



(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 I494028 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 07 月 21 日

(21)申請案號：098124886

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 07 月 23 日

(51)Int. Cl. : H05H1/18 (2006.01)

H01L21/683 (2006.01)

H01L21/3065 (2006.01)

(30)優先權：2008/07/23 美國

12/178,032

(71)申請人：應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)

美國

(72)發明人：柯林斯肯尼士 S COLLINS, KENNETH S. (US)；布卻柏格道格拉斯二世 A
 BUCHBERGER, JR. DOGLAS A. (US)；拉馬斯瓦米卡提克 RAMASWAMY,
 KARTIK (IN)；羅夫沙西德 RAUF, SHAHID (US)；塙廣二 HANAWA, HIROJI
 (JP)；孫語南 SUN, JENNIFER Y. (US)；恩蓋葉安德魯 NGUYEN, ANDREW
 (US)；里耳托史坦 B LILL, THORSTEN B. (DE)；沈美華 SHEN, MEIHUA (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

TW 543347

TW I236086

TW 200501253A

CN 1759473A

JP 2004-22822A

審查人員：鄭敬偉

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：6 共 39 頁

(54)名稱

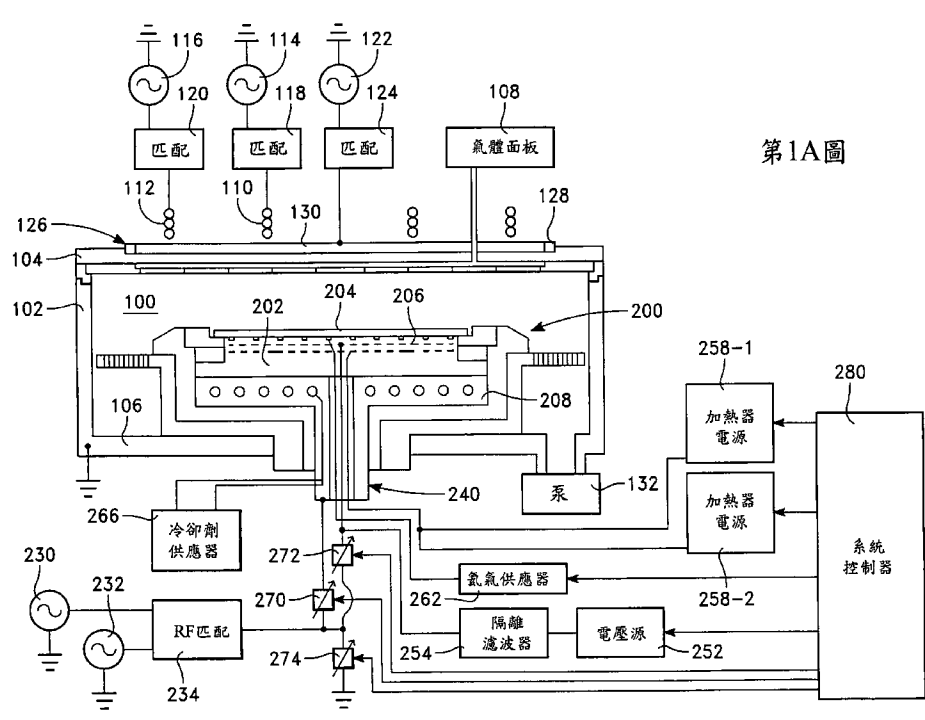
具有可控制分配 RF 功率至製程套組環之電漿反應器的工件支撐件

WORKPIECE SUPPORT FOR A PLASMA REACTOR WITH CONTROLLED APPORTIONMENT OF
 RF POWER TO A PROCESS KIT RING

(57)摘要

在一靜電夾盤中，RF 偏壓功率係分別施加至工件和環繞工件的製程套組環。由系統控制器所控制的至少一個可變阻抗元件係調節工件和製程套組環之間的 RF 偏壓功率分配，以允許在工件最邊緣處的電漿鞘電場之動態調整，而例如在不同的電漿條件下使電場均勻性最佳化。

In an electrostatic chuck, RF bias power is separately applied to a workpiece and to a process kit collar surrounding the workpiece. At least one variable impedance element governed by a system controller adjusts the apportionment of RF bias power between the workpiece and the process kit collar, allowing dynamic adjustment of the plasma sheath electric field at the extreme edge of the workpiece, for optimum electric field uniformity under varying plasma conditions, for example.



