



(21) 申請案號：111129413

(22) 申請日：中華民國 111 (2022) 年 08 月 04 日

(51) Int. Cl. : G05D23/30 (2006.01)

G05D23/185 (2006.01)

H01L21/67 (2006.01)

(30) 優先權：2021/08/06 日本

2021-130031

(71) 申請人：日商堀場 S T E C 股份有限公司 (日本) HORIBA STEC, CO., LTD. (JP)
日本

(72) 發明人：瀧尻興太郎 TAKIJIRI, KOTARO (JP) ; 林大介 HAYASHI, DAISUKE (JP)

(74) 代理人：葉璟宗 ; 卓俊傑

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：12 項 圖式數：10 共 38 頁

(54) 名稱

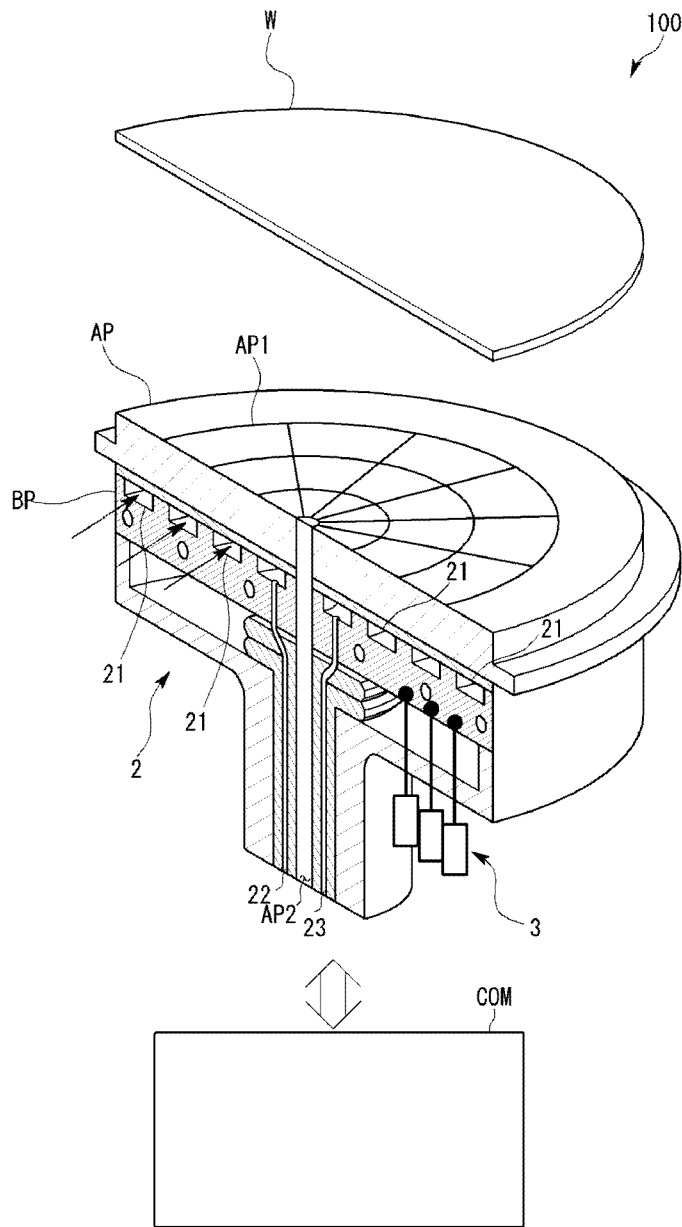
晶圓溫度控制裝置、晶圓溫度控制裝置用控制方法及記錄有晶圓溫度控制裝置用程式的程式記錄媒體

(57) 摘要

為了提供一種即便在對冷卻器輸入的冷卻操作量受到變更的情況下亦能以充分的精度來推測晶圓溫度並將晶圓溫度控制為目標溫度的晶圓溫度控制裝置，而包括：加熱器 1，根據所輸入的加熱操作量來對晶圓 W 進行加熱；冷卻器 2，根據所輸入的冷卻操作量來對所述晶圓 W 進行冷卻；附近溫度測定器 3，測定所述晶圓 W 的附近溫度；溫度推測觀測器 4，基於所述附近溫度測定器 3 所測定的所述附近溫度、與對所述冷卻器 2 輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量來推測晶圓溫度；以及溫度控制器 5，控制所述冷卻操作量，以使設定溫度與所推測出的所述晶圓溫度的溫度偏差變小。

The disclosure provides a wafer temperature control device for estimating the wafer temperature with sufficient accuracy and controlling the wafer temperature to a target temperature even if the cooling operation amount input to the cooler changes. The wafer temperature control device includes: a heater 1, heating a wafer W in response to an input heating operation amount; a cooler 2, cooling the wafer W in response to an input cooling operation amount; a vicinity temperature measurer 3, measuring the vicinity temperature of the wafer W; a temperature estimating observer 4, estimating the temperature of the wafer based on the vicinity temperature measured by the vicinity temperature measurer and the input cooling operation amount of the cooler 2 or the cooling amount output by the cooler; and a temperature controller 5, controlling the cooling operation amount to reduce the temperature deviation between a set temperature and the estimated wafer temperature.

指定代表圖：



符號簡單說明：

2:冷卻器

3:附近溫度測定器

21:製冷劑流路

22:製冷劑流入流路

23:製冷劑流出流路

100:晶圓溫度控制裝置

AP:吸附板

AP1:氣體流通槽

AP2:縱貫穿孔

BP:底板

COM:控制裝置

W:晶圓

【圖1】

【發明摘要】

【中文發明名稱】晶圓溫度控制裝置、晶圓溫度控制裝置用控制方法及記錄有晶圓溫度控制裝置用程式的程式記錄媒體

【英文發明名稱】 WAFER TEMPERATURE CONTROL DEVICE, CONTROL METHOD FOR WAFER TEMPERATURE CONTROL DEVICE, AND PROGRAM RECORDING MEDIUM COMPRISING PROGRAM FOR WAFER TEMPERATURE CONTROL DEVICE

【中文】

為了提供一種即便在對冷卻器輸入的冷卻操作量受到變更的情況下亦能以充分的精度來推測晶圓溫度並將晶圓溫度控制為目標溫度的晶圓溫度控制裝置，而包括：加熱器 1，根據所輸入的加熱操作量來對晶圓 W 進行加熱；冷卻器 2，根據所輸入的冷卻操作量來對所述晶圓 W 進行冷卻；附近溫度測定器 3，測定所述晶圓 W 的附近溫度；溫度推測觀測器 4，基於所述附近溫度測定器 3 所測定的所述附近溫度、與對所述冷卻器 2 輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量來推測晶圓溫度；以及溫度控制器 5，控制所述冷卻操作量，以使設定溫度與所推測出的所述晶圓溫度的溫度偏差變小。

【英文】

The disclosure provides a wafer temperature control device for

estimating the wafer temperature with sufficient accuracy and controlling the wafer temperature to a target temperature even if the cooling operation amount input to the cooler changes. The wafer temperature control device includes: a heater 1, heating a wafer W in response to an input heating operation amount; a cooler 2, cooling the wafer W in response to an input cooling operation amount; a vicinity temperature measurer 3, measuring the vicinity temperature of the wafer W; a temperature estimating observer 4, estimating the temperature of the wafer based on the vicinity temperature measured by the vicinity temperature measurer and the input cooling operation amount of the cooler 2 or the cooling amount output by the cooler; and a temperature controller 5, controlling the cooling operation amount to reduce the temperature deviation between a set temperature and the estimated wafer temperature.

【指定代表圖】圖1。

【代表圖之符號簡單說明】

2:冷卻器

3:附近溫度測定器

21:製冷劑流路

22:製冷劑流入流路

23:製冷劑流出流路

100:晶圓溫度控制裝置

AP:吸附板

AP1:氣體流通槽

AP2:縱貫穿孔

BP:底板

COM:控制裝置

W:晶圓

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】晶圓溫度控制裝置、晶圓溫度控制裝置用控制方法及記錄有晶圓溫度控制裝置用程式的程式記錄媒體

【英文發明名稱】 WAFER TEMPERATURE CONTROL DEVICE, CONTROL METHOD FOR WAFER TEMPERATURE CONTROL DEVICE, AND PROGRAM RECORDING MEDIUM COMPRISING PROGRAM FOR WAFER TEMPERATURE CONTROL DEVICE

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種對晶圓的溫度進行控制的晶圓溫度控制裝置。

【先前技術】

【0002】 在半導體製造製程中，對收容於腔室內的晶圓進行的各種處理中，有將晶圓的溫度控制為規定的目標溫度的處理。

【0003】 例如專利文獻 1 所記載的晶圓溫度控制裝置包括載台，所述載台包括對在腔室內載置的晶圓進行冷卻的冷卻機構、以及對該晶圓進行加熱的加熱機構。該載台是由透光性的構件所形成，並且在內部形成有供製冷劑流通的製冷劑流路。

【0004】 冷卻機構包括在載台外部與載台內的製冷劑流路連接的冷卻器（chiller），例如藉由控制開閉閥來切換製冷劑的供給。另一方面，加熱機構包括設在載台的與晶圓載置面為相反側的多個發光二極體（Light Emitting Diode，LED）。構成為，自各 LED

射出的光透過載台內之後照射至晶圓的背面。而且，自各 LED 射出的光量受到控制，以使晶圓的溫度成為目標溫度。

【0005】 而且，由於各種技術限制，而難以對收容於腔室內的晶圓自身的溫度進行實測。因此，專利文獻 1 中，在載台內設置溫度感測器，對晶圓附近部分的溫度進行測定，由觀測器 (observer) 對形成於晶圓上的電子元件的溫度進行推測。並且，將與由觀測器所推測出的電子元件的溫度相應的電流值供給至 LED，以控制加熱量。

【0006】 此外，在使用電漿的製程中，由於使藉由電漿而離子化的氣體分子碰撞至晶圓，因此晶圓的溫度會上升。因此，採用將 He 等氣體直接供給至晶圓的背面以進行冷卻的方法。而且，亦存在不進行加熱而僅有冷卻的製程。

【0007】 然而，在此類用途中，專利文獻 1 所示的觀測器根本並非將冷卻量或冷卻操作量作為輸入參數，因此難以以充分的精度來推測晶圓溫度而將晶圓溫度固定地控制為目標溫度。

[現有技術文獻]

[專利文獻]

【0008】 [專利文獻 1]日本專利特開 2021-19066 號公報

【發明內容】

【0009】 [發明所欲解決之課題]

本發明是有鑒於如上所述的問題而完成，其目的在於提供一種晶圓溫度控制裝置，即便在對冷卻器輸入的冷卻操作量受到變更的

情況下，亦能以充分的精度來推測晶圓溫度，並將晶圓溫度控制為目標溫度。

[解決課題之手段]

【0010】 即，本發明的晶圓溫度控制裝置的特徵在於包括：加熱器，根據所輸入的加熱操作量來對晶圓進行加熱；冷卻器，根據所輸入的冷卻操作量來對所述晶圓進行冷卻；附近溫度測定器，測定所述晶圓的附近溫度；溫度推測觀測器，基於所述附近溫度測定器所測定的所述附近溫度、與對所述冷卻器輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量，來推測晶圓溫度；以及溫度控制器，控制所述冷卻操作量，以使設定溫度與所推測出的所述晶圓溫度的溫度偏差變小。

【0011】 而且，本發明的晶圓溫度控制方法是一種晶圓溫度控制裝置的控制方法，其特徵在於，所述晶圓溫度控制裝置包括根據所輸入的加熱操作量來對晶圓進行加熱的加熱器、以及根據所輸入的冷卻操作量來對所述晶圓進行冷卻的冷卻器，所述晶圓溫度控制裝置的控制方法包括：測定所述晶圓的附近溫度；基於所述附近溫度測定器所測定的所述附近溫度、與對所述冷卻器輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量來推測晶圓溫度；以及控制所述冷卻操作量，以使設定溫度與所推測出的所述晶圓溫度的溫度偏差變小。

【0012】 若為此種者，則即便在所述冷卻操作量受到變更的情況下，亦能基於所述附近溫度來精度良好地推測所述晶圓溫度。其

結果，即便無法對晶圓溫度進行實測，亦能將晶圓溫度持續保持為設定溫度。

【0013】 為了對因初始溫度的偏離引起的所述晶圓溫度的推測誤差進行修正而提高所述晶圓溫度的推測精度，只要為如下所述者即可，即，所述溫度推測觀測器包括：作為狀態空間模型的溫度推測模型，將所述晶圓溫度與所述附近溫度作為輸出變量；附近溫度輸出部，輸出基於所述溫度推測模型而推測出的所述附近溫度；晶圓溫度輸出部，輸出基於所述溫度推測模型而推測出的所述晶圓溫度；以及觀測器增益，且構成為，使將自所述附近溫度輸出部輸出的所述附近溫度的推測值與自所述附近溫度測定器輸出的附近溫度的測定值的偏差乘以所述觀測器增益所得的值反饋至所述溫度推測模型內。

【0014】 例如為了即便在有外界干擾被輸入至晶圓溫度控制裝置內的情況下，能夠修正在其影響下推測的晶圓溫度相對於實際溫度發生偏離的狀態受到維持的情況，而進一步提高作為控制系統的穩健性，只要為如下所述者即可，即，所述溫度推測觀測器更包括：觀測器積分器，對自所述附近溫度輸出部輸出的所述附近溫度的推測值與自所述附近溫度測定器輸出的附近溫度的測定值的偏差進行積分，且構成為，使將自所述觀測器積分器輸出的積分值乘以所述觀測器增益所得的值反饋至所述溫度推測模型內。

【0015】 例如作為適合於對收容至腔室內的所述晶圓進行加熱

或冷卻的結構例，可列舉如下所述者，即，更包括載置所述晶圓的板，所述加熱器構成為對所述板進行加熱，且所述冷卻器構成為對所述板進行冷卻。

【0016】 作為所述冷卻器的具體形態，可列舉如下所述者，即，所述冷卻器包括：製冷劑流路；以及製冷劑控制部，對在所述製冷劑流路內流通的製冷劑的流動進行控制，所述冷卻操作量為所述晶圓的冷卻量或目標製冷劑流量。

