



(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 I633622 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 08 月 21 日

(21)申請案號：103119267

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 06 月 03 日

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

(30)優先權：2013/06/03 美國

13/908,676

(71)申請人：蘭姆研究公司(美國) LAM RESEARCH CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：瑞奇 安東尼 RICCI, ANTHONY (US)；普瓦尼 亨利 POVOLNY, HENRY (US)

(74)代理人：許峻榮

(56)參考文獻：

US 5740016

US 2006005873A1

US 20040065259A1

US 20050211385A1

US 20110092072A1

審查人員：陳英豪

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：7 共 37 頁

(54)名稱

溫度控制基板支撐組件

TEMPERATURE CONTROLLED SUBSTRATE SUPPORT ASSEMBLY

(57)摘要

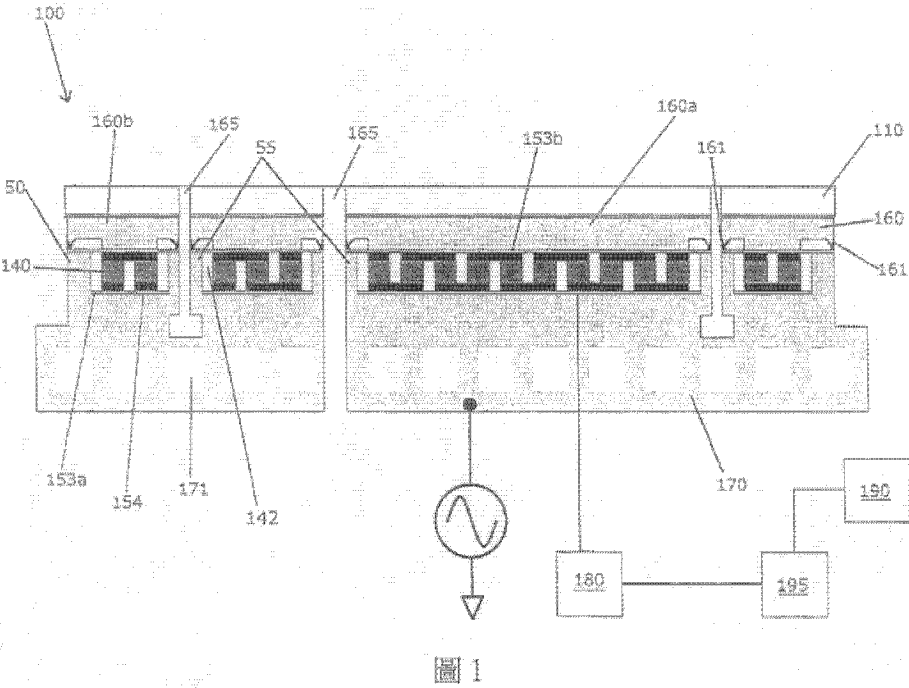
本文揭露一種溫度控制基板支撐組件，用於處理在半導體處理設備中之真空腔室內的基板。該基板支撐組件包含一頂板，用於支撐該基板。一底板係設置於該頂板下方，其中該底板包含一空腔於該底板之上表面。一蓋板係設置於該頂板和該底板之間。至少一熱電模組係位於該底板之上表面的該空腔中，其中該至少一熱電模組係與該頂板和該底板熱接觸，且該至少一熱電模組係維持在大氣壓力。

A temperature controlled substrate support assembly used for processing a substrate in a vacuum chamber of a semiconductor processing apparatus. The substrate support assembly comprises a top plate for supporting the substrate. A base plate is disposed below the top plate wherein the base plate comprises a cavity in an upper surface of the base plate. A cover plate is disposed between the top plate and the base plate. At least one thermoelectric module is in the cavity in the upper surface of the base plate wherein the at least one thermoelectric module is in thermal contact with the top plate and the base plate, and the at least one thermoelectric module is maintained at atmospheric pressure.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 50 . . . 圓柱形壁
- 55 . . . 突出部
- 100 . . . 基板支撐組件
- 110 . . . 頂板
- 140 . . . 熱電模組
- 142 . . . 空腔
- 153a . . . 上電絕緣層
- 153b . . . 下電絕緣層
- 154 . . . 粘合層
- 160 . . . 蓋板
- 160a . . . 內蓋
- 160b . . . 外蓋
- 161 . . . 突出部
- 165 . . . 開口
- 170 . . . 底板
- 171 . . . 流體通道
- 180 . . . 電源供應器
- 190 . . . 感應器
- 195 . . . 控制器



【發明說明書】

【中文發明名稱】 溫度控制基板支撐組件

【英文發明名稱】 TEMPERATURE CONTROLLED SUBSTRATE SUPPORT
ASSEMBLY

【技術領域】

【0001】 本發明關於一種電漿處理設備，且更具體地關於一種基板支撐組件的溫度控制。

【先前技術】

【0002】 積體電路係由其上形成圖案化微電子層之晶圓或半導體基板所製成。在基板之處理中，電漿係經常用以在基板上沉積膜或蝕刻膜之特定部分。下一世代的微電子層之縮小的特徵部尺寸及新材料的使用，已對電漿處理設備產生新的要求。較小的特徵部、較大的基板尺寸及新的處理技術使電漿處理設備需加以改良以控制電漿處理之條件。

【0003】 在電漿蝕刻期間，蝕刻率及蝕刻率選擇性可在整個半導體基板上有所不同。由於蝕刻率和蝕刻率選擇性受溫度的影響，因此在整個基板上需要有改良的空間溫度控制。除了改良的空間溫度控制，用以處理半導體基板之擴大的溫度範圍使包含複合材料堆疊之半導體基板在處理期間可被利用。

【發明內容】

【0004】 本文揭露一種溫度受控制的基板支撐組件，用於處理在半導體處理設備中之真空腔室內的基板。該基板支撐組件包含一頂板，用於支撐該基板。一底板係設置於該頂板下方，其中該底板包含一空腔於該底板之上表面。一蓋板係設置於該頂板和該底板之間。至少一熱電模組係位於該底板之上表面的該空腔中，其中該至少一熱電模組係與該頂板和該底板熱接觸，且該至少一熱電模組係維持在大氣壓力。

【0005】 本文亦揭露一種製造基板支撐組件的方法，該基板支撐組件係用以於電漿處理期間控制基板溫度。該方法包含將至少一熱電模組的一下表面粘接至一底板的一上表面中之空腔的一表面；將包含在該至少一熱電模組的一上表面上之一上電絕緣層的一下表面粘接至一界定該底板之該上部表面中之該空腔的圓柱形壁以及至向上延伸於該空腔中之突出部，其中該上絕緣層之粘接的該下表面與該圓柱形壁形成一真空密封且該向上延伸的突出部及該空腔係經由該底板之該上表面中之該空腔的一表面敞開至大氣；該方法亦包含將該上電絕緣層之一上表面粘接至一蓋板。

【0006】 本文亦揭露一種處理位於一半導體處理設備中之一基板的方法，其中該基板係支撐在一真空處理腔室中之溫度受控制的基板支撐組件的一頂板上。該方法包含將電流供應至與該頂板熱傳導接觸之至少一相對應的熱電模組，以控制在遍及該頂板之一或更多區域的溫度。該方法更包含控制電流以設定該頂板表面的溫度，以及在處理期間提供於遍及該基板上之期望的溫度分佈。

【圖式簡單說明】

- 【0007】 圖1繪示溫度控制基板支撐組件之一實施例，其包含複數熱電模組。
- 【0008】 圖2A、B繪示一底板之實施例，該底板係可根據本文所揭露之溫度控制基板支撐組件的實施例使用。
- 【0009】 圖3顯示可形成於本文所揭露之溫度控制基板支撐組件的溫度控制區域的實施例。
- 【0010】 圖4繪示用於底板和蓋板之間的熱電模組的示例性粘接接合配置的剖面圖。
- 【0011】 圖5A、B分別繪示溫度控制的曲線圖，其係由本文所揭露之包含複數熱電模組的溫度控制基板支撐組件顯示。
- 【0012】 圖6A-D顯示可依照本文所揭露之溫度控制基板支撐組件的實施例所使用的底板之進一步實施例。
- 【0013】 圖7顯示一基板之基板溫度和基板溫度均勻性之間的關係之曲線圖，其中該基板係支撐在根據本文所揭露的實施例之溫度控制基板支撐組件上。

【實施方式】

- 【0014】 本文揭露一種溫度控制基板支撐組件（以下稱為「基板支撐組件」），其中該基板支撐組件包含至少一熱電模組的加熱及／或冷卻支撐在頂板（即基板支撐）的基板基板支撐組件的。在下方的描述中，許多具體細節進行了闡述，以便提供全面理解這裡所揭露的本實施例。然而，對熟習本技藝者將顯而易見地，本發明可在缺少這些具體細節的部份或所有者的情況下實施。在其他情況下，眾所周知的處理

操作不加以詳述，以免非必要地使本實施例失焦。另外，如本文所用，用語「約」係指 $\pm 10\%$ 。

【0015】 控制支撐在頂板的基板之溫度包含許多變數。首先，許多因素可影響熱傳導，如在基板支撐組件中之散熱片的位置以及在該基板支撐組件中之各種加熱和冷卻元件的詳細結構。其次，熱傳導為一動態處理。因此，除非該系統係處於熱平衡狀態，否則會發生熱傳導且溫度分佈和熱傳導會隨時間發生變化。第三，存在於電漿處理期間之例如電漿密度分佈的非平衡現象，以及射頻功率分佈，使吾人難以對任何實際的電漿處理設備的熱傳導行為進行理論上的預測，因此基板溫度分佈通常不均勻並難以控制。這些缺陷可能轉變成在遍及基板上之處理速度的非均勻性以及基板上之裝置晶粒的關鍵尺寸之非均勻性。

【0016】 再者，包含電阻加熱元件之頂板根據整個組件之固有耐熱性來定義操作溫度之可達到的範圍。例如，具有高耐熱性之基板支撐組件可達到更高的溫度，這是因為傳遞至流經基板的冷卻劑之熱量較少。然而，具有高耐熱性之基板支撐組件限制了既定處理熱負載之最低可達到溫度。相反地，具有低熱阻之基板支撐組件使既定處理加熱負載之可達到溫度較低，但亦限制了最高可達到溫度。為了擴大基板支撐組件的操作範圍內，可降低冷卻劑溫度及增加加熱功率，然而，這引入了頂板和冷卻劑之間更大的熱差，此可使熱非均勻性惡化。