第1A圖

- 100 . . . 腔室
- 102 . . . 圓柱形側壁
- 104 . . . 頂板
- 106 . . . 底板
- 108 . . . 氣體供應器
- 110 . . . 線圈天線
- 112 . . . 線圈天線
- 114 . . . RF 源功率產生器
- 116 . . . RF 源功率產生器
- 118 . . . 阻抗匹配元件
- 120 . . . 阻抗匹配元件
- 122 . . . VHF 產生器
- 124 . . . 阻抗匹配元件
- 126 . . . 頂部電極/法拉第屏蔽
- 128 . . . 外部環導體
- 130 . . . 觸指
- 132 . . . 真空泵
- 200 . . . 工件支撐基座
- 202 . . . 圓盤
- 204 . . . 工件
- 206 . . . 格柵
- 208 . . . 板/陰極
- 230 . . . RF 偏壓功率產生器
- 232 . . . RF 偏壓功率產生器
- 234 . . . RF 偏壓阻抗匹配電路
- 240 . . . (共軸導體)組件
- 252 . . . 電壓源
- 254 . . . 隔離濾波器
- 258-1 . . . 加熱器電源
- 258-2 . . . 加熱器電源
- 262 . . . 氣體供應器
- 266 . . . 冷卻劑供應器
- 270 . . . 閥
- 272 . . . 閥
- 274 . . . 閥
- 280 . . . 系統控制器

252 . . . 靜電夾持電
壓源/ESC 電壓源

254 . . . RF 隔離濾
波器

258-1 . . . 電源

258-2 . . . 電源

262 . . . 供應器

266 . . . 供應器

270 . . . 可變 RF 阻
抗元件

272 . . . 可變 RF 阻
抗元件

274 . . . 可變 RF 阻
抗元件

280 . . . 系統控制器

公告本

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫；惟已有申請案號者請填寫)

※ 申請案號：98124886

※ 申請日期：2009 年 7 月 23 日

※IPC 分類：

H05H 1/8 (2006.01)

H01L 21/683 (2006.01)

H01L 21/5065 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

具有可控制分配 RF 功率至製程套組環之電漿反應器的工件支撐件

WORKPIECE SUPPORT FOR A PLASMA REACTOR WITH CONTROLLED
APPORTIONMENT OF RF POWER TO A PROCESS KIT RING

二、中文發明摘要：

在一靜電夾盤中，RF 偏壓功率係分別施加至工件和環繞工件的製程套組環。由系統控制器所控制的至少一個可變阻抗元件係調節工件和製程套組環之間的 RF 偏壓功率分配，以允許在工件最邊緣處的電漿鞘電場之動態調整，而例如在不同的電漿條件下使電場均勻性最佳化。

三、英文發明摘要：

In an electrostatic chuck, RF bias power is separately applied to a workpiece and to a process kit collar surrounding the workpiece. At least one variable impedance element governed by a system controller adjusts the apportionment of RF bias power between the workpiece and the process kit collar, allowing dynamic adjustment of the plasma sheath electric field at the extreme edge of the workpiece, for optimum electric field uniformity under varying plasma conditions, for example.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1A) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

100	腔室	102	圓柱形側壁
104	頂板	106	底板
108	氣體供應器	110	線圈天線
112	線圈天線	114	RF 源功率產生器
116	RF 源功率產生器	118	阻抗匹配元件
120	阻抗匹配元件	122	VHF 產生器
124	阻抗匹配元件	126	頂部電極/法拉第屏蔽
128	外部環導體	130	觸指
132	真空泵	200	工件支撐基座
202	圓盤	204	工件
206	格柵	208	板/陰極
230	RF 偏壓功率產生器	232	RF 偏壓功率產生器
234	RF 偏壓阻抗匹配電路	240	(共軸導體)組件
252	靜電夾持電壓源	254	RF 隔離濾波器
	/ESC 電壓源		
258-1	電源	258-2	電源
262	供應器	266	供應器
270	可變 RF 阻抗元件	272	可變 RF 阻抗元件
274	可變 RF 阻抗元件	280	系統控制器

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種電漿反應器的工件支撐件，特別係關於一種可控制製程套組環 RF 功率分配的電漿反應器的工件支撐件。

【先前技術】

在對諸如半導體晶圓等工件進行電漿處理時，均勻性要求已延伸至距離工件邊緣 5mm 或 3mm 內，而近來已將要求延伸至 2mm 甚至 1mm 內。工件通常係靜電夾持至包括靜電夾盤（electrostatic chuck；ESC）的工件支撐件上，而靜電夾盤用於執行多種功能，例如經由工件而將 RF 偏壓功率、電壓或電流耦合至電漿，且/或是提供來自另一電極耦合至電漿的 RF 電流一個接地返回路徑。靜電夾盤典型亦用於加熱或冷卻工件，或是用於控制工件溫度。對於蝕刻處理來說，靜電夾盤的尺寸通常小於工件，藉以覆蓋住夾盤，並保護夾盤免受電漿傷害。否則，電漿會損害或者侵蝕靜電夾盤，且由 ESC 所濺射或蝕刻的物質會污染工件或腔室。為了防止工件支撐件和工件間的有效接觸，尤其是在工件的邊緣處，通常工件邊緣是不平坦的，且取而代之的是斜角或圓角。此導致將均勻處理延伸遍及工件而至其邊緣的困難。即使是理想導體（perfectly conducting）的工件，由於電極的尺

