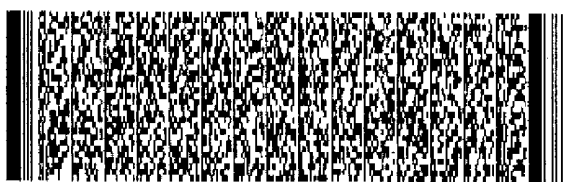


|  |              |  |
|--|--------------|--|
| 申請日期： 88.8.23  | 案號： 88114359 |  |
| 類別： <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Int. Cl.<sup>6</sup></span> | H01L 21/324  |  |

(以上各欄由本局填註)

## 發明專利說明書 425635

|            |                    |  |
|------------|--------------------|--|
| 一、<br>發明名稱 | 中文                 | 快速熱製程方法及其裝置  |
|            | 英文                 |  |
| 二、<br>發明人  | 姓名<br>(中文)         | 1. 吳孝哲   |
|            | 姓名<br>(英文)         | 1. Hsiao-Che Wu  |
|            | 國籍                 | 1. 中華民國  |
|            | 住、居所               | 1. 中壢市西園路6-8號14樓   |
| 三、<br>申請人  | 姓名<br>(名稱)<br>(中文) | 1. 茂德科技股份有限公司<br>2. 台灣茂矽電子股份有限公司<br>3. 西門子股份公司                           |
|            | 姓名<br>(名稱)<br>(英文) | 1. PromOS Technologies Inc.<br>2. Mosel Vitelic Inc.<br>3. Siemens AG    |
|            | 國籍                 | 1. 中華民國 2. 中華民國 3. 德國  |
|            | 住、居所<br>(事務所)      | 1. 新竹科學工業園區力行路19號3樓<br>2. 新竹科學工業園區力行路19號<br>3. 威予斯巴克大廈#2 D-80333 慕尼黑, 德國 |
|            | 代表人<br>姓名<br>(中文)  | 1. 胡洪九<br>2. 胡洪九<br>3. 范思寇   |
|            | 代表人<br>姓名<br>(英文)  | 1. Hung-Chiu Hu<br>2. Hung-Chiu Hu<br>3. Barbara Vasquez                 |



## 五、發明說明 (1)

## 【發明的應用範圍】

本發明係有關於一種在快速熱製程方法及其裝置，且特別是有關於一種在氣體未進入快速熱製程裝置之前，先透過一加熱單元對前述氣體進行預熱作業，以達到改善晶圓表面溫度分佈，及降低晶圓產生變形的的方法與裝置。

## 【發明背景】

熱爐管在半導體製程上的應用很廣，除了SOG等的製程之外，其操作溫度大都在八、九百度以上。問題就出在這個溫度範圍也是雜質熱擴散的溫度操作區間。所以假使製程已部份或全部完成MOS的源極及汲極的製作，包括離子植入及雜質的趨入，任何接下來的熱爐管製程，如BPSG的熱流與再熱流，都會使得MOS源極與汲極內的雜質再繼續的往外擴散，而影響MOS的"有效通道長度(effective channel length)"，及接面深度(junction depth)。因此，如何有效的進行晶片的熱處理，又不會影響到元件的滲質分佈，是傳統熱爐管式製程的改進重點。快速熱製程(rapid thermal processing，簡稱為RTP)，便是在這個著眼點下，所發展出來的熱製程技術。

RTP設備在最近幾年已經被應用在多項半導體製程中，如TiN及自行對準金屬矽化物(self-aligned silicide，通常簡稱為salicide)的形成製程上、回火(annealing)、後離子植入的回火等各種熱處理製程，與熱爐管相比，RTP具有幾個先天上的優點：第一，因為RTP是單一晶圓的製作過程，在溫度上較容易掌握。第二，周



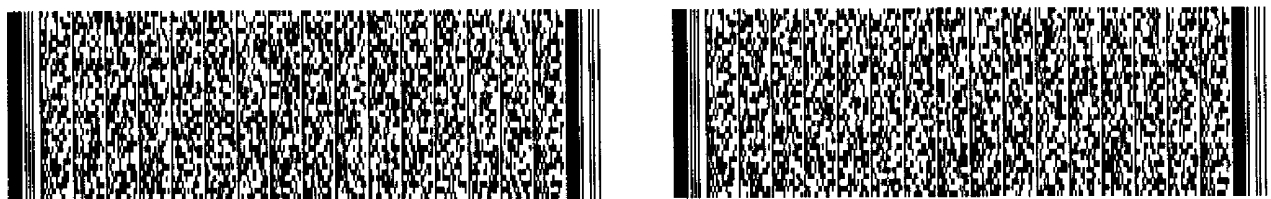
## 五、發明說明(2)

遭環境的控制也較爐管容易。第三，單片式的風險較整批式爐管小，亦即RTP會有較高的良率。

請參閱「第1圖」，其係為一種RTP設備的構造示意圖。此種RTP設備包括有：一本體10，其內部具有一腔室(Cavity)11，腔室11內固設有一夾持機構12，用以抓握一晶圓13並帶動前述晶圓13轉動以進行各種熱處理製程，且腔室11之兩側分別具有一氣體入口處14以及氣體出口處15，以供快速熱製程所需之操作氣體通過，而本體10頂部設置有一熱源單元16，此熱源單元16包括有複數個鎢鹵素燈管17，用以產生輻射熱加熱前述晶圓13。

