



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 202433204 A

(43)公開日：中華民國 113 (2024) 年 08 月 16 日

(21)申請案號：112139148

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 10 月 13 日

(51)Int. Cl.：

*G05B6/02 (2006.01)**H01L21/67 (2006.01)**H01L21/683 (2006.01)*

(30)優先權：2022/10/21

日本

2022-169033

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

(74)代理人：許世正

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：9 項 圖式數：9 共 38 頁

(54)名稱

晶片溫度控制裝置、晶片溫度控制方法和儲存媒體

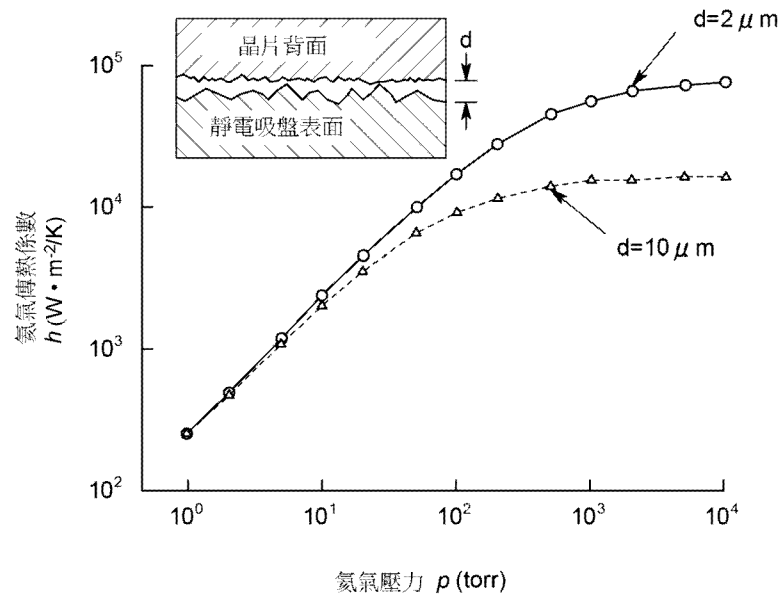
(57)摘要

在透過調整熱傳遞氣體的壓力來控制晶片的溫度的晶片溫度控制裝置中，能以足夠的精度推定晶片溫度並將晶片溫度控制在目標溫度，晶片溫度控制裝置包括：壓力調整器（43），調整熱傳遞氣體的壓力；附近溫度感測器（5），測定晶片（W）的附近溫度；溫度推定觀測器（10），根據由附近溫度感測器（5）測定的附近溫度、以及輸入壓力調整器（43）的壓力操作量或由壓力調整器調整的壓力，推定晶片（W）的溫度；以及控制器（11），根據設定溫度和由溫度推定觀測器（10）推定的推定晶片溫度，控制壓力操作量。

The present invention is a wafer temperature control device for controlling the temperature of a wafer by regulating the pressure of a heat transfer gas, the wafer temperature control device being capable of estimating the temperature of the wafer with sufficient accuracy and controlling the temperature of the wafer to a target temperature, and including: a pressure regulator 43 configured to regulate the pressure of the heat transfer gas; a nearby temperature sensor 5 configured to measure a nearby temperature of the wafer W, a temperature estimation observer 10 configured to estimate the temperature of the wafer W based on the nearby temperature measured by the nearby temperature sensor 5 and a manipulated pressure variable input to the pressure regulator 43 or the pressure regulated by the pressure regulator, and a controller 11 configured to control the manipulated pressure variable based on a temperature setting and an estimated wafer temperature estimated by the temperature estimation observer 10.

指定代表圖：

符號簡單說明：
d:晶片的背面與靜電吸盤表面的距離



【圖2】

【發明摘要】

【中文發明名稱】 晶片溫度控制裝置、晶片溫度控制方法和儲存媒體

【英文發明名稱】 WAFER TEMPERATURE CONTROL DEVICE, WAFER TEMPERATURE CONTROL METHOD, AND STORAGE MEDIUM

【中文】

在透過調整熱傳遞氣體的壓力來控制晶片的溫度的晶片溫度控制裝置中，能以足夠的精度推定晶片溫度並將晶片溫度控制在目標溫度，晶片溫度控制裝置包括：壓力調整器（43），調整熱傳遞氣體的壓力；附近溫度感測器（5），測定晶片（W）的附近溫度；溫度推定觀測器（10），根據由附近溫度感測器（5）測定的附近溫度、以及輸入壓力調整器（43）的壓力操作量或由壓力調整器調整的壓力，推定晶片（W）的溫度；以及控制器（11），根據設定溫度和由溫度推定觀測器（10）推定的推定晶片溫度，控制壓力操作量。

【英文】

The present invention is a wafer temperature control device for controlling the temperature of a wafer by regulating the pressure of a heat transfer gas, the wafer temperature control device being capable of estimating the temperature of the wafer with sufficient

accuracy and controlling the temperature of the wafer to a target temperature, and including: a pressure regulator 43 configured to regulate the pressure of the heat transfer gas; a nearby temperature sensor 5 configured to measure a nearby temperature of the wafer W, a temperature estimation observer 10 configured to estimate the temperature of the wafer W based on the nearby temperature measured by the nearby temperature sensor 5 and a manipulated pressure variable input to the pressure regulator 43 or the pressure regulated by the pressure regulator, and a controller 11 configured to control the manipulated pressure variable based on a temperature setting and an estimated wafer temperature estimated by the temperature estimation observer 10.

【指定代表圖】 圖 2。

【代表圖之符號簡單說明】

d:晶片的背面與靜電吸盤表面的距離

【特徵化學式】

無。

【發明說明書】

【中文發明名稱】 晶片溫度控制裝置、晶片溫度控制方法和儲存媒體

【英文發明名稱】 WAFER TEMPERATURE CONTROL DEVICE, WAFER TEMPERATURE CONTROL METHOD, AND STORAGE MEDIUM

【技術領域】

【0001】 本發明涉及晶片溫度控制裝置、晶片溫度控制方法和晶片溫度控制程序。

【先前技術】

【0002】 以往，例如在成膜處理等半導體製造製程中，將作為處理對象的晶片承載在靜電吸盤等的板上進行處理。在此，靜電吸盤等的板被實施溫度調整，以便將晶片的溫度控制在預定的目標溫度。

【0003】 而且，由於承載有晶片的板配置在真空等低壓環境下，因此如專利文獻 1 所示，為了促進從進行溫度調整的板向晶片的熱傳遞，可以考慮向板與晶片之間供給氦氣等熱傳遞氣體。

【0004】 在此，傳熱率根據向板與晶片之間供給的熱傳遞氣體的壓力而不同，所以需要調整上述的熱傳遞氣體的壓力。

【0005】 可是，即使調整熱傳遞氣體的壓力，由於各種技術性限制，也難以測定承載於板的晶片自身的溫度。

【0006】 另外，如專利文獻 2 所示，可以考慮一種溫度控制裝置，其在載物台內設置溫度感測器，測定晶片附近部分的溫度，並利用觀測器推定形成在晶片上的電子設備的溫度。

【0007】 但是，在所述溫度控制裝置中，原本未把向載物台與晶片之間供給熱傳遞氣體的裝置作為對象，此外，觀測器未將熱傳遞氣體的壓力作為輸入變量，因此難以以足夠的精度推定晶片溫度並將晶片溫度恆定地控制在目標溫度。

【0008】 專利文獻 1：日本特許第 4034344 號公報

【0009】 專利文獻 2：日本特開 2021-19066 號公報

【發明內容】

【0010】 因此，本發明為了解決上述問題而完成，其主要課題是在透過調整熱傳遞氣體的壓力來控制晶片的溫度的裝置中，以足夠的精度推定晶片的溫度，將晶片的溫度控制在目標溫度。

【0011】 即，本發明的晶片溫度控制裝置將晶片承載於溫度調整後的板，向所述板與所述晶片之間供給熱傳遞氣體，控制所述晶片的溫度，所述晶片溫度控制裝置包括：壓力調整器，調整所述熱傳遞氣體的壓力；附近溫度感測器，測定所述晶片的附近溫度；溫度推定觀測器，根據由所述附近溫度感測器測定的附近溫度、以及輸入所述壓力調整器的壓力操作量或由所述壓力調整器調整的壓力，推定所述晶片的溫度；以及控制器，根據所述晶片的設定溫度和由所述溫度推定觀測器推定的推定晶片溫度，控

