較小時，如實線所示般變化，在晶圓W與靜電吸盤18表面之間的熱阻較大時，如虛線所示，變化有所緩和。

【0065】

因此，在期間T4往加熱器HT供給之供給電力的圖形，能以從電漿往晶圓W的熱輸入量、或晶圓W與靜電吸盤18表面之間的熱阻為參數，而進行模型化。亦即，在期間T4往加熱器HT供給之供給電力的變化，能以從電漿往晶圓W的熱輸入量、或晶圓W與靜電吸盤18表面之間的熱阻為參數，而利用運算式進行模型化。

【0066】

在本實施態樣中，將在圖5之期間T4往加熱器HT供給之供給電力的變化，以每單位面積的公式進行模型化。例如，以t表示電漿熄滅之後的經過時間，以

$P_{h(t)}$ 表示在經過時間 t 的加熱器功率 P_h ，以 $q_{h(t)}$ 表示在經過時間 t 的每單位面積之來自加熱器HT的發熱量 q_h 。此時，將在經過時間 t 的每單位面積之來自加熱器HT的發熱量 $q_{h(t)}$ 表示如下述公式(2)。又，將在電漿熄滅之穩定狀態下的每單位面積之來自加熱器HT的發熱量 q_{h_off} 表示如下述公式(3)。又，將靜電吸盤18表面與加熱器之間的每單位面積之熱阻 $R_{thc} \cdot A$ 表示如下述公式(4)。熱通量 q_p 在電漿點火的情形、與電漿未點火的情形有所變化。以熱通量 q_{p_on} 表示，在電漿點火之際從電漿往晶圓W移動的每單位面積之熱通量 q_p 。以從電漿往晶圓W移動的每單位面積之熱通量 q_{p_on} 、及晶圓W與靜電吸盤18表面之間的每單位面積之熱阻 $R_{th} \cdot A$ 為參數，將 a_1 、 a_2 、 a_3 、 λ_1 、 λ_2 、 τ_1 、 τ_2 表示如以下的公式(5)～(11)。此時，將有來自電漿之熱通量時的每單位面積之來自加熱器HT的發熱量 $q_{h(t)}$ 表示如下述公式(1)。

【0067】

【數學式1】

$$q_{h(t)} = q_{h_off} + \frac{R_{th} \cdot A \cdot q_{p_on}}{R_{thc} \cdot A \cdot (\lambda_1 - \lambda_2)} \left\{ \left(1 + \frac{a_2 + a_3}{a_1 \cdot a_3} \cdot \lambda_2 \right) (2a_1 + 3\lambda_1) \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) - \left(1 + \frac{a_2 + a_3}{a_1 \cdot a_3} \cdot \lambda_1 \right) (2a_1 + 3\lambda_2) \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right) \right\} \dots (1)$$

$$q_{h(t)} = \frac{P_{h(t)}}{A} \dots (2)$$

$$q_{h_off} = \frac{P_{h_off}}{A} \dots (3)$$

$$R_{thc} \cdot A = \frac{z_c}{\kappa_c} \dots (4)$$

$$a_1 = \frac{1}{\rho_w \cdot C_w \cdot z_w \cdot R_{th} \cdot A} \dots (5)$$

$$a_2 = \frac{2}{\rho_c \cdot C_c \cdot z_c \cdot R_{th} \cdot A} \dots (6)$$

$$a_3 = \frac{2}{\rho_c \cdot C_c \cdot z_c \cdot R_{thc} \cdot A} \dots (7)$$

$$\lambda_1 = \frac{1}{2} \left\{ - (a_1 + 2a_2 + 2a_3) + \sqrt{(a_1 + 2a_2 + 2a_3)^2 - 8a_1a_3} \right\} \dots (8)$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{2} \left\{ - (a_1 + 2a_2 + 2a_3) - \sqrt{(a_1 + 2a_2 + 2a_3)^2 - 8a_1a_3} \right\} \dots (9)$$

$$\tau_1 = -\frac{1}{\lambda_1} \dots (10)$$

$$\tau_2 = -\frac{1}{\lambda_2} \dots (11)$$

【0068】

在此，

$P_{h(t)}$ 為在經過時間 t 的加熱器功率[W]。

P_{h_off} 為在電漿熄滅之穩定狀態(沒有來自電漿之熱通量的穩定狀態)下的加熱器功率[W/m²]。

$q_{h(t)}$ 為在經過時間 t 的每單位面積之來自加熱器HT的發熱量[W/m²]。

q_{h_off} 為在電漿熄滅之穩定狀態下的每單位面積之來自加熱器HT的發熱量[W/m²]。

$R_{th} \cdot A$ 為晶圓W與靜電吸盤18表面之間的每單位面積之熱阻[K · m²/W]。

$R_{thc} \cdot A$ 為靜電吸盤18表面與加熱器HT之間的每單位面積之熱阻[K · m²/W]。

A 為設有加熱器HT之區域的面積[m²]。

ρ_w 為晶圓W的密度[kg/m³]。

C_w 為晶圓W之每單位面積的熱容量[J/K · m²]。

z_w 為晶圓W的厚度[m]。

ρ_c 為構成靜電吸盤18之陶瓷的密度[kg/m³]。

C_c 為構成靜電吸盤18之陶瓷的每單位面積之熱容量[J/K · m²]。

z_c 為從靜電吸盤18之表面到加熱器HT為止的距離[m]。

κ_c 為構成靜電吸盤18之陶瓷的導熱係數[W/K · m]。

t 為電漿熄滅之後的經過時間[sec]。

【0069】

就公式(5)所示的 a_1 而言， $1/a_1$ 為顯示晶圓W之受熱難度的時間常數。就公式(6)所示的 a_2 而言， $1/a_2$ 為顯示靜電吸盤18之熱能進入難度、受熱難度的

時間常數。就公式(7)所示的 a_3 而言， $1/a_3$ 為顯示靜電吸盤18之熱能滲透難度、受熱難度的時間常數。

【0070】

晶圓W的密度 ρ_w 、晶圓W之每單位面積的熱容量 C_w 、晶圓W的厚度 z_w ，依晶圓W的實際構成而分別已定。加熱器HT的面積A、及從靜電吸盤18之表面到加熱器HT為止的距離 z_c ，依電漿處理裝置10的實際構成而分別已定。構成靜電吸盤18之陶瓷的密度 ρ_c 、構成靜電吸盤18之陶瓷的每單位面積之熱容量 C_c 、及構成靜電吸盤18之陶瓷的導熱係數 κ_c 也依電漿處理裝置10的實際構成而分別已定。 $R_{thc} \cdot A$ 依導熱係數 κ_c 、距離 z_c ，由公式(4)已定。

【0071】

電漿熄滅之後每經過時間t的加熱器功率 $P_{h(t)}$ 、及在電漿熄滅之穩定狀態下的加熱器功率 P_{h_off} ，可使用電漿處理裝置10量測而求出來。例如，在電漿熄滅之穩定狀態下的加熱器功率 P_{h_off} ，其可藉由對圖5之期間T1或期間T5的加熱器功率 P_h 進行量測而求出來。

另外，如公式(2)所示，藉由將求得的加熱器功率 $P_{h(t)}$ 除以加熱器HT的面積A，可求出在經過時間t的每單位面積之來自加熱器HT的發熱量 $q_{h(t)}$ 。又，如(3)所示，藉由將求得的加熱器功率 P_{h_off} 除以加熱器HT的面積A，可求出在電漿熄滅之穩定狀態下的每單位面積之來自加熱器HT的發熱量 q_{h_off} 。

【0072】

又，從電漿往晶圓W移動的每單位面積之熱通量 q_{p_on} 、及晶圓W與靜電吸盤18表面之間的每單位面積之熱阻 $R_{th} \cdot A$ ，可藉由使用量測結果進行(1)公式的擬合而求出來。