其中由於晶圓13上每一點所接收的輻射熱與前述鎢鹵素燈管17及晶圓13之間的距離平方成反比，與角度成正比，故晶圓13上每一點接收的輻射量都不相同，其中又以晶圓13邊緣所接收的輻射量最少，造成晶圓13表面上各點溫度不一，此一溫度不均勻的現象可能導致下列情況發生：第一，造成晶圓13上各點之熱應力(thermal stress)不相同，導致晶圓13產生變形(distortion)；第二，由於晶圓13邊緣所接收的輻射量最少，使得晶圓13邊緣的反應速率較慢；以及第三，難以控制晶圓13表面的溫度。

為此，習知所提出的解決方法是採取量測晶圓13表面各點之溫度，並回饋予熱源單元16，控制其功率的方式，其具體實施方法是利用一光學視窗式的高溫計(pyrometer)，其光波長在 $2\sim 3\ \mu\text{m}$ ，用以讀取晶圓13表面上各點的溫度，再經由電腦(或控制迴路)依據所讀取的溫

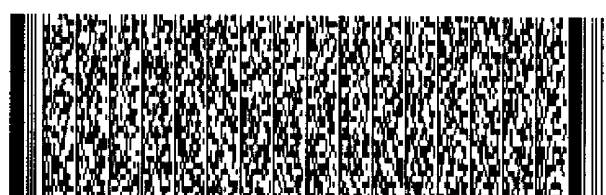
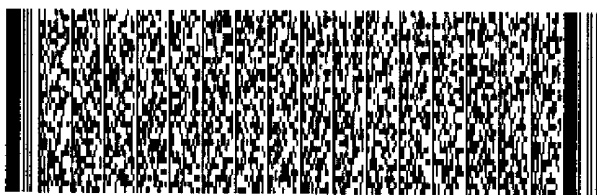


## 五、發明說明 (3)

度，個別控制鎢鹵素燈管17的輸出功率，舉例言之，由於晶圓13邊緣所吸收的輻射能最少，故對應於晶圓13邊緣之鎢鹵素燈管17所輸出的功率必須最大，習知藉此使晶圓13表面上各點之溫度能一致。

如前曾提及的在進行熱處理時，必須通入操作氣體，一般而言，腔室11內的操作溫度大都維持在800~1200℃左右，而前述氣體則是在室溫(大約為25℃)下通入腔室11，因此當氣體自氣體入口處14進入腔室11時，由於腔室11之操作溫度與氣體溫度相差太多，造成晶圓13邊緣與氣體間會有一個很大的溫度梯度存在，使得當氣體自氣體入口處14進入腔室11，從晶圓13邊緣(edge)移動至晶圓13中心的過程中，會不斷吸收晶圓13表面的熱，直到氣體溫度與腔室11溫度達到平衡為止，其中由於氣體當通入時與腔室11溫度相差太多，導致氣體會大量吸收來自晶圓邊緣的熱，使得更加降低晶圓13邊緣的溫度，加大晶圓13中心與邊緣之間的溫度差，導致晶圓表面溫度不均的現象更加嚴重，而針對氣體所造成的影響，習知並未額外採取應變措施，而是以前述之控制熱源單元之功率的方式一併加以解決。

習知為了利用控制熱源單元之功率的方式解決晶圓溫度不均之問題，必須獲得精確的晶圓溫度數據，但事實上，高溫計所取得的資料易受到晶圓的反射係數、鎢鹵素燈管之光輻射干擾，例如，燈管放射而穿透晶圓的光線或從腔室牆(chamber walls)反射回來的光波，或是製程中所產生之熱輻射，等因素的影響，為此習知曾揭露各種量測



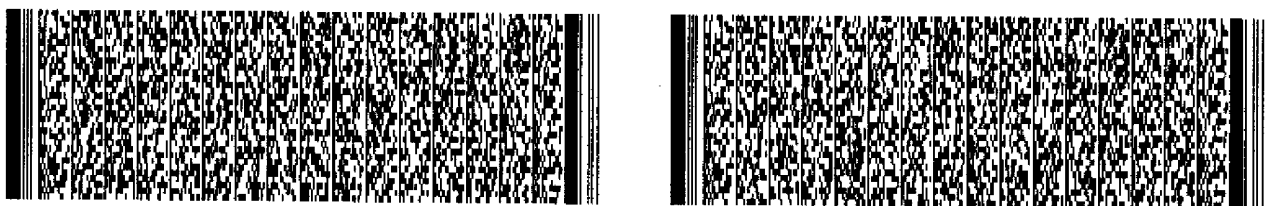
五、發明說明 (4)

方式，以期望獲得較為精準的晶圓溫度數據。

U. S. Patent 5,154,512 曾揭露一種 "Ripple Technique" 的量測計術，係利用一第一光學式光纖量測晶圓的紅外線光輻射，利用一第二光學式光纖在相同條件下量測燈管的光輻射，藉由比較兩者的數據，推算出晶圓的反射係數，經由計算而得到較為精確的晶圓溫度，此種方式確實可以提高溫度的準確性，但其溫度靈敏性極高，且所使用之光纖成本太高，實用性不大。