【0017】 為了精度良好地模擬所述冷卻器對所述晶圓的冷卻量，而提高最終的所述晶圓溫度的推測精度，只要為如下所述者即可，即，所述溫度推測模型是將基於所述加熱器的加熱量與基於所述冷卻器的冷卻量作為輸入變量，將所述晶圓溫度以及所述附近溫度作為狀態變量的狀態空間模型，所述冷卻量是基於所述晶圓溫度與所述附近溫度之差、以及所述晶圓與所述板之間的熱傳遞係數而算出。

【0018】 為了可準確地模擬熱自所述晶圓向所述板的移動，只要為如下所述者即可，即，對於所述晶圓與所述板之間，以規定壓力而供給有熱傳遞氣體，所述熱傳遞係數是基於所述熱傳遞氣體的壓力來設定。

【0019】 為了簡化控制輸入且例如容易地將所述晶圓的溫度保持為高溫且固定的值，只要將所述加熱操作量設定為固定值即可。

【0020】 為了不僅對作為最終控制對象的所述晶圓溫度，而且對各狀態變量亦控制為適當的值，藉此在各時刻使所述晶圓溫度與

所述設定溫度持續一致，所述溫度控制器只要構成為，被反饋有由所述溫度推測觀測器所推測的狀態變量向量即可。

【0021】 例如為了考慮由存在於腔室內的氣體所造成的對所述晶圓的加熱或自所述晶圓的散熱的影響，而使得所述溫度推測觀測器可推測晶圓溫度，進而提高推測精度，只要為如下所述者即可，即，更包括：氣體溫度測定器，對存在於所述晶圓的上側附近的氣體的溫度進行測定，所述溫度推測觀測器構成為，基於所述附近溫度測定器所測定的所述附近溫度、對所述冷卻器輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量、與所述氣體溫度測定器所測定的氣體溫度，來推測所述晶圓溫度。

【0022】 為了可藉由在現有的晶圓溫度控制裝置中更新程式，而實現與本發明的晶圓溫度控制裝置同等的溫度控制性能，只要使用晶圓溫度控制裝置用程式即可，所述晶圓溫度控制裝置用程式是被用於晶圓溫度控制裝置的程式，所述晶圓溫度控制裝置包括根據所輸入的加熱操作量來對所述晶圓進行加熱的加熱器、以及根據所輸入的冷卻操作量來對所述晶圓進行冷卻的冷卻器，所述晶圓溫度控制裝置用程式能夠使電腦發揮作為下述部分的功能，即：附近溫度測定器，測定所述晶圓的附近溫度；溫度推測觀測器，基於所述附近溫度測定器所測定的所述附近溫度、與對所述冷卻器輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量來推測晶圓溫度；以及溫度控制器，控制所述冷卻操作量，以使設定溫度與所推測出的所述晶圓溫度的溫度偏差變小。

【0023】 再者，晶圓溫度控制裝置用程式既可以電子方式予以分發，亦可記錄至光碟(Compact Disc, CD)、數位多功能光碟(Digital Versatile Disc, DVD)、快閃記憶體等的程式記錄媒體中。

[發明的效果]

【0024】 如此，根據本發明的晶圓溫度控制裝置，即便在冷卻操作量受到變更的情況下，亦能精度良好地推測難以直接測定的所述晶圓溫度。而且，基於精度良好地推測出的所述晶圓溫度與所述設定溫度的溫度偏差來控制所述冷卻操作量，因此例如可較以往提高所述晶圓溫度的控制精度。

【圖式簡單說明】

【0025】

圖 1 是本發明的第一實施形態的晶圓溫度控制裝置的示意立體圖。

圖 2 是第一實施形態中的晶圓溫度控制裝置的示意結構圖。

圖 3 是以狀態方程式來表達第一實施形態中的晶圓溫度控制裝置的示意圖。

圖 4 是表示第一實施形態中的晶圓溫度控制裝置的功能方塊圖。

圖 5 是表示第一實施形態中的對晶圓與板之間供給的熱傳遞氣體的壓力與晶圓及板間的熱傳遞係數的關係的圖表。

圖 6 是說明第一實施形態中的晶圓溫度控制裝置的模型化的示意圖。

圖 7 是第一實施形態中的晶圓溫度控制裝置的動作的模擬結果。

圖 8 是以狀態方程式來表達本發明的第二實施形態的晶圓溫度控制裝置的示意圖。

圖 9a、圖 9b 是輸入有外界干擾時的第二實施形態的自溫度推測觀測器輸出的晶圓溫度的模擬結果。

圖 10 是本發明的第三實施形態的晶圓溫度控制裝置的示意結構圖。

【實施方式】

【0026】 一邊參照圖 1 至圖 6，一邊說明本發明的第一實施形態中的晶圓溫度控制裝置 100。

【0027】 本實施形態的晶圓溫度控制裝置 100 例如構成爲，在真空腔室內靜電夾持晶圓 W 的背面。如圖 1 所示，晶圓溫度控制裝置 100 包括：呈大致圓板狀的吸附板 AP，在上表面載置晶圓 W；以及冷卻器 2，以與吸附板 AP 的下表面接觸的方式而設。

【0028】 吸附板 AP 的表面構成吸附面，在該吸附面形成有氣體流通槽 AP1，所述氣體流通槽 AP1 用於對與受到吸附的晶圓 W 的背面之間供給熱傳遞氣體。在該氣體流通槽 AP1 中，經由吸附板 AP 以及沿著冷卻器 2 的中心軸而形成的縱貫穿孔 AP2 而以規定的壓力供給例如氦氣。而且，在吸附板 AP 內，埋設有用於使所述吸附板 AP 與晶圓 W 之間產生靜電力的靜電電極（未圖示）。進而，在吸附板 AP 內，埋設有多個用於對吸附板 AP 進行加熱的發熱器

電極（未圖示），該些發熱器構成加熱器 1。本實施形態中，分別獨立地輸出與用戶對連接於各發熱器電極的加熱控制部（未圖示）所設定的加熱操作量相應的加熱量。本實施形態中，可在吸附板 AP 的中央部與外周部使加熱量不同，進而，在外周部中，在呈大致 C 字狀的大區域與剩餘的少區域之間亦能使加熱量不同。即，對於吸附板 AP 設定有三個加熱區域。

【0029】 冷卻器 2 包括：呈大致圓板狀的底板 BP，與吸附板 AP 的下表面接觸；製冷劑流路 21，形成於底板 BP 內；以及製冷劑控制部，對流經製冷劑流路 21 的製冷劑的流動進行控制。製冷劑流路 21 在底板 BP 內呈螺旋狀，對應於吸附板 AP 的三個加熱區域而在底板 BP 表面上形成三個冷卻區域。而且，製冷劑相對於底板 BP 內的製冷劑流路 21 的流入或者製冷劑自製冷劑流路 21 的流出是經由在供氦氣流動的縱貫穿孔 AP2 的周圍沿著軸方向而形成的製冷劑流入流路 22 或製冷劑流出流路 23 而進行。並且，在底板 BP 內流通且對底板 BP、吸附板 AP 以及晶圓 W 進行了冷卻而溫度上升的製冷劑由設在底板 BP 外部的冷卻器（未圖示）再次冷卻而在兩者之間循環。製冷劑控制部根據所輸入的冷卻操作量來使流經製冷劑流路 21 的製冷劑的流動發生變化。本實施形態中，冷卻操作量為目標冷卻量，是作為熱量而設定，製冷劑控制部使控制製冷劑流量的控制閥（未圖示）的開度發生變化，以實現目標冷卻量。

【0030】 而且，在底板 BP 的背面側，利用作為附近溫度測定器

3 的紅外線溫度感測器來進行溫度測定，所述附近溫度測定器 3 用於測定晶圓 W 的附近溫度。此處，由紅外線溫度感測器所測定的溫度為底板 BP 的溫度，因此並非晶圓 W 其自身的溫度。而且，在真空腔室內的真空環境中配置晶圓 W 以外的構件在各種處理等中不佳，因此並非直接測定真空腔室內的晶圓 W 的溫度。本說明書中，所謂附近溫度，例如是指相對於晶圓 W 而處於規定距離以內的構件或空間的溫度，包含可構建表示晶圓溫度與附近溫度之間的關係性的溫度模型的溫度。或者，所謂附近溫度，可包含與晶圓 W 之間可藉由傳導、對流或輻射中的至少一種而產生熱的傳導或傳遞的構件的溫度。更嚴格而言，亦可將與晶圓 W 直接接觸的構件或者與晶圓 W 存在界面的空間或氣體、相對於晶圓 W 而隔著數 μm 的間隙而存在的構件的溫度定義為附近溫度。

【0031】 進而，晶圓溫度控制裝置 100 例如在真空腔室的外部更包括至少對加熱器 1、冷卻器 2 的動作進行控制的控制裝置 COM。控制裝置 COM 是包括中央處理單元（Central Processing Unit，CPU）、記憶體、類比/數位（Analog/Digital，A/D）轉換器、數位/類比（Digital/Analog，D/A）轉換器、各種輸入/輸出機器的所謂的電腦。並且，藉由執行保存於記憶體中的晶圓溫度控制裝置用程式而由各種機器協同作業，從而構成圖 2 至圖 4 所示的晶圓溫度控制系統。

【0032】 首先，一邊參照圖 2，一邊說明本實施形態的晶圓溫度控制系統的概略。

【0033】 本實施形態中，不論所推測的晶圓溫度或附近溫度如何，均對構成加熱器 1 的各發熱器電極供給固定電力。即，在運行過程中，加熱操作量被固定，每單位時間的加熱量被控制為固定。與此相對，冷卻器 2 基於所推測的晶圓溫度或實測的附近溫度來逐次變更所輸入的冷卻操作量。更具體而言，使用溫度推測觀測器 4，基於由紅外線溫度感測器所測定的附近溫度來推測無法直接測定的晶圓溫度。進而，反饋所推測出的晶圓溫度與各狀態變量，冷卻器 2 進行控制，以使晶圓溫度追隨於設定溫度。

【0034】 與圖 2 所示的晶圓溫度控制系統相關的狀態空間表達的方塊圖為如圖 3 所示者。而且，圖 4 是對用於實現各功能的構成元件進行詳述的功能方塊圖。即，本實施形態中的控制對象為包含晶圓 W 以及吸附板 AP 的熱傳導以及熱傳遞的系統。晶圓溫度控制裝置 100 至少發揮作為溫度推測觀測器 4 與溫度控制器 5 的功能，所述溫度推測觀測器 4 模擬系統的熱行為，推測無法直接實測的晶圓 W 的溫度，所述溫度控制器 5 基於所推測的晶圓溫度與在溫度推測觀測器 4 中算出的各種狀態變量來對冷卻器 2 進行反饋控制。

【0035】 如圖 3 所示，溫度推測觀測器 4 構成為，模擬控制對象的特性，基於附近溫度測定器 3 所測定的附近溫度與冷卻器 2 所輸出的冷卻量，輸出晶圓溫度與附近溫度的推測值。更具體而言，溫度推測觀測器 4 包括：作為狀態空間模型的溫度推測模型 41，將晶圓溫度與附近溫度作為輸出變量；附近溫度輸出部 43，輸出

基於溫度推測模型 41 而推測出的所述附近溫度；晶圓溫度輸出部 42，輸出基於溫度推測模型 41 而推測出的所述晶圓溫度；以及觀測器增益 44。而且，構成為，使將自附近溫度輸出部 43 輸出的附近溫度的推測值與自附近溫度測定器 3 輸出的附近溫度的測定值的偏差乘以觀測器增益 44 所得的值反饋至溫度推測模型 41 內。

【0036】 溫度推測模型 41 例如是將與吸附板 AP 以及晶圓 W 自身相關的熱傳導、吸附板 AP 與晶圓 W 間的熱傳遞模型化者。如圖 2、圖 3、圖 4 所示，在控制對象中，只能對吸附板 AP 的溫度即附近溫度進行實測，因此無法自控制對象使晶圓溫度輸出至控制迴路內。與此相對，在溫度推測觀測器 4 內，基於溫度推測模型 41 並藉由計算來推測晶圓溫度，從而可向控制迴路內輸出。本實施形態的溫度推測模型 41 的輸入變量向量 $u(t)$ 包含自冷卻器 2 輸出並自晶圓 W 剝奪的熱量即冷卻量 $-q_{gi}$ 來作為輸入變量。此處，下標 i 表示是屬於在吸附板 AP 或晶圓 W 中設定的哪個區域的參數，以下的說明中亦同樣。而且，該系統中，輸入自加熱器 1 輸出並對晶圓 W 給予的加熱量 q_{zi} 來作為輸入變量向量 u_{heat} 。關於加熱量 q_{zi} ，由於本實施形態中加熱操作量被固定，因此作為固定值來處理。另一方面，關於冷卻量 $-q_{gi}$ ，是由冷卻量計算部 6 逐次算出。具體而言，冷卻量計算部 6 基於圖 5 的圖表所示的將氮氣的壓力 p 和晶圓 W 與吸附板 AP 的分隔距離 d 作為變量的熱傳遞係數 h 的模型，來決定晶圓 W 與吸附板 AP 間的熱傳遞係數 h 。進而，本實施形態的冷卻量計算部 6 例如構成為，算出將晶圓 W

的設定溫度與附近溫度之差乘以所算出的熱傳遞係數 h 所得的值來作為冷卻量 $-q_{gi}$ 。此處，冷卻量 $-q_{gi}$ 依存於氮氣的壓力、流量、以及氣體與晶圓的溫度差等，具有因溫度變化引起的相互作用或具有非線性的複雜特性。本實施形態中，並非將此種複雜的現象直接模型化，而是對於在冷卻量計算部 6 中使用的晶圓 W 的溫度，導出在該溫度附近與設定溫度即固定值近似的函數，以算出冷卻量 $-q_{gi}$ 。如此，既可簡化控制系統而降低運算負載等，又可以所要求的精度來控制晶圓溫度。即，冷卻量 $-q_{gi}$ 是定義為氮氣的壓力 p 的函數 $-q_{gi} = \beta_i(p)$ 。再者，例如在運算能力足夠的情況下，亦可構成為，根據溫度控制器 5 的輸出而算出晶圓溫度與吸附板 AP 的溫度（附近溫度）之差 Δt ，將所決定的熱傳遞係數 h 乘以 Δt 而算出冷卻量 $-q_{gi}$ 。