【0073】

又，在圖5之期間T4的晶圓W之溫度的圖形，也能以從電漿往晶圓W的熱輸入量、或晶圓W與靜電吸盤18表面之間的熱阻為參數，而進行模型化。在本實施態樣中，將在期間T2的晶圓W之溫度變化，以每單位面積的公式進行模型化。例如，以熱通量 q_{p_on} 及熱阻 $R_{th} \cdot A$ 為參數，使用公式(5)～(11)所示之 a_1 、 a_2 、 a_3 、 λ_1 、 λ_2 、 τ_1 、 τ_2 時，將在經過時間 t 的晶圓W之溫度 $T_{w(t)}[^\circ\text{C}]$ 表示如下述公式(12)。

【0074】

【數學式2】

$$T_{w(t)} = T_h - \frac{q_{p_on}}{\rho_w \cdot C_w \cdot z_w \cdot (\lambda_1 - \lambda_2)} \left\{ \left(1 + \frac{a_2 + a_3}{a_1 \cdot a_3} \cdot \lambda_2 \right) \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) - \left(1 + \frac{a_2 + a_3}{a_1 \cdot a_3} \cdot \lambda_1 \right) \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right) \right\} \quad \dots (12)$$

【0075】

在此，

$T_{w(t)}$ 為在經過時間 t 的晶圓W之溫度 $[^\circ\text{C}]$ 。

T_h 為控制於一定的加熱器HT之溫度 $[^\circ\text{C}]$ 。

【0076】

加熱器HT之溫度 T_h 可從實際將晶圓W之溫度控制於一定時的條件求出來。

【0077】

藉由使用量測結果進行(1)公式的擬合，而求出熱通量 q_{p_on} 及熱阻 $R_{th} \cdot A$ 時，晶圓W之溫度 T_w 可從公式(12)計算出來。

【0078】

回到圖3。加熱器控制部102a控制各加熱器HT的溫度。例如，控制資料指示出往各加熱器HT供給的供給電力，加熱器控制部102a將該控制資料往加熱器電源HP輸出，而藉由對於從加熱器電源HP往各加熱器HT供給的供給電力進行控制，以控制各加熱器HT的溫度。

【0079】

電漿處理之際，在加熱器控制部102a設定溫度，作為各加熱器HT的設定溫度。例如，在加熱器控制部102a，就載置區域18a的各分割區域，分別設定晶圓W的目標溫度，作為該分割區域之加熱器HT的設定溫度。作為此目標溫度之晶圓W的溫度，例如為對晶圓W進行電漿蝕刻時之精度最佳的溫度。

【0080】

加熱器控制部102a在電漿處理之際，對於往各加熱器HT的供給電力進行控制，俾使各加熱器HT達到被設定的設定溫度。例如，加熱器控制部102a對輸入於外部介面101之溫度資料所示的載置區域18a之各分割區域的溫度，就每個分割區域，分別與該分割區域的設定溫度進行比較。然後，加熱器控制部102a從比較結果分別確定出相對於設定溫度而溫度較低的分割區域、及相對於設定溫度而溫度較高的分割區域。加熱器控制部102a將控制資料往加熱器電源HP輸出。在該控制資料中，若是相對於設定溫度而溫度較低的分割區域，增加對其提供的供給電力，若是相對於設定溫度而溫度較高的分割區域，減少對其提供的供給電力。

【0081】

量測部102b使用輸入於外部介面101的電力資料所示之往各加熱器HT的供給電力，對於往各加熱器HT的供給電力進行量測。例如，量測部102b利用加熱器控制部102a對於往各加熱器HT的供給電力進行控制，俾使各加熱器HT的溫度保持於一定，對於在往各加熱器HT之供給電力的增加傾向之變動穩定為止的過渡狀態下往各加熱器HT供給的供給電力進行量測。此處的過渡狀態，係從電漿點火後往各加熱器HT供給之供給電力穩定的穩定狀態轉變到電漿熄滅狀態後的過渡狀態。又，量測部102b利用加熱器控制部102a對於往各加熱器HT的供給電力進行控制，俾使各加熱器HT的溫度保持於一定，對於在電漿熄滅後往各加熱器HT之供給電力穩定的穩定狀態下往各加熱器HT供給的供給電力進行量測。

【0082】

例如，在加熱器控制部102a對於往各加熱器HT之供給電力進行控制，俾使各加熱器HT之溫度保持於一定之設定溫度的狀態下，量測部102b對於在圖5之期間T4所示的電漿熄滅之過渡狀態下往各加熱器HT供給的供給電力進行量測。又，在加熱器控制部102a對於往各加熱器HT之供給電力進行控制，俾使各加熱器HT之溫度保持於一定之設定溫度的狀態下，量測部102b對於在圖5之期間T5所示的電漿熄滅之穩定狀態下往各加熱器HT供給的供給電力進行量測。在電漿熄滅之過渡狀態下往各加熱器HT供給的供給電力，只要量測兩次以上即可。對供給電力進行量測的量測時間點，較佳為供給電力增加之傾向明顯的時間點。又，在量測次數較少的情形，量測時間點較佳係間隔預定期間以上。在本實施態樣中，於電漿點火後，量測部102b以預定週期(例如0.1秒週期)對於往各加熱器HT供給的供給電力進行量測。藉此，對於在過渡狀態下往各加熱器HT供給的供給電力進行多次量測。至於在穩定狀態下往各加熱器HT供給的供給電力，係各

加熱器HT中至少量測一個即可，量測複數次而將平均值設定為穩定狀態的供給電力亦可。又，量測部102b不針對期間T5，而對於在期間T1所示之穩定狀態下往各加熱器HT供給的供給電力進行量測亦可。

【0083】

參數計算部102c就每個加熱器HT，分別以來自電漿的熱輸入量、及晶圓W與加熱器HT之間的熱阻為參數，對於將圖5之期間T4所示的過渡狀態之供給電力計算出來的計算模型，使用以量測部102b量測得到之過渡狀態與穩定狀態的供給電力來進行擬合，而計算熱輸入量及熱阻。

【0084】

例如，參數計算部102c就每個加熱器HT，分別求出電漿熄滅之穩定狀態的加熱器功率 P_{h_off} 。然後，參數計算部102c將求出的加熱器功率 P_{h_off} 除以每個加熱器HT的面積，而求出在電漿熄滅之穩定狀態下的每單位面積之來自加熱器HT的發熱量 q_{h_off} 。又，參數計算部102c就每個加熱器HT，分別求出每經過時間 t 之過渡狀態的加熱器功率 $P_{h(t)}$ 。參數計算部102c將求出的加熱器功率 $P_{h(t)}$ 除以每個加熱器HT的面積，而求出每經過時間 t 之過渡狀態下的每單位面積之來自加熱器HT的發熱量 $q_{h(t)}$ 。

【0085】

參數計算部102c使用上述公式(1)~(11)作為計算模型，就每個加熱器HT，分別進行每經過時間 t 之發熱量 $q_{h(t)}$ 、及發熱量 q_{h_off} 的擬合，而計算出誤差最小的熱通量 q_{p_on} 、及熱阻 $R_{th} \cdot A$ 。

【0086】

參數計算部102c以預定的循環，使用測定得到之過渡狀態與穩定狀態的供給電力，來計算熱通量 q_{p_on} 及熱阻 $R_{th} \cdot A$ 。例如，每當更換晶圓W，參數計算部102c分別使用在該晶圓W載置於載置台16之狀態下測定得到之過渡狀態與穩定狀態的供給電力，而計算熱通量 q_{p_on} 及熱阻 $R_{th} \cdot A$ 。又，例如，每次電漿處理，參數計算部102c分別使用過渡狀態與穩定狀態的供給電力，而計算熱通量 q_{p_on} 及熱阻 $R_{th} \cdot A$ 亦可。