又在 U. S. Patent 5,841,110 中曾揭露另一種量測方式，其主要是在晶圓未進入 RTP 之前，先測量晶圓的寬帶 (broadband) 反射係數，根據所測得的數據，決定 RTP 之系統變數 (如燈管的功率)，並配合所選用的開迴路或閉迴路方式來適時地調整 RTP 的系統變數，以增加所量得溫度的可靠度，此種方法雖然可以提供可靠度，但其控制過程較為複雜，可能會拉長熱處理時間。

以上所提出的量測方法，確實可以改善晶圓之溫度分佈，但其改善效果並不是很理想，其原因是未徹底解決氣體所造成的影響，由於氣體溫度與腔室操作溫度相差太多，致使當氣體一通入腔室，接觸至晶圓邊源時，會迅速地吸收晶圓邊緣的熱，其所造成的影響是氣體通入的同時即存在的，但習知所採取之回饋方式卻因受限於時間延遲的問題，無法在氣體通入的同時，馬上回饋予熱源單元，消除氣體造成的影響，故氣體仍會對晶圓溫度分佈造成影響，導致增加晶圓產生變形的機會。



## 五、發明說明 (5)

### 【發明之目的及概述】

有鑑於此習知未能有效消除氣體所造成的影響，因此本發明之主要目的在於提供一種能有效減少氣體與腔室之溫度差的方法，其主要是利用預熱氣體的方式，於氣體未進入RTP之前，先預熱氣體，致使氣體能以較高溫度進入RTP中，縮小氣體與晶圓邊緣之間的溫度梯度，進而減少氣體自晶圓邊緣所吸收的熱量，而降低晶圓產生變形的機會。

本發明之另一目的在於提供一種能有效縮短氣體與腔室之溫度差的裝置，係於氣體入口處配設一加熱單元，用以對氣體進行預熱作業，待氣體加熱至預定溫度時，再通入RTP中，其中前述加熱單元可與市面上任何一種RTP裝置相匹配使用，以利於使用者不需再購買新的RTP裝置，可以降低設備成本。

根據上述之目的，本發明揭露一種快速熱製程方法，用以在氣體未進入快速熱製程裝置前，先對氣體進行預熱作業，以減少氣體與晶圓之間的溫度差，前述方法至少包括有下列步驟：決定氣體之一預熱溫度；依照前述預熱溫度，對氣體進行預熱作業，使氣體的溫度到達前述預熱溫度；以及待預熱完成後，使氣體進入快速熱製程中，以供快速熱製程裝置使用。

同時本發明亦揭露一種快速熱製程裝置，至少包括有：一本體，本體內部具有一腔室，腔室內固設有一夾持機構，用以抓握一晶圓並帶動晶圓轉動以進行各種熱處理製



五、發明說明(6)

程；一熱源單元，位於本體頂部，用以產生輻射熱供晶圓使用；一氣體入口，設於腔室之一側，用以供一氣體通過，以供該快速熱製程裝置使用；一氣體出口，設於腔室之對應側，用以排出氣體；一加熱單元，設置於前述氣體入口處未與腔室接觸之一側，用以加熱前述氣體至一第一溫度；以及一測溫單元，用以量測晶圓表面之溫度。

為讓本發明之上述和其他目的、特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉一較佳實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下：

【圖式簡單說明】

第1圖，係為習知一種RTP的構造示意圖；

第2圖，係為本發明之RTP的構造示意圖；

第3圖，係為「第2圖」之加熱裝置的功能方塊圖；

第4圖，係為「第2圖」之測溫裝置的功能方塊圖；以

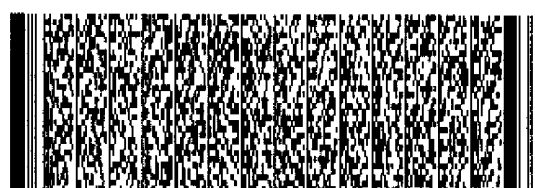
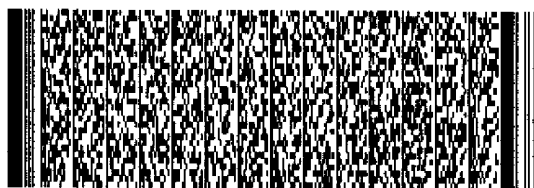
及

第5圖，顯示「第2圖」之加熱裝置可與測溫裝置之電腦相連接的功能方塊圖。

【實施例說明】

根據本發明所揭露之加熱裝置，可與市面上任何一種RTP相匹配使用，現僅以其中一種RTP構造來加以說明，其圖如「第2圖」所示，此RTP構造至少包括有：

一本體20，其內部具有一腔室(Cavity)21，腔室21內固設有一夾持機構22，用以抓握一晶圓23並帶動前述晶圓23轉動以進行各種熱處理製程，其中前述夾持機構22更包