制所述壓力操作量。

【0012】 如果是這種晶片溫度控制裝置，則由於使用以熱傳遞氣體的壓力為輸入變量的溫度推定觀測器來推定晶片的溫度，所以能以足夠的精度來推定晶片的溫度。此外，由於根據晶片的設定溫度和由溫度推定觀測器推定的推定晶片溫度，控制向調整熱傳遞氣體的壓力的壓力調整器輸入的壓力操作量，所以能將晶片溫度高精度地控制在目標溫度。

【0013】 另外，也可以考慮控制向用於對板進行溫度調整的冷卻器輸入的冷卻操作量或向加熱器輸入的加熱操作量，但是晶片溫度的微調困難，而如本發明這樣控制向壓力調整器輸入的壓力操作量會使晶片溫度的微調變得容易。

【0014】 在此，附近溫度例如是相對於晶片處於預定距離以內的構件或空間的溫度，包含能夠構築在晶片溫度與附近溫度之間示出關係性的溫度模型的溫度。此外，附近溫度包含與晶片直接接觸的構件的溫度、存在有與晶片的界面的空間或氣體的溫度、或者與晶片 W 隔著數微米（ μm ）的間隙存在的構件的溫度。而且，附近溫度也可以包含與晶片之間透過傳導、對流和輻射中的至少一種而能夠產生熱傳導或熱傳遞的構件的溫度。

【0015】 在此，為了利用簡單的系統推定晶片的溫度，可以考慮所述溫度推定觀測器使用將所述晶片的溫度與所述熱傳遞氣體的壓力的關係設為線性關係的狀態空間模型。

【0016】 但是，在現實環境中，晶片的溫度與熱傳遞氣體的壓力之間存在非線性關係，晶片的溫度和由溫度推定觀測器推定的推定晶片溫度會產生誤差。其結果，難以將晶片溫度高精度地控制在目標溫度。

【0017】 為了良好地解決所述問題，優選所述控制器使用預先取得的所述晶片的溫度與所述熱傳遞氣體的壓力的非線性關係，修正所述設定溫度，並以使修正後的設定溫度與所述推定晶片溫度的溫度偏差變小的方式控制所述壓力操作量。

【0018】 作為使用預先取得的晶片的溫度與熱傳遞氣體的壓力的非線性關係來修正晶片的設定溫度的具體實施方式，可以考慮所述控制器具有儲存非線性關係數據和線性關係數據的關係數據儲存部，所述非線性關係數據表示預先取得的所述晶片的溫度與所述熱傳遞氣體的壓力的非線性關係，所述線性關係數據表示所述溫度推定觀測器的狀態空間模型所使用的所述晶片的溫度與所述熱傳遞氣體的壓力的線性關係，所述控制器根據所述設定溫度和所述非線性關係數據求出與所述設定溫度非線性對應的換算壓力，所述控制器根據所述換算壓力和所述線性關係數據求出與所述換算壓力線性對應的換算溫度，並將所述換算溫度設為所述修正後的設定溫度。

【0019】 為了修正起因於初期溫度的偏差的推定晶片溫度的推定誤差，提高推定晶片溫度的推定精度，優選所述溫度推定觀

測器包括：溫度推定模型，為將所述晶片的溫度和所述附近溫度作為輸出變量的線性的狀態空間模型；附近溫度輸出部，輸出根據所述溫度推定模型推定的推定附近溫度；晶片溫度輸出部，輸出根據所述溫度推定模型推定的所述推定晶片溫度；以及觀測器增益，構成為從所述附近溫度輸出部輸出的推定附近溫度與由所述附近溫度感測器測定的附近溫度的偏差或從偏差算出的值，乘以所述觀測器增益得到的值，被反饋到所述溫度推定模型內。

【0020】 此外，為了透過考慮板的溫度的非線性來提高推定晶片溫度的推定精度，優選所述推定觀測器包括：溫度推定模型，為將所述晶片的溫度和所述附近溫度作為輸出變量的線性的狀態空間模型；附近溫度輸出部，輸出根據所述溫度推定模型推定的推定附近溫度；附近溫度修正部，考慮所述板的溫度的非線性特性，修正從所述附近溫度輸出部輸出的推定附近溫度；晶片溫度輸出部，輸出根據所述溫度推定模型推定的所述推定晶片溫度；以及觀測器增益，構成為從所述附近溫度修正部輸出的修正後的推定附近溫度與由所述附近溫度感測器測定的附近溫度的偏差或從偏差算出的值，乘以所述觀測器增益得到的值，被反饋到所述溫度推定模型內。

【0021】 為了簡化控制輸入並容易將晶片的溫度保持在恆定值，可以考慮向用於對板進行溫度調整的冷卻器輸入的冷卻操作量或向加熱器輸入的加熱操作量被設定為恆定值。在這種情況下，

優選所述溫度推定觀測器包括與溫度調整後的所述板的溫度對應的所述溫度推定模型。

【0022】 此外，本發明的晶片溫度控制方法將晶片承載於溫度調整後的板，向所述板與所述晶片之間供給熱傳遞氣體，控制所述晶片的溫度，其中，利用壓力調整器調整所述熱傳遞氣體的壓力，利用附近溫度感測器測定所述晶片的附近溫度，使用溫度推定觀測器，根據由所述附近溫度感測器測定的附近溫度、以及輸入所述壓力調整器的壓力操作量或由所述壓力調整器調整的壓力，推定所述晶片的溫度，根據所述晶片的設定溫度和由所述溫度推定觀測器推定的推定晶片溫度，控制所述壓力操作量。

【0023】 而且，本發明的儲存媒體儲存有晶片溫度控制程序，所述晶片溫度控制程序用於晶片溫度控制裝置，所述晶片溫度控制裝置將晶片承載於溫度調整後的板，向所述板與所述晶片之間供給熱傳遞氣體，控制所述晶片的溫度，所述晶片溫度控制裝置包括調整所述熱傳遞氣體的壓力的壓力調整器和測定所述晶片的附近溫度的附近溫度感測器，其中，所述晶片溫度控制程序使計算機具備作為溫度推定觀測器和控制器的功能，所述溫度推定觀測器根據由所述附近溫度感測器測定的附近溫度、以及輸入所述壓力調整器的壓力操作量或由所述壓力調整器調整的壓力，推定所述晶片的溫度，所述控制器根據所述晶片的設定溫度和由所述溫度推定觀測器推定的推定晶片溫度，控制所述壓力操作量。

【0024】 另外，晶片溫度控制程序可以電子發布，也可以儲存在 CD、DVD 或快閃記憶體等程序儲存媒體。

【0025】 上述的本發明是使用晶片的溫度與熱傳遞氣體的壓力的非線性關係來修正晶片的設定溫度的方式，但是也可以是使用晶片的溫度與溫度調整器的溫度的非線性關係來修正晶片的設定溫度的方式。即，本發明的晶片溫度控制裝置包括：溫度調整器，對應於輸入的溫度操作量對晶片進行溫度調整；附近溫度感測器，測定所述晶片的附近溫度；溫度推定觀測器，根據由所述附近溫度感測器測定的附近溫度、以及輸入所述溫度調整器的溫度操作量或所述溫度調整器的溫度，推定所述晶片的溫度；以及控制器，根據所述晶片的設定溫度和由所述溫度推定觀測器推定的推定晶片溫度，控制所述溫度操作量，所述溫度推定觀測器使用將所述晶片的溫度與所述溫度調整器的溫度的關係設為線性關係的狀態空間模型，所述控制器使用預先取得的所述晶片的溫度與所述溫度調整器的溫度的非線性關係，修正所述設定溫度，並以使修正後的設定溫度與所述推定晶片溫度的溫度偏差變小的方式控制所述溫度操作量。

【0026】 如此，按照本發明，在透過調整熱傳遞氣體的壓力來控制晶片的溫度的裝置中，能以足夠的精度推定晶片溫度，將晶片溫度控制在目標溫度。

【圖式簡單說明】

【0027】

第 7 頁，共 22 頁（發明說明書）

SHIJ230477-36/11 TW(2023TWP4892)