【0087】

溫度計算部102d就每個加熱器HT，分別使用計算得到的熱輸入量及熱阻來計算溫度。例如，溫度計算部102d將圖5之期間T3所示的電漿點火之穩定狀態下的晶圓W之溫度計算出來。例如，溫度計算部102d就每個加熱器HT，分別將計算得到的熱通量 q_p 及熱阻 $R_{th} \cdot A$ 代入至公式(5)、(6)、(12)。又，溫度計算部102d就每個加熱器HT，分別使用公式(5)～(11)所示的 a_1 、 a_2 、 a_3 、 λ_1 、 λ_2 、 τ_1 、 τ_2 ，並設定為經過時間 $t=0$ ，從公式(12)計算出緊接於電漿熄滅後之晶圓W的溫度。經過時間 $t=0$ 為電漿熄滅的時間點。因此，計算得到的晶圓W之溫度，可視為電漿點火之穩定狀態的晶圓W之溫度。又，計算得到的晶圓W之溫度，視為電漿處理中的晶圓W之溫度亦可。

【0088】

輸出控制部102e對各種資訊的輸出進行控制。輸出控制部102e對於以溫度計算部102d計算得到的晶圓W之溫度的輸出進行控制。例如，輸出控制部102e將以溫度計算部102d計算得到的晶圓W之溫度加以設定為對晶圓W已實施電漿處理之際的晶圓W之溫度，而輸出至使用者介面103。例如，每當更換晶圓W時，輸出控制部102e分別將已對該晶圓W實施電漿處理之際的晶圓W之溫度輸出至使

用者介面103。又，輸出控制部102e以顯示晶圓W之溫度的資訊為資料，而往外部裝置輸出亦可。

【0089】

藉此，製程管制者可掌握到，是否已能用適當的溫度對晶圓W實施電漿處理。

【0090】

溫度計算部102d就每個加熱器HT，分別使用計算得到的熱輸入量及熱阻，而使用熱輸入量及熱阻，來計算在電漿點火之穩定狀態下晶圓W達到目標溫度的各加熱器HT之設定溫度。例如，溫度計算部102d在公式(12)中，設定為經過時間 $t=0$ ，計算出以 $T_{w(t)}$ 為晶圓W之目標溫度時的加熱器HT之溫度 T_h 。計算得到的加熱器HT之溫度 T_h ，為晶圓W之溫度達到目標溫度的加熱器HT之溫度。

【0091】

又，溫度計算部102d從公式(12)計算在現在之加熱器HT的溫度 T_h 下之晶圓W的溫度 T_w 亦可。例如，溫度計算部102d計算在現在之加熱器HT的溫度 T_h 下且設定為經過時間 $t=0$ 時之晶圓W的溫度 T_w 。接著，溫度計算部102d計算出已計算得到之溫度 T_w 與目標溫度的差異量 ΔT_w 。然後，溫度計算部102d計算出從現在之加熱器HT的溫度 T_h 減掉差異量 ΔT_w 得到的溫度，作為晶圓W之溫度達到目標溫度的加熱器HT之溫度亦可。

【0092】

溫度計算部102d將加熱器控制部102a的各加熱器HT之設定溫度修正為，晶圓W之溫度達到目標溫度的加熱器HT之溫度。

【0093】

溫度計算部102d以預定的循環計算出晶圓W之溫度達到目標溫度的加熱器HT之溫度，而修正各加熱器HT的設定溫度。例如，每當更換晶圓W時，溫度計算部102d分別計算出晶圓W之溫度達到目標溫度的加熱器HT之溫度，而修正各加熱器HT的設定溫度。又，例如，每次電漿處理時，溫度計算部102d分別計算出晶圓W之溫度達到目標溫度的加熱器HT之溫度，而修正各加熱器HT的設定溫度亦可。

【0094】

藉此，依本實施態樣之電漿處理裝置10，在下次的電漿處理中，可將晶圓W的溫度加以精度良好地控制在目標溫度。

【0095】

話說回來，電漿處理裝置10依每個裝置，有時處理容器12內的特性有所差異。因此，即便使用在電漿處理裝置10時晶圓W達到目標溫度的各加熱器HT之設定溫度，在其他電漿處理裝置10中，有時仍無法將電漿處理中之晶圓W的溫度加以精度良好地控制在目標溫度。

【0096】

因此，依本實施態樣之電漿處理裝置10，其計算出對應於裝置本身之處理容器12內之特性的熱通量 q_p 及熱阻 $R_{th} \cdot A$ 。藉此，依本實施態樣之電漿處理裝置10，即便是依每個裝置而處理容器12內之特性有所差異的情形，仍可將電漿處理中之晶圓W的溫度加以精度良好地控制在目標溫度。

【0097】

又，電漿處理裝置10有時會因為靜電吸盤18的損耗等，以致載置台16的熱特性隨著時間變化。

【0098】

因此，依本實施態樣之電漿處理裝置10，以預定的循環計算出晶圓W之溫度達到目標溫度的加熱器HT之溫度，而將各加熱器HT的設定溫度進行修正。藉此，依本實施態樣之電漿處理裝置10，即便是載置台16之熱特性隨著時間變化的情形，仍可將電漿處理中之晶圓W的溫度加以精度良好地控制在目標溫度。

【0099】

又，電漿處理裝置10會因為靜電吸盤18有大幅度的損耗或沉積物的附著等，致使處理容器12內的特性產生變化，而形成不適於電漿處理的異常狀態。又，電漿處理裝置10有時也會被搬入異常的晶圓W。

【0100】

因此，輸出控制部102e根據利用參數計算部102c以預定之循環計算得到的熱輸入量及熱阻中至少一者的變化，而進行警報輸出的控制。例如，對於以預定之循環計算得到的熱通量 q_p 及熱阻 $R_{th} \cdot A$ ，輸出控制部102e就每個加熱器HT進行比較。在熱通量 q_p 及熱阻 $R_{th} \cdot A$ 中至少一者以預定的容許值以上進行變化時，輸出控制部102e進行警報輸出的控制。又，在以預定之循環計算得到的熱通量 q_p 及熱阻 $R_{th} \cdot A$ 中至少一者在預定的容許範圍以外時，輸出控制部102e進行警報輸出的控制。至於警報方式，只要可將異常通報予製程管制者或電漿處理裝置10的管制者等，任何方式皆可。例如，輸出控制部102e顯示出將異常通報至使用者介面103的訊息。

【0101】

藉此，依本實施態樣之電漿處理裝置10，在處理容器12內的特性形成異常狀態時或被搬入異常的晶圓W時，可通報異常狀況的發生。

【0102】

[溫度控制的流程]

接著，針對使用依本實施態樣之電漿處理裝置10的溫度控制方法進行說明。圖8係顯示依實施態樣之溫度控制方法之流程一例的流程圖。此溫度控制方法係在預定的時間點，例如開始進行電漿處理的時間點執行。

【0103】

加熱器控制部102a對於往各加熱器HT的供給電力進行控制，俾使各加熱器HT達到設定溫度(步驟S10)。

【0104】

在加熱器控制部102a對於往各加熱器HT的供給電力進行控制，俾使各加熱器HT之溫度達到一定之設定溫度的狀態下，量測部102b對於在電漿熄滅之過渡狀態與電漿熄滅之穩定狀態下往各加熱器HT供給的供給電力進行量測(步驟S11)。例如，量測部102b對於在圖5之期間T4所示的電漿熄滅之過渡狀態下往各加熱器HT供給的供給電力進行量測。又，量測部102b對於在圖5之期間T5所示的電漿熄滅之穩定狀態下往各加熱器HT供給的供給電力進行量測。

【0105】

參數計算部102c就每個加熱器HT，分別對計算模型進行量測結果的擬合，而計算出熱輸入量及熱阻(步驟S12)。例如，參數計算部102c就每個加熱器HT分別求出電漿熄滅之穩定狀態的加熱器功率 P_{h_off} 。參數計算部102c將求得的加熱器功率 P_{h_off} 除以每個加熱器HT的面積，而求出電漿熄滅之穩定狀態下的每單

位面積之來自加熱器HT的發熱量 q_{h_off} 。又，參數計算部102c就每個加熱器HT，分別求出每經過時間 t 之過渡狀態的加熱器功率 $P_{h(t)}$ 。參數計算部102c將求得的加熱器功率 $P_{h(t)}$ 除以每個加熱器HT的面積，而求出每經過時間 t 之過渡狀態下的每單位面積之來自加熱器HT的發熱量 $q_{h(t)}$ 。又，參數計算部102c使用上述公式(1)～(11)作為計算模型，就每個加熱器HT，分別進行每經過時間 t 之發熱量 $q_{h(t)}$ 、及發熱量 q_{h_off} 的擬合，而計算出誤差最小的熱通量 q_{p_on} 、及熱阻 $R_{th} \cdot A$ 。