## 五、發明說明 (7)

含有一對可轉動的石英圓柱220，每一圓柱220上都固設有一支撐環221，用以抓握晶圓23；

一熱源單元30，位於本體20頂部，此熱源單元30包括有複數個管狀物31，每一個管狀物31內部都容設有一鎢鹵素燈管32，用以產生輻射熱供晶圓23使用；

一氣體入口處40，設於腔室21之一側，可供外界氣體通過而進入至腔室21內，用以供晶圓23使用，其中前述氣體可為氬氣(Ar)、氮氣(N<sub>2</sub>)，或氧氣(O<sub>2</sub>)之中的任一者或其混合物，至於使用那一種，則視熱製程種類而定，如當進行回火程序時，需通入氬氣(Ar)或氮氣(N<sub>2</sub>)，而當進行快速熱氧化(RTO, Rapid Thermal Oxidation)程序時，則需通入氧氣(O<sub>2</sub>)，而氣體輸送的動力來源可以是泵浦、或馬達等其它輸送機構；

一氣體出口處50，設於腔室21之另一側，用以排出腔室21內之氣體，其中排出氣體的方式可以藉由抽氣或抽真空方式達成；

一加熱單元60，裝設於氣體入口處40之未與腔室21接觸的一端，用以在氣體未進入腔室21之前，先加熱氣體至某一特定溫度，其加熱單元60的管路與氣體入口處40相連接，以使預熱完成之氣體能直接經由管路而輸送至腔室21內，前述加熱裝置60可為電子式加熱裝置，其包括有一輸入器61(如按鍵或轉鈕)，用以供使用者設定溫度、一加熱器62(如電熱絲或電熱片)，用以加熱氣體、一感測器63，用以檢測氣體當前的溫度、以及一控制器64，用以根據前

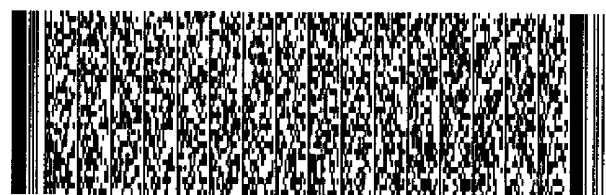
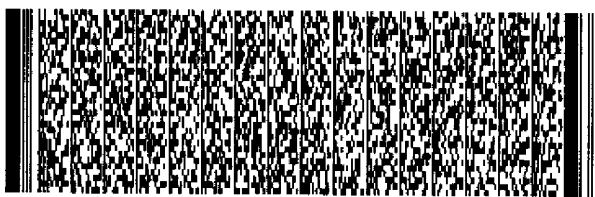


## 五、發明說明 (8)

述感測器63所測得的溫度與設定溫度相比較，而控制加熱器62的作動，其功能方塊圖如「第3圖」所示；以及

一測溫單元70，其包括有複數個探測針71(如光纖)，用以量測晶圓23表面各點之溫度、一高溫計72，連接於前述探測針71，用以接收前述探測針71所量測的溫度結果、以及一電腦73，用以根據前述溫度數據控制熱源單元30的功率，其功能方塊圖如「第4圖」所示。

根據上述之構造，當使用者要進行熱製程時，先視熱製程的種類，而決定適當的腔室21的操作溫度、氣體種類、及氣體溫度，待決定後，透過輸入器61設定氣體的預熱溫度，先使氣體進入加熱單元60內進行預熱作業，其中加熱單元60的溫度最好與腔室21的操作溫度不要差太多，避免氣體溫度與晶圓23邊緣之溫度差太多，當然最佳是預熱溫度與腔室21的操作溫度相同，以將晶圓23邊緣與氣體間的溫度差減至最低，待氣體的溫度達到設定溫度時，直接由加熱單元60的出口，經由管路通過氣體入口處40而輸送至腔室21內，以供快速熱製程裝置使用、及進行各種熱製程，而在氣體出口處50則以抽氣方式將氣體排出腔室21，其中在熱製程中，由於鎢鹵素燈管32係以平行方式對晶圓23進行熱輻射，其晶圓23所接收的輻射熱與前述鎢鹵素燈管32及晶圓23之間的距離平方呈反比，與角度成正比，亦即晶圓23上每一點都接收的輻射量都不相同，其中又以晶圓23邊緣所接收的輻射量最少，其意思是假使在無氣體對晶圓23所造成影響的前題下，由鎢鹵素燈管32所輻射出相



## 五、發明說明 (9)

同的能量，以晶圓23邊緣所能接收的最少，因此為了補償此種平形形狀所造成的現象，亦採取與習知相同之方式，利用高溫計72量測晶圓23上各點的溫度，以控制每一鎢鹵素燈管32所輸出的功率。

其中為了要更精確控制晶圓23與氣體之間的溫度差，可採用回饋(feedback)方式，使測溫單元70之電腦73與加熱單元60之控制器64相連接，致使電腦73能根據高溫計71所讀取之晶圓23溫度，同時控制熱源單元30所輸出的功率、及加熱單元60之氣體預熱的溫度，其功能方塊圖如「第5圖」所示。