寸受限，則在偏壓或非偏壓工件上形成的電漿鞘或電漿鞘電場都是不均勻的，這是因為跨越工件的電場在接近邊緣區域相較於工件其餘部分上的電場而呈現變化。由於工件或晶圓不是理想導體，故在接近邊緣處會有額外的電場變化。其結果就是工件邊緣的電漿離子流和離子能量或者離子角能量分佈異於工件的其餘部分。甚至朝向工件邊緣的電漿基流（plasma radical flux）也異於朝向工件其餘部分的電漿基流。在電漿蝕刻處理中，此種邊緣效應在晶圓邊緣處造成非均勻的處理結果，其例如呈現為晶圓邊緣附近之高深寬比開口的蝕刻輪廓之傾斜或扭曲。其他電漿處理的參數在晶圓邊緣處呈現大幅變化，包括關鍵尺寸偏差（CD bias）、蝕刻速率、濺射、沉積速率、蝕刻選擇性、蝕刻微負載等。

減少邊緣效應的習知方法包括：（1）一導體、半導體或介電的周圍元件（例如當工件為圓形半導體晶圓時所使用的圈或環）；或者（2）一能控制工件邊緣溫度使之與工件其餘部分溫度不同的邊緣溫度區域；或者（3）一允許不同的氣體混合物或不同的氣體混合物比例至邊緣區域的邊緣氣體導入區域；或者（4）一接近工件邊緣的電漿限制環，能夠降低副產物從工件邊緣移除的速率或者提高電漿物種在接近工件邊緣處的再結合率；或者（5）一邊緣周圍元件，係溫控至一選擇以改變局部電漿狀態的溫度，例如選擇以增加或減少鄰近邊緣的電漿物種（例如藉由發生沉積以耗盡特定物種、藉由周圍元件的蝕刻

以耗盡特定物種，或者藉由蝕刻周圍元件以形成副產物物種而增加特定物種)。方法(2)、(3)、(4)和(5)並無法直接解決非均勻鞘電場的問題，而是使用其他技術來改變邊緣處理。方法(1)是直接解決問題，但當選擇了不同的電漿條件時，其並允許控制工件邊緣鞘電場，所以方法(1)充其量是對廣範圍電漿條件的折衷方法。目前需要的是一種方法，其能夠控制工件邊緣電漿鞘條件，例如離子能量、離子角能量分佈或者離子密度或離子流，且藉以控制，舉例來說，工件結構參數，例如 CD 均勻性(關鍵尺寸)、輪廓(斜度)、蝕刻速率(或選擇性)，而在選擇不同電漿條件、腔室條件改變或處理不同工件結構的情況下可控制工件邊緣電漿鞘條件)。

【發明內容】

本發明提供了一種用於電漿反應器腔室中的 RF 偏壓工件支撐系統。介電圓盤具有一工件支撐表面以支撐工件。工件電極係嵌設於圓盤中。工件電極位於工件支撐表面下方，並且係大致平行於工件支撐表面。一金屬板位於介電圓盤下方。一環狀製程套組環係環繞在工件支撐表面的周圍邊緣。製程套組電極元件位於製程套組環下方。一 RF 電漿偏壓功率源係耦接至工件電極和製程套組電極元件。分配在工件和製程套組環之間的 RF 偏壓功率之控制是藉由一耦合於 RF 電漿功率源和 (a) 工件電

極、(b)製程套組電極的其中之一者之間的可變 RF 阻抗元件來執行。可變 RF 阻抗元件包含一具有可變電抗的電抗元件。系統控制器係連接至可變 RF 阻抗元件的控制輸入，藉以控制可變 RF 阻抗元件的電抗元件之可變電抗。

【實施方式】

本發明的實施例包括一靜電夾盤，在靜電夾盤中的 RF 偏壓功率分別耦合至工件和環繞工件的製程套組環 (process kit collar)。由系統控制器所控制的至少一可變阻抗元件係調整工件和製程套組環間的 RF 偏壓功率分配，以允許動態調整工件最邊緣處的電漿鞘電場，而例如在變化的電漿條件下使得電場均勻性最佳化。

參照第 1A 圖和第 1B 圖，電漿反應器具有一腔室 100，該腔室 100 係由圓柱形側壁 102、頂板 104 和底板 106 所界定，而底板 106 的周圍邊緣與側壁 102 相接。頂板 104 是用於從製程氣體供應器 108 接收製程氣體的氣體分佈板。側壁 102 和底板 106 由金屬製成並且連接至接地。真空泵 132 透過底板 106 中的埠而對腔室 100 進行抽真空。來自內部及外部線圈天線 110、112 的電漿 RF 源功率可感應耦合至腔室 100 中，其中內部及外部線圈天線 110、112 透過各自的 RF 阻抗匹配元件 118 和 120 而連接至各自的 RF 源功率產生器 114 和 116。頂板或氣體分佈板 104 可由非導電材料製成，以使來自線圈天線

110、112 的 RF 功率通過頂板 104 而感應耦合至腔室 100 內。

或者，或額外地，來自 VHF 產生器 122 和阻抗匹配元件 124 的 RF 電漿源功率可以由頂部電極 126 而電容耦合至腔室 100 中。在一實施例中，頂部電極 126 可以與氣體分佈板 104 為分隔開。