【0106】

溫度計算部102d就每個加熱器HT，分別使用計算得到的熱輸入量及熱阻，而計算出電漿點火之穩定狀態下的晶圓W之溫度(步驟S13)。例如，溫度計算部102d就每個加熱器HT，分別將計算得到的熱通量 q_p 及熱阻 $R_{th} \cdot A$ 代入至公式(5)、(6)、(12)。又，溫度計算部102d就每個加熱器HT，分別使用公式(5)～(11)所示的 a_1 、 a_2 、 a_3 、 λ_1 、 λ_2 、 τ_1 、 τ_2 ，並設定為經過時間 $t=0$ ，從公式(12)計算出緊接於電漿熄滅後之晶圓W的溫度。

【0107】

如上述，依本實施態樣之電漿處理裝置10，藉由求出熱輸入量及熱阻，可以良好精度求出電漿處理中之晶圓W的溫度。

【0108】

輸出控制部102e將以溫度計算部102d計算得到之晶圓W的溫度進行輸出(步驟S14)。例如，輸出控制部102e將以溫度計算部102d計算得到之晶圓W的溫度設定為，對晶圓W已實施電漿處理之際的晶圓W之溫度，而輸出至使用者介面103。

【0109】

藉此，製程管制者可掌握到，是否已能用適當的溫度對晶圓W實施電漿處理。

【0110】

溫度計算部102d就每個加熱器HT，分別使用計算得到的熱輸入量及熱阻，而使用熱輸入量及熱阻，來計算在電漿點火之穩定狀態下晶圓W達到目標溫度的各加熱器HT之設定溫度(步驟S15)。例如，溫度計算部102d在公式(12)中，設定為經過時間 $t=0$ ，計算出以 $T_{w(t)}$ 為晶圓W之目標溫度時的加熱器HT之溫度 T_h 。

【0111】

溫度計算部102d將加熱器控制部102a的各加熱器HT之設定溫度修正為，晶圓W之溫度達到目標溫度的加熱器HT之溫度(步驟S16)，而結束處理。

【0112】

藉此，依本實施態樣之電漿處理裝置10，在下次的電漿處理中，可將晶圓W的溫度加以精度良好地控制在目標溫度。

【0113】

如上述，依本實施態樣之電漿處理裝置10包含載置台16、加熱器控制部102a、量測部102b、參數計算部102c、及溫度計算部102d。載置台16設有可調整載置面之溫度的加熱器HT，該載置面供作為電漿處理之對象的晶圓W載置其上。加熱器控制部102a對於往加熱器HT的供給電力進行控制，俾使加熱器HT達到被設定的設定溫度。又，量測部102b利用加熱器控制部102a對於往加熱器HT的供給電力進行控制，俾使加熱器HT的溫度保持於一定，對於往加熱器HT供給之供給電力增加的過渡狀態(圖5之期間T4的過渡狀態)、及電漿熄滅狀態下往加

熱器HT供給之供給電力穩定的第二穩定狀態(圖5之期間T5的穩定狀態)下之供給電力進行量測。此處的過渡狀態，係從電漿點火後往加熱器HT供給之供給電力穩定的第一穩定狀態(圖5之期間T3的穩定狀態)轉變到電漿熄滅狀態後的過渡狀態。參數計算部102c以來自電漿的熱輸入量、及晶圓W與加熱器HT之間的熱阻為參數，對於計算出過渡狀態之供給電力的計算模型，使用量測得到之過渡狀態與第二穩定狀態的供給電力來進行擬合，而計算熱輸入量及熱阻。溫度計算部102d使用以參數計算部102c計算得到的熱輸入量及熱阻，來計算在第一穩定狀態下之晶圓W的溫度。藉此，電漿處理裝置10可以良好精度求出電漿處理中之晶圓W的溫度。

【0114】

又，載置台16在將載置面分割得到的每個區域，個別設有加熱器HT。加熱器控制部102a就每個加熱器HT分別將供給電力進行控制，俾使設在每個區域的加熱器HT達到每個區域被設定的設定溫度。量測部102b利用加熱器控制部102a對每個加熱器HT分別將供給電力進行控制，俾使各加熱器HT的溫度保持於一定，就每個加熱器HT，分別對過渡狀態與第二穩定狀態下的供給電力進行量測。參數計算部102c就每個加熱器HT，分別對於計算模型，使用以量測部102b量測得到之過渡狀態與第二穩定狀態的供給電力來進行擬合，而就每個加熱器HT分別計算熱輸入量及熱阻。溫度計算部102d就每個加熱器HT，分別使用以參數計算部102c計算得到的熱輸入量及熱阻，而計算在第一穩定狀態下之晶圓W的溫度。藉此，電漿處理裝置10可針對將載置面分割得到的每個區域，分別以良好精度求出品圓W的溫度。

【0115】

又，依本實施態樣之電漿處理裝置10更包含輸出控制部102e。量測部102b以預定的循環，對於過渡狀態與第二穩定狀態下的供給電力進行量測。參數計算部102c就每個預定的循環，分別使用量測得到之過渡狀態與第二穩定狀態的供給電力，來分別計算熱輸入量及熱阻。輸出控制部102e根據以參數計算部102c計算得到的熱輸入量及熱阻中至少一者的變化，而進行警報輸出的控制。藉此，電漿處理裝置10在電漿狀態發生異常時、或處理容器12內之特性形成異常狀態時、被搬入異常的晶圓W時，可通報異常狀況的發生。

【0116】

又，溫度計算部102d使用以參數計算部102c計算得到的熱輸入量及熱阻，來計算在第一穩定狀態下晶圓W達到目標溫度的加熱器HT之設定溫度，並將加熱器控制部102a的設定溫度修正為計算得到的設定溫度。藉此，依本實施態樣之電漿處理裝置10，在下次的電漿處理中，可將晶圓W的溫度加以精度良好地控制在目標溫度。

【0117】

以上，使用實施態樣進行本發明的說明，但本發明的技術範圍不限於上述實施態樣所記載的範圍。對所屬技術領域具有通常知識者而言，可在上述實施態樣加入多種變更或改良係清楚可知。又，此種加入變更或改良的態樣亦可包含於本發明的技術範圍一事，乃從申請專利範圍的記載顯而易見。

【0118】

例如，在上述實施態樣中，就被處理體而言，以對半導體晶圓進行電漿處理的情形為例進行說明，但不限定於此。被處理體只要是溫度對電漿處理的進行有所影響者，任何被處理體皆可。

【0119】

又，在上述實施態樣中，就電漿處理而言，以進行電漿蝕刻的情形為例進行說明，但不限定於此。電漿處理只要是使用電漿且溫度對處理的進行有所影響者，任何電漿處理皆可。

【符號說明】**【0120】**

10:電漿處理裝置

12:處理容器

12a:接地導體

12e:排氣口

12g:搬入搬出口

14:支持部

16:載置台

18:靜電吸盤

18a:載置區域

18b:外周區域

18m:本體部

19:黏接層

20:基座

22:直流電源

24:冷媒通道

26a,26b:配管

30:上部電極

32:絕緣性遮蔽構件

34:電極板

34a:氣體噴吐孔

36:電極支持體

36a:氣體擴散室

36b:氣體流通孔

36c:氣體導入口

38:氣體供給管

40:氣體源群

42:閥群

44:流量控制器群

46:沉積物屏蔽

48:排氣板

50:排氣裝置

52:排氣管

54:閘閥

100:控制部

101:外部介面

102:製程控制器

102a:加熱器控制部

102b:量測部

102c:參數計算部

102d:溫度計算部

102e:輸出控制部

103:使用者介面

104:儲存部

E1:電極

FR:對焦環

HFS:第一射頻電源

HP:加熱器電源

HT:加熱器

LFS:第二射頻電源

MU1,MU2:匹配器

PD:電力檢測部

S:處理空間

S10~S16:步驟

SW1:開關

T1~T5:期間

TD:溫度測定器

W:晶圓

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種電漿處理裝置，包含：

載置台，設有可調整載置面之溫度的加熱器，該載置面供作為電漿處理對象的被處理體載置其上；

加熱器控制部，對於往該加熱器供給的供給電力進行控制，俾使該加熱器達到被設定的設定溫度；

量測部，利用該加熱器控制部對於往加熱器的供給電力進行控制，俾使加熱器的溫度保持於一定，對於從電漿點火後往加熱器供給之供給電力達於穩定的第一穩定狀態轉變到電漿熄滅狀態後的往加熱器供給之供給電力增加的過渡狀態、及電漿熄滅狀態下往加熱器供給之供給電力達於穩定的第二穩定狀態下之供給電力進行量測；