藉以上之說明，本發明僅於氣體入口處40加裝一加熱單元60，利用加熱單元60事先預熱氣體，只需外加少許能量，即可使氣體能以較高溫度進入腔室21內，減少氣體與晶圓23邊緣間的溫度梯度，使氣體不致吸收太多晶圓23表面的熱量，進而減少晶圓23發生變形的機會，同時本發明配合使用控制鎢鹵素燈管32之功率的方式，更可精確地控制晶圓23表面之溫度，致使晶圓23表面之溫度分佈能一致，其中本發明之習知雖都採用控制鎢鹵素燈管32之功率的方式，但其與習知不同之處在於本發明有進行氣體預熱方式，事先減少氣體與晶圓23之間的溫差，再配合控制鎢鹵素燈管32之功率，以補償形狀所造成的熱損失、及補償部份氣體吸收晶圓23邊緣的能量，其控制方式較為簡單，而不像習知僅依靠控制鎢鹵素燈管32之功率方式，較易產生較大的溫度誤差。



## 五、發明說明 (10)

在此為了證明加熱裝置所需的能量很少，現舉一實施例計算如下：

在計算之前先就各個符號定義如下：

$C_p$ : 熱容量(heat capacitor)，單位為 $\text{cal/mole} \times \text{k}$ ，其數值與氣體種類有關，如氫氣為4.968，氮氣為6.961，氧氣為7.016；

$V_m$ : 在一大氣壓、 $25^\circ\text{C}$ 下氣體的分子體積(molecular volume)，為單位為 $\text{l/mole}$ ，數值為 $24.6\text{l/mole}$ ；

$T_w$ : 氣體預熱的溫度，單位為 $^\circ\text{C}$ ；

$F_g$ : 氣體流量，在本實施例中其數值為 $10\text{ l/mole}$ ；

$T_g$ : 氣體進入加熱裝置的溫度，在此實施例中為 $25^\circ\text{C}$

$f$ : 加熱裝置的效率

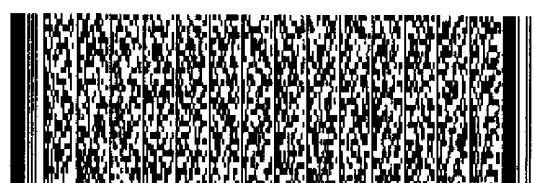
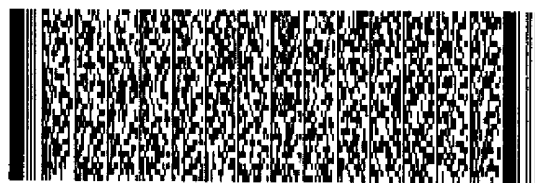
$\Delta T_g$ : 氣體的溫度差， $\Delta T_g = T_w - T_g$

根據上述之符號及定義，加熱裝置所需的能量( $\Delta H_g$ )可由下列式子計算出

$$\begin{aligned} \Delta H_g &= C_p \times \Delta T_g \times F_g \div V_m \div f \\ &= C_p \times \Delta T_g \times 10 \div 24.6 \div f \\ &= 0.4065 \times C_p \times \Delta T_g \div f (\text{cal/min}) \\ &= 0.0284 \times C_p \times \Delta T_g \div f (\text{watt}) \end{aligned} \quad (1)$$

在此選用氧氣當作程序氣體，其腔室的操作溫度為 $800^\circ\text{C}$ ，在最佳狀態下，將氣體預熱溫度( $T_w$ )為 $800^\circ\text{C}$ ， $f = 5\%$ ，代入式(1)中，可得

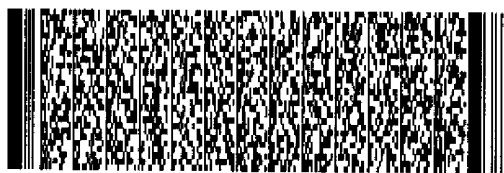
$$\begin{aligned} \Delta H_g &= 0.0284 \times 7.016 \times (800 - 25) \div 0.05 \\ &= 3088 (\text{watt}) \end{aligned}$$





五、發明說明 (12)

|     |       |
|-----|-------|
| 15  | 氣體出口處 |
| 16  | 熱源裝置  |
| 17  | 鎢鹵素燈管 |
| 20  | 本體    |
| 21  | 腔室    |
| 22  | 夾持機構  |
| 220 | 圓柱    |
| 221 | 支撐環   |
| 23  | 晶圓    |
| 30  | 熱源裝置  |
| 31  | 管狀物   |
| 32  | 鎢鹵素燈管 |
| 40  | 氣體入口處 |
| 50  | 氣體出口處 |
| 60  | 加熱裝置  |
| 61  | 輸入元件  |
| 62  | 加熱元件  |
| 63  | 感測元件  |
| 64  | 控制元件  |
| 70  | 測溫裝置  |
| 71  | 探測針   |
| 72  | 高溫計   |
| 73  | 電腦    |