在一實施例中，來自線圈天線 110、112 的 RF 功率經由氣體分佈板 104 以及頂部電極 126 而感應耦合至腔室 100 中。在該實施例中，氣體分佈板可以由介電材料或半導體材料製成，而頂部電極 126 為法拉第屏蔽(Faraday shield)的形式，其具有外部環導體 128 和由外部環導體 128 徑向往內延伸的多個傳導觸指(finger) 130。法拉第屏蔽 126 可連接至接地，以提供一耦合至晶圓支撐基座(將於下方描述之)的 RF 功率之接地回路(ground return)。法拉第屏蔽 126 可透過 RF 濾波器而採所選擇之頻率接地。

在沒有線圈天線 110 和 112 的情況下，氣體分佈板 104 可以完全由金屬製成，並可作為頂部電極 126，而經由阻抗匹配元件 124 耦合至 VHF 產生器 122。

工件支撐基座 200 係提供在腔室 100 內部以支托工件 204，例如半導體晶圓、罩幕、光罩、顯示器面板、太陽能面板元件等。基座 200 是一靜電夾盤，其係以靜電方式夾持或吸引工件 204，並包括具有用以支撐工件 204 的頂表面 202a 的介電頂層或圓盤(puck) 202。導電格

柵 (grid) 206 係嵌設在圓盤 202 內，並與圓盤頂表面 202a 相隔小距離 (例如 0.25mm 至 2mm)。格柵 206 作為 ESC 電極，並且直流夾持電壓以下述之方式而施加至 ESC 電極。圓盤 202 係支撐在金屬板或陰極 208 上，而 RF 電漿偏壓功率可施加至陰極 208。圓盤 202 由絕緣材料 (例如電阻率大於 $10^{12}\text{Ohm}\cdot\text{cm}$) 或者半導體材料 (例如電阻率在 $10^8\text{Ohm}\cdot\text{cm}$ 和 $10^{12}\text{Ohm}\cdot\text{cm}$ 之間) 製成。

提供有多種特徵結構 (feature) 以用於熱控制。在圓盤頂表面 202a 中所形成的通道陣列 203 係用於提供熱傳導氣體 (例如氬氣) 以控制工件 204 和圓盤 202 間的熱傳導。當工件 204 被夾持到圓盤頂表面 202a 上時，這些通道係完全封住。陰極 208 包含內部流體流動通道 210，液態冷卻劑則循環通過該些流動通道 210。圓盤 202 中嵌設有一電加熱器 211。加熱器 211 可被區分為獨立控制的內部及外部加熱器 211a 和 211b。

一製程套組環組件 212 係環繞在圓盤 202 的邊緣，並且包括製程套組環 214 位於製程套組墊圈 (spacer ring) 216 上方，且墊圈 216 置於圓盤 202 的環狀肩部 202b 中。環 214 的肩部 214a 係環繞在晶圓 204 的邊緣，並留有一小型徑向間隙 218。環狀製程套組絕緣體 220 係環繞環組件 212、圓盤 202 和陰極 208。由環狀絕緣體 220 底部邊緣延伸的盤狀陰極絕緣體 221 位於陰極 208 之下方。選擇性設置的接地外殼 222 具有環繞該環狀絕緣體 220 的外部環狀部分 222a，以及位於陰極絕緣體 221 下方的

盤狀部分 222b。選擇性設置的環狀接地擋板 224 由接地外殼 222 的環狀部分 222a 延伸至腔室側壁 102。

RF 偏壓功率產生器 230、232 透過 RF 偏壓阻抗匹配電路 234 而將 RF 偏壓功率施加至陰極 208。產生器 230 可具有高頻 (HF) (例如低於 27MHz) 或超高頻 (VHF) (例如大於 27MHz)，產生器 232 可具有中頻 (MF) 或低頻 (LF) (例如低於 4MHz)。阻抗匹配電路 234 可以藉由從陰極 208 延伸通過腔室底板 106 的共軸導體組件 240 而連接至陰極 208。共軸導體組件 240 具有：一中央絕緣體 242、一環繞該中央絕緣體 242 的中空圓柱狀陰極饋電導體 (feed conductor) 244、以及一環繞該陰極饋電導體 244 並與盤狀陰極絕緣體 221 結合的中空圓柱狀陰極饋電絕緣體 246。從陰極接地外殼 222 延伸的環狀陰極接地回路導體 248 係環繞圓柱狀陰極饋電絕緣體 246。

設施 (utilities) 係透過各種延伸穿過共軸饋電組件 240 的導體和導管而耦接至基座 200 內。格柵饋電導體 250 係延伸穿過中央絕緣體 242 而至格柵 206。ESC 電壓源 252 透過格柵饋電導體 250 而提供直流電壓至格柵 206。RF 隔離濾波器 254 對格柵饋電導體上的 RF 電壓提供一高阻抗，並且防止 RF 功率到達直流源。加熱器供電導體對 (supply conductor pair) 256-1、256-2 延伸穿過中央絕緣體 242 而至內部及外部加熱器 211a 和 211b。獨立 AC 電源 258-1、258-2 分別透過加熱器供電導體對