【0037】 而且，圖 3 以及圖 4 中的輸出變量向量 $y(t)$ 包含晶圓溫度 T_{wi} 與吸附板 AP 的溫度即附近溫度 T_{pi} 來作為輸出變量。而且，狀態變量向量 $x(t)$ 包含晶圓溫度 T_{wi} 與吸附板 AP 的溫度即附近溫度 T_{pi} 來作為狀態變量。

【0038】 並且，在將狀態矩陣設為 A ，輸入矩陣設為 B 、 $B2$ ，輸出矩陣設為 Cr 、 C 的情況下，如圖 6 所示，溫度推測模型 41 是以狀態方程式 $d/dt(x(t)) = Ax + Bu + B2u_{heat}$ 、輸出方程式 $y = Crx$ 、 $w = Cx$ 來定義。此處，對於 A 、 B 、 $B2$ 、 Cr 、 C ，既可基於熱傳導方程式或熱傳遞的關係式而定，亦可基於實驗等來決定各矩陣的各要素。在晶圓 W 上設定所設定的外周 C 字狀區域 $W1$ 、中央區

域 W2、外周扇狀區域 W3，在吸附板 AP 上設定有與晶圓 W 的外周 C 字區域 W1 接觸的接觸 C 字狀區域 P1、與晶圓 W 的中央區域 W2 接觸的接觸中央區域 P2、與晶圓 W 的外周扇狀區域 W3 接觸的接觸扇狀區域 P3、處於晶圓 W 的外側且不與晶圓 W 接觸的非接觸 C 字狀區域 P4、處於晶圓的外側且不與晶圓 W 接觸的非接觸扇狀區域 P5、自非接觸扇狀區域 P5 進一步朝外側突出的突出區域 P6 的情況下，狀態矩陣 A 的各列與實際系統的對應關係如圖 6 所示。狀態矩陣 A 的各列的要素例如是設定基於決定晶圓 W 與吸附板 AP 之間的導熱特性的熱傳導係數等而算出的值。

【0039】 而且，輸入矩陣 B 規定前述的氮氣對晶圓 W 的各區域的冷卻特性。輸入矩陣 B2 規定發熱器電極的加熱特性。本實施形態中，導出狀態變量向量 $x(t)$ 的一部分來作為輸出變量向量，因此關於輸出矩陣 Cr、輸出矩陣 C，僅以零矩陣以及單位矩陣來規定。而且，關於狀態變量向量 $x(t)$ ，對溫度控制器 5 進行狀態反饋。

【0040】 晶圓溫度輸出部 42 自溫度推測模型 41 的輸出中僅提取相當於晶圓溫度的要素，並輸出至溫度控制器 5。例如晶圓溫度輸出部 42 相當於輸出矩陣 C。

【0041】 附近溫度輸出部 43 自溫度推測模型 41 的輸出中僅提取相當於附近溫度的要素並予以輸出。算出所輸出的附近溫度的推測值與自附近溫度測定器 3 輸出的附近溫度的實測值的偏差並輸入至觀測器增益 44。附近溫度輸出部 43 在本實施形態中相當於輸

出矩陣 C_r 。

【0042】 溫度控制器 5 將由溫度推測觀測器 4 所推測出的晶圓溫度與設定溫度的溫度偏差乘以增益 K 而進行積分運算。而且，算出所算出的積分值、與將狀態變量向量 $x(t)$ 乘以規定的狀態反饋增益 F 所得的值的偏差，將該偏差作為冷卻操作量而輸入至冷卻器 2。

【0043】 將在如此般構成的晶圓溫度控制裝置 100 中設定了 100°C 作為設定溫度時的動作的模擬結果示於圖 7。根據本實施形態的晶圓溫度控制裝置 100 可知的是，基於由溫度推測觀測器 4 所推測的晶圓溫度，對於晶圓 W 的各區域的溫度，能以分別大致相同的一階滯後的特性而控制為設定溫度即 100°C 。

【0044】 如此，根據本實施形態中的晶圓溫度控制裝置 100，藉由溫度推測觀測器 4 來推測無法實測的晶圓溫度，並反饋晶圓溫度的推測值與其他狀態變量，藉此，可將無法實測的晶圓溫度持續保持為設定溫度。

【0045】 而且，構成為，將加熱器 1 的輸出設為固定，且對冷卻器 2 的輸出進行溫度反饋控制以及狀態反饋控制，因此，即便在欲將晶圓溫度保持為 100°C 這一高溫的情況下，亦大致不會引起過沖等而可實現高精度的控制。

【0046】 接下來，一邊參照圖 8，一邊說明本發明的第二實施形態的晶圓溫度控制裝置 100。再者，對於與第一實施形態中所說明的部分對應的部分，標註相同的符號。

【0047】 第二實施形態的晶圓溫度控制裝置 100 考慮到對系統輸入有外界干擾 d 時的對溫度推測觀測器 4 的影響。第二實施形態的晶圓溫度控制裝置 100 的溫度推測觀測器 4 與第一實施形態相比較，不同之處在於包括觀測器積分器 45。更具體而言，在溫度推測觀測器 4 內構成為，將附近溫度的推測值與附近溫度測定器 3 的測定值的偏差反饋給溫度推測模型 41，並且，並列地將前述的偏差的積分值亦反饋給溫度推測模型 41。

【0048】 即，溫度推測觀測器 4 包括：第一反饋迴路，將使附近溫度的推測值與測定值的偏差乘以比例觀測器增益 441 所得的值反饋給溫度推測模型 41；以及第二反饋迴路，利用觀測器積分器 45 對附近溫度的推測值與測定值的偏差進行積分，將使該積分值乘以積分觀測器增益 442 所得的值反饋給溫度推測模型 41。此處，比例觀測器增益 441 以及積分觀測器增益 442 相當於第一實施形態中的觀測器增益 44。

【0049】 接下來，將與如圖 9a 所示般發生了週期性的外界干擾 d 時的、第二實施形態的溫度推測觀測器 4 對晶圓溫度的推測相關的模擬結果示於圖 9b。即便在使晶圓溫度自 25°C 變化至 100°C 且在維持為 100°C 的中途輸入有週期性的外界干擾的情況下，亦能以抵消該外界干擾的方式而使晶圓溫度的推測值或控制結果收斂至設定溫度。換言之，當在無觀測器積分器 45 的情況下產生外界干擾時，由溫度推測觀測器 4 所推測的晶圓溫度將相對於實際的晶圓溫度而持續產生規定的偏差，但若為第二實施形態，則可消除

此種推測誤差，即便有外界干擾 d 輸入，最終仍可推測實際的晶圓溫度。

【0050】 接下來，一邊參照圖 10 一邊說明本發明的第三實施形態的晶圓溫度控制裝置 100。再者，對於與第一實施形態中所說明的部分對應的部分，標註相同的符號。

【0051】 第三實施形態的晶圓溫度控制裝置 100 構成為，更包括在腔室內對存在於晶圓 W 的上側附近的氣體的溫度進行測定的氣體溫度測定器 GT ，溫度推測觀測器不僅使用由輻射溫度計所測定的、在吸附板 AP 測定的附近溫度，還使用由氣體溫度測定器 GT 所測定的氣體溫度來作為實測值，而推測晶圓溫度。此處，氣體溫度測定器 GT 例如是以下述方式構成的吸光分析儀，即，基於沿著面板方向通過晶圓 W 正上方的雷射光的吸光度來測定氣體溫度。

【0052】 若為此種第三實施形態的晶圓溫度控制裝置 100，則被使用於溫度推測模型的狀態向量 x 不僅包含晶圓溫度、附近溫度，還可包含氣體溫度。而且，第一實施形態中所說明的狀態方程式的狀態向量 x 中僅包含氣體溫度作為成分，對於其他矩陣或向量可同樣地進行處理。對於基於此種狀態方程式而推測的晶圓溫度，與實測的溫度的資訊增加相應地，可提高其推測精度，甚而，可進一步提高晶圓溫度的控制精度。

【0053】 對其他實施形態進行說明。

【0054】 對加熱器進行控制以使其成為固定輸出，但亦可對加熱

器亦藉由輸出反饋控制或狀態反饋控制來變更加熱操作量。

【0055】 對於溫度推測觀測器，亦可考慮外界干擾影響而構成爲卡爾曼濾波器（**Kalman filter**）。再者，對於取代觀測器增益而設定卡爾曼增益的方法，只要使用現有的各種方法即可。

【0056】 對於被用作輸入變量的冷卻量的算出方法，並不限於前述的模型化的方法。例如亦可視爲晶圓與吸附板的溫度差爲固定值而算出爲近似的值。

【0057】 冷卻器或加熱器的結構並不限於前述者。例如冷卻器亦可利用帕耳帖（**Peltier**）元件等來構成，加熱器並不限於發熱器電極，亦可構成爲藉由光照射來對晶圓進行加熱。

【0058】 對於晶圓以及吸附板的加熱或冷卻區域，並不限於劃分爲三個區域，亦可劃分出更多數量的區域，還可劃分出兩個區域。而且，亦可不設定區域而將晶圓或吸附板整體設爲一個溫度來處理。而且，對於吸附板，亦可爲無吸附功能而簡單地載置晶圓的板。

【0059】 附近溫度測定器所測定的部位並不限於前述的部位，亦可爲其他部位。總之，只要將與晶圓溫度存在某些相關或關係性的溫度測定作爲附近溫度即可。而且，溫度控制器並不限於紅外線溫度感測器，例如亦可爲設於板內的熱電偶等。

【0060】 第二實施形態中，構成爲，將偏差的積分值跟附近溫度的測定值與推測值的偏差一同反饋給溫度推測模型，但例如亦可僅將偏差的積分值反饋給溫度推測模型。

【0061】 除此以外，只要不違背本發明的主旨，則亦可進行各種實施形態的變形或組合。

【符號說明】

【0062】

1:加熱器

2:冷卻器

3:附近溫度測定器

4:溫度推測觀測器

5:溫度控制器

6:冷卻量計算部

21:製冷劑流路

22:製冷劑流入流路

23:製冷劑流出流路

41:溫度推測模型

42:晶圓溫度輸出部

43:附近溫度輸出部

44:觀測器增益

100:晶圓溫度控制裝置

441:比例觀測器增益

442:積分觀測器增益

AP:吸附板

AP1:氣體流通槽

AP2:縱貫穿孔

B、B2:輸入矩陣

BP:底板

C、Cr:輸出矩陣

COM:控制裝置

d:分隔距離、外界干擾

GT:氣體溫度測定器

P1:接觸 C 字狀區域

P2:接觸中央區域

P3:接觸扇狀區域

P4:非接觸 C 字狀區域

P5:非接觸扇狀區域

P6:突出區域

$-q_{gi}$:冷卻量

q_{zi} :加熱量

T_{pi} :附近溫度

T_{wi} :晶圓溫度

$u(t)$ 、 u_{heat} :輸入變量向量

W:晶圓

W1:外周 C 字狀區域

W2:中央區域

W3:外周扇狀區域

$x(t)$: 狀態變量向量

$y(t)$: 輸出變量向量

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種晶圓溫度控制裝置，包括：

加熱器，根據所輸入的加熱操作量來對晶圓進行加熱；

冷卻器，根據所輸入的冷卻操作量來對所述晶圓進行冷卻；

附近溫度測定器，測定所述晶圓的附近溫度；

溫度推測觀測器，基於所述附近溫度測定器所測定的所述附近溫度、與對所述冷卻器輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量，來推測晶圓溫度；以及

溫度控制器，控制所述冷卻操作量，以使設定溫度與所推測出的所述晶圓溫度的溫度偏差變小。

【請求項2】 如請求項1所述的晶圓溫度控制裝置，其中

所述溫度推測觀測器包括：

作為狀態空間模型的溫度推測模型，將所述晶圓溫度與所述附近溫度作為輸出變量；

附近溫度輸出部，輸出基於所述溫度推測模型而推測出的所述附近溫度；

晶圓溫度輸出部，輸出基於所述溫度推測模型而推測出的所述晶圓溫度；以及

觀測器增益，且

構成為，使將自所述附近溫度輸出部輸出的所述附近溫度的推測值與自所述附近溫度測定器輸出的附近溫度的測定值的偏差或者根據偏差而算出的值乘以所述觀測器增益所得的值反饋至所

述溫度推測模型內。

【請求項3】 如請求項 2 所述的晶圓溫度控制裝置，其中

所述溫度推測觀測器更包括：

觀測器積分器，對自述附近溫度輸出部輸出的所述附近溫度的推測值與自所述附近溫度測定器輸出的附近溫度的測定值的偏差進行積分，且

構成為，使將自所述觀測器積分器輸出的積分值乘以所述觀測器增益所得的值反饋至所述溫度推測模型內。

【請求項4】 如請求項 1 所述的晶圓溫度控制裝置，更包括：

板，載置所述晶圓，

所述加熱器構成為對所述板進行加熱，且

所述冷卻器構成為對所述板進行冷卻。

【請求項5】 如請求項 4 所述的晶圓溫度控制裝置，其中

所述冷卻器包括：

製冷劑流路；以及

製冷劑控制部，對在所述製冷劑流路內流通的製冷劑的流動進行控制，

所述冷卻操作量為所述晶圓的冷卻量或目標製冷劑流量。

【請求項6】 如請求項 4 所述的晶圓溫度控制裝置，其中

所述溫度推測模型是將基於所述加熱器的加熱量與基於所述冷卻器的冷卻量作為輸入變量，將所述晶圓溫度以及所述附近溫度作為狀態變量的狀態空間模型，

所述冷卻量是基於所述晶圓溫度與所述附近溫度之差、以及所述晶圓與所述板之間的熱傳遞係數而算出。

【請求項7】 如請求項 6 所述的晶圓溫度控制裝置，其中

對於所述晶圓與所述板之間，以規定壓力而供給有熱傳遞氣體，

所述熱傳遞係數是基於所述熱傳遞氣體的壓力而算出。

【請求項8】 如請求項 1 所述的晶圓溫度控制裝置，其中

所述加熱操作量被設定為固定值。

【請求項9】 如請求項 1 所述的晶圓溫度控制裝置，其中

所述溫度控制器構成爲，被反饋有由所述溫度推測觀測器所推測的狀態變量向量。

【請求項10】 如請求項 1 至請求項 9 中任一項所述的晶圓溫度控制裝置，更包括：

氣體溫度測定器，對存在於所述晶圓的上側附近的氣體的溫度進行測定，

所述溫度推測觀測器構成爲，基於所述附近溫度測定器所測定的所述附近溫度、對所述冷卻器輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量、與所述氣體溫度測定器所測定的氣體溫度，來推測所述晶圓溫度。