參數計算部，以來自電漿的熱輸入量、及被處理體與該加熱器之間的熱阻為參數，使用以該量測部量測得到之該過渡狀態與該第二穩定狀態的供給電力，而計算該熱輸入量及該熱阻；及

溫度計算部，使用以該參數計算部計算得到的該熱輸入量及該熱阻，來計算在該第一穩定狀態之該被處理體的溫度。

【請求項2】

如請求項1之電漿處理裝置，其中，

該載置台，在將該載置面分割得到的每個區域，個別設置該加熱器；

該加熱器控制部，就每個該加熱器，分別將供給電力進行控制，俾使分別設在每個區域的該加熱器達到就每個區域設定的設定溫度；

該量測部利用該加熱器控制部，就每個該加熱器分別將供給電力進行控制，俾使每個該加熱器的溫度保持於一定，並就每個該加熱器，分別對該過渡狀態與該第二穩定狀態下的供給電力進行量測；

該參數計算部，就每個該加熱器，使用以該量測部量測得到之該過渡狀態與該第二穩定狀態的供給電力，而就每個該加熱器分別計算該熱輸入量及該熱阻；

該溫度計算部，就每個該加熱器，分別使用以該參數計算部計算得到的該熱輸入量及該熱阻，而計算在該第一穩定狀態下之該被處理體的溫度。

【請求項3】

如請求項1之電漿處理裝置，其中，

該量測部以預定的循環，對於該過渡狀態與該第二穩定狀態下的供給電力進行量測；

該參數計算部，就每個該預定的循環，分別使用量測得到之該過渡狀態與該第二穩定狀態的供給電力，來分別計算該熱輸入量及該熱阻。

【請求項4】

如請求項3之電漿處理裝置，更包含：

輸出控制部，根據以該參數計算部計算得到之該熱輸入量及該熱阻中至少一者的變化，而進行警報輸出的控制。

【請求項5】

如請求項1之電漿處理裝置，其中，

該溫度計算部，使用以該參數計算部計算得到的該熱輸入量及該熱阻，來計算在該第一穩定狀態下被處理體達到目標溫度的該加熱器之設定溫度，並將該加熱器控制部的設定溫度修正為計算得到的設定溫度。

【請求項6】

如請求項1至5中任一項之電漿處理裝置，其中，
該量測部，對該過渡狀態下的供給電力進行複數次量測；
該參數計算部，使用量測了複數次之該過渡狀態下的供給電力以及該第二穩定狀態下的供給電力，來計算該熱輸入量及該熱阻。

【請求項7】

如請求項2之電漿處理裝置，其中，
該載置台，在每個該區域個別設置溫度感測器；
該加熱器控制部，根據以該溫度感測器檢測出之溫度，對每個該加熱器控制供給電力，以使設於每個該區域的該加熱器成為對每個該區域設定之設定溫度。

【請求項8】

如請求項7之電漿處理裝置，其中，
該溫度感測器，安裝於該加熱器。

【請求項9】

如請求項7之電漿處理裝置，其中，
該溫度感測器，設在該加熱器與形成於該載置台之有冷媒流動之通道之間。

【請求項10】

如請求項2之電漿處理裝置，其中，
該載置台，作為該區域，被分割成中央之圓形區域，以及將包圍該圓形區域之同心圓狀的複數環狀區域分別在周方向上分割而成之區域。

【請求項11】

如請求項10之電漿處理裝置，其中，

將該複數環狀區域分別在周方向上分割而成之區域，愈靠近外周，其徑向之寬度愈窄。

【請求項12】

如請求項10之電漿處理裝置，其中，

將該複數環狀區域分別在周方向上分割而成之區域，愈靠近外周，其角幅愈小。

【請求項13】

一種溫度控制方法，其特徵為執行以下處理：

針對有可調整供電漿處理對象亦即被處理體載置其上之載置面之溫度的加熱器設置其中的載置台，對於往該加熱器供給的供給電力進行控制，俾使該加熱器的溫度達到被設定的設定溫度；對於往該加熱器供給之供給電力增加的過渡狀態、及電漿熄滅狀態下往該加熱器供給之供給電力穩定的第二穩定狀態下之供給電力進行量測；該過渡狀態，係從電漿點火後往該加熱器供給之供給電力穩定的第一穩定狀態轉變到電漿熄滅狀態後的過渡狀態；

以來自電漿的熱輸入量、及被處理體與該加熱器之間的熱阻為參數，使用量測得到之該過渡狀態與該第二穩定狀態的供給電力，而計算該熱輸入量及該熱阻；使用計算得到的該熱輸入量及該熱阻，來計算在該第一穩定狀態之該被處理體的溫度。

【請求項14】

一種溫度控制程式，其特徵為執行以下處理：

針對有可調整供電漿處理對象亦即被處理體載置其上之載置面之溫度的加熱器設置其中的載置台，對於往該加熱器供給的供給電力進行控制，俾使該加熱器的溫度達到被設定的設定溫度；對於往該加熱器供給之供給電力增加的過渡狀

態、及電漿熄滅狀態下往該加熱器供給之供給電力穩定的第二穩定狀態下之供給電力進行量測；該過渡狀態，係從電漿點火後往該加熱器供給之供給電力穩定的第一穩定狀態轉變到電漿熄滅狀態後的過渡狀態；

以來自電漿的熱輸入量、及被處理體與該加熱器之間的熱阻為參數，使用量測得到之該過渡狀態與該第二穩定狀態的供給電力，而計算該熱輸入量及該熱阻；使用計算得到的該熱輸入量及該熱阻，來計算在該第一穩定狀態之該被處理體的溫度。