256-1、256-2 而耦接至加熱器 211a、211b。氣體輸送管 260-1、260-2 延伸穿過中央絕緣體 242 而至圓盤表面 202a 中的通道陣列 203 之輸入及輸出端（未顯示）。熱傳導氣體（例如氦氣）的供應器 262 與氣體輸送管 260-1、260-2 耦接。冷卻劑輸送管 264-1、264-2 延伸穿過圓柱狀陰極饋電導體 244 而至陰極 208 內的冷卻劑通道 210 之輸入輸出埠（未顯示）。液態冷卻劑的供應器 266 與冷卻劑輸送管 264-1、264-2 耦接，以將液態冷卻劑再次循環通過冷卻劑通道 210。冷卻劑可以藉由外部的熱交換器而進行冷卻或加熱。

陰極 208 藉由陰極 RF 饋電導體 244 並透過選擇性設置的陰極偏壓可變 RF 阻抗元件 270 而耦接至偏壓 RF 阻抗匹配電路 234 的輸出。格柵饋電導體 250 除了與 ESC 電壓源 252 耦接以外，亦透過格柵偏壓可變 RF 阻抗元件 272 而耦接至偏壓 RF 阻抗匹配電路 234 的輸出。在一實施例中，陰極 RF 饋電導體 244 和格柵饋電導體 250 係透過選擇性設置的陰極接地可變阻抗元件 274 而耦接至 RF 接地。在一實施例中，陰極接地可變阻抗元件 274 是一帶通濾波器（band pass filter），其具有集中在 VHF 功率產生器的頻率之非常窄的通帶，並且阻隔 RF 偏壓功率產生器 230 和 232 的頻率。這個特性使得基座 200 可以作為電容耦合至腔室 100 中的 VHF 功率之 RF 接地回路電極，而不用將偏壓功率短接至接地。

系統控制器 280 控制阻抗元件 270、272 和 274 的可變

阻抗、氣體供應器 262 的壓力、冷卻劑供應器 266 的流體溫度和流速、AC 加熱器電源 258-1 和 258-2 的輸出電流，以及 ESC 電壓源 252 的直流輸出電壓。

第 1A 圖和第 1B 圖中所示的實施例中，整個格柵 206 位於晶圓 204 下方，且沒有任何一部分位於製程套組環 214 下方，所以任何施加至格柵 206 的 RF 偏壓功率係電容耦合至晶圓 204，而相對較少或完全沒有 RF 偏壓功率為電容耦合至製程套組環 214。陰極 208 的環狀周圍部分 208a 延伸於製程套組環 214 下方，因此一部分施加至陰極的 RF 偏壓功率係電容耦合至製程套組環 214。這樣的結構使得可以藉由對格柵 206 和陰極 208 施加不同量的 RF 偏壓功率，來相對於晶圓 204 上的 RF 偏壓功率（或電流或電壓）調節製程套組環 214 上的 RF 偏壓功率（或電流或電壓）。

陰極和格柵可變 RF 阻抗元件 270、272 決定了陰極 208 和格柵 206 間的 RF 偏壓功率（或電流或電壓）的分配。為實現此目的，只需要可變阻抗 270、272 的其中之一者（雖然兩者之結合能夠增進調整範圍）。舉例來說，如果陰極可變阻抗元件 270 被一個從匹配電路 234 至陰極饋電導體 244 的直接電氣連接（electrical connection）所代替，那麼格柵可變阻抗元件 272 的阻抗自身就決定了陰極 208 和格柵 206 間的 RF 功率分配。這就改變了晶圓 204 和製程套組環 214 間的 RF 偏壓功率分配。如前所提及者，這是因為陰極 208 的環狀外部部分 208a 位於製程

套組環 214 的正下方，並且將 RF 偏壓功率電容耦合至製程套組環 214，同時，格柵 206 位於晶圓 204 下方並且不在製程套組環 214 下方，所以將其幾乎所有的 RF 偏壓功率電容耦合至晶圓 204，而不是耦合至製程套組環 214。當格柵可變阻抗元件 272 使得施加至陰極的 RF 功率比例增大或減小時，則耦合至製程套組環的 RF 功率也同樣分別相對於耦合到晶圓 204 的功率而增大或減小。現將詳述如何操作此種 RF 功率的分配。

圓盤 202 的厚度 T 和陰極 208 到製程套組環 214 的距離 D 係經選擇以「過度補償 (over-compensate)」耦合至製程套組環上方的電漿相對於耦合至晶圓 204 中央部分上方的電漿的偏壓功率密度 (或電壓或電流)。為此，製程套組環 214 與陰極 208 間的單位面積電容量必須設計為高於晶圓 204 與陰極 208 間的單位面積電容量。如果製程套組環 214 耦合至一比陰極 208 和環 214 間之 RF 耦合區域還要更大的區域，或者環 214 負載額外接地電容 (例如徑向往外方向)，那麼製程套組環 214 和陰極 208 間的單位面積電容量甚至必須更大於晶圓 204 和陰極 208 間的單位面積電容量以實現預期的過度補償。

環 214 的厚度可以選擇為「小厚度」，以保持該耗材的低成本，通常為約 1-4mm。ESC 圓盤 202 的熱阻 (thermal resistance) 和成本隨厚度增大，因此對於高導熱性材料 (例如氮化鋁)，則圓盤 202 的總厚度通常低於約 25mm，對於低導熱性材料 (例如氧化鋁物或氧化鈮)，