【請求項11】 一種晶圓溫度控制裝置用控制方法，爲晶圓溫度控制裝置的控制方法，所述晶圓溫度控制裝置包括根據所輸入的加熱操作量來對晶圓進行加熱的加熱器、以及根據所輸入的冷卻

操作量來對所述晶圓進行冷卻的冷卻器，所述晶圓溫度控制裝置用控制方法包括：

測定所述晶圓的附近溫度；

基於所述附近溫度測定器所測定的所述附近溫度、與對所述冷卻器輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量來推測晶圓溫度；以及

控制所述冷卻操作量，以使設定溫度與所推測出的所述晶圓溫度的溫度偏差變小。

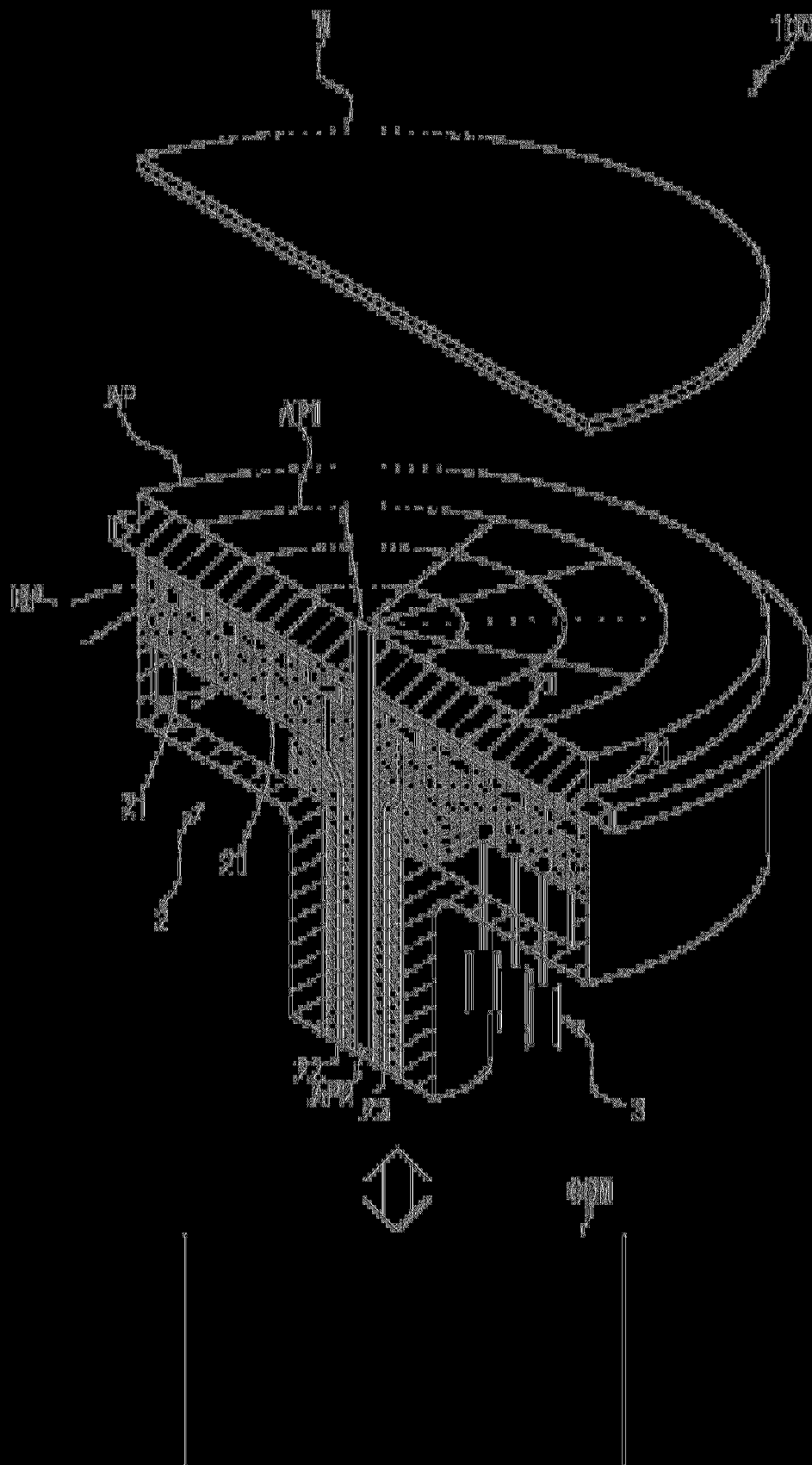
【請求項12】 一種記錄有晶圓溫度控制裝置用程式的程式記錄媒體，其是記錄有被用於晶圓溫度控制裝置的程式的程式記錄媒體，所述晶圓溫度控制裝置包括根據所輸入的加熱操作量來對所述晶圓進行加熱的加熱器、以及根據所輸入的冷卻操作量來對所述晶圓進行冷卻的冷卻器，所述記錄有晶圓溫度控制裝置用程式的程式記錄媒體的特徵在於，所述晶圓溫度控制裝置用程式能夠使電腦發揮作為下述部分的功能，即：

附近溫度測定器，測定所述晶圓的附近溫度；

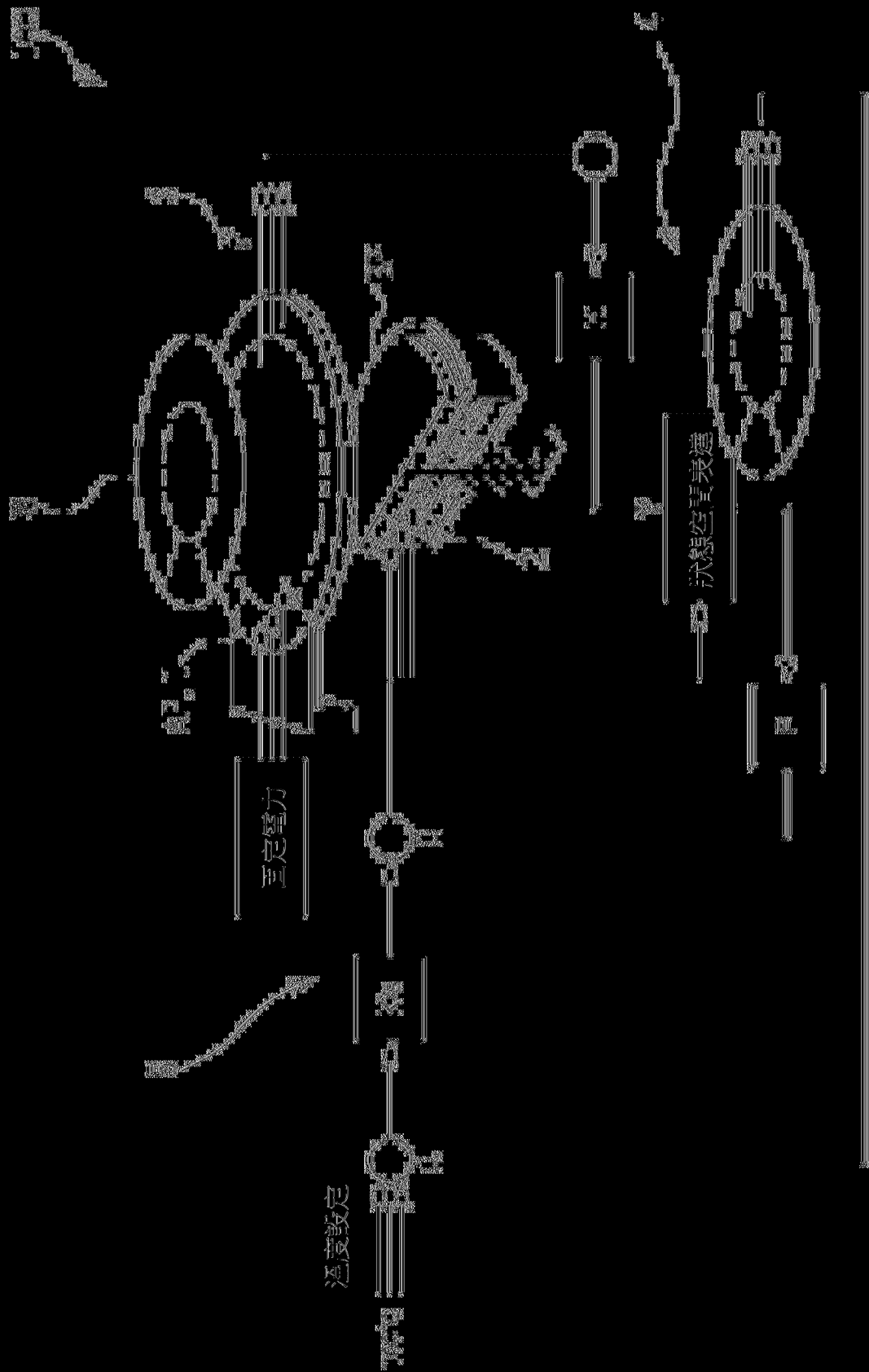
溫度推測觀測器，基於所述附近溫度測定器所測定的所述附近溫度、與對所述冷卻器輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量來推測晶圓溫度；以及

溫度控制器，控制所述冷卻操作量，以使設定溫度與所推測出的所述晶圓溫度的溫度偏差變小。

〔發明圖式〕

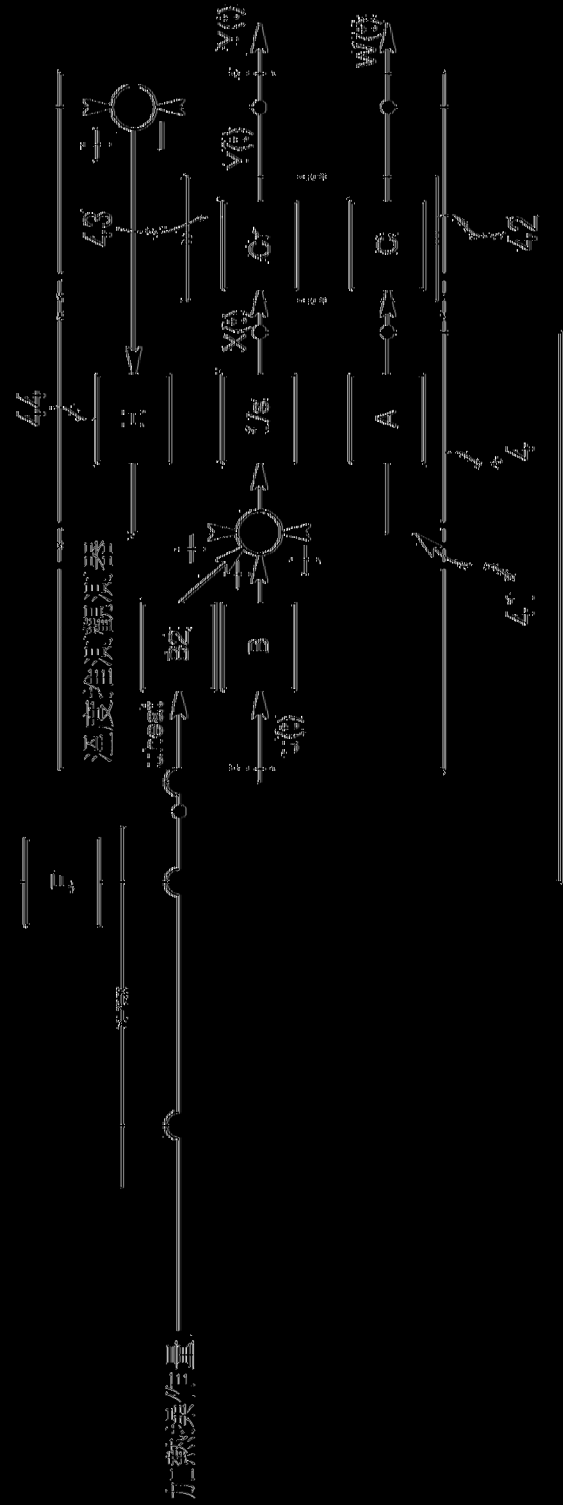
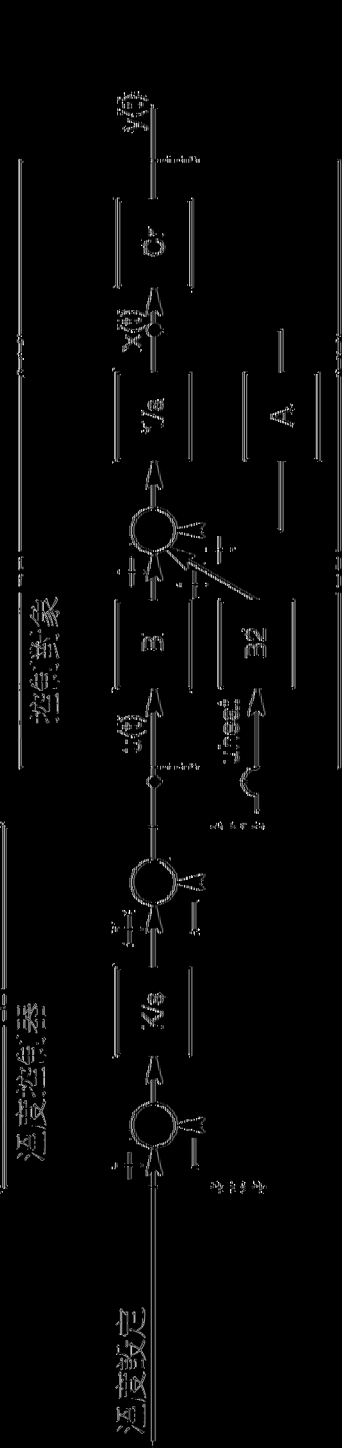