## 四、中文發明摘要 (發明之名稱：快速熱製程方法及其裝置)

本發明提供一種快速熱製程方法及其裝置，用以改善晶圓由快速熱製程裝置加熱時的溫度控制，其主要是在氣體未進入快速熱製程裝置之前，先透過一加熱單元對前述氣體進行預熱(preheat)作業，致使氣體能以較高溫度進入快速熱製程裝置中，減少氣體與晶圓邊緣之間的溫度梯度，進而降低晶圓產生變形(distortion)的機率，其中使用者可視前述快速熱製程裝置之操作溫度，調整氣體的預熱溫度，同時前述加熱單元可與市面上任何一種快速熱製程裝置相匹配使用，更可提供一種在操作簡單、又符合經濟效益的前題下，有效降低晶圓產生變形的的方法及其裝置。

## 英文發明摘要 (發明之名稱：)

## 六、申請專利範圍

1、一種快速熱製程方法，用以改善晶圓由快速熱製程裝置在一操作溫度下加熱時的溫度控制，至少包括下列步驟：

- (1) 提供該快速熱製程裝置操作時所需的一氣體；
- (2) 決定該氣體之一預熱溫度；
- (3) 加熱該氣體至該預熱溫度；以及
- (4) 通入該氣體至該快速熱製程裝置；