則圓盤 202 的總厚度通常低於約 10mm。舉例來說，如果選擇 ESC 圓盤總厚度為 7mm，則選擇 2mm 厚度之石英、矽或碳化矽的製程套組環 214。若選擇半導體材料（例如碳化矽或矽），則環 214 可將基座電極的有效區域甚至延伸超過陰極 208 基底的區域。在某些情況中，當反應器用於蝕刻含矽的材料時，則墊圈 216 為諸如石英的材料，環 214 為矽或碳化矽。除了延伸電極有效區域超過陰極 208 的直徑以外，蝕刻副產物可與來自蝕刻的晶圓之副產物更為相似，因此藉由使晶圓邊緣之局部副產物變化最小化，則可藉以增進對於邊緣的蝕刻均勻性。雖然具有低介電常數的材料（例如石英）的電極有效面積延伸至超過陰極直徑的部分少於高介電常數材料或半導體，但也可將此低介電常數材料應用於環 214 材料。舉例來說，墊圈 216 或者環 214 的材料可以選擇高介電常數材料，例如氧化鈮。

RF 格柵偏壓可變阻抗元件 272 可透過系統控制器 280 選擇。在將一真空可變電容器作為格柵可變 RF 阻抗元件 272 的主要元件之實例中，一低的最小電容值會將一極小的 RF 電流從陰極 208 轉移至格柵 206。在此實例中，製程套組環 214 仍然會相對於 RF 偏壓功率的分配而過度補償（如上所討論者）。RF 格柵偏壓可變阻抗元件 272 可以選擇為一較高的電容值，使得部分電流繞過陰極 208 及晶圓 204 間之基座結構的相對低電容。這樣就減小了通過製程套組環 214 而耦合至電漿的 RF 功率之過度補

償。藉由為格柵可變阻抗元件 272 選擇一足夠高的電容值來使製程套組環 214 和陰極 208 間的單位面積有效電容低於晶圓 204 和陰極 208 間的單位面積有效電容（以可變阻抗元件的選定來比較，並藉由相同面積來衡量）。在此實例中，製程套組功率耦合將會被「不足補償（under-compensated）」。

當 RF 格柵偏壓可變阻抗元件 272 的不同電容值之選擇實質改變了陰極基底上的電壓以及提供至 RF 偏壓匹配電路 234 的陰極傳輸線之驅動點輸入阻抗時，偏壓 RF 阻抗匹配電路 234 藉由改變其內部元件之一者（例如一串聯元件）的電抗（reactance）來補償，藉以提供耦合至電漿的實質恆定功率。因此，雖然格柵可變阻抗元件 272 之電容變化係改變了與製程套組環 214 相鄰的電漿區域以及與晶圓 204 相鄰的電漿區域之間的功率密度（或電壓分配或電流密度）分配，然而這兩個區域的淨功率將保持實質恆定。

晶圓和製程套組區域間之相對的偏壓 RF 功率密度（或電壓密度或電流密度）的調整或分配（例如上文所述的過度補償或不足補償）可用來調整晶圓結構或特徵結構 CD、輪廓角度（傾斜）、或蝕刻速率、或蝕刻選擇性以達到具體要求。其也可用來補償電漿參數的非均勻性（例如源自感應或電容耦合之電漿源功率的離子能量、離子角能量分佈或離子密度或離子流，或直流磁約束【magnetic confinement】等等）。特別的，在晶圓的極邊

緣區域中，可以改變或矯正晶圓表面的 RF 電場線之傾斜來避免蝕刻輪廓結果的減弱，比如晶圓邊緣呈現蝕刻輪廓錐化和扭曲。

在一種相關方法中，將製程套組環 214 的材料選擇為能夠影響接近晶圓邊緣之電漿的化學物種成分。舉例來說，環的材料會與電漿反應，以消耗特定目標物種而增進接近晶圓邊緣的處理效能。或者是，環的材料會與電漿反應，以在接近晶圓邊緣處產生更多的期望物種而增進處理效能。控制器 280 可改變製程套組環 214 上的 RF 偏壓功率，以控制環 214 與電漿的參與率 (participation rate)，以視不同製程配方 (recipe) 或相同製程配方的不同階段而獲得不同的參與率。

在一種相反方法中，藉由調節環 214 的溫度來控制環 214 的參與率，同時，控制器 280 選擇環 214 的 RF 偏壓功率之分配，以在一套給定的製程條件下使工件邊緣的電漿偏壓鞘電場更為均勻 (例如與工件之主要部分上的鞘電場一致)。這樣就消除或減小了晶圓邊緣的不均勻性，藉以獲得遍及晶圓表面且前進並至晶圓邊緣之較佳的離子速度之角分佈 (或其他電漿性能參數) 的均勻性。控制器 280 可以根據不同製程條件的產生，例如偏壓 RF 功率層級、RF 功率層級、直流磁場層級和製程氣體組成等的改變，來調節耦合至環 214 的 RF 偏壓功率，藉以保持電場均勻性。