【0017】 為了控制基板溫度，電漿蝕刻系統可具有設置在基板支撐組件中之至少一熱電模組，及控制器單元，控制流經設置於該基板支撐組件中的熱電模組之每一者的直流電流。一或更多熱電模組可用於擴大基板支撐組件之操作溫度範圍，其中每個熱電模組之溫度可被設定為高於或低於流經其底板之冷卻劑的溫度。每個熱電模組係由交替的p型摻

雜和n型摻雜的半導體元件（如本文中使用的「熱電對」）製成，其中p型摻雜的半導體元件和n型摻雜的半導體元件係由一接面以串聯方式電連接並以並聯方式熱連接。因此，當電流流過兩個半導體元件的接面時，電流的方向決定其冷卻或加熱該接面，由此形成每個熱電模組的熱側和冷側，俾使每個熱電模組可加熱或冷卻基板支撐組件的相對應部分。每個熱電模組係較佳地以一界定的圖案形成，其中該等熱電模組之每一者可設置以在基板支撐組件內形成相對應的溫度控制區域。透過調整受控制器單元所控制的熱電模組之每一者的電源，並透過將每個熱電模組妥善地設置於基板支撐組件中，可加熱或冷卻該基板，且在基板的處理期間之溫度分佈可同心地、徑向地、和以方位角地成型。此外，遍及基板支撐組件上的溫度梯度可透過將熱電模組之每一者設置在基板支撐組件中而受到控制，以在處理期間維持期望的溫度分佈遍及於基板。例如，可形成矩形網格、六邊形網格、同心圓、一或更多徑向陣列、或其它圖案的熱電模組，由此形成溫度控制區域。基板支撐組件係可操作以控制基板溫度且因此在每個裝置晶粒位置的電漿蝕刻處理，以使從基板之裝置的良率最大化。

【0018】 在電漿處理期間，含有基板支撐組件之真空腔室係維持在期望之壓力，例如0至20mTorr、20至50毫托，或50至300mTorr。爲了防止暴露至化學試劑及／或不理想的輝光放電，每個熱電模組係設置在基板支撐組件中並維持在大氣壓力（約1atm）。安裝於基板支撐組件內的熱電模組可提供主動基板冷卻、增加基板支撐組件之溫度操作容許度、及有助於基板之低溫處理。熱電模組可提供基板之更大的溫度控制，例如非均勻熱陣列或均勻熱陣列。例如，組裝在基板支撐組件內

之可獨立控制的熱電模組可在遍及基板支撐組件的上表面上達成約0.1℃的均勻性。

【0019】 圖1顯示用於半導體處理系統之基板支撐組件100，該半導體處理系統中之基板支撐組件100係為溫度控制且可根據本文所揭露的方法和結構使用。基板支撐組件100可用於對基板支撐組件100位於其中之真空腔室內的基板（未顯示）進行電漿處理。基板係較佳地由基板支撐組件100之頂板110所支撐。基板可是，例如，半導體基板或平板顯示器。頂板110可包含靜電夾盤（“ESC”）。基板支撐組件100亦可包含一連至射頻（「射頻」）功率源之接口，以及由至少一熱電模組140所形成的熱電溫度控制系統（「熱電系統」）。基板可機械方式夾在頂板110或較佳地由結合在頂板110之ESC結構為之。雖然圖中未顯示，但基板支撐組件亦可包含其它特徵，例如基板處理系統，例如升降銷和相關的致動設備設置於其中，將熱傳導氣體傳輸到基板之背面的導管、溫度感應器、電力線、或其相似物

【0020】 基板支撐組件100更包含底板170，底板170係由射頻驅動以在進行處理之基板上提供射頻偏壓，並作為在電漿腔室中的下部電極。底板170可由鋁，銅，或其他高熱導性的材料所形成。底板170可包含由包裹在鋁中之鋁、銅、銀、熱解石墨，或其上接設熱電模組之其它高熱導性材料所形成之上表面。使用包裹在鋁內之鋁或熱解石墨使底板170可焊接形成。底板17係設置於頂板110下方且包含一空腔142於該底板170之上表面上，以容納該至少一熱電模組140。較佳地，該空腔142係由一圓柱形壁50所界定，該圓柱形壁50係位於靠近該底板170的外週緣。底板170透過將一熱傳導介質（例如冷卻劑）經由在底板170中之流體通道171循環而作為散熱片，且基板的局部溫度係由該至少一熱電

模組140所控制。流體通道171係較佳地用以供給冷卻劑或溫度控制氣體，俾使底板170可作為散熱片。例如，底板170可利用如空氣、He、N₂或其相似物等氣體冷卻，或利用去離子水（DI）冷卻之液體、例如介電液體，如Fluorinert或其相似物等冷卻。較佳地底板170有助於降低用於控制在該熱電控制系統的上側上之熱負載的電力需求。

【0021】 在一較佳實施例中，一個以上的熱電模組140可設置在底板170的上表面的單一空腔142中，俾使每個熱電模組可形成一溫度控制區域於基板支撐組件100內。由每個熱電模組140形成的溫度控制區域可設置成任何期望的結構，如具有一或更多周圍環形構造、網格構造、徑向構造、方位角構造、極性構造、或非極性構造之中心溫度控制區域。較佳地向上延伸的突出部55係位於底板170的上表面內之空腔142中。薄的上和下電絕緣層153a、b係更包含在該至少一熱電模組140的下表面和上表面上，其中該熱電模組140係以粘合劑附著至該絕緣層153a、b。絕緣層153a、b係較佳地為陶瓷或彈性聚亞醯胺層，並且可具有為約0.004至0.02英寸之厚度。在該至少一熱電模組140的下表面上之絕緣層153a係以粘合劑154粘接至空腔142中之底板170的上表面上，其中該粘合劑係較佳地為環氧樹脂。可替代地，該至少一熱電模組之下表面可以焊料或低熔點合金直接粘接至空腔142中之底板170的上表面，只要底板170的上表面包含例如陽極氧化、噴塗氧化鋁、鐵弗龍[®]、或其相似物之電絕緣材料的塗層即可。在該至少一熱電模組140的上表面上之絕緣層153b係較佳地用粘合劑154粘合至蓋板160，其中該粘合劑係較佳地為矽氧樹脂。蓋板160設置於頂板110和底板170之間。在該至少一熱電模組140的上表面上之絕緣層153b係亦粘合至圓柱形壁50，圓柱形壁50界定在底板170的上表面中的空腔142以及位於底板170的空腔142

中之向上延伸的突出部55。絕緣層153b與圓柱壁50和底板170之突出部55形成一真空密封，俾使該至少一熱電模組140未暴露於真空腔室內之真空環境，且反而可在底板170的空腔142中維持在大氣壓力。

【0022】 蓋板160係較佳地由與形成底板170之相同的材料製成，例如鋁、銅、熱解石墨、或塗鋁的熱解石墨。蓋板160較佳地包含向下延伸的突出部161，其中突出部161係設置成對應於位於空腔142內的向上延伸的突出部55。向上延伸的突出部55和向下延伸的突出部161具有和頂板110之對準的開口165，其中該等對準的開口165係用以容納升降銷及／或傳送背面氮氣至基板支撐組件100的上表面。向上延伸的突出部55和對應之向下延伸的突出部161可設置以在基板支撐組件100內提供射頻電流路徑，以減少經過熱電模組140之射頻傳輸。向下延伸的突出部161係較佳地去角，俾使它們可使在底板170和蓋板160之間的熱傳導最小化，同時仍提供射頻電流路徑。此外，蓋板160可選擇性地作為射頻去耦合板，以將熱電模組140從射頻電壓梯度電屏蔽，同時提供各熱電模組140和頂板110之間良好的熱傳導。

【0023】 在基板的處理期間，基板係轉移到真空腔室並裝載至頂板上。真空腔室提供了處理環境以進行處理，例如電漿蝕刻、沉積、或與積體晶片或其相似物之製作有關的其它處理。為一整體基板處理系統之一部分的基板承載系統係用於裝載和卸載基板往返於真空腔室。對於複數基板可依序重複插入、處理及移除基板的步驟。

【0024】 用於在處理期間控制遍及頂板110的溫度之熱電溫度控制系統係設置於頂板110下方且每個熱電模組係設置於基板支撐組件100內的空腔142中，其中空腔142係維持在大氣壓力。熱電系統較佳地包含一個以上的熱電模組140。熱電模組140之每一者控制整個頂板110之溫

度，由此在處理期間控制整個基板之溫度，回應由電源供應器180驅動、穿過在基板支撐組件100中之電源引線之電流。

【0025】 電源供應器180可由任何習知的電源供應器構成。該電源供應器可，例如，包含單一電源、複數個別的電源、即每個熱電模組一個、或複數電源。較佳地，該（複數）電源提供直流電流（“DC”），其中該直流電流係透過（複數）接頭（未顯示）電連接至（複數）熱電模組140，接頭可支撐於基板支撐組件100的底板170中之孔166內（參照圖2A）。由電流供應器所供應之電流的範圍可受控制，例如介於0-25安培之間，這取決於半導體處理系統的熱負載。用於熱電系統的示例性電路結構可在共同受讓的美國專利第7206184號中找到，其係併入於此作為參考。

【0026】 固態熱電模組140控制基板支撐組件100的局部溫度，從而在處理期間控制遍及基板的溫度分佈。例如，透過控制電力以及流至熱電模組140之電流的方向，可建立期望的溫度分佈遍及於頂板110，以在處理期間提供遍及於基板上之期望的處理條件。因此，可在處理期間維持遍及基板之均勻或非均勻的溫度分佈。

【0027】 電源供應器可受控制以以足夠的位準供應電流並達一段時間，以在基板下方的溫度控制區域獲得期望之溫度。例如，電源供應器可提供具有相同值之電流至位於基板下方之一或更多溫度控制區域內的所有熱電模組。可替代地，供應至複數熱電模組之每一者的電流可具有不同的值，從而可進行位於基板下方的溫度控制區域之動態溫度控制，其中每個溫度控制區域係由相對應的熱電模組形成。例如，供應至設置在頂板110的中心下方之熱電模組的電流可不同於供應至設置在頂板110之外（邊緣）區下方之環形區域中的熱電模組之電流，從而