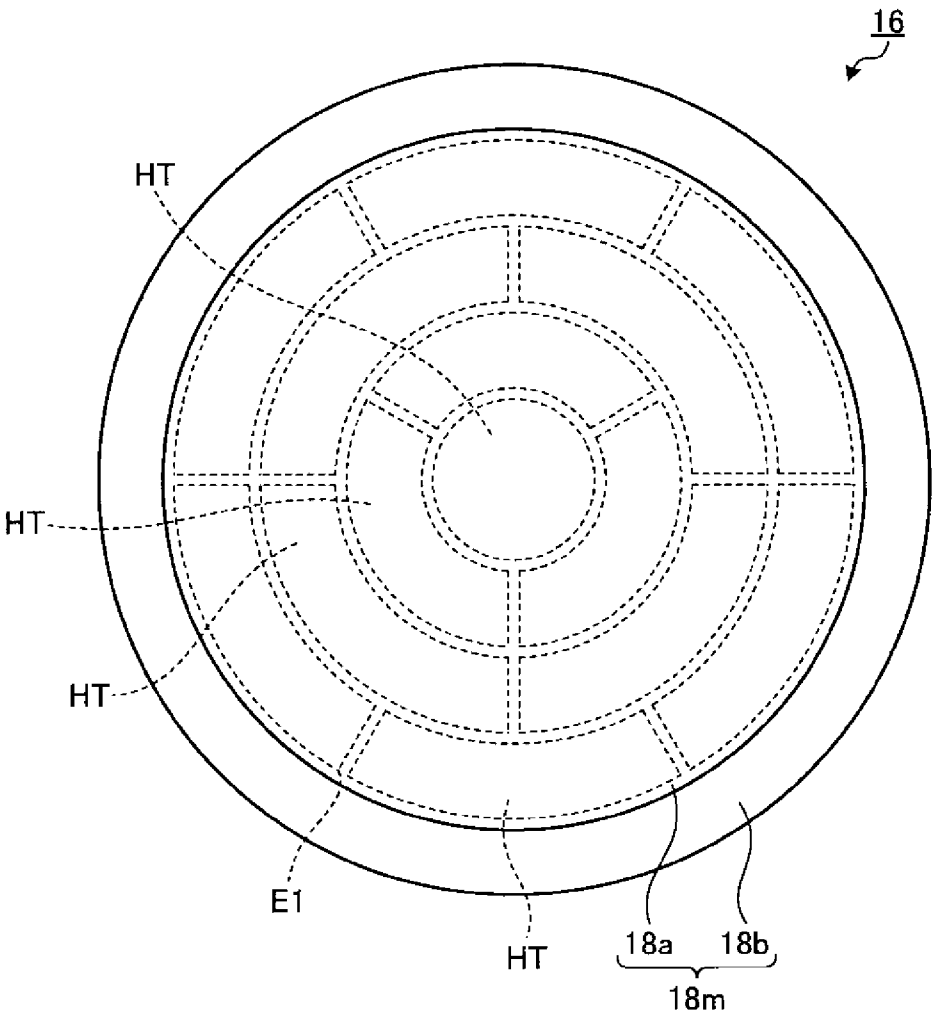


圖 2

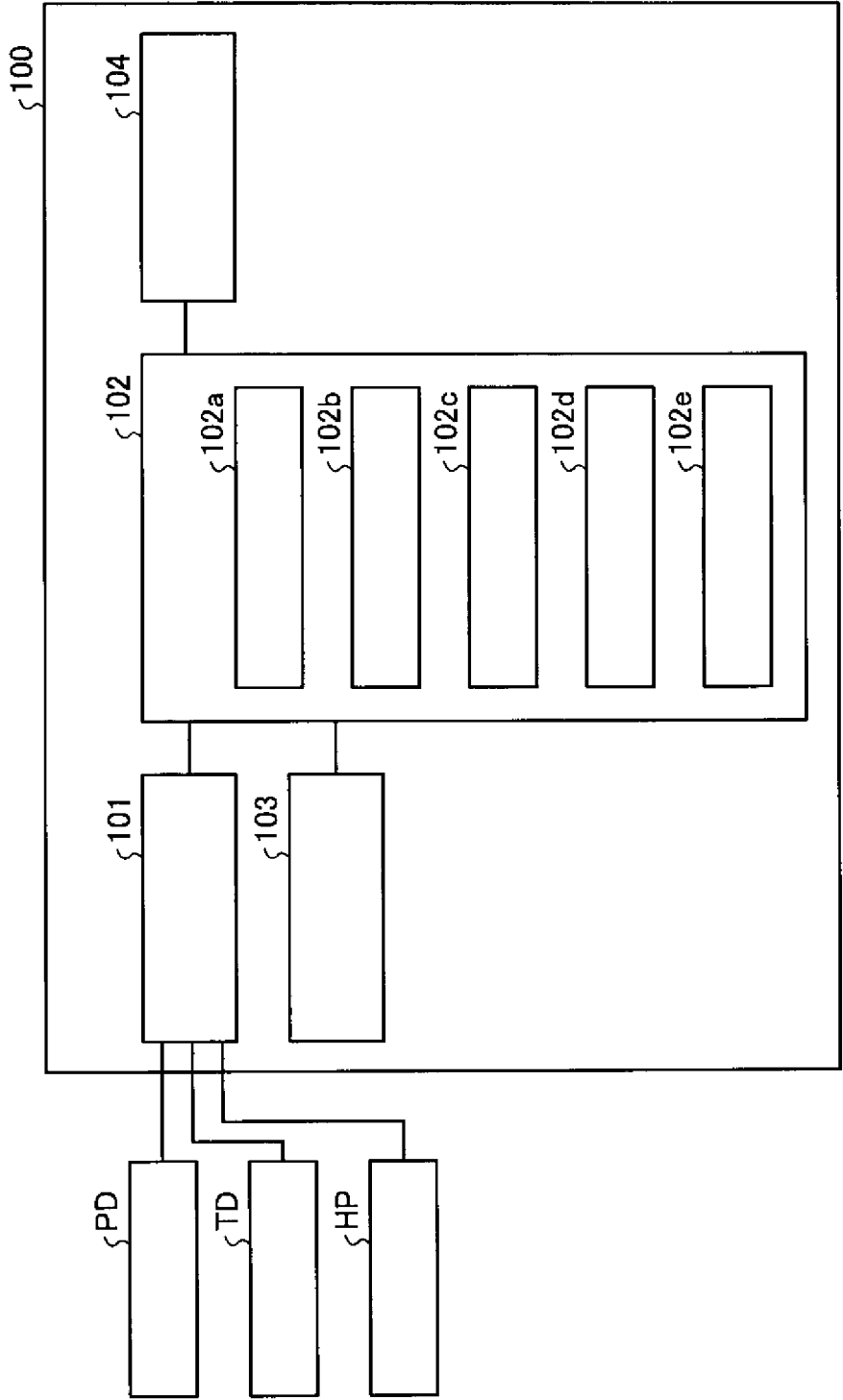


圖 3

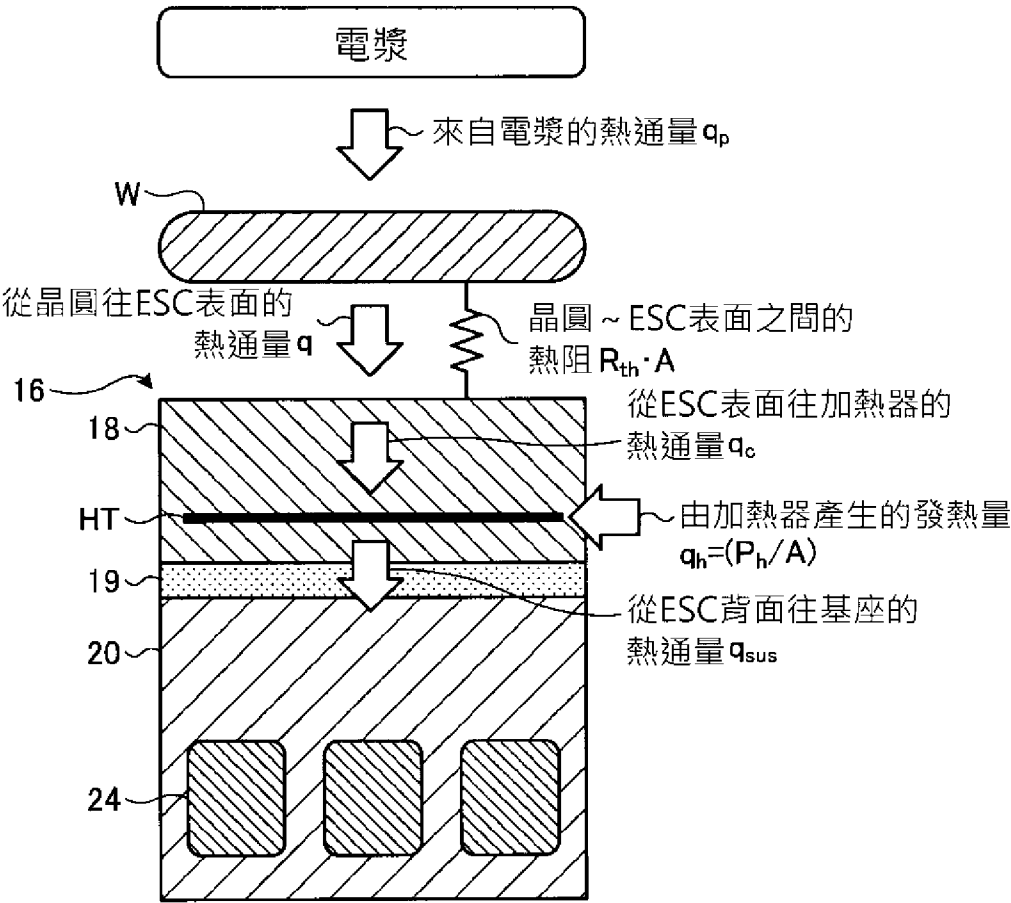


圖 4