控制器 280 對於耦合至製程套組環 214 的 RF 偏壓功率

之調整或分配亦可用來加強或降低製程套組環與電漿的反應，藉以對製程套組環 214 進行清潔或表面調理 (condition)。

第 2 圖是第 1A 圖和第 1B 圖所示的實施例的變體，其中圓柱狀製程套組電極 290 軸向向上延伸經過陰極饋電絕緣體 246、盤狀陰極絕緣體 221 和圓柱狀製程套組絕緣體 220。製程套組電極 290 提供與製程套組環 214 的 RF 電氣耦接。在第 2 圖所示實施例中，選擇性設置的製程套組圈 216 已被消除，雖然亦可以選擇性地將其包含在第 2 圖的實施例中。在第 2 圖的實施例中，偏壓 RF 匹配電路 234 的輸出並未被連接至格柵饋電導體 250，而是與製程套組電極 290 的底部末端耦合，並且亦透過格柵可變 RF 阻抗元件 272 而與陰極饋電導體 244 耦合。由控制器 280 所控制的選擇性設置製程套組可變阻抗元件 273 可被插入偏壓 RF 匹配電路 234 的輸出和製程套組電極 290 之間。第 2 圖中，兩個可變阻抗元件 272 和 273 只需其中之一者即可。使用可變阻抗元件 272 和 273 中的任意一個都可以使控制器 280 能夠控制製程套組（經由電極 290）和晶圓（經由陰極 208）間的 RF 偏壓功率之分配。這種分配以類似於上文參照第 1A 圖和第 1B 圖所述的實施例中的方法來實現。

如本說明書上文中所述，製程套組環 214 的 RF 功率分配可用於使遍及晶圓表面且前進並至晶圓邊緣的電場均勻性最佳化，同時，所選材料的環 214 的參與率係藉由

控制環 214 的溫度而獨立控制。製程套組環 214 的獨立溫度控制可以藉由在製程套組電極 290 內提供一組分離的內部冷卻劑通道 292 來實現。一組軸向延伸穿過製程套組電極 290 的冷卻劑導管 294 係將內部冷卻劑通道 292 耦接至製程套組冷卻劑供應器 296。將來自製程套組 ESC 電壓源 298 的直流夾持電壓施加至製程套組電極 290，則可將製程套組環 214 以靜電方式鉗合於適當位置。選擇性設置的 RF 隔離濾波器 299 阻擋 RF 電流而使其無法到達 ESC 電壓源 298。製程套組環溫度的微調可以藉由改變由系統控制器 280 所控制的製程套組 ESC 電壓源 298 的輸出電壓來實現。藉由改變 ESC 對於製程套組環 214 和冷卻後的電極 290 之間的夾持力，則可改變其彼此間的熱傳導，且該操作可以藉由系統控制器 280 來精確控制，這樣就可以對製程套組環 214 的溫度進行微調。或者是，或額外地，可以藉由在環 214 下方以及製程套組電極 290 的頂表面 290a 內提供氣體通道 310，以促進製程套組環 214 的熱控制。延伸穿過製程套組電極 290 的氣體導管 312 係用於提供來自氣體供應器 314 的熱傳導氣體（例如氦氣）之供應。氣體供應器 314 的氣體壓力係由系統控制器 280 所控制。通道 310 內的壓力會影響電極與環之間的熱傳導，因此也影響環 214 的溫度。溫度感測器 320 位於製程套組絕緣體 220 的頂表面中，並且接觸製程套組環 214。溫度感測器 320 的輸出可耦接至系統控制器 280 的輸入，藉此，系統控制器 280

可以對製程套組環 214 提供快速精確的閉合回路之溫度控制。舉例來說，這樣的閉合回路溫度控制可以按照給定製程配方之不同階段的要求而將環 214 調整到不同的目標溫度。

第 3 圖描述了第 1A 圖和第 1B 圖所述實施例的另一變體，此實施例中陰極或金屬板 208 為接地，而不是由 RF 偏壓功率來驅動。取而代之的是，RF 偏壓功率係施加至位於製程套組 212 下方並嵌設於圓盤 202 內的製程套組格柵 350。製程套組格柵 350 位於圓盤 202 內之一高度，而此高度係低於晶圓格柵 206 的高度。製程套組格柵 350，或者是其至少一外部環狀部分，係位於製程套組環 214 下方，因此能夠將 RF 功率電容耦合至環 214。晶圓格柵 206 完全位於晶圓 204 下方，因此施加至晶圓格柵 206 之實質所有 RF 功率係電容耦合至晶圓 204。格柵 206 和 350 彼此為電性絕緣，因此提供了一種調整耦合至晶圓 204 和製程套組環 214 的不同 RF 功率層級的方法。

製程套組格柵 RF 饋電導體 352 延伸穿過中央絕緣體 242 和圓盤 202，因此其頂端接觸製程套組格柵 350。製程套組格柵 RF 饋電導體 352 的底端耦合至偏壓 RF 匹配電路 234 的輸出。選擇性設置的製程套組格柵可變阻抗元件 271 可插入偏壓 RF 匹配電路 234 的輸出和饋電導體 352 之間。第 3 圖中，2 個可變阻抗元件 271 和 272 只需其中之一就可以分配格柵 206 和 350 間的 RF 偏壓功率，然而兩者之結合可以獲得更大的調整範圍。