使基板表面在中心和邊緣區係以不同的加熱或冷卻。此動態溫度控制彌補了半導體處理（例如，電漿均勻性和射頻均勻性）所造成之基板表面在中心及在邊緣區域的溫度差異，因此，可在處理期間於維持遍及於基板表面上之期望的溫度分佈。熱電模組冷卻基板，進而冷卻該基板表面的能力，擴展了在基板處理期間，可被均勻地維持的整個基板之處理溫度的範圍（即， 0.5°C 或更低的溫度範圍）。隨著底板170和頂板110的之間的溫度差增加，遍及基板的熱非均勻性亦增加。這是因為即使在完全均勻的情況下，熱通量通過包含在基板支撐組件100中之具有不均勻的厚度的複數材料層。例如，如圖7所示，控制具有電阻加熱元件的基板之溫度顯示當基板溫度增加時，基板之溫度非均勻性的線性增加，且進一步地，電阻加熱元件在溫度低於底板之溫度（線701）時無法運作。然而，利用熱電模組控制溫度便可在溫度高於或低於底板溫度的情況下運作，其中遍及基板之溫度可被均勻地維持，從而擴大了頂板的使用溫度範圍（線702）。

【0028】 以此方式，在每個熱電模組140的附近之頂板110的局部溫度可受控制，從而使在基板表面上的溫度得以維持均勻。由於電子可快速移動穿過p型和n型半導體元件，該加熱和冷卻操作可快速地執行，相較於利用氣體壓力、大量散熱片、電阻加熱板，或其相似物之基板支撐件，提供更快的回應時間和更均勻的溫度控制。此外，由於皮爾特效應（the Peltier effect），基板可冷卻至低於底板170的溫度之溫度。

【0029】 透過動態地控制各熱電模組之溫度，基板支撐組件可被劃分成溫度控制的數個區域（即多區域基板支撐組件）。此等溫度控制區可設置俾使其形成同心區域、徑向區域、環形區域及／或方位角對準之區域。

【0030】 較佳地，基板支撐組件100包含四個溫度控制區，其中三個溫度控制區域係同心地圍繞著一中央的溫度控制區域設置。例如，如圖3所示，基板支撐組件100可被形成為具有四個溫度控制區，其中第一中心區域105係由三個外環形溫度區域106、107、108所包圍。可替代地，較佳的情況是基板支撐組件包含八個溫度控制區域，其中依扇形設置的四個內區域係由依扇形設置的四個外區域所包圍。溫度控制區域構造之示例性實例可在共同受讓的美國專利第8216486、7718932、及7161121號中找到，其係併入於此作為參考。

【0031】 圖2A、2B繪示基板支撐組件100之底板170的實施例，其中圖2A繪示底板170的橫截面且圖2B繪示底板170的一部分之俯視圖。底板170係較佳地由鋁形成並具有一中心孔172。中心孔172接收射頻電源供應器之連接，俾使底板170可在基板之處理期間，提供射頻偏壓於基板上，該基板係支撐在基板支撐組件100的頂板110上。可替代地，射頻電源可供應至蓋板160，或經由適合用以傳遞所需的射頻電流之電引線，供應至嵌入在頂板110內的導電層。底板170較佳地可包含導電支撐板170a、包含設置在該導電支撐板170a上方之流體通道171的導電冷卻板170b、以及設置在冷卻板170b上方的導電熱電板170c。熱電板170c包含單一空腔142，其中該空腔142係維持在大氣壓力。空腔142係較佳地由圓柱形壁50所界定，圓柱形壁50係靠近熱電板170c的外週。較佳地，向上延伸的突出部55係位於空腔142內，其中一上絕緣層可由向上延伸的突出部55和圓柱形壁50所支撐於其上形成一真空密封。較佳地，該向上延伸的突出部55具有開口165，開口165係用以支撐升降銷及／或背面氦氣供應。該至少一熱電模組140係設置於形成在熱電板170c之上表面中的空腔142中，其中該空腔142係敞開至大氣。形成在

第 11 頁，共 20 頁(發明說明書)

熱電板170c中的孔166可用以容納溫度探針或電引線，其中孔166可將空腔142暴露於大氣中，俾使空腔142可維持在大氣壓力。

【0032】 在一實施例中，基板支撐組件100的厚度為約1.5英寸。底板組件170a、170b、170c可具有約1.2到1.3英寸的總厚度。較佳地，熱電板170c於外周形成一階梯，其中該階梯具有約0.3英寸的高度。用於處理300mm直徑的基板時，底板170較佳地具有約12至13英寸之外直徑於形成在熱電板170c中之階梯下方，且位於熱電板170c之階梯上方的外直徑小於12英寸，較佳地為11.7英寸。該至少一熱電模組（未顯示）係設置於熱電板170c的空腔142中，其中該熱電板170c具有為約0.3至0.4英寸之厚度且在熱電板170c的上表面中之空腔142具有為約為0.15英寸之深度。冷卻板170b較佳地具有為約0.5至0.6英寸之厚度，且支撐板170a較佳地具有為約0.3至0.4英寸之厚度。較佳地，冷卻板170b和支撐板170a分別具有為約12.6英寸的外徑。

【0033】 繼續參照圖1，在一較佳地實施例中，蓋板160可較佳地從內蓋160a和外蓋160b形成。較佳地蓋板160具有為約0.12英寸之厚度且內蓋160a具有為約9.8英寸之外徑，而外蓋160b具有為約11.7英寸的外徑。頂板110較佳地包含在介電材料層中的至少一靜電夾持電極，且具有為約0.1英寸的厚度及為約11.7英寸之直徑。絕緣層153a、b較佳地具有為約0.004至0.02英寸的厚度，例如，彈性聚亞醯胺層的厚度可為約0.004英寸，而陶瓷層的厚度可為約0.02英寸。

【0034】 圖4繪示設置於底板170和蓋板160之間的熱電模組140（皮爾特元件）的橫剖面之示例性實施例。較佳地，連接熱電模組140的交替之p型和n型半導體元件之接面152係用粘合劑附接到絕緣層153a、b。較佳地接面152係由例如鋁或銅之導電材料形成。較佳地絕緣層153a、b係為

具有例如以下特性之彈性聚亞醯胺材料製成：良好的導熱性、強度和、耐衝擊性、抗潛變性、尺寸穩定性、抗輻射性、及在熱電模組140的上表面和下表面之耐化學性。較佳地絕緣層153a、b係由聚亞醯胺材料製成，但可替代地，絕緣層153a、b可由彈性聚亞醯胺材料或是陶瓷形成。較佳地聚亞醯胺層153a、b提供電氣隔離和彈性的支撐表面以吸收由溫度變化所導致的熱電模組140上之應變。包含絕緣層153a、b的熱電模組140係透過粘合層154粘著至底板170和蓋板160。較佳地將絕緣層153a粘著於底板170之粘合劑為環氧樹脂，且將絕緣層153b粘著於蓋板160之粘合劑為聚矽氧烷。具有上和下聚亞醯胺膜之示例性熱電模組係由KELK有限公司所製造，其為Lomatsu Ltd之獨資子公司，且可在美國公開的申請案第2013/0098068號中找到，其係併入於此作為參考。

【0035】 圖5A繪示一比較性多區域基板支撐組件與一多區基板支撐組件之溫度對於時間的關係曲線圖，其中該比較性多區域基板支撐組件（以直線605表示）具有多區域電阻加熱器於一維持在恆定溫度的底板上，而該多區基板支撐組件包含熱電模組（以虛線600表示）。該包含熱電模組之多區域基板支撐組件在每一溫度區域中使用2000W的功率時，可達成與比較性多區域基板支撐組件使用2500W的功率相似的結果。例如，該包含熱電模組之多區域基板支撐組件可在約60秒內，將支撐表面且進而基板之溫度從約30°C增加至約80°C。此外，包含熱電模組之基板支撐組件可具有每秒約1.3°C的溫度轉變率並可達到約90°C的最高溫度。此外包含熱電模組之基板支撐組件可實現更大的冷卻溫度範圍。例如，如圖5B所示，包含熱電模組之基板支撐組件，可以約1000W的熱負載維持為約-20°C之溫度（底板係維持在約-10°C）且可以2500W

的熱負載維持為約40°C之溫度。與此相反地，比較性基板支撐組件以1000W的熱負載在約20°C下運作且以2500W的熱負載在約70°C下運作。

【0036】 繼續參照圖1，該至少一熱電模組140係設置於在底板170的上表面內之空腔142中，且係由蓋板160包圍在底板170的空腔142中，其中粘接至蓋板160之絕緣層153b與底板170形成一真空密封。較佳地至少四個熱電模組係在底板170的空腔142中，其中該至少四個熱電模組係設置以在基板支撐組件100中形成四個溫度控制區域。例如，第一熱電模組可設置以形成對應的第一圓形區域，第二熱電模組可設置以形成對應的第二環形區域，第三熱電模組可設置以形成對應的第三環形區域，且第四熱電模組可設置以形成對應的第四環形區域。

【0037】 將位於基板支撐組件100之底板170和蓋板160之間的內部空間中的該至少一熱電模組維持在大氣壓力下，可的內部空間中的可降低寄生電漿放電及電弧的風險，因為一對電熱模組之實體間隙的垂直和水平尺寸對於在電漿處理的操作壓力下，對輝光放電為理想的。此外，將包含熱電模組的空腔維持在大氣壓力下可降低由額外的泵送設備所致之操作成本，額外的泵送設備係為必要，以在電漿處理設備的操作期間抽空腔室壓力。然而，當操作電漿處理腔室之真空腔室時將該熱電模組之空腔維持於大氣壓下，可能導致蓋板160彎曲，從而使頂板110彎曲。因此，蓋板160係較佳地夠厚以適應在真空腔室大氣中和基板支撐組件100的內部空間內出現的壓力差。較佳地，蓋板160之厚度為約0.5至4 mm。在一些實施例中，蓋板160係較佳地分成兩部分，一內蓋板160a和一外環形蓋環160b，俾使可減少由於熱膨脹和收縮所造成之對下方基板支撐組件100的元件（例如該至少一熱電模組140）的應變。