圖 1 是示意性表示本發明一個實施方式的晶片溫度控制裝置的結構的立體圖。

圖 2 是表示向晶片與吸附板之間供給的熱傳遞氣體的壓力、以及晶片與吸附板之間的傳熱係數的關係的圖。

圖 3 是示意性表示同一實施方式中的晶片溫度控制系統的圖。

圖 4 是同一實施方式中的晶片控制裝置的功能框圖。

圖 5 是表示同一實施方式中的晶片溫度控制裝置的狀態空間模型的示意圖。

圖 6 是表示晶片的溫度 T_w 與熱傳遞氣體的壓力 P_{HG} 之間的線性關係 (T_w_linear) 和非線性關係 (T_w_curve) 的坐標圖。

圖 7 是表示同一實施方式中的控制器的設定溫度的修正方法的示意圖。

圖 8 是同一實施方式中的晶片溫度控制裝置的 (a) 使用未修正的設定溫度 T_{SET} 進行了觀測控制的情況下、以及 (b) 使用修正後的設定溫度 T_{SET} 進行了觀測的情況下的實驗結果。

圖 9 是變形實施方式中的晶片控制裝置的功能框圖。

【實施方式】

【0028】 (本發明的一個實施方式)

【0029】 以下，參照所附圖式說明本發明的晶片溫度控制裝置的一個實施方式。另外，為了便於理解，以下所示的各圖都適

當省略或誇張而示意性描繪。相同的結構要素標注相同的所附圖式標記並適當省略說明。

【0030】 本實施方式的晶片溫度控制裝置 100 例如用於進行成膜處理等半導體製造製程的半導體製造裝置，例如構成為在真空室內靜電吸附晶片 W 的背面。

【0031】 具體而言，如圖 1 所示，晶片溫度控制裝置 100 具備在上表面承載晶片 W 的吸附板 2、以及調整吸附板 2 的溫度的溫度調整器 3。

【0032】 吸附板 2 構成以靜電吸附力保持晶片 W 的所謂靜電吸盤。本實施方式的吸附板 2 為大致呈圓板狀的陶瓷板，吸附板 2 的上表面成為吸附晶片 W 的吸附面 2a。在吸附板 2 的內部設置有用於在吸附板 2 與晶片 W 之間產生靜電力的靜電電極（未圖示）。

【0033】 溫度調整器 3 將吸附板 2 的溫度調整到預先設定的溫度，具有加熱吸附板 2 的加熱器 31 和冷卻吸附板 2 的冷卻器 32。另外，溫度調整器 3 也可以構成為不具有加熱器 31。

【0034】 加熱器 31 具有多個加熱電極 31a，所述多個加熱電極 31a 設置在吸附板 2 的內部，用於加熱吸附板 2。多個加熱電極 31a 由控制裝置 COM 的加熱控制部（未圖示）控制被供給的電力，對應於用戶設定的加熱操作量而分別被獨立地控制。

【0035】 冷卻器 32 具備：大致呈圓板狀的基座板 32a，設置

成與吸附板 2 的下表面接觸；以及冷卻流道 32b，形成在基座板 32a 內。

【0036】 冷卻流道 32b 在基座板 32a 的內部形成為俯視呈螺旋狀。例如與冷卻器等冷卻源（未圖示）相連的導入流道 32c 和導出流道 32d 連接於所述冷卻流道 32b。此外，在連接於冷卻流道 32b 的流道設置有控制製冷劑流量的控制閥 32e，所述控制閥 32e 的閥開度由控制裝置 COM 的閥控制部（未圖示）控制。

【0037】 此外，本實施方式的晶片溫度控制裝置 100 具備氣體供給機構 4，所述氣體供給機構 4 向吸附板 2 與晶片 W 之間供給例如氦氣或氬氣等熱傳遞氣體。

【0038】 所述氣體供給機構 4 向吸附板 2 的吸附面 2a 與被吸附的晶片 W 的背面之間供給預定壓力的熱傳遞氣體。

【0039】 具體而言，氣體供給機構 4 包括：氣體流通槽 41，形成於吸附板 2 的吸附面 2a；氣體供給通道 42，向所述氣體流通槽 41 供給熱傳遞氣體；以及壓力調整器 43，調整向氣體流通槽 41 供給的熱傳遞氣體的壓力。供給到氣體流通槽 41 的熱傳遞氣體從所述氣體流通槽 41 流入吸附板 2 的吸附面 2a 與被吸附的晶片 W 的背面之間。

【0040】 氣體流通槽 41 例如具有：多個直線槽，從吸附板 2 的中心軸形成為放射狀；以及多個圓形槽，從吸附板 2 的中心軸形成為同心圓狀。此外，氣體供給通道 42 沿著吸附板 2 的中心軸

形成並連接於熱傳遞氣體源（未圖示）。

【0041】 此外，壓力調整器 43 透過調整熱傳遞氣體的壓力，從而可以改變從吸附板 2 向晶片 W 的傳熱率（晶片 W 與吸附板 2 之間的傳熱係數）。另外，圖 2 表示了向晶片 W 與吸附板 2 之間供給的熱傳遞氣體的壓力、以及晶片 W 與吸附板 2 之間的傳熱係數的關係。

【0042】 具體而言，壓力調整器 43 具有壓力感測器和壓力控制閥，所述壓力控制閥的閥開度由控制裝置 COM 的控制器 11 控制。

【0043】 此外，晶片溫度控制裝置 100 具備測定晶片 W 的附近溫度的附近溫度感測器 5。所述附近溫度感測器 5 設置在基座板 32a 的背面側，測定基座板 32a 的溫度作為晶片 W 的附近溫度。本實施方式的附近溫度感測器 5 例如是紅外線溫度感測器。另外，附近溫度感測器 5 也可以測定吸附板 2 的溫度作為晶片 W 的附近溫度。

【0044】 （2.晶片溫度控制系統）

【0045】 而且，晶片溫度控制裝置 100 至少具備控制溫度調整器 3 和壓力調整器 43 的動作的控制裝置 COM。

【0046】 另外，控制裝置 COM 是具備 CPU、儲存器、A/D 轉換器、D/A 轉換器和各種輸入輸出設備的所謂計算機。而且，透過執行儲存器中儲存的晶片溫度控制程序而使各種設備協作，從

而構成圖 3 和圖 4 所示的晶片溫度控制系統。

【0047】 首先，參照圖 3 說明本實施方式的晶片溫度控制系統的概要。

【0048】 在本實施方式中，與由溫度推定觀測器 10 推定的推定晶片溫度 T_{W_est} 和由附近溫度感測器 5 測定的附近溫度 T_{P_meas} 無關，向加熱器 31 的各加熱電極 31a 供給固定電力，並將冷卻器 32 的控制閥 32e 的閥開度控制為恆定。即，在工作中加熱操作量和冷卻操作量固定，溫度調整器 3 的每單位時間的溫度調整量被控制為恆定。

【0049】 對此，壓力調整器 43 根據由溫度推定觀測器 10 推定的推定晶片溫度 T_{W_est} 和由附近溫度感測器 5 測定的附近溫度 T_{P_meas} ，依次變更所輸入的壓力操作量。

【0050】 具體而言，控制裝置 COM 使用溫度推定觀測器 10，根據由附近溫度感測器 5 測定的附近溫度 T_{P_meas} 推定晶片 W 的溫度。而且，控制裝置 COM 對推定的推定晶片溫度 T_{W_est} 進行反饋，以使推定晶片溫度 T_{W_est} 追隨設定溫度 T_{SET} 的方式控制壓力調整器 43。

【0051】 具體而言，如圖 3 所示，控制裝置 COM 具備：溫度推定觀測器 10，推定晶片 W 的溫度；以及控制器 11，根據晶片 W 的設定溫度 T_{SET} 和由溫度推定觀測器 10 推定的推定晶片溫度 T_{W_est} ，對壓力調整器 43 進行反饋控制。

【0052】 (2-1.溫度推定觀測器 10)

【0053】 溫度推定觀測器 10 至少模擬系統的熱行為，推定不能直接測定的晶片 W 的溫度。

【0054】 具體而言，溫度推定觀測器 10 構成為根據由附近溫度感測器 5 測定的附近溫度 T_{P_meas} 和壓力調整器 43 輸出的壓力 P_{OUT} ，輸出晶片 W 的溫度 T_W 的推定值亦即推定晶片溫度 T_{W_est} 和附近溫度 T_P 的推定值亦即推定附近溫度 T_{P_est} 。

【0055】 具體而言，如圖 4 所示，溫度推定觀測器 10 具備：溫度推定模型 10a，為以晶片 W 的溫度 T_W 和附近溫度 T_P 為輸出變量的線性的狀態空間模型；晶片溫度輸出部 10b，輸出根據溫度推定模型 10a 推定的推定晶片溫度 T_{W_est} ；附近溫度輸出部 10c，輸出根據溫度推定模型 10a 推定的推定附近溫度 T_{P_est} ；以及觀測器增益 10d。