藉由預熱該氣體的方式，減小其對該晶圓所造成的溫度分佈影響，避免該晶圓因受熱不均勻產生變形。

2、如申請專利範圍第1項之快速熱製程方法，其中更包含有一量測該晶圓表面之溫度，以調整該預熱溫度之步驟。

3、如申請專利範圍第1項之快速熱製程方法，其中更包含有一量測該晶圓表面之溫度，以控制該快速熱製程之一熱源裝置輸出功率之步驟。

4、如申請專利範圍第1項之快速熱製程方法，其中該操作溫度約為800~1200℃。

5、如申請專利範圍第1項之快速熱製程方法，其中該氣體可為氫氣、氮氣、或氧氣之中的任一者或其混合物。

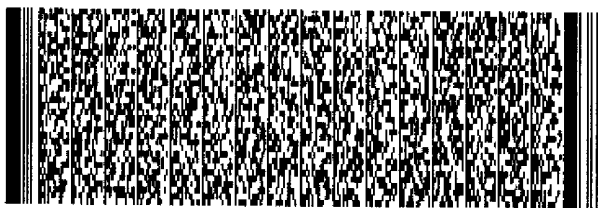
6、一種快速熱製程裝置，至少包括有：

一本體，該本體內部具有一腔室，該腔室內固設有一夾持機構，用以抓握一晶圓並帶動該晶圓轉動、一氣體入口處，由此供給一操作氣體、以及一氣體出口處，用以排出該操作氣體；

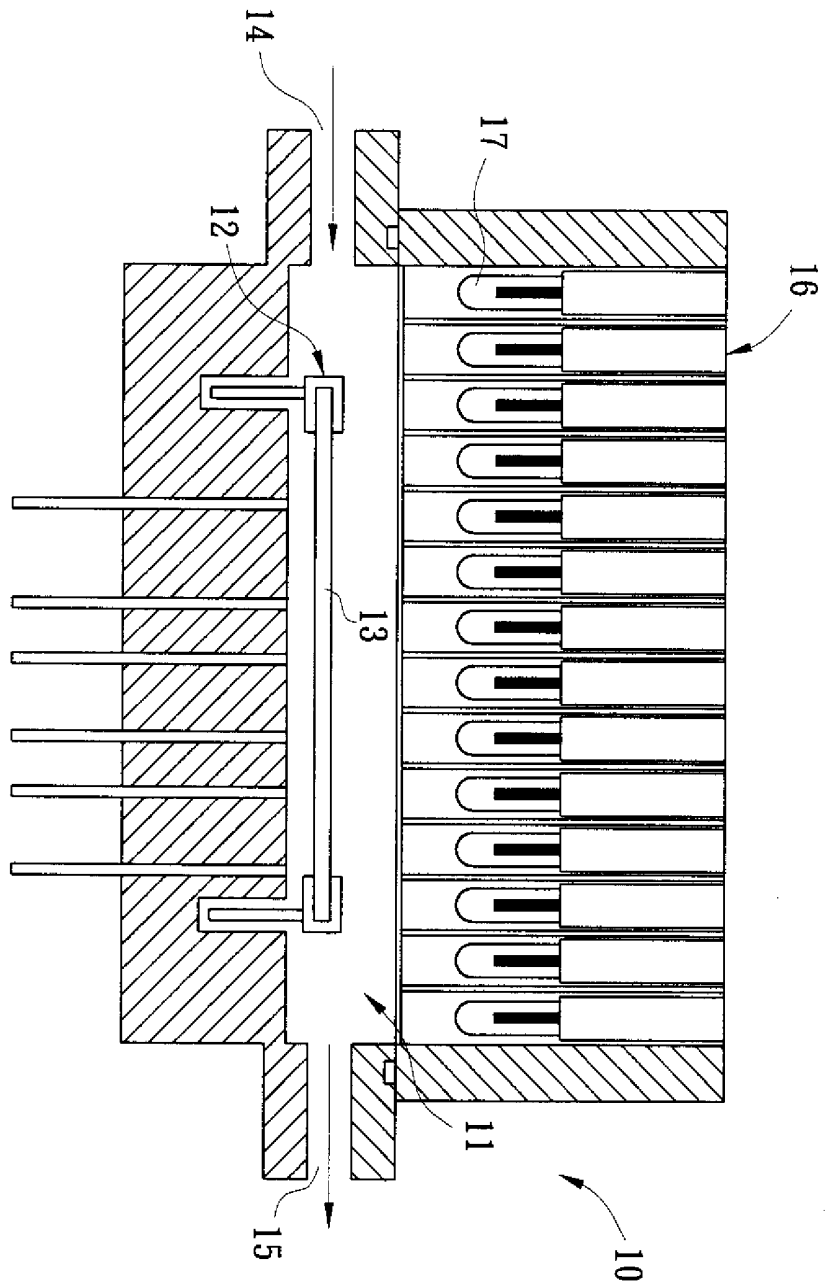


## 六、申請專利範圍

- 一熱源單元，置於該腔室內，用以產生輻射熱加熱該晶圓；
  - 一加熱單元，裝設於該氣體入口處未與該腔室接觸之一側，用以加熱該氣體至一預熱溫度；以及
  - 一測溫單元，用以量測該晶圓表面之溫度。
- 7、如申請專利範圍第6項之快速熱製程裝置，其中該加熱單元更包含有：
- 一輸入器，用以供使用者設定該預熱溫度；
  - 一加熱器，用以加熱該氣體；
  - 一感測器，用以檢測該氣體當前的溫度；以及
  - 一控制器，用以根據該感測器所測得的溫度與該預熱溫度相比較，而控制該加熱器的作動。
- 8、如申請專利範圍第7項之快速熱製程裝置，其中該輸入器可為按鍵。
- 9、如申請專利範圍第7項之快速熱製程裝置，其中該輸入器可為轉鈕。
- 10、如申請專利範圍第7項之快速熱製程裝置，其中該加熱器可為電熱絲。
- 11、如申請專利範圍第7項之快速熱製程裝置，其中該加熱器可為電熱片。
- 12、如申請專利範圍第6項之快速熱製程裝置，其中該加熱單元可與該測溫單元相連接，用以根據該測溫單元所測得之溫度，而調整該預熱溫度。