【0038】 該熱電模組的座向以及在基板支撐組件100中的熱電模組的數量可選擇以達到遍及基板上之期望的溫度分佈。例如，用於處理期望具有大量小型裝置晶粒的基板時，可使用更大量的熱電模組以在由熱電模組所產生的數個溫度控制區域獲得高度均勻之溫度。熱電模組的數量可為，例如，在從1至1000的範圍，或隨著基板的尺寸增加而更多。較佳地，構成該至少一熱電模組140之半導體元件具有約2.5至4.5 mm之高度，更較佳地具有為約3.0至3.5 mm之高度，且在p型和n型半導體元件之間間距的範圍為在約1.0至2.0 mm，更佳地為約1.5 mm。

【0039】 圖6A、B繪示溫度控制基板支撐組件100的底板170之進一步實施例。底板170可由鋁、銅、包裹在鋁內的熱解石墨、或其他高導熱材料製成，且在底板170的上表面中包含單一空腔142，以容納該至少一熱電模組140。較佳地，該空腔142係由一圓柱形壁50所界定，該圓柱形壁50位於靠近底板170的外週。藉由將在一恆定溫度之熱傳導介質循環於底板170內之流體通道171，底板170係作為散熱片，且基板之局部溫度係由該至少一熱電模組140控制。流體通道171係較佳地用以供給冷卻劑或溫度受控制的氣體，俾使底板170可作為散熱片。例如，底板170可利用氣體，如空氣、He、N₂等或使用去離子水(DI)、如FLUORINERT®或其相似物之介電液體冷卻的液體加以冷卻。

【0040】 在一實施例中，底板170包含傳熱管173，其中垂直孔可被鑽入空腔142的下表面中且可插入傳熱管173，俾使每個傳熱管173的上表面係與空腔142內的底板170之上表面齊平。一可使用的示例性傳熱管為管狀熱管，可購自英國的CRS Engineering Limited of Hadston。傳熱管173可用於增進在空腔142中的該至少一熱電模組和底板170的流體通道之間的熱傳導，從而改善基板支撐組件100的冷卻能力。傳熱管173係較

佳地由金屬製成，如不銹鋼或高純度銅的，該銅帶有或不帶有純銅表面光度或錫、鎳、黃銅、銀、鉻、或金之鍍層，並具有為約1至12 mm之外徑，且較佳地為約1至3 mm之外徑。傳熱管173具有為約7至20 mm之長度且更佳地為約10至15 mm之長度。各傳熱管173與反重力芯吸系統操作，其中一液體在管的第一端蒸發、在該管的第二端冷凝為液體，並經由毛細作用返回該在一多孔內襯中之第一端。各傳熱管173係安裝在底板與中，其下端為冷凝側且其上端為蒸發側。傳熱管173內之流體的蒸發和冷凝係透過毛細作用進行操作以克服該流體的重力動向，該重力動向增加在底板170的上表面中之該至少一熱電模組和流體通道171之間的熱傳導。當底板170係在環境溫度下操作時，該流體可為水或其相似物，或當底板170係在一低於約0°C之溫度下操作，該流體可為氨、乙醇、或其相似物。傳熱管之細節可於公開的美國專利申請第2006/0207750號中找到，其係併入於此作為參考。較佳地底板170包含一系列傳熱管，其中該等傳熱管173的數目和配置係根據各傳熱管173之各別的冷卻能力。如圖6A所示，傳熱管173係設置於流體通道171之間，其中傳熱管173之每個冷凝側173a係位於每個流體通道171的中點處。在如圖6B所示之替代實施例中，傳熱管173係設置於流體通道171上方。較佳地，底板170有助於降低控制在熱電控制系統之上側上的熱負載之電力需求。

【0041】 圖6C繪示溫度控制基板支撐組件100的底板170之另一實施例。

底板170較佳地可包含導電冷卻板185a，導電冷卻板185a包含流體通道171和傳熱管173，其中每個傳熱管173的上表面係與冷卻板185a的上表面齊平。導電傳熱板185b係設置於導電冷卻板185a上方，且導電熱電板185係設置於傳熱板185b上方。導電性傳熱板185b係較佳地由鋁或相似

之材料製成，且用以將熱均勻地分配於冷卻板185a和熱電板185c之間。熱電板185c包含單一空腔142，其中空腔142係維持在大氣壓力。空腔142係較佳地由一圓柱形壁50所界定，圓柱形壁50位於靠近熱電板185的外週處。較佳地，向上延伸的突出部55係位於空腔142內，其中一上絕緣層可由向上延伸的突出部55和圓柱形壁50所支撐於其上形成一真空密封。較佳地，該向上延伸的突出部55具有開口165，開口165係用以支撐升降銷及／或背面氦氣供應。該至少一熱電模組140係設置於形成在熱電板185c之上表面中的空腔142中，其中該空腔142係透過在熱電板185c中之開口敞開至大氣。

【0042】 圖6D繪示溫度控制基板支撐組件100的底板170之另一實施例，其中底板170包含傳熱管173。底板170包含單一空腔142於其上表面上，以容納熱電模組140，其中空腔142係由一位於靠近底板170的外週之圓柱形壁50所界定。傳熱片508係位於空腔142的下表面上。各傳熱管173之各蒸發側係附接至傳熱片508，其中該傳熱片508擴大各傳熱管173的有效表面積，從而增進熱電模組140和流體通道171之間的熱傳導。傳熱片508具有高導熱性，且係較佳地由鋁、銅、熱解石墨、或塗覆鋁的熱解石墨製成。在一實施例中，傳熱片508可被分段，俾使傳熱片508之各分段係接附至對應的傳熱管173，或可替代地，傳熱片508之各分段係接附至一組對應的傳熱管173。

【0043】 控制器195可用以控制由電源供應器180供應的電流。該控制器可根據有關於基板溫度分佈的統計數據控制電流。在此情況下，該控制器控制電源供應器，以提供預先設定之恆定電流。可替代地，控制器可回應於在基板處理期間獲得之感測到的溫度資訊而控制電流。感測到的溫度資訊可從感應器190取得，例如一或更多熱電偶或紅外線（IR）

照相機。感應器190於處理期間感測遍及基板表面的溫度。根據所感測的溫度資訊，控制器195調整由電源供應器供應至熱電模組140的電流之方向和功率，從而提供即時的基板溫度控制。

【0044】 本文更揭露一種處理位於半導體處理設備中之基板的方法，其中該基板係被支撐於半導體處理腔室中之溫度控制基板支撐組件的頂板上。該方法包含：在處理基板期間，透過將電流供應與頂板熱傳導接觸的至少一熱電模組，控制該頂板之對應部分的溫度。較佳地，該處理包含對基板進行電漿蝕刻。該方法更包含控制電流，以控制該頂板表面之溫度，及提供遍及於基板上之期望的溫度分佈。

【0045】 熟習本領域技術者將理解，本發明可在不脫離其精神或實質特徵的情況下，以其他特定形式來體現。因此本文所揭露之實施例在所有方面被視為說明性而非限制性。本發明之範圍係由隨附請求項而非先前的描述所表明，且落於其等同物之意義和範圍內之所有變更係旨在被涵蓋於其中。

【符號說明】

- 50 圓柱形壁
- 55 突出部
- 100 基板支撐組件
- 105 第一中心區域
- 106 外環形溫度區域
- 107 外環形溫度區域
- 108 外環形溫度區域
- 110 頂板

- 140 熱電模組
- 142 空腔
- 152 接面
- 153a 上電絕緣層
- 153b 下電絕緣層
- 154 粘合層
- 160 蓋板
- 160a 內蓋
- 160b 外蓋
- 161 突出部
- 165 開口
- 166 孔
- 170 底板
- 170a 支撐板
- 170b 冷卻板
- 170c 熱電板
- 171 流體通道
- 172 中心孔
- 173 傳熱管
- 173a 冷凝側
- 180 電源供應器
- 185a 導電冷卻板
- 185b 導電傳熱板
- 185c 導電熱電板

- 190 感應器
- 195 控制器
- 508 傳熱片
- 600 虛線
- 605 直線
- 701 虛線
- 702 直線



申請日：

IPC分類：

I633622

【發明摘要】

【中文發明名稱】 溫度控制基板支撐組件

【英文發明名稱】 TEMPERATURE CONTROLLED SUBSTRATE SUPPORT

ASSEMBLY

【中文】

本文揭露一種溫度控制基板支撐組件，用於處理在半導體處理設備中之真空腔室內的基板。該基板支撐組件包含一頂板，用於支撐該基板。一底板係設置於該頂板下方，其中該底板包含一空腔於該底板之上表面。一蓋板係設置於該頂板和該底板之間。至少一熱電模組係位於該底板之上表面的該空腔中，其中該至少一熱電模組係與該頂板和該底板熱接觸，且該至少一熱電模組係維持在大氣壓力。

【英文】

A temperature controlled substrate support assembly used for processing a substrate in a vacuum chamber of a semiconductor processing apparatus. The substrate support assembly comprises a top plate for supporting the substrate. A base plate is disposed below the top plate wherein the base plate comprises a cavity in an upper surface of the base plate. A cover plate is disposed between the top plate and the base plate. At least one thermoelectric module is in the cavity in the upper surface of the base plate wherein the at least one thermoelectric module is in thermal contact with the top plate and the base plate, and the at least one thermoelectric module is maintained at atmospheric pressure.