〔圖1〕

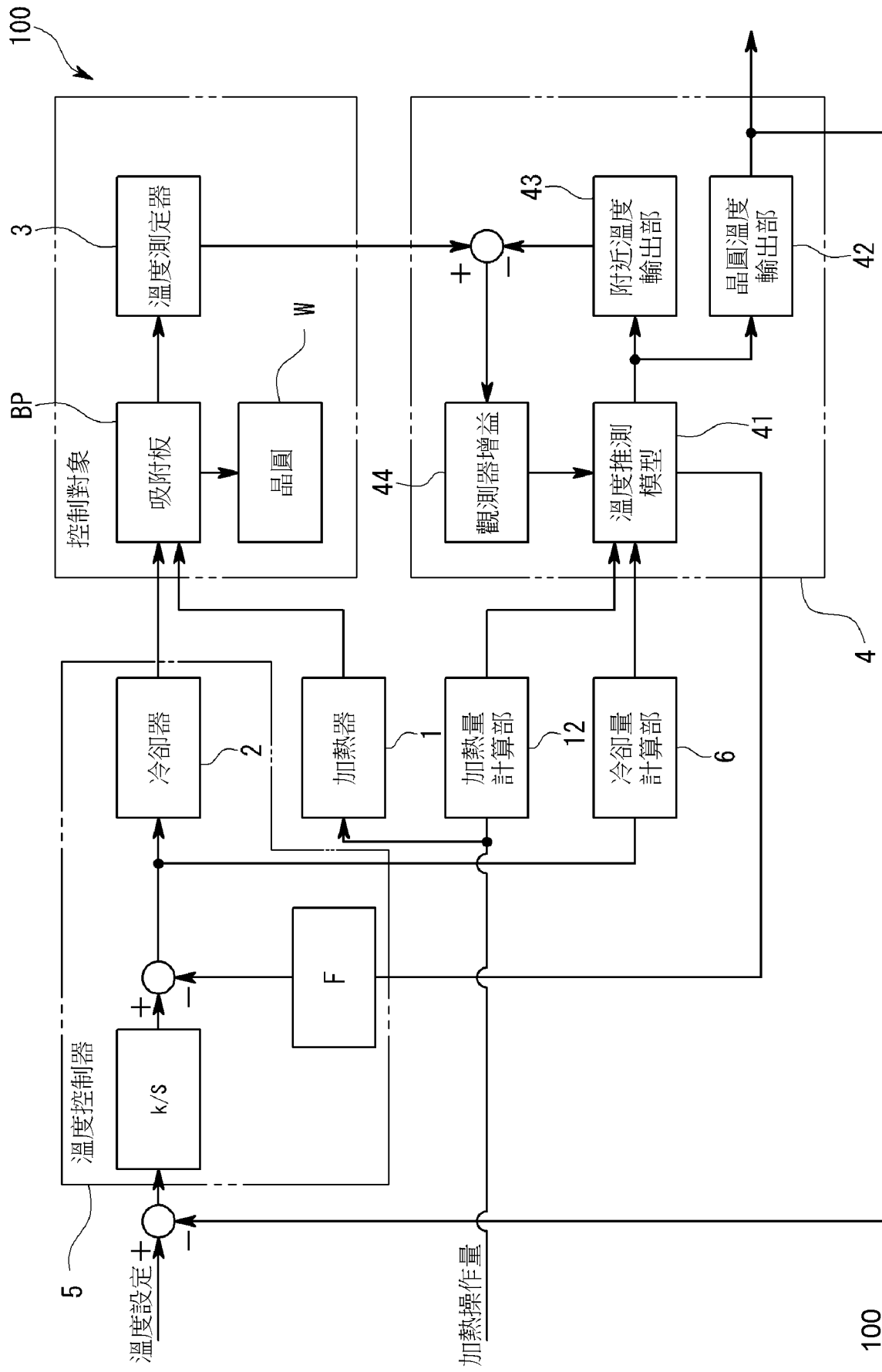


〔圖2〕

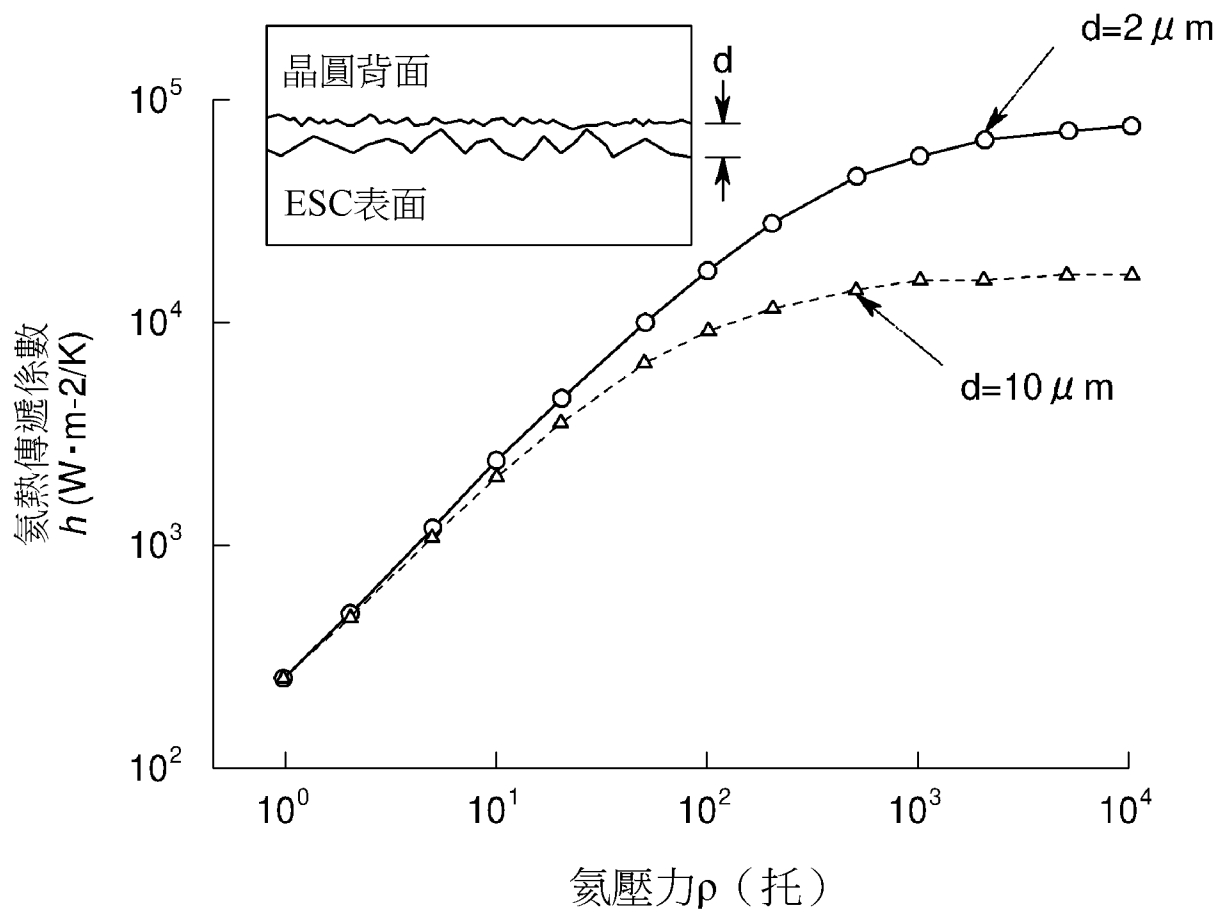
15



【夏3】



【圖4】



【圖5】

$\frac{dx}{dt} = Ax - BU + U_{heat}$ 狀態方程式

$y = C_1x$ 附近溫度的輸出方程式

$w = C_2x$ 晶圓溫度的輸出方程式



$$B = \begin{bmatrix} \beta_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \beta_{22} & 0 \\ 0 & 0 & \beta_{33} \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

晶圓與吸附板間的借助氮氣的冷卻模型

$$x = \begin{bmatrix} T_{11} \\ T_{12} \\ T_{13} \\ T_{21} \\ T_{22} \\ T_{23} \\ T_{31} \\ T_{32} \\ T_{33} \\ T_{41} \end{bmatrix}$$

晶圓溫度
(三個區域)

附近溫度
(板溫度)
(六個區域)

$$U = \begin{bmatrix} q_{11} \\ q_{21} \\ q_{31} \end{bmatrix}$$

冷卻操作量
(逐次變更的量)
(對應於晶圓的三個區域)

$$U_{heat} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ b_{11} & 0 & 0 \\ b_{12} & 0 & 0 \\ b_{13} & 0 & 0 \\ 0 & b_{21} & 0 \\ b_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_{31} \end{bmatrix}$$

和晶圓與板間的加熱相關的熱傳遞模型

$$u_{heat} = \begin{bmatrix} q_{11} \\ q_{21} \\ q_{31} \end{bmatrix}$$

加熱操作量
(固定值)
(對應於晶圓的三個區域)

$$C_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

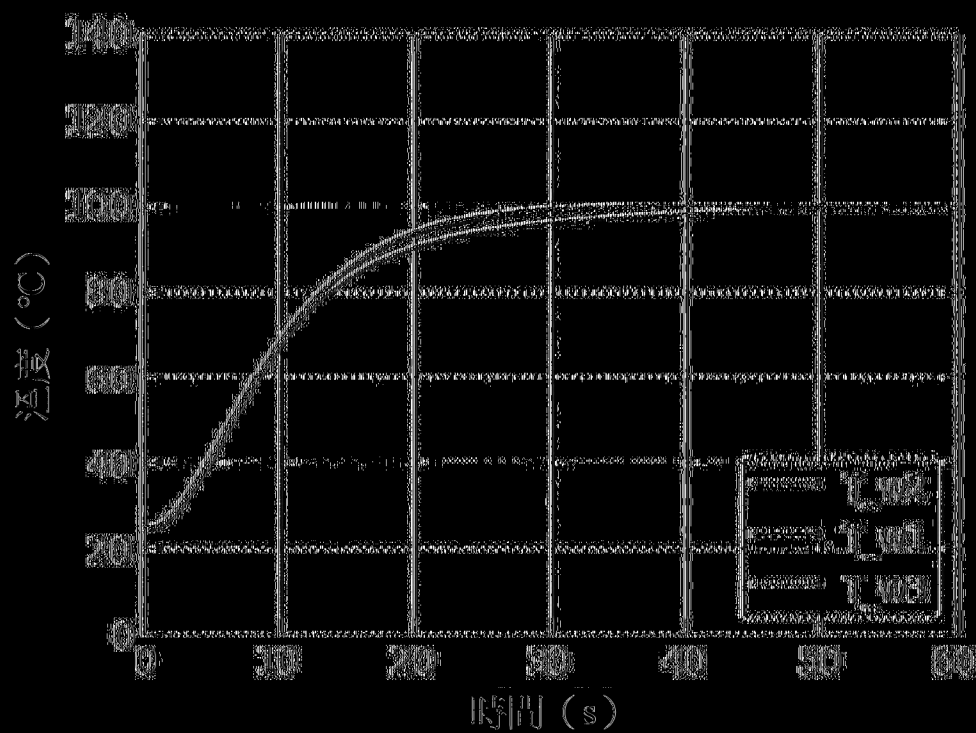
$$C_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$y = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} \end{bmatrix}^T$$

$$w = \begin{bmatrix} T_{21} & T_{22} & T_{23} \end{bmatrix}^T$$

(16)

晶圓溫度



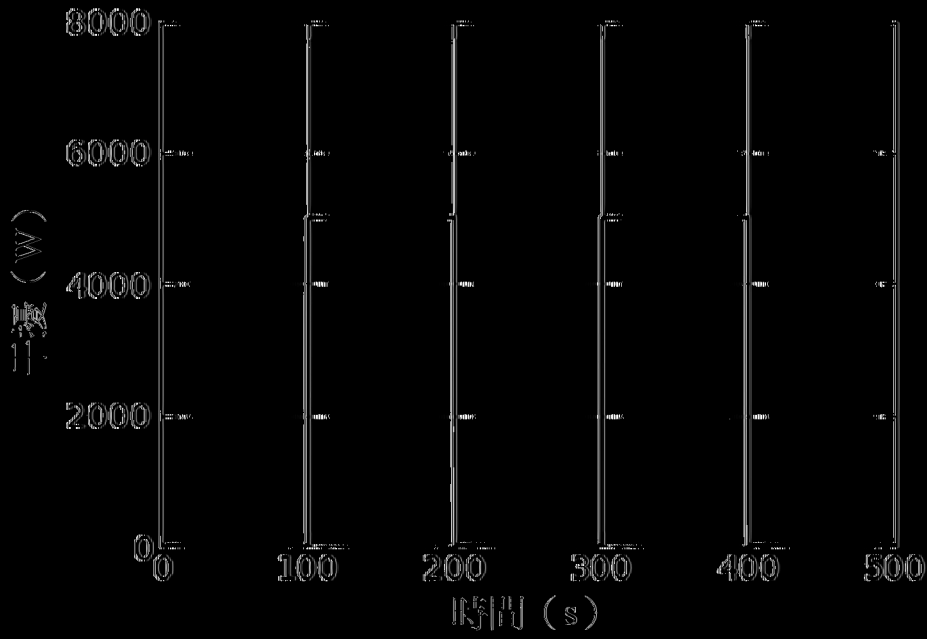
(圖 7)