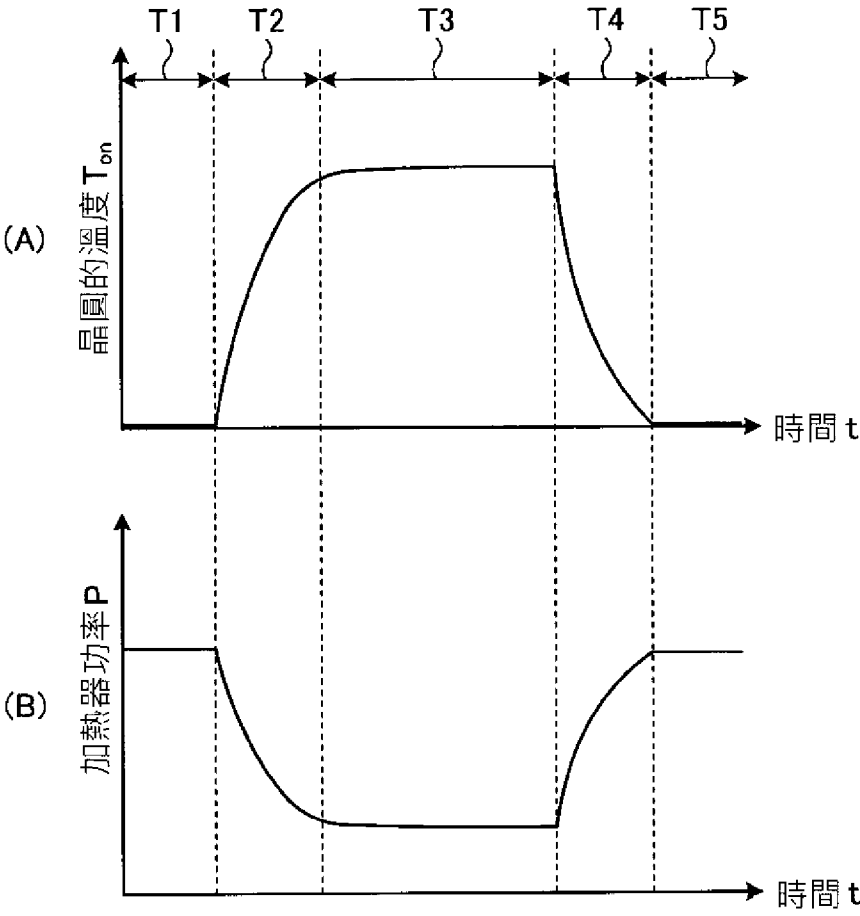


圖 5

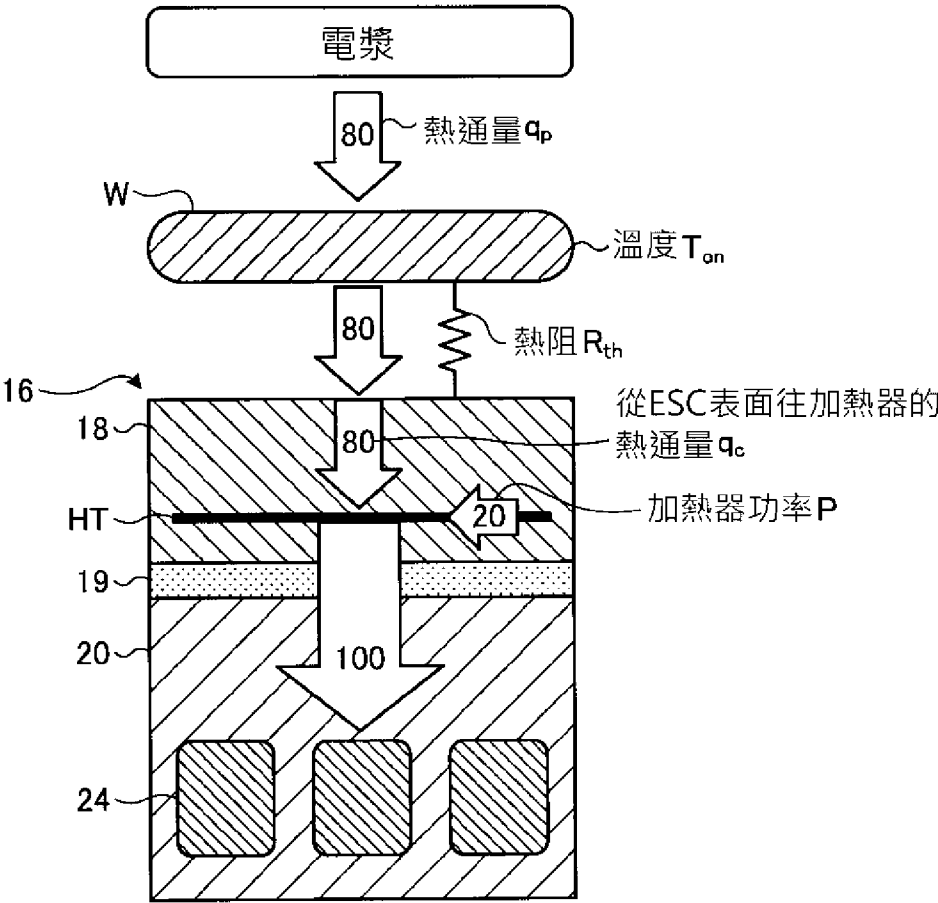


圖 6A

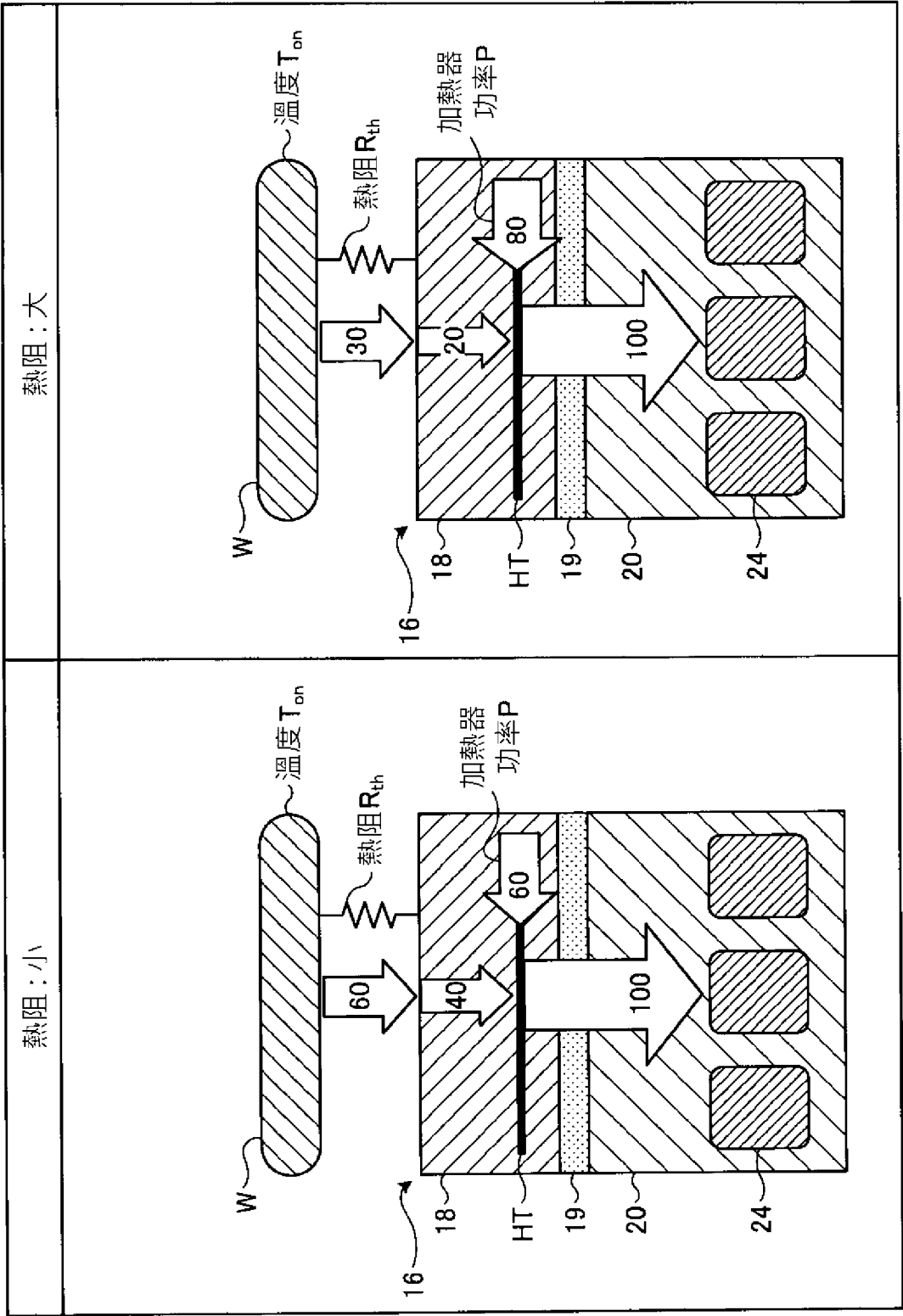


圖 6B