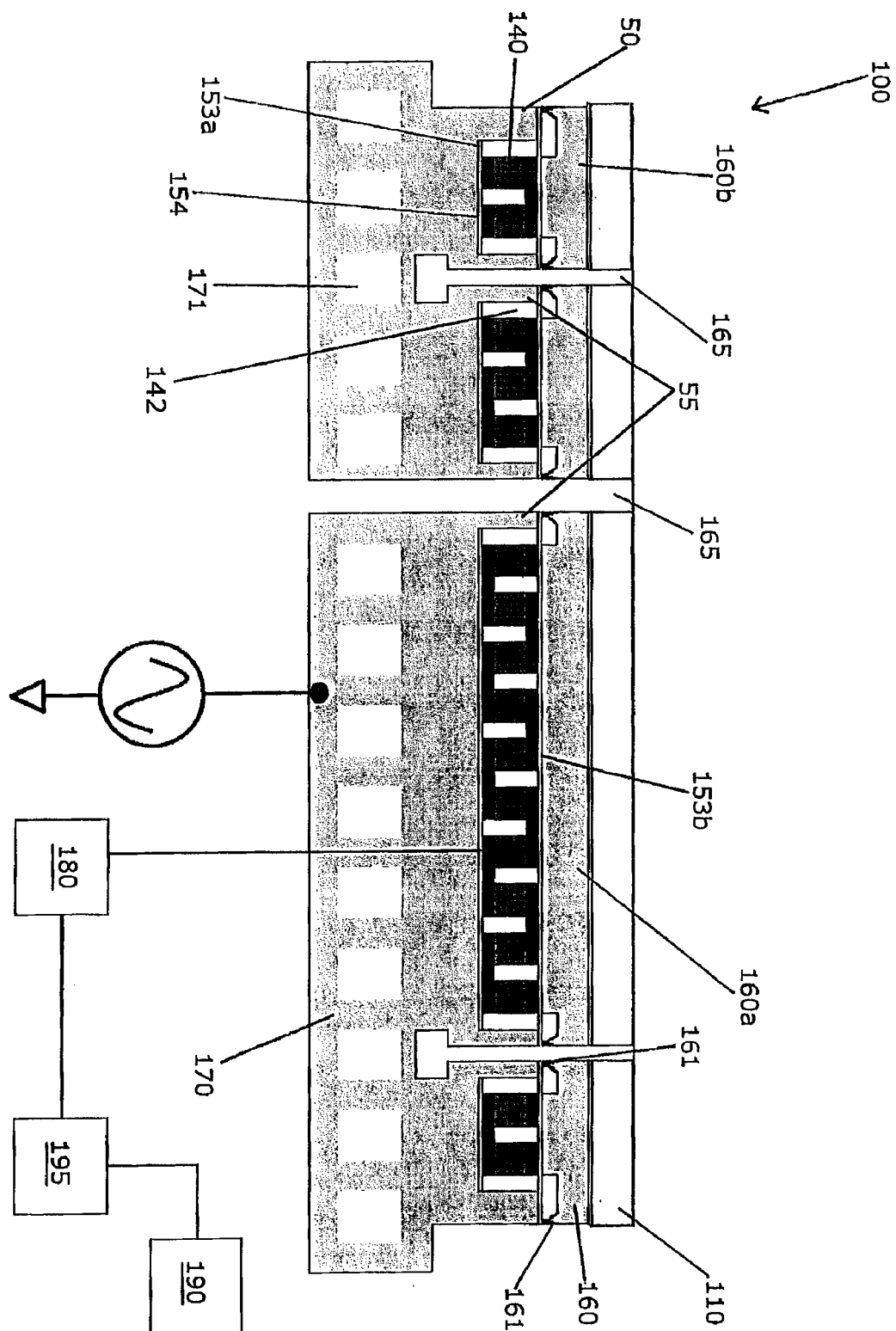


圖 1

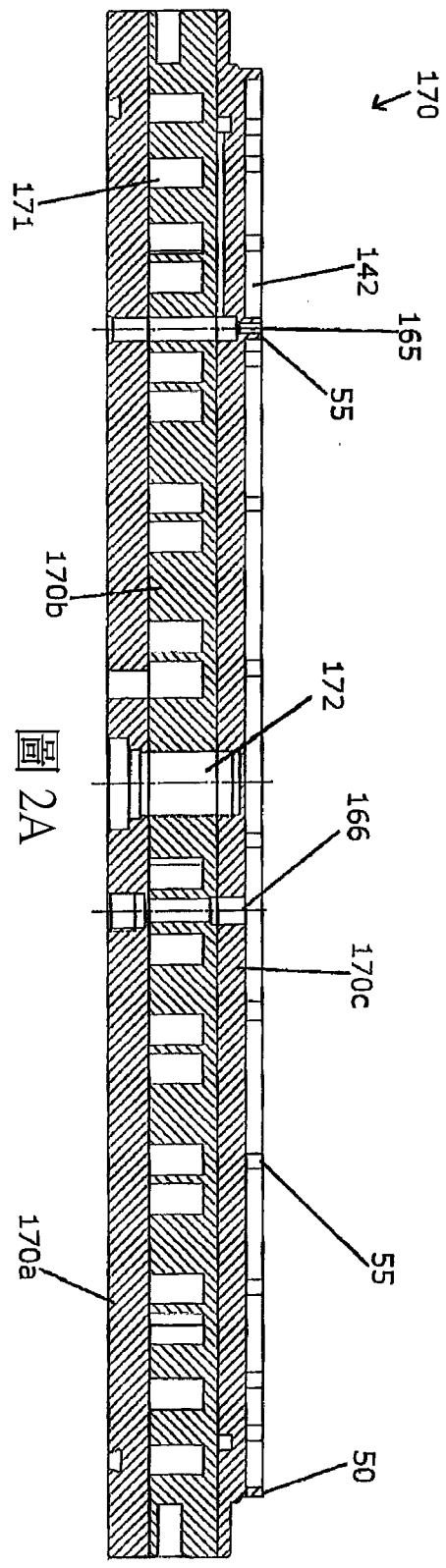


圖 2A

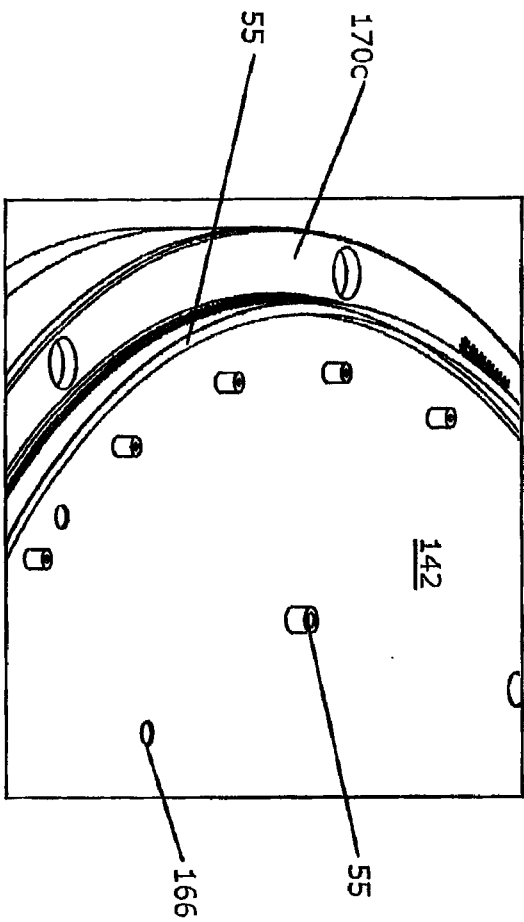


圖 2B