【圖8】

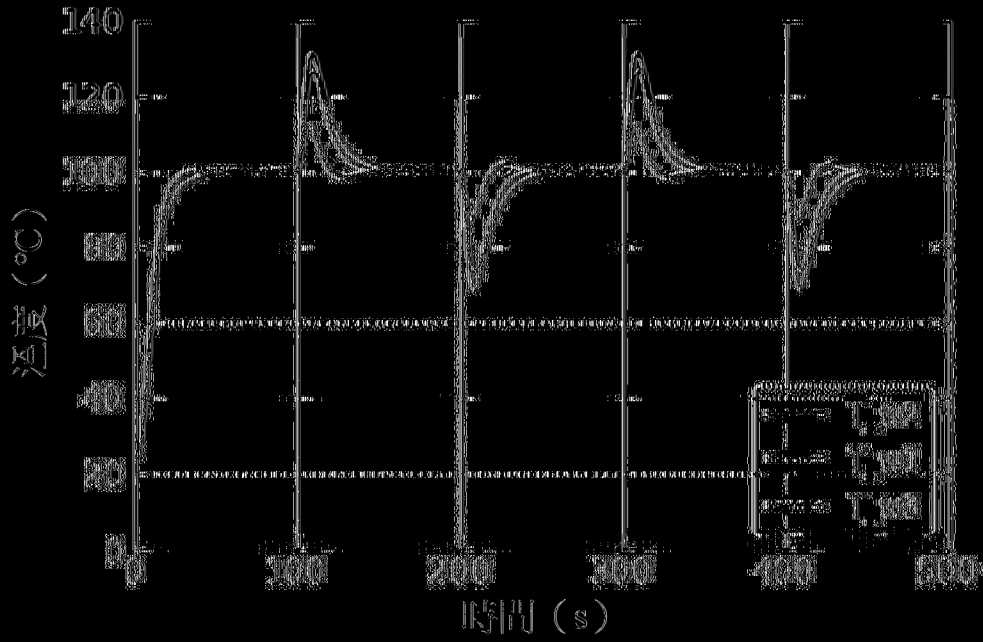
00

外界干擾

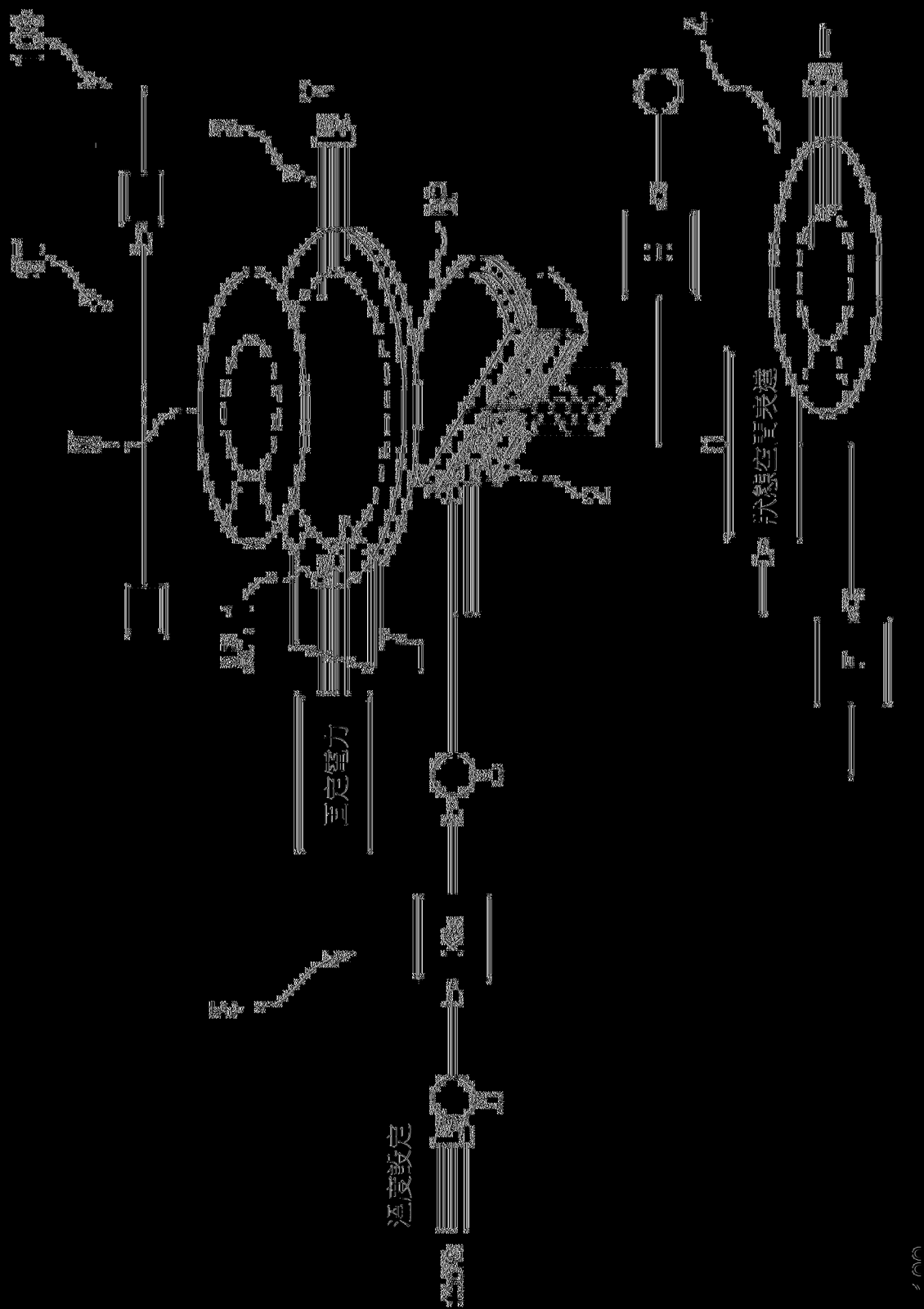


(圖9a)

晶圓溫度



(圖9b)



(圖10)

【發明說明書】

【中文發明名稱】晶圓溫度控制裝置、晶圓溫度控制裝置用控制方法及記錄有晶圓溫度控制裝置用程式的程式記錄媒體

【英文發明名稱】 WAFER TEMPERATURE CONTROL DEVICE, CONTROL METHOD FOR WAFER TEMPERATURE CONTROL DEVICE, AND PROGRAM RECORDING MEDIUM COMPRISING PROGRAM FOR WAFER TEMPERATURE CONTROL DEVICE

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種對晶圓的溫度進行控制的晶圓溫度控制裝置。

【先前技術】

【0002】 在半導體製造製程中，對收容於腔室內的晶圓進行的各種處理中，有將晶圓的溫度控制為規定的目標溫度的處理。

【0003】 例如專利文獻 1 所記載的晶圓溫度控制裝置包括載台，所述載台包括對在腔室內載置的晶圓進行冷卻的冷卻機構、以及對該晶圓進行加熱的加熱機構。該載台是由透光性的構件所形成，並且在內部形成有供製冷劑流通的製冷劑流路。

【0004】 冷卻機構包括在載台外部與載台內的製冷劑流路連接的冷卻器（chiller），例如藉由控制開閉閥來切換製冷劑的供給。另一方面，加熱機構包括設在載台的與晶圓載置面為相反側的多個發光二極體（Light Emitting Diode，LED）。構成為，自各 LED

射出的光透過載台內之後照射至晶圓的背面。而且，自各 LED 射出的光量受到控制，以使晶圓的溫度成為目標溫度。

【0005】 而且，由於各種技術限制，而難以對收容於腔室內的晶圓自身的溫度進行實測。因此，專利文獻 1 中，在載台內設置溫度感測器，對晶圓附近部分的溫度進行測定，由觀測器 (observer) 對形成於晶圓上的電子元件的溫度進行推測。並且，將與由觀測器所推測出的電子元件的溫度相應的電流值供給至 LED，以控制加熱量。

【0006】 此外，在使用電漿的製程中，由於使藉由電漿而離子化的氣體分子碰撞至晶圓，因此晶圓的溫度會上升。因此，採用將 He 等氣體直接供給至晶圓的背面以進行冷卻的方法。而且，亦存在不進行加熱而僅有冷卻的製程。

【0007】 然而，在此類用途中，專利文獻 1 所示的觀測器根本並非將冷卻量或冷卻操作量作為輸入參數，因此難以以充分的精度來推測晶圓溫度而將晶圓溫度固定地控制為目標溫度。

[現有技術文獻]

[專利文獻]

【0008】 [專利文獻 1]日本專利特開 2021-19066 號公報

【發明內容】

【0009】 [發明所欲解決之課題]

本發明是有鑒於如上所述的問題而完成，其目的在於提供一種晶圓溫度控制裝置，即便在對冷卻器輸入的冷卻操作量受到變更的

情況下，亦能以充分的精度來推測晶圓溫度，並將晶圓溫度控制為目標溫度。

[解決課題之手段]

【0010】 即，本發明的晶圓溫度控制裝置的特徵在於包括：加熱器，根據所輸入的加熱操作量來對晶圓進行加熱；冷卻器，根據所輸入的冷卻操作量來對所述晶圓進行冷卻；附近溫度測定器，測定所述晶圓的附近溫度；溫度推測觀測器，基於所述附近溫度測定器所測定的所述附近溫度、與對所述冷卻器輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量，來推測晶圓溫度；以及溫度控制器，控制所述冷卻操作量，以使設定溫度與所推測出的所述晶圓溫度的溫度偏差變小。

【0011】 而且，本發明的晶圓溫度控制方法是一種晶圓溫度控制裝置的控制方法，其特徵在於，所述晶圓溫度控制裝置包括根據所輸入的加熱操作量來對晶圓進行加熱的加熱器、以及根據所輸入的冷卻操作量來對所述晶圓進行冷卻的冷卻器，所述晶圓溫度控制裝置的控制方法包括：測定所述晶圓的附近溫度；基於所述附近溫度測定器所測定的所述附近溫度、與對所述冷卻器輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量來推測晶圓溫度；以及控制所述冷卻操作量，以使設定溫度與所推測出的所述晶圓溫度的溫度偏差變小。

【0012】 若為此種者，則即便在所述冷卻操作量受到變更的情況下，亦能基於所述附近溫度來精度良好地推測所述晶圓溫度。其

結果，即便無法對晶圓溫度進行實測，亦能將晶圓溫度持續保持為設定溫度。

【0013】 為了對因初始溫度的偏離引起的所述晶圓溫度的推測誤差進行修正而提高所述晶圓溫度的推測精度，只要為如下所述者即可，即，所述溫度推測觀測器包括：作為狀態空間模型的溫度推測模型，將所述晶圓溫度與所述附近溫度作為輸出變量；附近溫度輸出部，輸出基於所述溫度推測模型而推測出的所述附近溫度；晶圓溫度輸出部，輸出基於所述溫度推測模型而推測出的所述晶圓溫度；以及觀測器增益，且構成為，使將自所述附近溫度輸出部輸出的所述附近溫度的推測值與自所述附近溫度測定器輸出的附近溫度的測定值的偏差乘以所述觀測器增益所得的值反饋至所述溫度推測模型內。

【0014】 例如為了即便在有外界干擾被輸入至晶圓溫度控制裝置內的情況下，能夠修正在其影響下推測的晶圓溫度相對於實際溫度發生偏離的狀態受到維持的情況，而進一步提高作為控制系統的穩健性，只要為如下所述者即可，即，所述溫度推測觀測器更包括：觀測器積分器，對自所述附近溫度輸出部輸出的所述附近溫度的推測值與自所述附近溫度測定器輸出的附近溫度的測定值的偏差進行積分，且構成為，使將自所述觀測器積分器輸出的積分值乘以所述觀測器增益所得的值反饋至所述溫度推測模型內。

【0015】 例如作為適合於對收容至腔室內的所述晶圓進行加熱

或冷卻的結構例，可列舉如下所述者，即，更包括載置所述晶圓的板，所述加熱器構成為對所述板進行加熱，且所述冷卻器構成為對所述板進行冷卻。

【0016】 作為所述冷卻器的具體形態，可列舉如下所述者，即，所述冷卻器包括：製冷劑流路；以及製冷劑控制部，對在所述製冷劑流路內流通的製冷劑的流動進行控制，所述冷卻操作量為所述晶圓的冷卻量或目標製冷劑流量。

【0017】 為了精度良好地模擬所述冷卻器對所述晶圓的冷卻量，而提高最終的所述晶圓溫度的推測精度，只要為如下所述者即可，即，所述溫度推測模型是將基於所述加熱器的加熱量與基於所述冷卻器的冷卻量作為輸入變量，將所述晶圓溫度以及所述附近溫度作為狀態變量的狀態空間模型，所述冷卻量是基於所述晶圓溫度與所述附近溫度之差、以及所述晶圓與所述板之間的熱傳遞係數而算出。

【0018】 為了可準確地模擬熱自所述晶圓向所述板的移動，只要為如下所述者即可，即，對於所述晶圓與所述板之間，以規定壓力而供給有熱傳遞氣體，所述熱傳遞係數是基於所述熱傳遞氣體的壓力來設定。

【0019】 為了簡化控制輸入且例如容易地將所述晶圓的溫度保持為高溫且固定的值，只要將所述加熱操作量設定為固定值即可。

【0020】 為了不僅對作為最終控制對象的所述晶圓溫度，而且對各狀態變量亦控制為適當的值，藉此在各時刻使所述晶圓溫度與

所述設定溫度持續一致，所述溫度控制器只要構成為，被反饋有由所述溫度推測觀測器所推測的狀態變量向量即可。

【0021】 例如為了考慮由存在於腔室內的氣體所造成的對所述晶圓的加熱或自所述晶圓的散熱的影響，而使得所述溫度推測觀測器可推測晶圓溫度，進而提高推測精度，只要為如下所述者即可，即，更包括：氣體溫度測定器，對存在於所述晶圓的上側附近的氣體的溫度進行測定，所述溫度推測觀測器構成為，基於所述附近溫度測定器所測定的所述附近溫度、對所述冷卻器輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量、與所述氣體溫度測定器所測定的氣體溫度，來推測所述晶圓溫度。

【0022】 為了可藉由在現有的晶圓溫度控制裝置中更新程式，而實現與本發明的晶圓溫度控制裝置同等的溫度控制性能，只要使用晶圓溫度控制裝置用程式即可，所述晶圓溫度控制裝置用程式是被用於晶圓溫度控制裝置的程式，所述晶圓溫度控制裝置包括根據所輸入的加熱操作量來對所述晶圓進行加熱的加熱器、以及根據所輸入的冷卻操作量來對所述晶圓進行冷卻的冷卻器，所述晶圓溫度控制裝置用程式能夠使電腦發揮作為下述部分的功能，即：附近溫度測定器，測定所述晶圓的附近溫度；溫度推測觀測器，基於所述附近溫度測定器所測定的所述附近溫度、與對所述冷卻器輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量來推測晶圓溫度；以及溫度控制器，控制所述冷卻操作量，以使設定溫度與所推測出的所述晶圓溫度的溫度偏差變小。