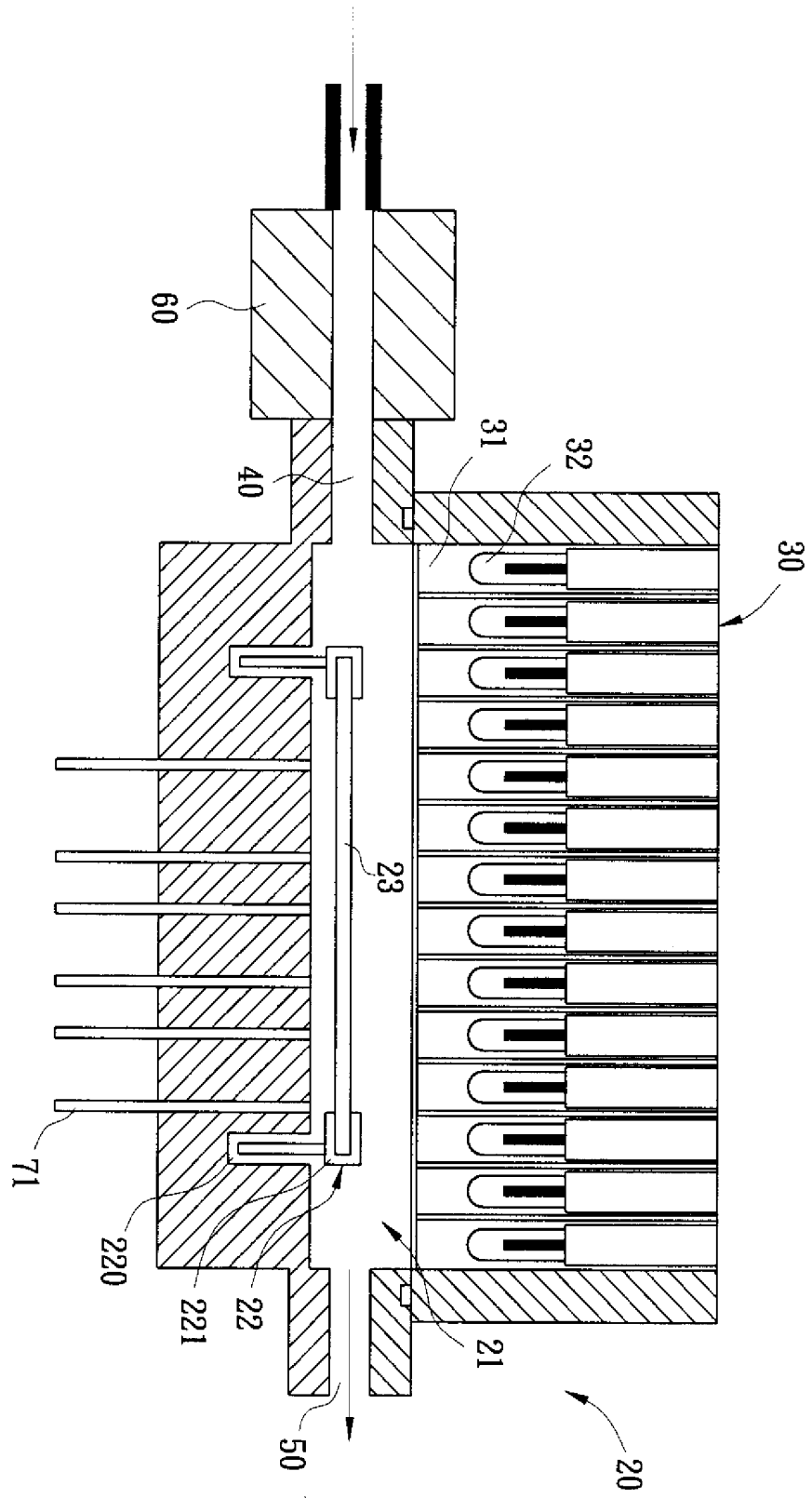


圖面



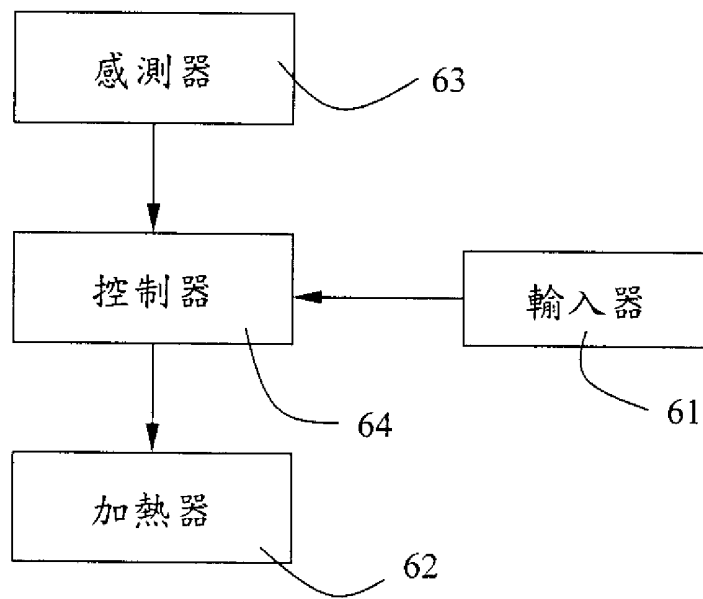
第1圖

圖面



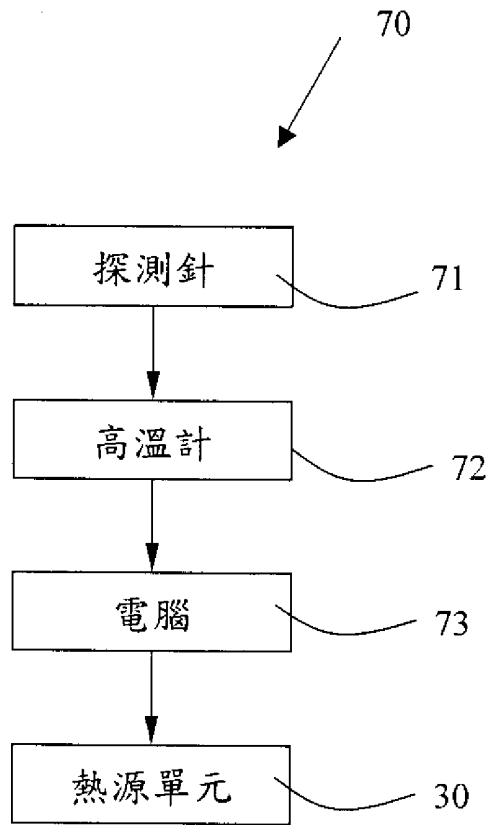
第2圖

圖面



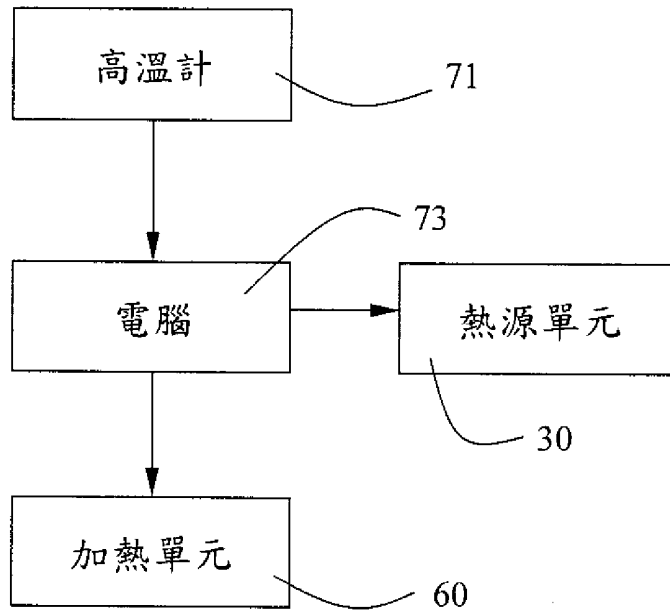
第3圖

圖面



第4圖

圖面



第5圖