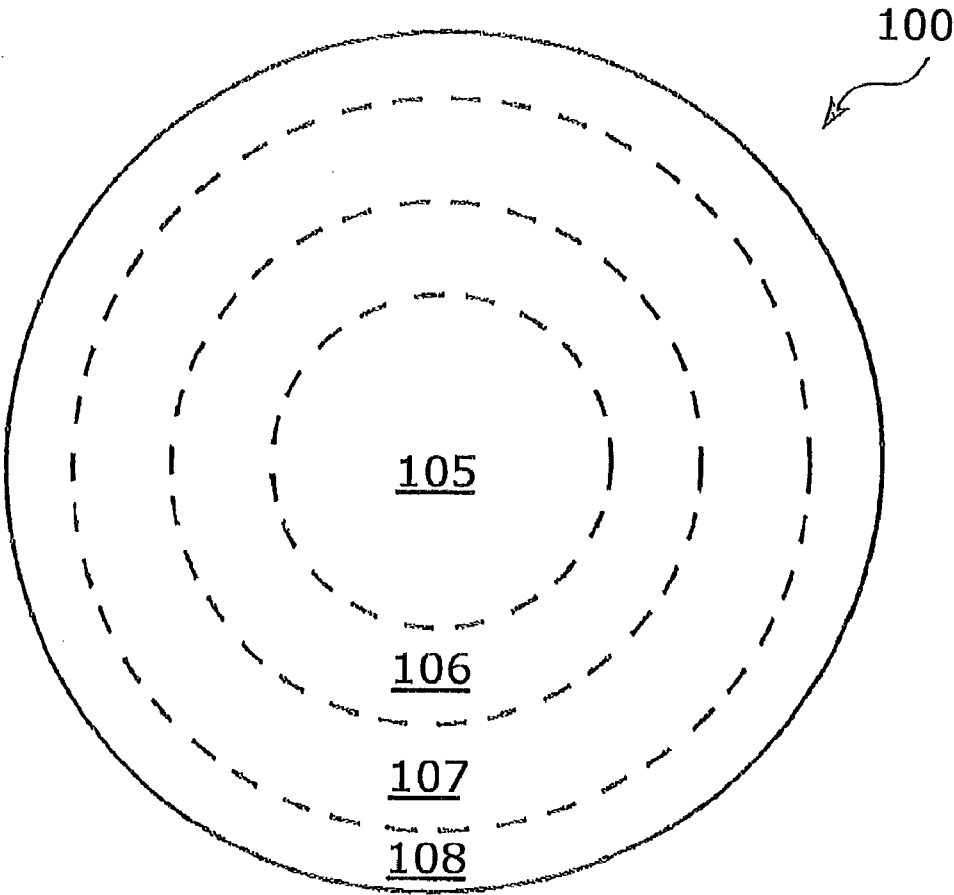


圖 3

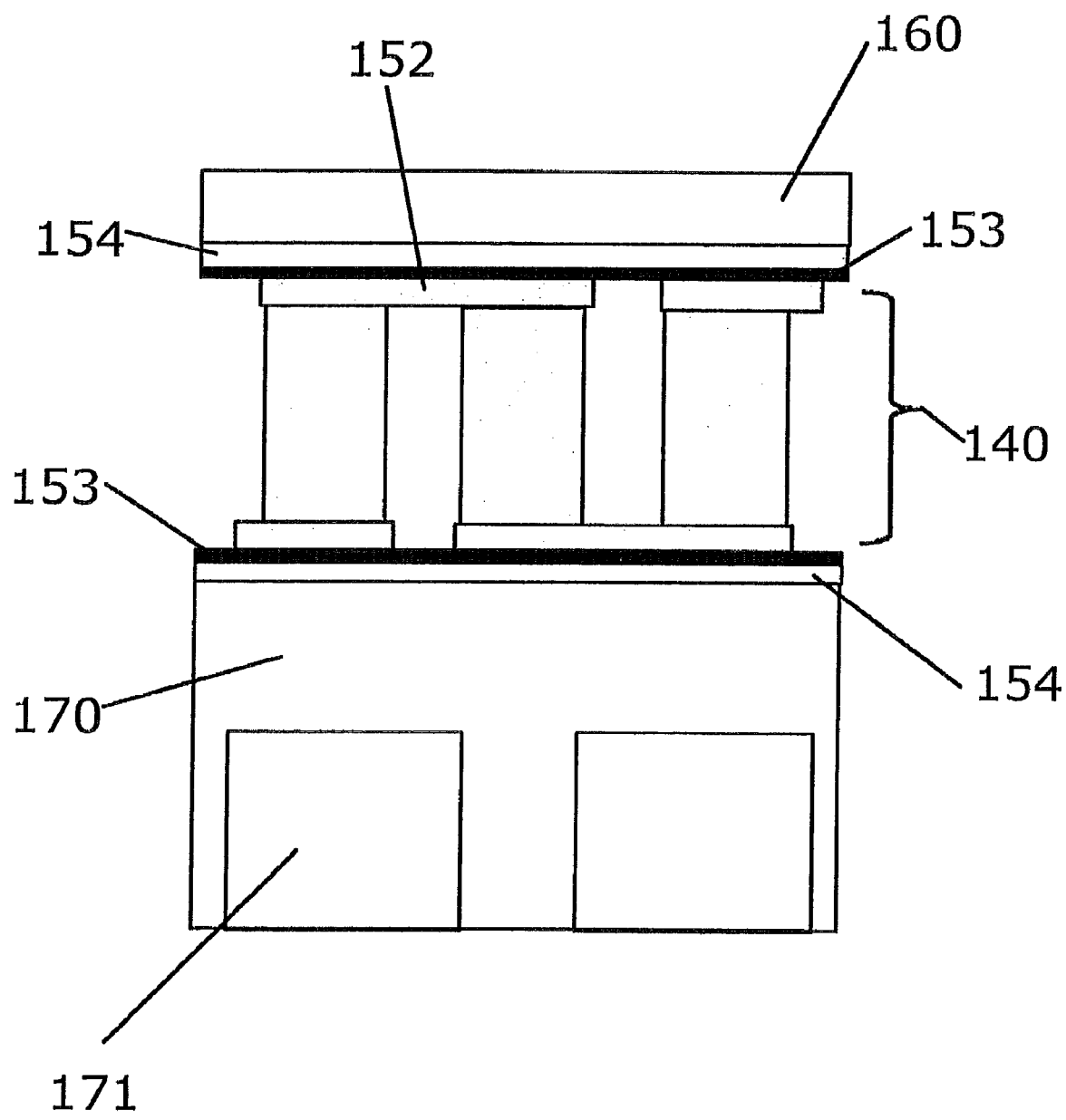


圖 4

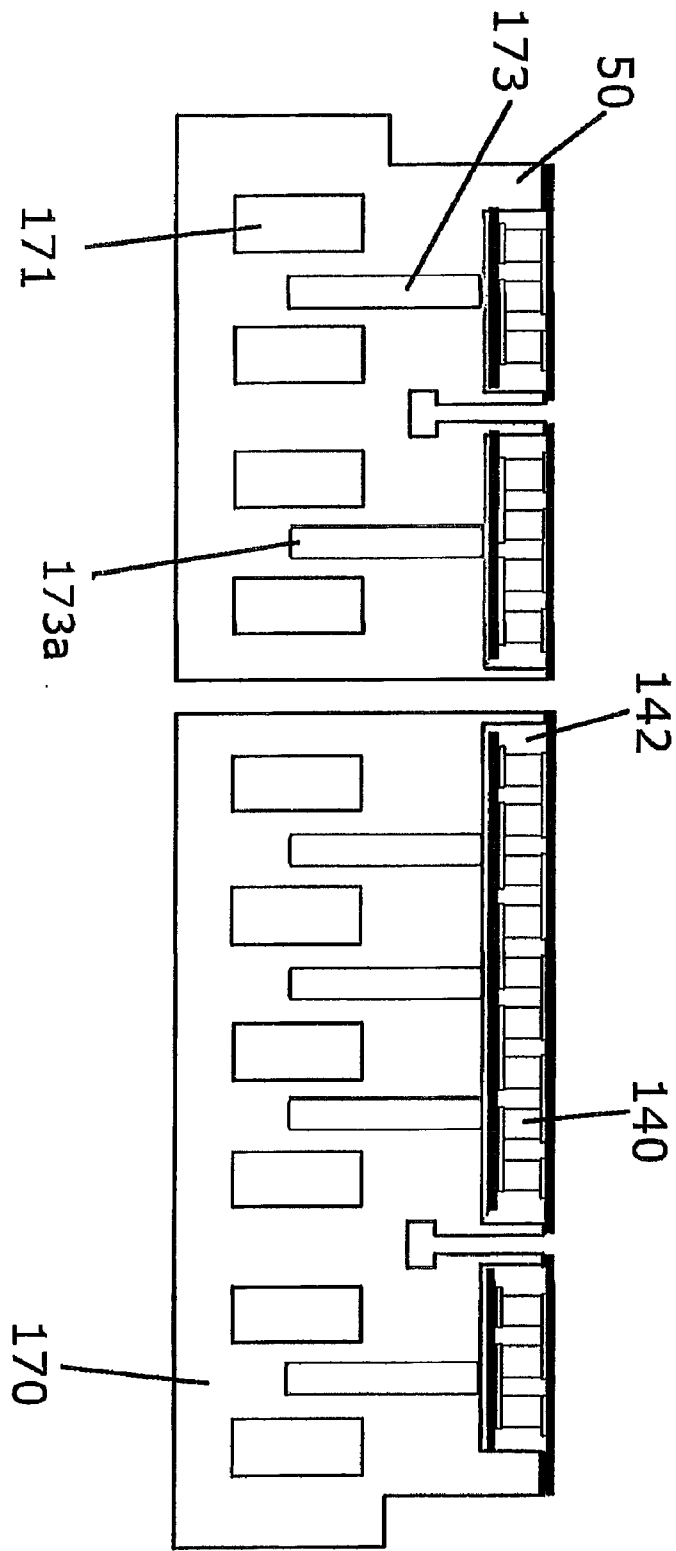
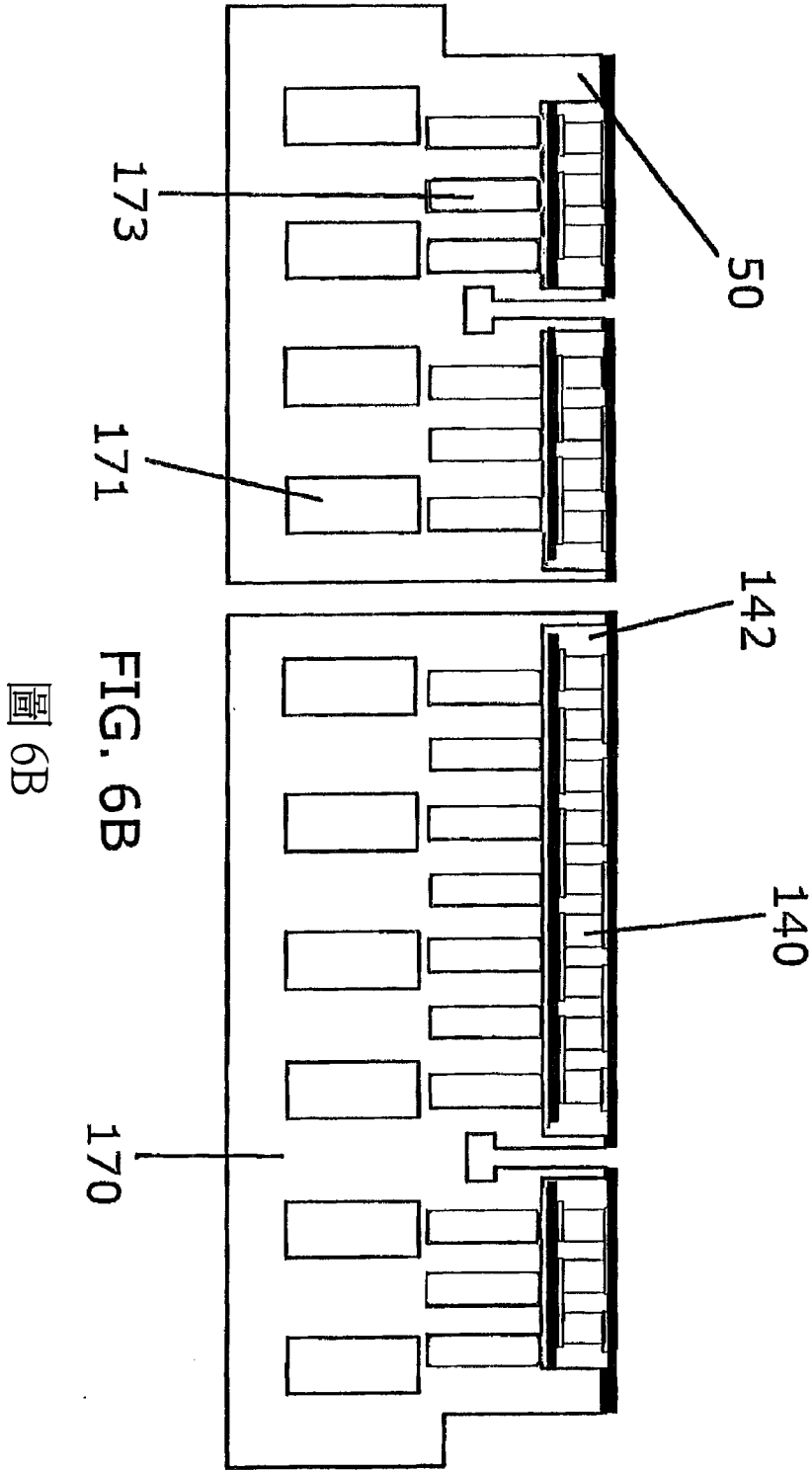