【0056】 而且，溫度推定觀測器 10 構成為從附近溫度輸出部 10c 輸出的推定附近溫度 T_{P_est} 與由附近溫度感測器 5 測定的附近溫度 T_{P_meas} 的偏差乘以觀測器增益 10d 所得的值，被反饋到溫度推定模型 10a 內。

【0057】 溫度推定模型 10a 例如將與吸附板 2 和晶片 W 自身相關的熱傳導、吸附板 2 與晶片 W 之間的熱傳遞模型化。

【0058】 所述溫度推定模型 10a 是至少將晶片 W 的溫度 T_W 與熱傳遞氣體的壓力 P_{HG} 的關係設為線性關係的狀態空間模型。

圖 5 表示了狀態空間模型的一例。本實施方式的溫度推定模型 10a 的輸入變量不僅包含從壓力調整器 43 輸出的壓力 P_{OUT} (圖 5 中的 p)，也包含加熱器 31 的加熱量 q 或冷卻器 32 的冷卻量 (基板 32a 的溫度 T_c) 等。

【0059】 具體而言，溫度推定模型 10a 被輸入包含從壓力調整器 43 輸出的壓力 P_{OUT} 等的輸入變量向量，並輸出包含推定晶片溫度 T_{W_est} 和推定附近溫度 T_{P_est} 的狀態變量向量。

【0060】 晶片溫度輸出部 10b 從溫度推定模型 10a 的輸出抽出推定晶片溫度 T_{W_est} 並向控制器 11 輸出。

【0061】 附近溫度輸出部 10c 從溫度推定模型 10a 的輸出抽出推定附近溫度 T_{P_est} 並輸出。計算被輸出的推定附近溫度 T_{P_est} 與由附近溫度感測器 5 測定的附近溫度 T_{P_meas} 的偏差並輸入觀測器增益 10d。

【0062】 (2-2.控制器 11)

【0063】 控制器 11 根據晶片 W 的設定溫度 T_{SET} 和由溫度推定觀測器 10 推定的推定晶片溫度 T_{W_est} ，控制用於調整熱傳遞氣體的壓力 P_{HG} 的壓力調整器 43。

【0064】 這裡，在現實環境中如圖 6 所示，晶片 W 的溫度 T_W 與熱傳遞氣體的壓力 P_{HG} 之間存在非線性關係。另一方面，在上述的溫度推定觀測器 10 中，假設相對於壓力操作量的輸出 (晶片 W 的溫度 T_W) 的行為存在線性，則晶片 W 的溫度 T_W 與熱傳遞氣

體的壓力 P_{HG} 之間被視為存在線性關係。

【0065】 因此，如圖 3 和圖 4 所示，本實施方式的控制器 11 構成為使用預先取得的晶片 W 的溫度 T_W 與熱傳遞氣體的壓力 P_{HG} 的非線性關係，修正設定溫度 T_{SET} ，並以使該修正後的設定溫度 $T_{SET'}$ 與推定晶片溫度 T_{W_est} 的溫度偏差變小的方式控制壓力操作量。

【0066】 具體而言，控制器 11 具有儲存非線性關係數據和線性關係數據的關係數據儲存部 11a，所述非線性關係數據表示預先取得的晶片的溫度 T_W 與熱傳遞氣體的壓力 P_{HG} 的非線性關係，所述線性關係數據表示在溫度推定觀測器 10 的狀態空間模型中使用的晶片 W 的溫度 T_W 與熱傳遞氣體的壓力 P_{HG} 的線性關係。

【0067】 而且，如圖 7 所示，控制器 11 根據輸入的設定溫度 T_{SET} 和非線性關係數據，求出與設定溫度 T_{SET} 非線性對應的換算壓力 P_{SET} 。此外，控制器 11 根據換算壓力 P_{SET} 和線性關係數據，求出與換算壓力 P_{SET} 線性對應的換算溫度，並將所述換算溫度設為修正後的設定溫度 $T_{SET'}$ 。

【0068】 接下來，控制器 11 將修正後的設定溫度 $T_{SET'}$ 與由溫度推定觀測器 10 推定的推定晶片溫度 T_{W_est} 的溫度偏差乘以增益 K ，並進行積分運算。此外，控制器 11 計算所算出的積分值與狀態變量向量乘以預定的狀態反饋增益 F 所得的值的偏差，並將所述偏差作為壓力操作量輸入壓力調整器 43。

【0069】 接下來，圖 8 表示了在控制器 11 中，使用未修正的設定溫度 T_{SET} 進行了觀測控制的情況、以及使用修正後的設定溫度 T_{SET} 進行了觀測的情況的實驗結果。圖 8 (a) 是使用未修正的設定溫度 T_{SET} 進行了觀測控制的情況的結果，圖 8 (b) 是使用修正後的設定溫度 T_{SET} 進行了觀測控制的情況的結果。在使用未修正的設定溫度 T_{SET} 的情況下，晶片 W 的溫度 T_W 與溫度推定觀測器 10 的推定晶片溫度 T_{W_est} 之間出現誤差。另一方面，在使用修正後的設定溫度 T_{SET} 的情況下，晶片 W 的溫度 T_W 與溫度推定觀測器 10 的推定晶片溫度 T_{W_est} 的誤差減小。

【0070】 (3.本實施方式的效果)

【0071】 如此，按照本實施方式中的晶片溫度控制裝置 100，由於使用以熱傳遞氣體的壓力 P_{HG} 為輸入變量的溫度推定觀測器 10 來推定晶片 W 的溫度 T_W ，所以能以足夠的精度推定晶片 W 的溫度 T_W 。此外，由於根據晶片 W 的設定溫度 T_{SET} 和由溫度推定觀測器 10 推定的推定晶片溫度 T_{W_est} ，控制向調整熱傳遞氣體的壓力 P_{HG} 的壓力調整器 43 輸入的壓力操作量，所以能將晶片的溫度高精度地控制在目標溫度。

【0072】 另外，還可以考慮控制向用於對吸附板 2 進行溫度調整的冷卻器 32 輸入的冷卻操作量或向加熱器 31 輸入的加熱操作量，但是晶片 W 的溫度 T_W 的微調困難，如本實施方式這樣控制輸入壓力調整器 43 的壓力操作量會使晶片 W 的溫度 T_W 的微

調變得容易。

【0073】 特別是本實施方式中，由於控制器 11 使用晶片 W 的溫度 T_W 與熱傳遞氣體的壓力 P_{HG} 的非線性關係來修正設定溫度 T_{SET} ，並以使該修正後的設定溫度 T_{SET} 與推定晶片溫度 T_{W_est} 的溫度偏差變小的方式控制壓力操作量，所以能夠減小溫度推定觀測器 10 的推定晶片溫度 T_{W_est} 的推定誤差，可以將晶片 W 的溫度 T_W 高精度地控制在目標溫度。

【0074】 （4.其他實施方式）

【0075】 如圖 9 所示，上述實施方式的溫度推定觀測器也可以構成為還具備附近溫度修正部 10e，所述附近溫度修正部 10e 考慮吸附板 2 的溫度的非線性特性，修正從附近溫度輸出部 10c 輸出的推定附近溫度 T_{P_est} ，從附近溫度修正部 10e 輸出的修正後的推定附近溫度 T_{P_est} 與由附近溫度感測器 5 測定的附近溫度 TP 的偏差或從偏差算出的值乘以觀測器增益 10d 所得的值，被反饋到溫度推定模型 10a 內。

【0076】 上述實施方式中，構成為以吸附板 2 的溫度成為恆定的方式進行了溫度調整，但是也可以構成為晶片溫度控制裝置 100 改變吸附板 2 的溫度。在這種情況下，溫度推定觀測器 10 也可以構成為具備與溫度調整後的吸附板 2 的溫度對應的溫度推定模型 10a。

【0077】 溫度推定觀測器 10 也可以構成為還具備觀測器積分

器，所述觀測器積分器對從附近溫度輸出部 10c 輸出的推定附近溫度 T_{P_est} 與由附近溫度感測器 5 測定的附近溫度 T_P 的偏差進行積分，從觀測器積分器輸出的積分值乘以觀測器增益 10d 所得的值被反饋到溫度推定模型 10a 內。