【0023】 再者，晶圓溫度控制裝置用程式既可以電子方式予以分發，亦可記錄至光碟(Compact Disc, CD)、數位多功能光碟(Digital Versatile Disc, DVD)、快閃記憶體等的程式記錄媒體中。

[發明的效果]

【0024】 如此，根據本發明的晶圓溫度控制裝置，即便在冷卻操作量受到變更的情況下，亦能精度良好地推測難以直接測定的所述晶圓溫度。而且，基於精度良好地推測出的所述晶圓溫度與所述設定溫度的溫度偏差來控制所述冷卻操作量，因此例如可較以往提高所述晶圓溫度的控制精度。

【圖式簡單說明】

【0025】

圖 1 是本發明的第一實施形態的晶圓溫度控制裝置的示意立體圖。

圖 2 是第一實施形態中的晶圓溫度控制裝置的示意結構圖。

圖 3 是以狀態方程式來表達第一實施形態中的晶圓溫度控制裝置的示意圖。

圖 4 是表示第一實施形態中的晶圓溫度控制裝置的功能方塊圖。

圖 5 是表示第一實施形態中的對晶圓與板之間供給的熱傳遞氣體的壓力與晶圓及板間的熱傳遞係數的關係的圖表。

圖 6 是說明第一實施形態中的晶圓溫度控制裝置的模型化的示意圖。

圖 7 是第一實施形態中的晶圓溫度控制裝置的動作的模擬結果。

圖 8 是以狀態方程式來表達本發明的第二實施形態的晶圓溫度控制裝置的示意圖。

圖 9a、圖 9b 是輸入有外界干擾時的第二實施形態的自溫度推測觀測器輸出的晶圓溫度的模擬結果。

圖 10 是本發明的第三實施形態的晶圓溫度控制裝置的示意結構圖。

【實施方式】

【0026】 一邊參照圖 1 至圖 6，一邊說明本發明的第一實施形態中的晶圓溫度控制裝置 100。

【0027】 本實施形態的晶圓溫度控制裝置 100 例如構成爲，在真空腔室內靜電夾持晶圓 W 的背面。如圖 1 所示，晶圓溫度控制裝置 100 包括：呈大致圓板狀的吸附板 AP，在上表面載置晶圓 W；以及冷卻器 2，以與吸附板 AP 的下表面接觸的方式而設。

【0028】 吸附板 AP 的表面構成吸附面，在該吸附面形成有氣體流通槽 AP1，所述氣體流通槽 AP1 用於對與受到吸附的晶圓 W 的背面之間供給熱傳遞氣體。在該氣體流通槽 AP1 中，經由吸附板 AP 以及沿著冷卻器 2 的中心軸而形成的縱貫穿孔 AP2 而以規定的壓力供給例如氦氣。而且，在吸附板 AP 內，埋設有用於使所述吸附板 AP 與晶圓 W 之間產生靜電力的靜電電極（未圖示）。進而，在吸附板 AP 內，埋設有多個用於對吸附板 AP 進行加熱的發熱器

電極（未圖示），該些發熱器構成加熱器 1。本實施形態中，分別獨立地輸出與用戶對連接於各發熱器電極的加熱控制部（未圖示）所設定的加熱操作量相應的加熱量。本實施形態中，可在吸附板 AP 的中央部與外周部使加熱量不同，進而，在外周部中，在呈大致 C 字狀的大區域與剩餘的少區域之間亦能使加熱量不同。即，對於吸附板 AP 設定有三個加熱區域。

【0029】 冷卻器 2 包括：呈大致圓板狀的底板 BP，與吸附板 AP 的下表面接觸；製冷劑流路 21，形成於底板 BP 內；以及製冷劑控制部，對流經製冷劑流路 21 的製冷劑的流動進行控制。製冷劑流路 21 在底板 BP 內呈螺旋狀，對應於吸附板 AP 的三個加熱區域而在底板 BP 表面上形成三個冷卻區域。而且，製冷劑相對於底板 BP 內的製冷劑流路 21 的流入或者製冷劑自製冷劑流路 21 的流出是經由在供氦氣流動的縱貫穿孔 AP2 的周圍沿著軸方向而形成的製冷劑流入流路 22 或製冷劑流出流路 23 而進行。並且，在底板 BP 內流通且對底板 BP、吸附板 AP 以及晶圓 W 進行了冷卻而溫度上升的製冷劑由設在底板 BP 外部的冷卻器（未圖示）再次冷卻而在兩者之間循環。製冷劑控制部根據所輸入的冷卻操作量來使流經製冷劑流路 21 的製冷劑的流動發生變化。本實施形態中，冷卻操作量為目標冷卻量，是作為熱量而設定，製冷劑控制部使控制製冷劑流量的控制閥（未圖示）的開度發生變化，以實現目標冷卻量。

【0030】 而且，在底板 BP 的背面側，利用作為附近溫度測定器

3 的紅外線溫度感測器來進行溫度測定，所述附近溫度測定器 3 用於測定晶圓 W 的附近溫度。此處，由紅外線溫度感測器所測定的溫度為底板 BP 的溫度，因此並非晶圓 W 其自身的溫度。而且，在真空腔室內的真空環境中配置晶圓 W 以外的構件在各種處理等中不佳，因此並非直接測定真空腔室內的晶圓 W 的溫度。本說明書中，所謂附近溫度，例如是指相對於晶圓 W 而處於規定距離以內的構件或空間的溫度，包含可構建表示晶圓溫度與附近溫度之間的關係性的溫度模型的溫度。或者，所謂附近溫度，可包含與晶圓 W 之間可藉由傳導、對流或輻射中的至少一種而產生熱的傳導或傳遞的構件的溫度。更嚴格而言，亦可將與晶圓 W 直接接觸的構件或者與晶圓 W 存在界面的空間或氣體、相對於晶圓 W 而隔著數 μm 的間隙而存在的構件的溫度定義為附近溫度。

【0031】 進而，晶圓溫度控制裝置 100 例如在真空腔室的外部更包括至少對加熱器 1、冷卻器 2 的動作進行控制的控制裝置 COM。控制裝置 COM 是包括中央處理單元（Central Processing Unit，CPU）、記憶體、類比/數位（Analog/Digital，A/D）轉換器、數位/類比（Digital/Analog，D/A）轉換器、各種輸入/輸出機器的所謂的電腦。並且，藉由執行保存於記憶體中的晶圓溫度控制裝置用程式而由各種機器協同作業，從而構成圖 2 至圖 4 所示的晶圓溫度控制系統。

【0032】 首先，一邊參照圖 2，一邊說明本實施形態的晶圓溫度控制系統的概略。

【0033】 本實施形態中，不論所推測的晶圓溫度或附近溫度如何，均對構成加熱器 1 的各發熱器電極供給固定電力。即，在運行過程中，加熱操作量被固定，每單位時間的加熱量被控制為固定。與此相對，冷卻器 2 基於所推測的晶圓溫度或實測的附近溫度來逐次變更所輸入的冷卻操作量。更具體而言，使用溫度推測觀測器 4，基於由紅外線溫度感測器所測定的附近溫度來推測無法直接測定的晶圓溫度。進而，反饋所推測出的晶圓溫度與各狀態變量，冷卻器 2 進行控制，以使晶圓溫度追隨於設定溫度。

【0034】 與圖 2 所示的晶圓溫度控制系統相關的狀態空間表達的方塊圖為如圖 3 所示者。而且，圖 4 是對用於實現各功能的構成元件進行詳述的功能方塊圖。即，本實施形態中的控制對象為包含晶圓 W 以及吸附板 AP 的熱傳導以及熱傳遞的系統。晶圓溫度控制裝置 100 至少發揮作為溫度推測觀測器 4 與溫度控制器 5 的功能，所述溫度推測觀測器 4 模擬系統的熱行為，推測無法直接實測的晶圓 W 的溫度，所述溫度控制器 5 基於所推測的晶圓溫度與在溫度推測觀測器 4 中算出的各種狀態變量來對冷卻器 2 進行反饋控制。

【0035】 如圖 3 所示，溫度推測觀測器 4 構成為，模擬控制對象的特性，基於附近溫度測定器 3 所測定的附近溫度與冷卻器 2 所輸出的冷卻量，輸出晶圓溫度與附近溫度的推測值。更具體而言，溫度推測觀測器 4 包括：作為狀態空間模型的溫度推測模型 41，將晶圓溫度與附近溫度作為輸出變量；附近溫度輸出部 43，輸出

基於溫度推測模型 41 而推測出的所述附近溫度；晶圓溫度輸出部 42，輸出基於溫度推測模型 41 而推測出的所述晶圓溫度；以及觀測器增益 44。而且，構成為，使將自附近溫度輸出部 43 輸出的附近溫度的推測值與自附近溫度測定器 3 輸出的附近溫度的測定值的偏差乘以觀測器增益 44 所得的值反饋至溫度推測模型 41 內。

【0036】 溫度推測模型 41 例如是將與吸附板 AP 以及晶圓 W 自身相關的熱傳導、吸附板 AP 與晶圓 W 間的熱傳遞模型化者。如圖 2、圖 3、圖 4 所示，在控制對象中，只能對吸附板 AP 的溫度即附近溫度進行實測，因此無法自控制對象使晶圓溫度輸出至控制迴路內。與此相對，在溫度推測觀測器 4 內，基於溫度推測模型 41 並藉由計算來推測晶圓溫度，從而可向控制迴路內輸出。本實施形態的溫度推測模型 41 的輸入變量向量 $u(t)$ 包含自冷卻器 2 輸出並自晶圓 W 剝奪的熱量即冷卻量 $-q_{gi}$ 來作為輸入變量。此處，下標 i 表示是屬於在吸附板 AP 或晶圓 W 中設定的哪個區域的參數，以下的說明中亦同樣。而且，該系統中，輸入自加熱器 1 輸出並對晶圓 W 給予的加熱量 q_{zi} 來作為輸入變量向量 u_{heat} 。關於加熱量 q_{zi} ，由於本實施形態中加熱操作量被固定，因此作為固定值來處理。另一方面，關於冷卻量 $-q_{gi}$ ，是由冷卻量計算部 6 逐次算出。具體而言，冷卻量計算部 6 基於圖 5 的圖表所示的將氮氣的壓力 p 和晶圓 W 與吸附板 AP 的分隔距離 d 作為變量的熱傳遞係數 h 的模型，來決定晶圓 W 與吸附板 AP 間的熱傳遞係數 h 。進而，本實施形態的冷卻量計算部 6 例如構成為，算出將晶圓 W

的設定溫度與附近溫度之差乘以所算出的熱傳遞係數 h 所得的值來作為冷卻量 $-q_{gi}$ 。此處，冷卻量 $-q_{gi}$ 依存於氮氣的壓力、流量、以及氣體與晶圓的溫度差等，具有因溫度變化引起的相互作用或具有非線性的複雜特性。本實施形態中，並非將此種複雜的現象直接模型化，而是對於在冷卻量計算部 6 中使用的晶圓 W 的溫度，導出在該溫度附近與設定溫度即固定值近似的函數，以算出冷卻量 $-q_{gi}$ 。如此，既可簡化控制系統而降低運算負載等，又可以所要求的精度來控制晶圓溫度。即，冷卻量 $-q_{gi}$ 是定義為氮氣的壓力 p 的函數 $-q_{gi}=\beta_i(p)$ 。再者，例如在運算能力足夠的情況下，亦可構成為，根據溫度控制器 5 的輸出而算出晶圓溫度與吸附板 AP 的溫度（附近溫度）之差 Δt ，將所決定的熱傳遞係數 h 乘以 Δt 而算出冷卻量 $-q_{gi}$ 。

【0037】 而且，圖 3 以及圖 4 中的輸出變量向量 $y(t)$ 包含晶圓溫度 T_{wi} 與吸附板 AP 的溫度即附近溫度 T_{pi} 來作為輸出變量。而且，狀態變量向量 $x(t)$ 包含晶圓溫度 T_{wi} 與吸附板 AP 的溫度即附近溫度 T_{pi} 來作為狀態變量。

【0038】 並且，在將狀態矩陣設為 A ，輸入矩陣設為 B 、 $B2$ ，輸出矩陣設為 Cr 、 C 的情況下，如圖 6 所示，溫度推測模型 41 是以狀態方程式 $d/dt(x(t))=Ax+Bu+B2u_{heat}$ 、輸出方程式 $y=Crx$ 、 $w=Cx$ 來定義。此處，對於 A 、 B 、 $B2$ 、 Cr 、 C ，既可基於熱傳導方程式或熱傳遞的關係式而定，亦可基於實驗等來決定各矩陣的各要素。在晶圓 W 上設定有外周 C 字狀區域 $W1$ 、中央區域 $W2$ 、

外周扇狀區域 W3，在吸附板 AP 上設定有與晶圓 W 的外周 C 字區域 W1 接觸的接觸 C 字狀區域 P1、與晶圓 W 的中央區域 W2 接觸的接觸中央區域 P2、與晶圓 W 的外周扇狀區域 W3 接觸的接觸扇狀區域 P3、處於晶圓 W 的外側且不與晶圓 W 接觸的非接觸 C 字狀區域 P4、處於晶圓的外側且不與晶圓 W 接觸的非接觸扇狀區域 P5、自非接觸扇狀區域 P5 進一步朝外側突出的突出區域 P6 的情況下，狀態矩陣 A 的各列與實際系統的對應關係如圖 6 所示。狀態矩陣 A 的各列的要素例如是設定基於決定晶圓 W 與吸附板 AP 之間的導熱特性的熱傳導係數等而算出的值。