圖 6A



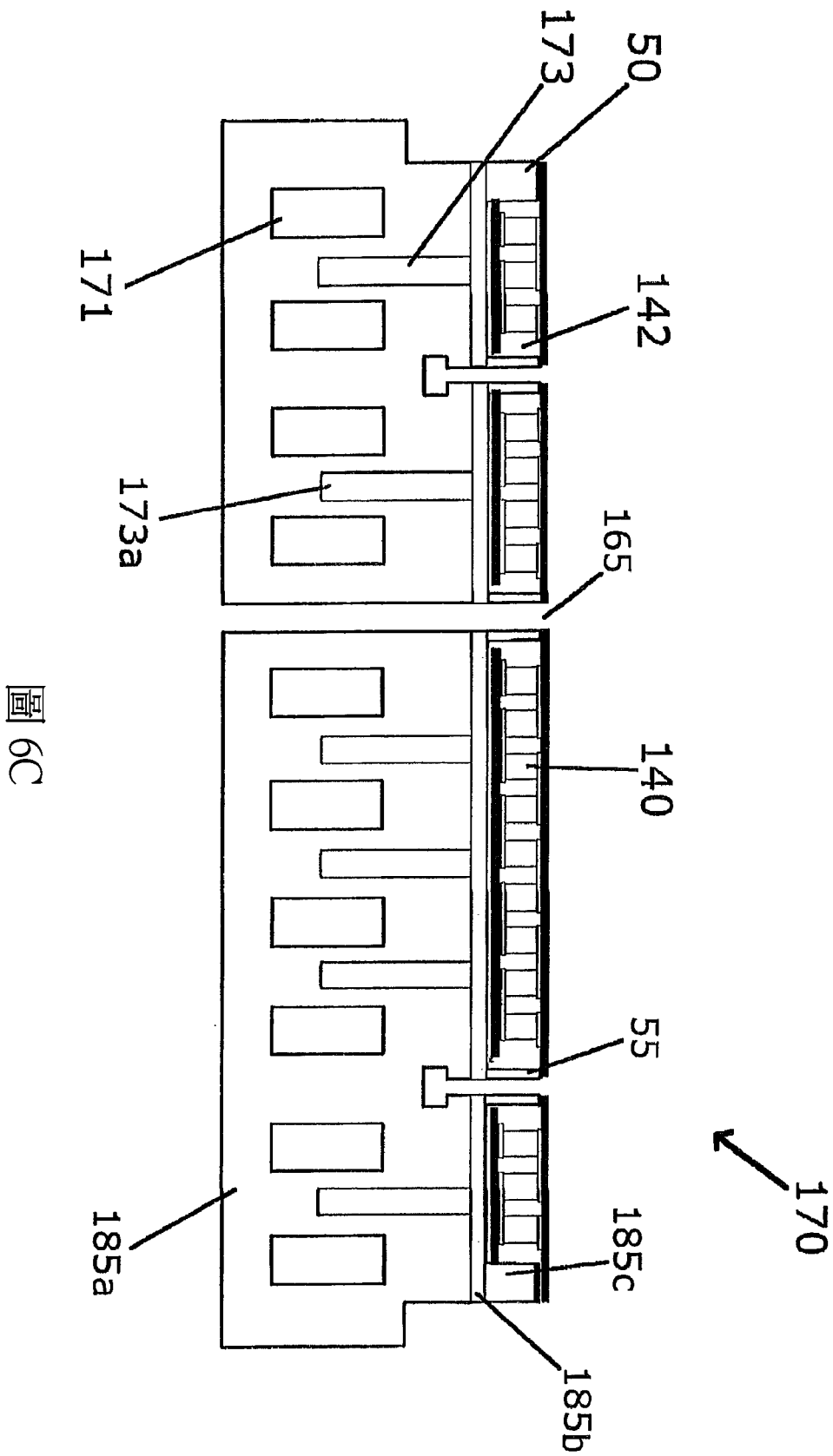


圖 6C

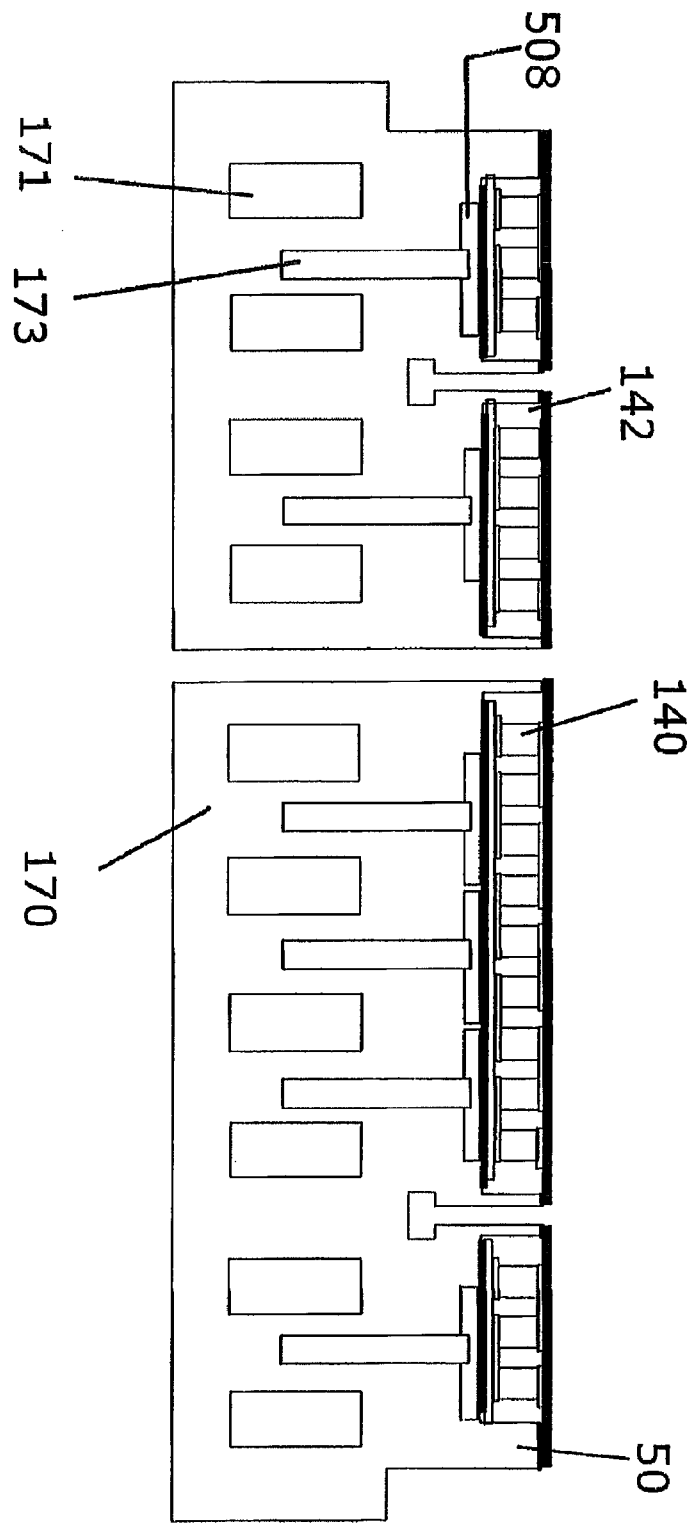


圖 6D

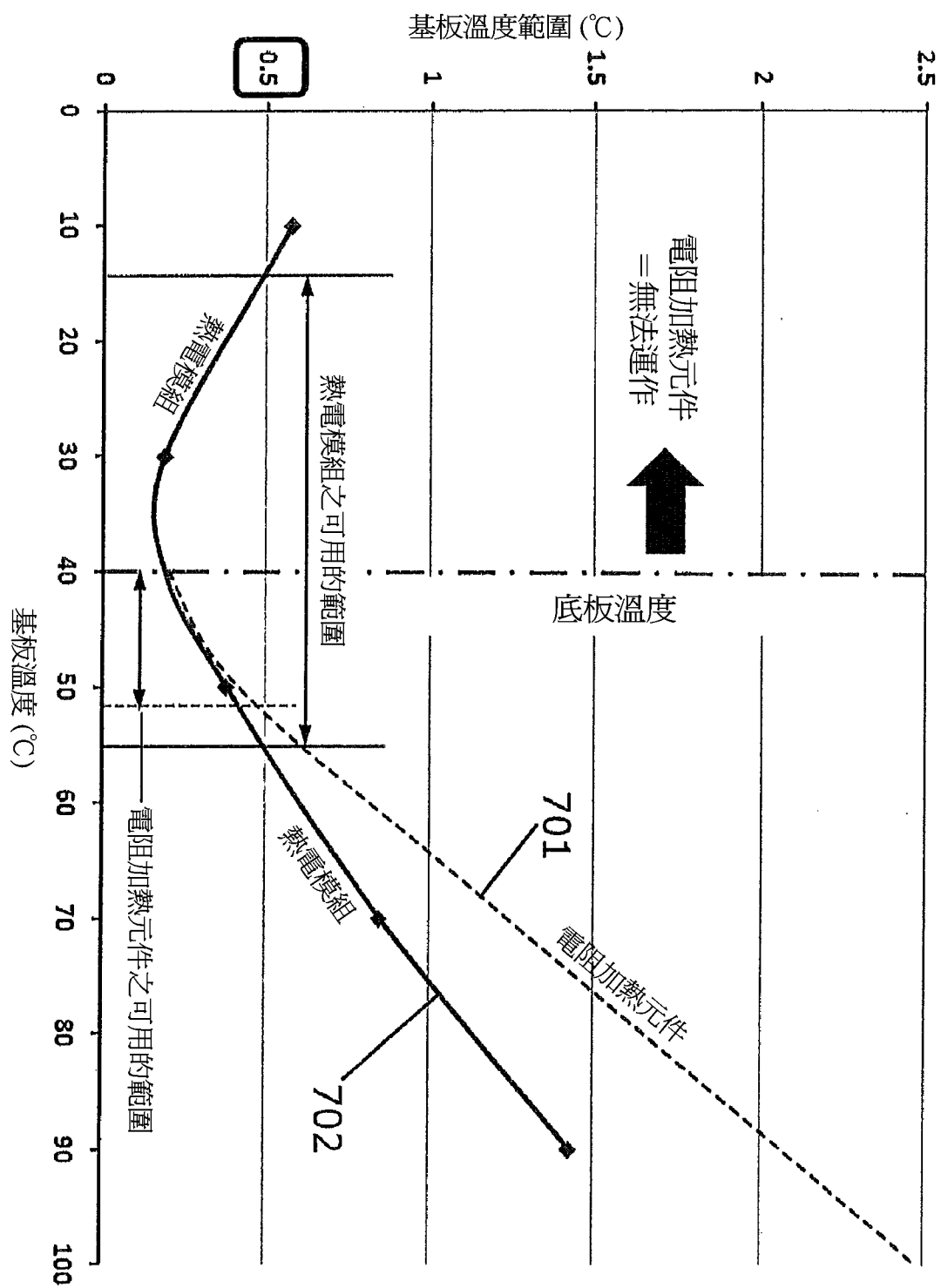


圖 7

【指定代表圖】 圖 1

【代表圖之符號簡單說明】

- 50 圓柱形壁
- 55 突出部
- 100 基板支撐組件
- 110 頂板
- 140 熱電模組
- 142 空腔
- 153a 上電絕緣層
- 153b 下電絕緣層
- 154 粘合層
- 160 蓋板
- 160a 內蓋
- 160b 外蓋
- 161 突出部
- 165 開口
- 170 底板
- 171 流體通道
- 180 電源供應器
- 190 感應器
- 195 控制器

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種溫度控制基板支撐組件，用於處理在一半導體處理設備之真空腔室中的一基板，該溫度控制基板支撐組件包含：

一頂板，用以支撐該基板；

一底板，設置於該頂板下方，其中該底板包含：(i) 一空腔，於該底板之上表面中；及(ii) 一外壁，圍繞該底板的周邊且自該底板的上表面垂直延伸；

一蓋板，包圍該空腔且設置於該頂板和該底板之間，其中該空腔係由該蓋板、該底板的上表面、及圍繞該底板的周邊之該外壁所界定，且其中該底板的該外壁支撐該蓋板；以及

複數熱電模組，位於該底板之該上表面之中的該空腔中，其中該複數熱電模組係與該頂板和該底板熱接觸，且該空腔與該複數熱電模組係相對該真空腔室加以密封且維持在大氣壓力。

【第2項】 如申請專利範圍第1項之溫度控制基板支撐組件，其中(a) 該複數熱電模組包含電接觸之交替之p型和n型半導體元件，該等半導體元件係根據皮爾特效應(the Peltier effect)運作；(b) 複數向上延伸之突出部係位於該底板的該上表面之該空腔中；及／或(c) 複數電絕緣層，覆蓋該複數熱電模組之對應的上表面和下表面。

【第3項】 如申請專利範圍第2項之溫度控制基板支撐組件，其中(a) 在該複數熱電模組的上表面和下表面上之該等電絕緣層係以粘合劑粘接至該蓋板和該底板；(b) 在該複數熱電模組的上表面上之電絕緣層與該等向上延伸之突出部及該底板之上表面上之一外壁形成一真空密封；及／或(c) 該底板之各向上

延伸的突出部包含一垂直延伸的孔，該孔用以容納一升降銷及／或傳送背面氦氣至該頂板的一表面。

【第4項】如申請專利範圍第1項之溫度控制基板支撐組件，其中（a）該頂板包含一靜電夾盤，該靜電夾盤具有至少一靜電電極嵌入在一介電材料層中；及／或（b）該底板包含複數流體通道，溫度控制流體係透過該等流體通道循環。

【第5項】如申請專利範圍第1項之溫度控制基板支撐組件，其中該複數熱電模組之該下表面係以焊料或一合金粘接至該底板中之該空腔的一上表面。

【第6項】如申請專利範圍第1項之溫度控制基板支撐組件，其中在該空腔中之各熱電模組於該頂板上形成一相對應的溫度控制區域。

【第7項】如申請專利範圍第6項之溫度控制基板支撐組件，其中各熱電模組形成一相對應的溫度控制區域於該頂板上，其中該等溫度控制區域包含一中心溫度控制區域、以及一或更多形成環形構造、網格構造、徑向構造、方位角構造、極性構造、或非極性構造之周圍溫度控制區域。

【第8項】如申請專利範圍第1項之溫度控制基板支撐組件，更包含對應於遍及該頂板的複數溫度控制區域之複數感應器，各感應器係可操作以輸出代表各對應之溫度控制區的溫度之信號。

【第9項】如申請專利範圍第8項之溫度控制基板支撐組件，更包含一控制器，用以接收來自各感應器之信號，並用以根據各溫度控制區域之一設定點或一反饋控制迴路，調節傳輸至各溫度控制區域之各熱電模組的功率。

【第10項】如申請專利範圍第1項之溫度控制基板支撐組件，其中（a）該蓋板包含一內蓋板和一外環形蓋板；及／或（b）該蓋板係由鋁、銅、熱解石墨、陶瓷材料，或塗覆鋁的熱解石墨製成。