【0078】 在這種情況下，可以考慮將推定附近溫度 T_{P_est} 與附近溫度 T_P 的偏差乘以比例觀測器增益所得的值反饋到溫度推定模型 10a，並且將偏差的積分值乘以積分觀測器增益所得的值反饋到溫度推定模型 10a。此外，也可以考慮僅把偏差的積分值乘以積分觀測器增益所得的值反饋到溫度推定模型 10a。

【0079】 針對冷卻器和加熱器，以成為恆定輸出的方式進行了控制，但是也可以針對冷卻器或加熱器也透過輸出反饋控制或狀態反饋控制來變更冷卻操作量或加熱操作量。

【0080】 考慮干擾影響，溫度推定觀測器也可以構成為卡爾曼(Kalman)濾波器。另外，取代觀測器增益而設定卡爾曼增益的方法使用現有的各種方法即可。

【0081】 而且，上述實施方式的加熱器 31 可以利用多個加熱電極 31a，在吸附板 2 形成溫度分布。例如，加熱器 31 能夠在吸附板 2 的中央部和外周部使加熱量不同，而且可以在外周部中的大致呈 C 狀的大區域與剩餘的小區域之間也使加熱量不同。即，在吸附板 2 設定有三個加熱區域，由此在吸附板 2 形成溫度分布。此外，冷卻器 32 也可以構成為對應於吸附板 2 的三個加熱區域，

在基座板 32a 的表面上形成三個冷卻區域。

【0082】 關於晶片 W 和吸附板 2 的加熱或冷卻區域不限於劃分為三個區域，可以劃分為更多的區域，也可以劃分為兩個區域。此外，還可以不設定區域並將晶片 W 或吸附板 2 整體視為一個溫度。此外，吸附板 2 也可以沒有吸附功能，而僅僅是承載晶片 W 的板。

【0083】 上述的本發明是使用晶片的溫度與熱傳遞氣體的壓力的非線性關係來修正晶片的設定溫度的方式，但是也可以是使用晶片的溫度與溫度調整器的溫度的非線性關係來修正晶片的設定溫度的方式。

【0084】 具體而言，溫度推定觀測器 10 使用將晶片 W 的溫度 T_w 與溫度調整器 3 的溫度的關係設為線性關係的狀態空間模型。這裡，溫度推定觀測器 10 使用將晶片 W 的溫度 T_w 與加熱器 31 和/或冷卻器 32 的溫度的關係設為線性關係的狀態空間模型。而且，控制器 11 也可以使用預先取得的晶片 W 的溫度 T_w 與加熱器 31 和/或冷卻器 32 的溫度的非線性關係來修正設定溫度 T_{SET} ，並以使該修正後的設定溫度 T_{SET} 與推定晶片溫度 T_{w_est} 的溫度偏差變小的方式控制溫度操作量（加熱操作量和/或冷卻操作量）。

【0085】 冷卻器或加熱器的結構不限於上述結構。例如冷卻器也可以利用珀爾帖(Peltier)元件等來構成，加熱器不限於加熱電

極，也可以構成為透過光照射來加熱晶片。

【0086】 附近溫度感測器所測定的部位不限於前述的部位，也可以是其他場所。只要將與晶片溫度存在某種相關或者關係性的溫度作為附近溫度進行測定即可。此外，控制器不限於紅外線溫度感測器，例如也可以是設置在板內的熱電偶等。

【0087】 除此以外，可以在不違背本發明的主旨的範圍內進行各種實施方式的變形和組合。

【符號說明】

【0088】

- 10:溫度推定觀測器
 - 100:晶片溫度控制裝置
 - 10a:溫度推定模型
 - 10b:晶片溫度輸出部
 - 10c:附近溫度輸出部
 - 10d:觀測器增益
 - 10e:附近溫度修正部
 - 11:控制器
 - 11a:關係數據儲存部
- 2:吸附板（板）
 - 2a:吸附面
- 3:溫度調整器
 - 31:加熱器

31a:加熱電極

32:冷卻器

32a:基座板

32b:冷卻流道

32c:導入流道

32d:導出流道

32e:控制閥

4:氣體供給機構

41:氣體流通槽

42:氣體供給通道

43:壓力調整器

5:附近溫度感測器

COM:控制裝置

d:晶片的背面與靜電吸盤表面的距離

F:狀態反饋增益

G:增益

h:高度

P_{SET} :換算壓力

r:半徑

T_{P_est} :推定附近溫度

T_{P_est}' :修正後的推定附近溫度

- T_{P_meas}:附近溫度
- T_{SET}:設定溫度
- T_{SET'}:修正後的設定溫度
- T_{W_est}:推定晶片溫度
- T_{w_exp}:晶片溫度的實驗值
- W:晶片
- T_{w. (meas.)}:晶片溫度的測定值
- T_{w. (est.)}:晶片溫度的推定值
- r (Set temp.):修正前的設定溫度
- Press.:熱傳遞氣體的壓力

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種晶片溫度控制裝置，將晶片承載於溫度調整後的板，向所述板與所述晶片之間供給熱傳遞氣體，控制所述晶片的溫度，

所述晶片溫度控制裝置的特徵在於，包括：

壓力調整器，調整所述熱傳遞氣體的壓力；

附近溫度感測器，測定所述晶片的附近溫度；

溫度推定觀測器，根據由所述附近溫度感測器測定的附近溫度、以及輸入所述壓力調整器的壓力操作量或由所述壓力調整器調整的壓力，推定所述晶片的溫度；以及

控制器，根據所述晶片的設定溫度和由所述溫度推定觀測器推定的推定晶片溫度，控制所述壓力操作量。

【請求項2】 如請求項1所述的晶片溫度控制裝置，其特徵在於，

所述溫度推定觀測器使用將所述晶片的溫度與所述熱傳遞氣體的壓力的關係設為線性關係的狀態空間模型，

所述控制器使用預先取得的所述晶片的溫度與所述熱傳遞氣體的壓力的非線性關係，修正所述設定溫度，並以使修正後的設定溫度與所述推定晶片溫度的溫度偏差變小的方式控制所述壓力操作量。

【請求項3】 如請求項2所述的晶片溫度控制裝置，其特徵在於，

所述控制器具有儲存非線性關係數據和線性關係數據的關係數據儲存部，所述非線性關係數據表示預先取得的所述晶片的溫度與所述熱傳遞氣體的壓力的非線性關係，所述線性關係數據表示所述溫度推定觀測器的狀態空間模型所使用的所述晶片的溫度與所述熱傳遞氣體的壓力的線性關係，

所述控制器根據所述設定溫度和所述非線性關係數據求出與所述設定溫度非線性對應的換算壓力，

所述控制器根據所述換算壓力和所述線性關係數據求出與所述換算壓力線性對應的換算溫度，並將所述換算溫度設為所述修正後的設定溫度。

【請求項4】 如請求項1至3中任一項所述的晶片溫度控制裝置，其特徵在於，

所述溫度推定觀測器包括：

溫度推定模型，為將所述晶片的溫度和所述附近溫度作為輸出變量的線性的狀態空間模型；

晶片溫度輸出部，輸出根據所述溫度推定模型推定的所述推定晶片溫度；

附近溫度輸出部，輸出根據所述溫度推定模型推定的推定附近溫度；以及

觀測器增益，

構成為從所述附近溫度輸出部輸出的推定附近溫度與由所述附近溫度感測器測定的附近溫度的偏差或從偏差算出的值，乘以所述觀測器增益得到的值，被反饋到所述溫度推定模型內。

【請求項5】 如請求項 1 至 3 中任一項所述的晶片溫度控制裝置，其特徵在於，

所述溫度推定觀測器包括：

溫度推定模型，為將所述晶片的溫度和所述附近溫度作為輸出變量的線性的狀態空間模型；

晶片溫度輸出部，輸出根據所述溫度推定模型推定的所述推定晶片溫度；

附近溫度輸出部，輸出根據所述溫度推定模型推定的推定附近溫度；

附近溫度修正部，考慮所述板的溫度的非線性特性，修正從所述附近溫度輸出部輸出的推定附近溫度；以及

觀測器增益，

構成為從所述附近溫度修正部輸出的修正後的推定附近溫度與由所述附近溫度感測器測定的附近溫度的偏差或從偏差算出的值，乘以所述觀測器增益得到的值，被反饋到所述溫度推定模型內。