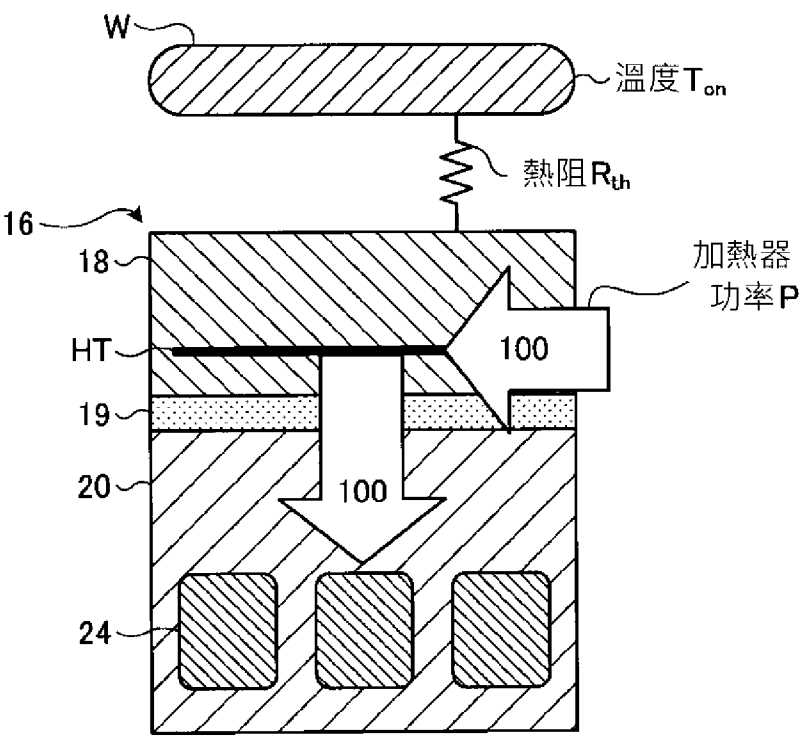


圖 6C

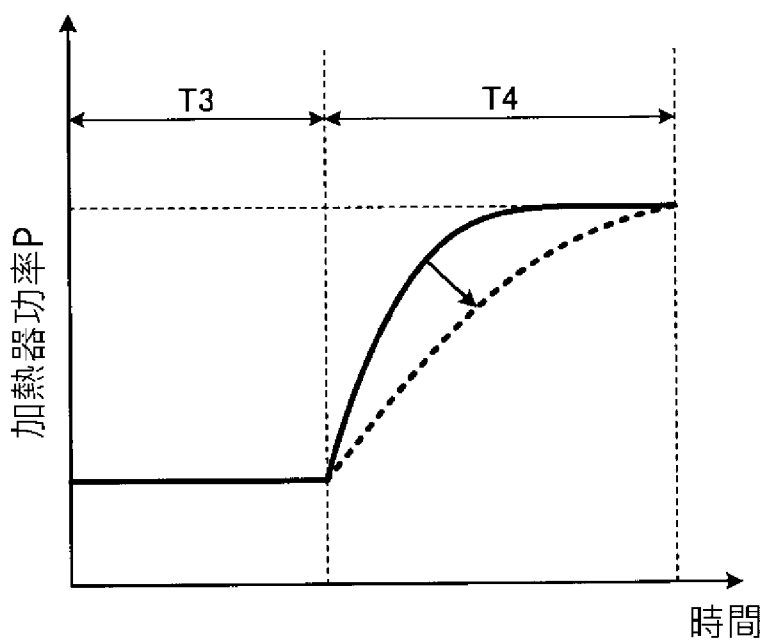


圖 7

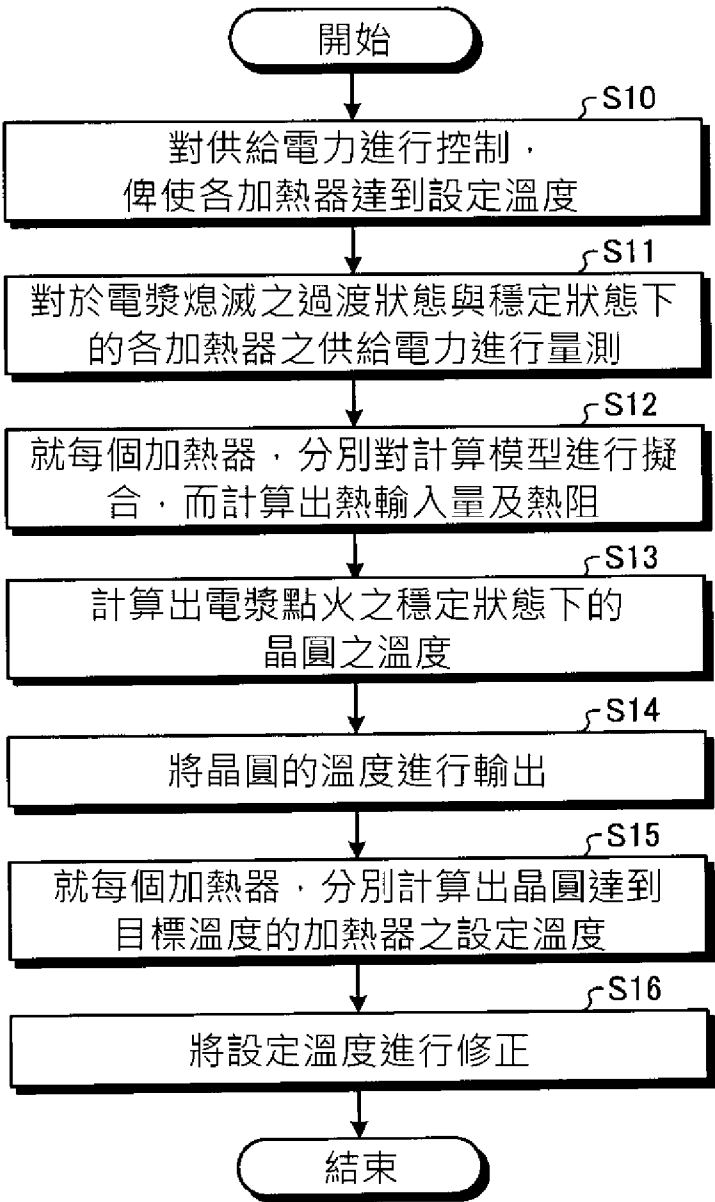


圖 8