【第11項】如申請專利範圍第10項之溫度控制基板支撐組件，其中該蓋板具有為約0.5至4 mm的厚度。

【第12項】如申請專利範圍第1項之溫度控制基板支撐組件，其中該底板包含用以增進該空腔中之該複數熱電模組與包含在該底板內且溫度受控制之流體係循環於其間之複數流體通道之間的傳熱管；且其中（a）該底板包含一傳熱板設置於該等傳熱管上方及該複數熱電模組下方；或（b）該底板包含一傳熱片設置於該空腔中，其中各傳熱管係附接至該傳熱片。

【第13項】如申請專利範圍第12項之溫度控制基板支撐組件，其中該等傳熱管包含選自由水、氨和乙醇組成之群組的一流體。

【第14項】如申請專利範圍第12項之溫度控制基板支撐組件，其中（a）該傳熱板係由銅製成；或（b）該傳熱片係由銅、鋁、熱解石墨、或塗覆鋁的熱解石墨製成。

【第15項】一種溫度控制基板支撐組件，用於處理在一半導體處理設備之真空腔室中的一基板，該溫度控制基板支撐組件包含：

一頂板，用以支撐該基板；

一底板，設置於該頂板下方，其中該底板包含一空腔於該底板之上表面中；

一蓋板，包圍該空腔且設置於該頂板和該底板之間；以及

至少一熱電模組，位於該底板之該上表面的該空腔中，其中該至少一熱電模組係與該頂板和該底板熱接觸，且該至少一熱電模組係維持在大氣壓力，

其中（a）該至少一熱電模組包含電接觸之交替之p型和n型半導體元件，該等半導體元件係根據皮爾特效應（the Peltier effect）運作；（b）複數向上延伸

之突出部係位於該底板的該上表面之該空腔中；及／或（c）複數電絕緣層，覆蓋該至少一熱電模組之對應的上表面和下表面，且

其中該蓋板包含對應於該等向上延伸之突出部的複數向下延伸之突出部，其中該等向下延伸及向上延伸之突出部具有用以容納升降銷及／或傳送背面氮氣之複數對準的孔，且該等向上延伸之突出部及對應之向下延伸之突出部係用以提供射頻電流路徑於該溫度控制基板支撐組件中。

【第16項】一種製造一基板支撐組件的方法，該基板支撐組件係用以在電漿處理期間控制一基板之溫度，該方法包含：將至少一熱電模組的一下表面粘接至一底板的一上表面中之一空腔的表面；將包含在該至少一熱電模組的一上表面上之一上電絕緣層的一下表面粘接至一界定該底板之上表面中之該空腔的圓柱形壁以及至複數向上延伸於該空腔中之突出部，其中該上絕緣層之該粘接的下表面與該圓柱形壁形成一真空密封，且該等向上延伸之突出部及該空腔係經由該底板之該上表面中之該空腔的一表面敞開至大氣；以及將該上電絕緣層之一上表面粘接至一蓋板。

【第17項】如申請專利範圍第16項之製造一基板支撐組件的方法，其中（a）該至少一熱電模組的該下表面係以焊料或低熔點合金粘接至該底板之該上表面中之空腔內的該表面；或（b）該至少一熱電模組之該下表面係粘接至一下電絕緣層，且該下電絕緣層之一下表面係粘接至該底板的該上表面中之該空腔內的該表面中。

【第18項】如申請專利範圍第16項之製造一基板支撐組件的方法，更包含：（a）鑽複數垂直孔於該底板之一表面中並插入一傳熱管於該底板中之各鑽孔中，其中各傳熱管之一上表面係與其中各孔被鑽出之該底板的該表面齊平；及

／或（b）安裝一傳熱板於該基板支撐組件中，其中該傳熱板係設置於該等傳熱管上方及該至少一熱電模組下方，該傳熱板係用以均勻地分配熱於該複數熱電裝置和該等傳熱管之間。

【第19項】一種處理位於一半導體處理系統中之一基板的方法，其中該半導體處理系統包含如申請專利範圍第1項之溫度控制基板支撐組件及一包圍基板支撐組件之真空處理腔室，該方法包含以下步驟：將電流供應至與該頂板熱傳導接觸之該複數熱電模組，以控制遍及該頂板的表面之一或更多區域的溫度；以及控制施加至該複數熱電模組之電流，以控制遍及該頂板的表面之溫度並於處理期間提供於遍及該基板上之期望的溫度分佈。

【第20項】如申請專利範圍第19項之處理位於一半導體處理系統中之一基板的方法，其中該頂板更包含至少一嵌入其中的靜電電極且該基板包含晶圓，該處理包含電漿蝕刻或化學氣相沉積。