【請求項6】 如請求項4或5所述的晶片溫度控制裝置，其特徵在於，所述溫度推定觀測器包括與溫度調整後的所述板的溫度對應的所述溫度推定模型。

【請求項7】 一種晶片溫度控制方法，將晶片承載於溫度調整後的板，向所述板與所述晶片之間供給熱傳遞氣體，控制所述晶片的溫度，

所述晶片溫度控制方法的特徵在於，

利用壓力調整器調整所述熱傳遞氣體的壓力，

利用附近溫度感測器測定所述晶片的附近溫度，

使用溫度推定觀測器，根據由所述附近溫度感測器測定的附近溫度、以及輸入所述壓力調整器的壓力操作量或由所述壓力調整器調整的壓力，推定所述晶片的溫度，

根據所述晶片的設定溫度和由所述溫度推定觀測器推定的推定晶片溫度，控制所述壓力操作量。

【請求項8】 一種儲存媒體，其特徵在於，儲存有晶片溫度控制程序，所述晶片溫度控制程序用於晶片溫度控制裝置，所述晶片溫度控制裝置將晶片承載於溫度調整後的板，向所述板與所述晶片之間供給熱傳遞氣體，控制所述晶片的溫度，所述晶片溫度控制裝置包括調整所述熱傳遞氣體的壓力的壓力調整器和測定所述晶片的附近溫度的附近溫度感測器，

所述晶片溫度控制程序使計算機具備作為溫度推定觀測器和控制器的功能，

所述溫度推定觀測器根據由所述附近溫度感測器測定的附近溫度、以及輸入所述壓力調整器的壓力操作量或由所述壓力調整器調整的壓力，推定所述晶片的溫度，

所述控制器根據所述晶片的設定溫度和由所述溫度推定觀測器推定的推定晶片溫度，控制所述壓力操作量。

【請求項9】 一種晶片溫度控制裝置，其特徵在於，包括：
溫度調整器，對應於輸入的溫度操作量對晶片進行溫度調整；
附近溫度感測器，測定所述晶片的附近溫度；

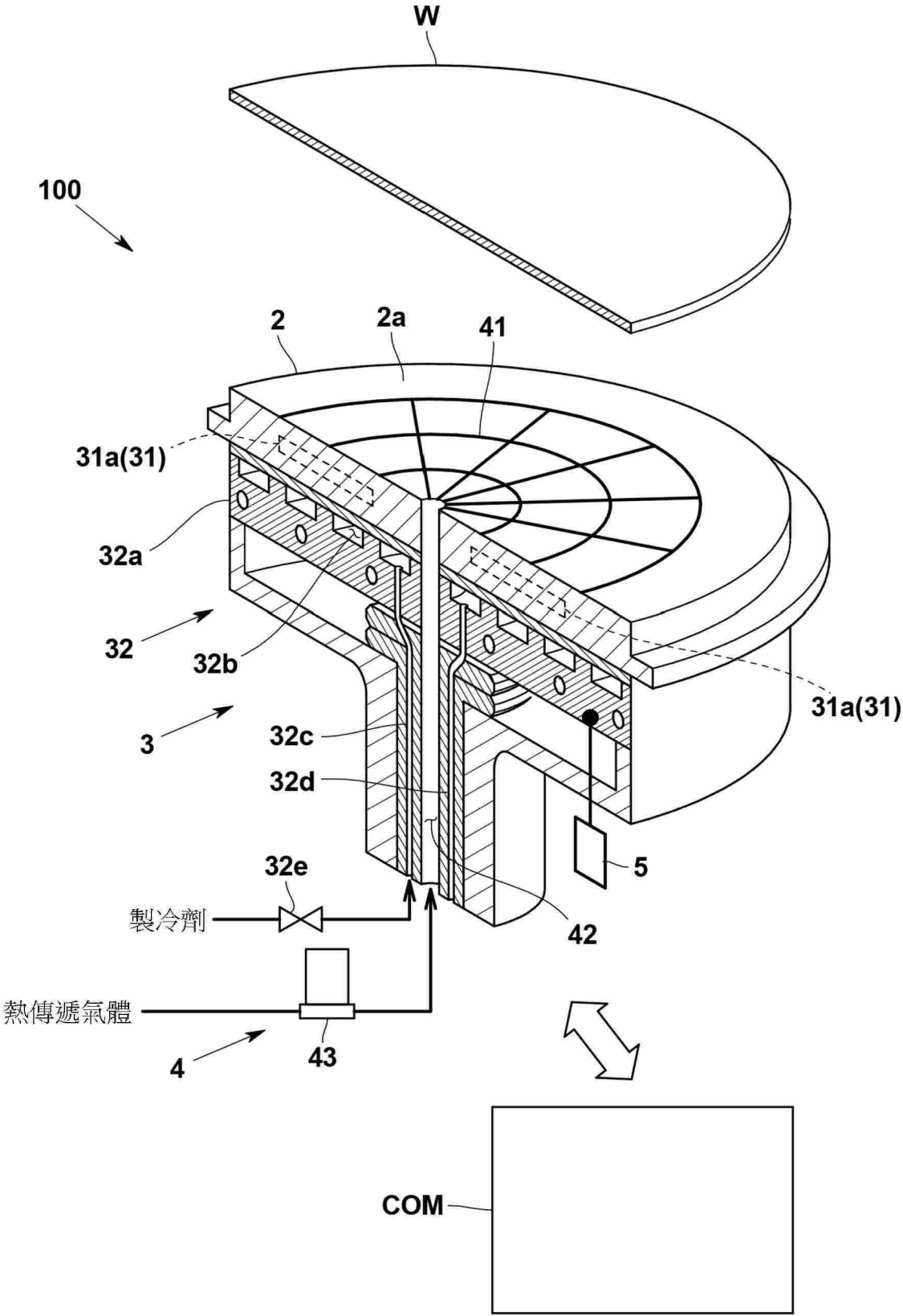
溫度推定觀測器，根據由所述附近溫度感測器測定的附近溫度、以及輸入所述溫度調整器的溫度操作量或所述溫度調整器的溫度，推定所述晶片的溫度；以及

控制器，根據所述晶片的設定溫度和由所述溫度推定觀測器推定的推定晶片溫度，控制所述溫度操作量，

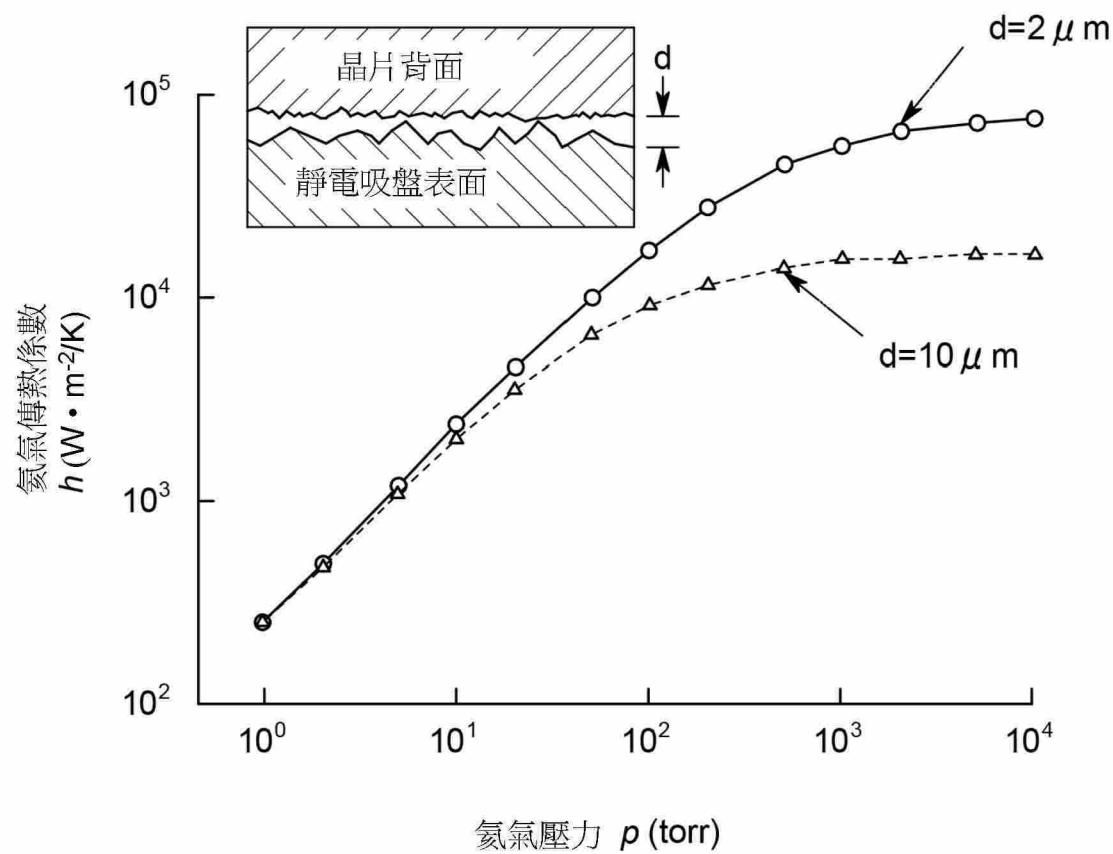
所述溫度推定觀測器使用將所述晶片的溫度與所述溫度調整器的溫度的關係設為線性關係的狀態空間模型，