【0039】而且，輸入矩陣 B 規定前述的氬氣對晶圓 W 的各區域的冷卻特性。輸入矩陣 B2 規定發熱器電極的加熱特性。本實施形態中，導出狀態變量向量 $x(t)$ 的一部分來作為輸出變量向量，因此關於輸出矩陣 Cr、輸出矩陣 C，僅以零矩陣以及單位矩陣來規定。而且，關於狀態變量向量 $x(t)$ ，對溫度控制器 5 進行狀態反饋。

【0040】晶圓溫度輸出部 42 自溫度推測模型 41 的輸出中僅提取相當於晶圓溫度的要素，並輸出至溫度控制器 5。例如晶圓溫度輸出部 42 相當於輸出矩陣 C。

【0041】附近溫度輸出部 43 自溫度推測模型 41 的輸出中僅提取相當於附近溫度的要素並予以輸出。算出所輸出的附近溫度的推測值與自附近溫度測定器 3 輸出的附近溫度的實測值的偏差並輸入至觀測器增益 44。附近溫度輸出部 43 在本實施形態中相當於輸

出矩陣 C_r 。

【0042】 溫度控制器 5 將由溫度推測觀測器 4 所推測出的晶圓溫度與設定溫度的溫度偏差乘以增益 K 而進行積分運算。而且，算出所算出的積分值、與將狀態變量向量 $x(t)$ 乘以規定的狀態反饋增益 F 所得的值的偏差，將該偏差作為冷卻操作量而輸入至冷卻器 2。

【0043】 將在如此般構成的晶圓溫度控制裝置 100 中設定了 100°C 作為設定溫度時的動作的模擬結果示於圖 7。根據本實施形態的晶圓溫度控制裝置 100 可知的是，基於由溫度推測觀測器 4 所推測的晶圓溫度，對於晶圓 W 的各區域的溫度，能以分別大致相同的一階滯後的特性而控制為設定溫度即 100°C 。

【0044】 如此，根據本實施形態中的晶圓溫度控制裝置 100，藉由溫度推測觀測器 4 來推測無法實測的晶圓溫度，並反饋晶圓溫度的推測值與其他狀態變量，藉此，可將無法實測的晶圓溫度持續保持為設定溫度。

【0045】 而且，構成為，將加熱器 1 的輸出設為固定，且對冷卻器 2 的輸出進行溫度反饋控制以及狀態反饋控制，因此，即便在欲將晶圓溫度保持為 100°C 這一高溫的情況下，亦大致不會引起過沖等而可實現高精度的控制。

【0046】 接下來，一邊參照圖 8，一邊說明本發明的第二實施形態的晶圓溫度控制裝置 100。再者，對於與第一實施形態中所說明的部分對應的部分，標註相同的符號。

【0047】 第二實施形態的晶圓溫度控制裝置 100 考慮到對系統輸入有外界干擾 d 時的對溫度推測觀測器 4 的影響。第二實施形態的晶圓溫度控制裝置 100 的溫度推測觀測器 4 與第一實施形態相比較，不同之處在於包括觀測器積分器 45。更具體而言，在溫度推測觀測器 4 內構成為，將附近溫度的推測值與附近溫度測定器 3 的測定值的偏差反饋給溫度推測模型 41，並且，並列地將前述的偏差的積分值亦反饋給溫度推測模型 41。

【0048】 即，溫度推測觀測器 4 包括：第一反饋迴路，將使附近溫度的推測值與測定值的偏差乘以比例觀測器增益 441 所得的值反饋給溫度推測模型 41；以及第二反饋迴路，利用觀測器積分器 45 對附近溫度的推測值與測定值的偏差進行積分，將使該積分值乘以積分觀測器增益 442 所得的值反饋給溫度推測模型 41。此處，比例觀測器增益 441 以及積分觀測器增益 442 相當於第一實施形態中的觀測器增益 44。

【0049】 接下來，將與如圖 9a 所示般發生了週期性的外界干擾 d 時的、第二實施形態的溫度推測觀測器 4 對晶圓溫度的推測相關的模擬結果示於圖 9b。即便在使晶圓溫度自 25°C 變化至 100°C 且在維持為 100°C 的中途輸入有週期性的外界干擾的情況下，亦能以抵消該外界干擾的方式而使晶圓溫度的推測值或控制結果收斂至設定溫度。換言之，當在無觀測器積分器 45 的情況下產生外界干擾時，由溫度推測觀測器 4 所推測的晶圓溫度將相對於實際的晶圓溫度而持續產生規定的偏差，但若為第二實施形態，則可消除

此種推測誤差，即便有外界干擾 d 輸入，最終仍可推測實際的晶圓溫度。

【0050】 接下來，一邊參照圖 10 一邊說明本發明的第三實施形態的晶圓溫度控制裝置 100。再者，對於與第一實施形態中所說明的部分對應的部分，標註相同的符號。

【0051】 第三實施形態的晶圓溫度控制裝置 100 構成爲，更包括在腔室內對存在於晶圓 W 的上側附近的氣體的溫度進行測定的氣體溫度測定器 GT ，溫度推測觀測器不僅使用由輻射溫度計所測定的、在吸附板 AP 測定的附近溫度，還使用由氣體溫度測定器 GT 所測定的氣體溫度來作為實測值，而推測晶圓溫度。此處，氣體溫度測定器 GT 例如是以下述方式構成的吸光分析儀，即，基於沿著面板方向通過晶圓 W 正上方的雷射光的吸光度來測定氣體溫度。

【0052】 若爲此種第三實施形態的晶圓溫度控制裝置 100，則被使用於溫度推測模型的狀態向量 x 不僅包含晶圓溫度、附近溫度，還可包含氣體溫度。而且，第一實施形態中所說明的狀態方程式的狀態向量 x 中僅包含氣體溫度作為成分，對於其他矩陣或向量可同樣地進行處理。對於基於此種狀態方程式而推測的晶圓溫度，與實測的溫度的資訊增加相應地，可提高其推測精度，甚而，可進一步提高晶圓溫度的控制精度。

【0053】 對其他實施形態進行說明。

【0054】 對加熱器進行控制以使其成爲固定輸出，但亦可對加熱

器亦藉由輸出反饋控制或狀態反饋控制來變更加熱操作量。

【0055】 對於溫度推測觀測器，亦可考慮外界干擾影響而構成爲卡爾曼濾波器（**Kalman filter**）。再者，對於取代觀測器增益而設定卡爾曼增益的方法，只要使用現有的各種方法即可。

【0056】 對於被用作輸入變量的冷卻量的算出方法，並不限於前述的模型化的方法。例如亦可視爲晶圓與吸附板的溫度差爲固定值而算出爲近似的值。

【0057】 冷卻器或加熱器的結構並不限於前述者。例如冷卻器亦可利用帕耳帖（**Peltier**）元件等來構成，加熱器並不限於發熱器電極，亦可構成爲藉由光照射來對晶圓進行加熱。

【0058】 對於晶圓以及吸附板的加熱或冷卻區域，並不限於劃分爲三個區域，亦可劃分出更多數量的區域，還可劃分出兩個區域。而且，亦可不設定區域而將晶圓或吸附板整體設爲一個溫度來處理。而且，對於吸附板，亦可爲無吸附功能而簡單地載置晶圓的板。

【0059】 附近溫度測定器所測定的部位並不限於前述的部位，亦可爲其他部位。總之，只要將與晶圓溫度存在某些相關或關係性的溫度測定作爲附近溫度即可。而且，溫度控制器並不限於紅外線溫度感測器，例如亦可爲設於板內的熱電偶等。

【0060】 第二實施形態中，構成爲，將偏差的積分值跟附近溫度的測定值與推測值的偏差一同反饋給溫度推測模型，但例如亦可僅將偏差的積分值反饋給溫度推測模型。

【0061】 除此以外，只要不違背本發明的主旨，則亦可進行各種實施形態的變形或組合。

【符號說明】

【0062】

1:加熱器

2:冷卻器

3:附近溫度測定器

4:溫度推測觀測器

5:溫度控制器

6:冷卻量計算部

21:製冷劑流路

22:製冷劑流入流路

23:製冷劑流出流路

41:溫度推測模型

42:晶圓溫度輸出部

43:附近溫度輸出部

44:觀測器增益

100:晶圓溫度控制裝置

441:比例觀測器增益

442:積分觀測器增益

AP:吸附板

AP1:氣體流通槽

AP2:縱貫穿孔

B、B2:輸入矩陣

BP:底板

C、Cr:輸出矩陣

COM:控制裝置

d:分隔距離、外界干擾

GT:氣體溫度測定器

P1:接觸 C 字狀區域

P2:接觸中央區域

P3:接觸扇狀區域

P4:非接觸 C 字狀區域

P5:非接觸扇狀區域

P6:突出區域

$-q_{gi}$:冷卻量

q_{zi} :加熱量

T_{pi} :附近溫度

T_{wi} :晶圓溫度

$u(t)$ 、 u_{heat} :輸入變量向量

W:晶圓

W1:外周 C 字狀區域

W2:中央區域

W3:外周扇狀區域

$x(t)$: 狀態變量向量

$y(t)$: 輸出變量向量

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種晶圓溫度控制裝置，包括：

加熱器，根據所輸入的加熱操作量來對晶圓進行加熱；

冷卻器，根據所輸入的冷卻操作量來對所述晶圓進行冷卻；

附近溫度測定器，測定所述晶圓的附近溫度；

溫度推測觀測器，基於所述附近溫度測定器所測定的所述附近溫度、與對所述冷卻器輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量，來推測晶圓溫度；以及

溫度控制器，控制所述冷卻操作量，以使設定溫度與所推測出的所述晶圓溫度的溫度偏差變小。

【請求項2】 如請求項1所述的晶圓溫度控制裝置，其中

所述溫度推測觀測器包括：

作為狀態空間模型的溫度推測模型，將所述晶圓溫度與所述附近溫度作為輸出變量；

附近溫度輸出部，輸出基於所述溫度推測模型而推測出的所述附近溫度；

晶圓溫度輸出部，輸出基於所述溫度推測模型而推測出的所述晶圓溫度；以及

觀測器增益，且

構成為，使將自所述附近溫度輸出部輸出的所述附近溫度的推測值與自所述附近溫度測定器輸出的附近溫度的測定值的偏差或者根據所述偏差而算出的值乘以所述觀測器增益所得的值反饋

至所述溫度推測模型內。

【請求項3】 如請求項 2 所述的晶圓溫度控制裝置，其中

所述溫度推測觀測器更包括：

觀測器積分器，對自所述附近溫度輸出部輸出的所述附近溫度的推測值與自所述附近溫度測定器輸出的附近溫度的測定值的偏差進行積分，且

構成為，使將自所述觀測器積分器輸出的積分值乘以所述觀測器增益所得的值反饋至所述溫度推測模型內。

【請求項4】 如請求項 1 所述的晶圓溫度控制裝置，更包括：

板，載置所述晶圓，

所述加熱器構成為對所述板進行加熱，且

所述冷卻器構成為對所述板進行冷卻。

【請求項5】 如請求項 4 所述的晶圓溫度控制裝置，其中

所述冷卻器包括：

製冷劑流路；以及

製冷劑控制部，對在所述製冷劑流路內流通的製冷劑的流動進行控制，

所述冷卻操作量為所述晶圓的冷卻量或目標製冷劑流量。

【請求項6】 如請求項 4 所述的晶圓溫度控制裝置，其中

所述溫度推測模型是將基於所述加熱器的加熱量與基於所述冷卻器的冷卻量作為輸入變量，將所述晶圓溫度以及所述附近溫度作為狀態變量的狀態空間模型，

所述冷卻量是基於所述晶圓溫度與所述附近溫度之差、以及所述晶圓與所述板之間的熱傳遞係數而算出。

【請求項7】 如請求項 6 所述的晶圓溫度控制裝置，其中

對於所述晶圓與所述板之間，以規定壓力而供給有熱傳遞氣體，

所述熱傳遞係數是基於所述熱傳遞氣體的壓力而算出。

【請求項8】 如請求項 1 所述的晶圓溫度控制裝置，其中

所述加熱操作量被設定為固定值。

【請求項9】 如請求項 1 所述的晶圓溫度控制裝置，其中

所述溫度控制器構成爲，被反饋有由所述溫度推測觀測器所推測的狀態變量向量。

【請求項10】 如請求項 1 至請求項 9 中任一項所述的晶圓溫度控制裝置，更包括：

氣體溫度測定器，對存在於所述晶圓的上側附近的氣體的溫度進行測定，

所述溫度推測觀測器構成爲，基於所述附近溫度測定器所測定的所述附近溫度、對所述冷卻器輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量、與所述氣體溫度測定器所測定的氣體溫度，來推測所述晶圓溫度。

【請求項11】 一種晶圓溫度控制裝置用控制方法，爲晶圓溫度控制裝置的控制方法，所述晶圓溫度控制裝置包括根據所輸入的加熱操作量來對晶圓進行加熱的加熱器、以及根據所輸入的冷卻

操作量來對所述晶圓進行冷卻的冷卻器，所述晶圓溫度控制裝置用控制方法包括：

測定所述晶圓的附近溫度；

基於所述附近溫度測定器所測定的所述附近溫度、與對所述冷卻器輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量來推測晶圓溫度；以及

控制所述冷卻操作量，以使設定溫度與所推測出的所述晶圓溫度的溫度偏差變小。

【請求項12】 一種記錄有晶圓溫度控制裝置用程式的程式記錄媒體，其是記錄有被用於晶圓溫度控制裝置的程式的程式記錄媒體，所述晶圓溫度控制裝置包括根據所輸入的加熱操作量來對所述晶圓進行加熱的加熱器、以及根據所輸入的冷卻操作量來對所述晶圓進行冷卻的冷卻器，所述記錄有晶圓溫度控制裝置用程式的程式記錄媒體的特徵在於，所述晶圓溫度控制裝置用程式能夠使電腦發揮作為下述部分的功能，即：

附近溫度測定器，測定所述晶圓的附近溫度；

溫度推測觀測器，基於所述附近溫度測定器所測定的所述附近溫度、與對所述冷卻器輸入的冷卻操作量或所述冷卻器所輸出的冷卻量來推測晶圓溫度；以及

溫度控制器，控制所述冷卻操作量，以使設定溫度與所推測出的所述晶圓溫度的溫度偏差變小。