所述控制器使用預先取得的所述晶片的溫度與所述溫度調整器的溫度的非線性關係，修正所述設定溫度，並以使修正後的設定溫度與所述推定晶片溫度的溫度偏差變小的方式控制所述溫度操作量。

【發明圖式】

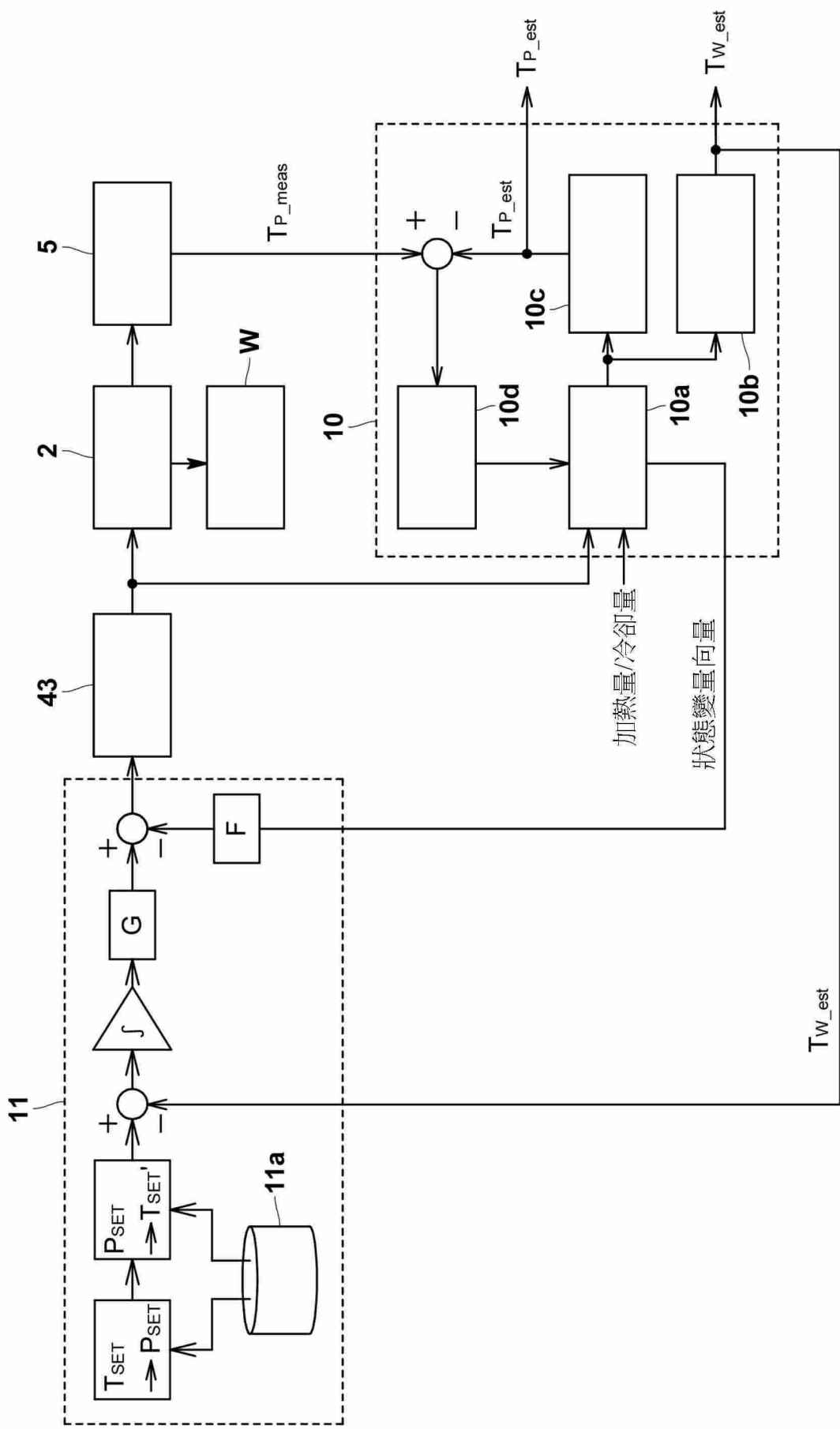


【圖1】

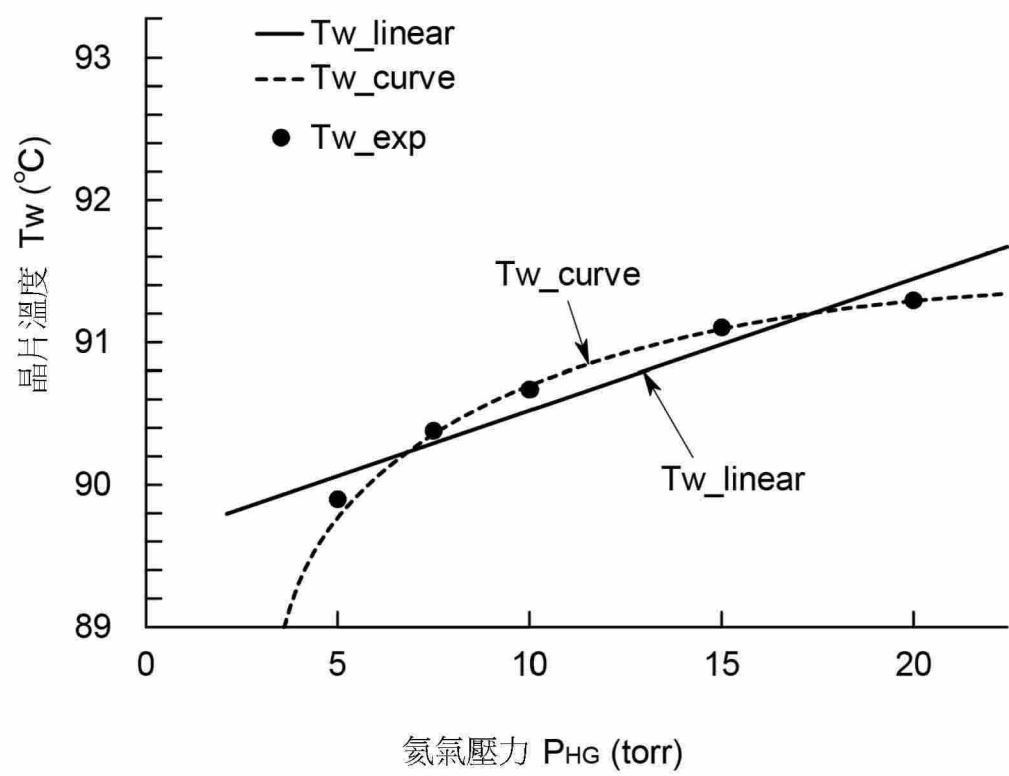


【圖2】

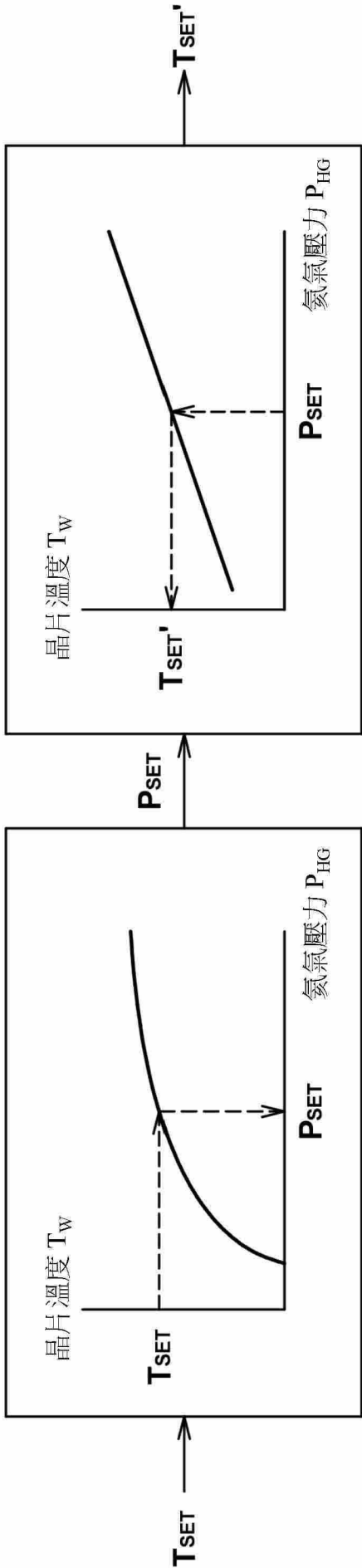
34



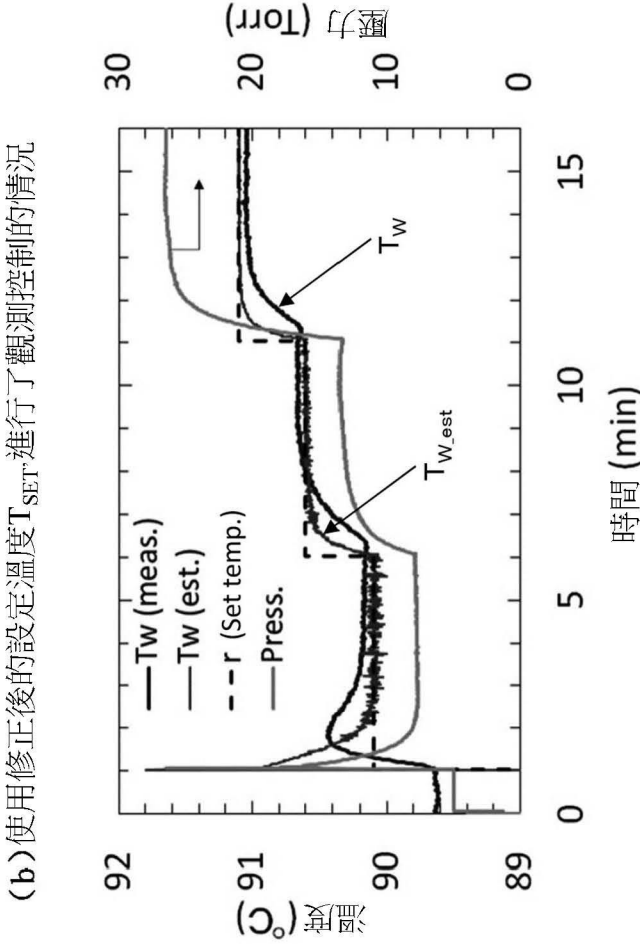
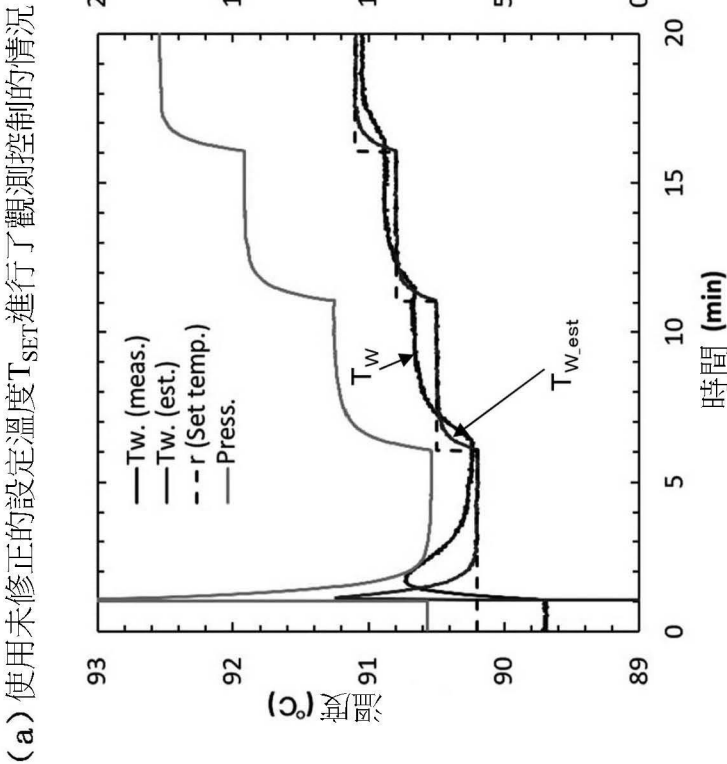
【圖4】



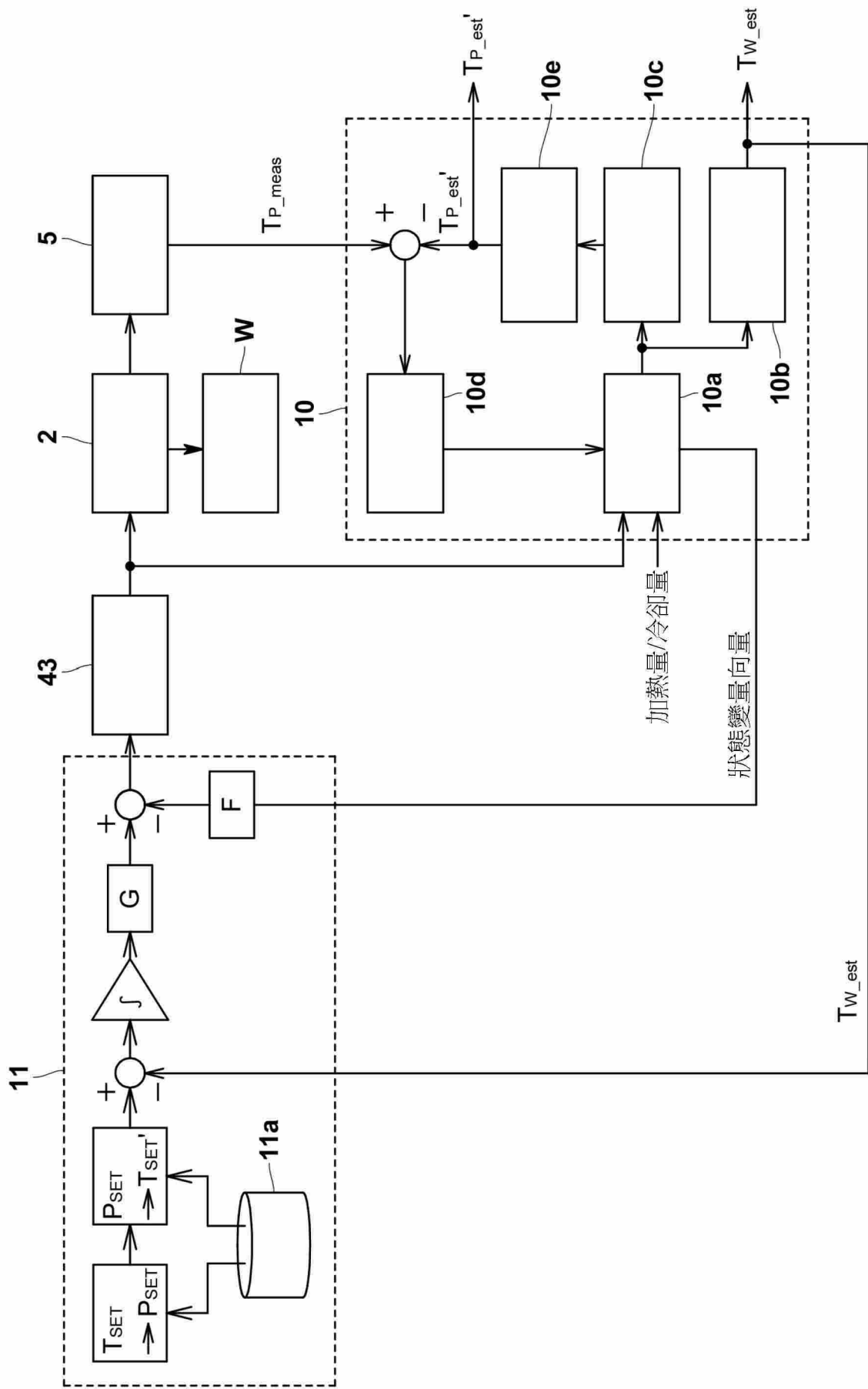
【圖6】



【圖7】



【圖8】



【圖9】