第 3 圖所示實施例還包括用於控制製程套組環 214 溫度的相同類型元件。具體而言，熱傳導氣體可以在製程套組環 214 下方循環，且製程套組環 214 以一可變力量而靜電夾持至圓盤 202，以改變或控制環 214 和圓盤 202 介面的熱傳導，而用以控制環 214 的溫度。圓盤 202 的肩部 202b 界定了外部環狀圓盤表面 202c，而製程套組環 214 係置於該外部環狀圓盤表面 202c 上。用於循環熱傳導氣體（例如氦氣）的通道 311 係形成於外部環狀圓盤表面 202c 中。當環 214 被夾持至圓盤外部環狀表面 202c 上時，通道 311 係完全封住。在第 3 圖之實施例中，環 214 係藉由 ESC 電壓源 298 而靜電夾持或吸引至圓盤外部環狀表面 202c，而 ESC 電壓源 298 的輸出係耦合至製程套組格柵饋電導體 352。選擇性設置的隔離濾波器 299 係插入靜電夾持電壓源 298 和格柵饋電導體 352 之間。藉由系統控制器 280 改變 ESC 電壓源 298 的輸出，則可藉由改變環 214 上的靜電夾持力而改變環與圓盤間之熱傳導，由此便實現了環 214 的溫度微調。

第 3 圖所示的實施例可以藉由省略陰極絕緣體 221 而修改該實施例，藉此，金屬板 208 會如第 4 圖所示而接地至陰極接地外殼 222。

參照第 3 圖而用於描述對環 214 進行熱控制的特徵結構可以併入第 1B 圖的實施例中，並且按照第 3 圖所述之方式進行操作。對於第 1B 圖所示實施例的改良如第 5 圖所示。第 5 圖所示實施例除了增加了某些如第 3 圖所

示的熱控制特徵結構以外，其他皆與第 1B 圖所示的實施例相同。在第 5 圖中，製程套組墊圈 216 係被省略（雖然在其他實施過程中仍被保留），藉此，圓盤 202 可以延伸於製程套組環 214 下方，如第 5 圖所示。圓盤 202 中的肩部 202b 界定了位於環 214 底表面下方並且接觸該底表面的環狀圓盤表面 202c。氣流通道 311 係形成於環狀圓盤表面 202c 中，並且耦接至獨立的熱傳導氣體（例如氬氣）之氣體供應器 314。如第 5 圖所示，外部加熱元件 211b 位於環 214 的正下方。製程套組環 214 旁的溫度感測器 320 係耦接至系統控制器 280。可選擇地，可將第二傳導格柵 350 嵌設於環 214 下方的圓盤 202 中，並用於將環 214 靜電夾持或吸引至環狀圓盤表面 202c 上。在第 5 圖所示之實施例中，第二傳導格柵 350 經由 RF 隔離濾波器 299 而耦接至 ESC 電壓源 298。電壓源 298 係由系統控制器 280 控制，以改變環 214 上的夾持力，並藉以改變環溫度。

參照第 1-5 圖之各實施例所描述的可變阻抗元件 270、271、272 和 273 可用於分配製程套組和工件之間的 RF 偏壓功率。任何適用的可變電抗電路都可以用於實施可變阻抗元件 270、271、272 和 273 之各者。第 6 圖是一張簡化的示意圖，其顯示可變阻抗元件 270、271、272 和 273 其中之一的操作執行實例。第 6 圖中的可變阻抗元件包含了一與偏壓 RF 阻抗匹配電路 234 之輸出耦合的輸入端 500，以及一輸出端 502。在輸入端 500 和輸

出端 502 之間係連接一串聯的可變電容器 504。也可選擇在輸入端 500 和 RF 接地間連接一輸入並聯電容器 506，並在輸出端 502 和 RF 接地間連接一輸出並聯電容器 508。所有電容器 504、506 和 508 或其中之一者可以為可變電容器。在另一實施例中，電容器 504、506 和 508 之任一者可以用合適的電感器代替，而該電感器也可以為可變電感器。

雖然本發明已以特定態樣、特徵和實施例揭露如上，然應理解其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者當可依據內文作各種之更動、潤飾與替換。因此，在不脫離本發明之精神和範圍內，本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準，且涵蓋所有更動、潤飾與替代實施例。

【圖式簡單說明】

為讓本發明之上述特徵更明顯易懂，可配合參考實施例說明，其部分乃繪示如附圖式。應當理解，為了不使本發明產生誤解，某些習知的處理方法將不在此討論。

第 1A 圖繪示根據第一實施例之包括工件支撐基座的電漿反應器；

第 1B 圖是部分之第 1A 圖的放大視圖，其顯示關於晶圓支撐基座的某些細節；

第 2 圖繪示根據第二實施例之工件支撐基座；

第 3 圖繪示根據第三實施例之工件支撐基座；

第 4 圖繪示根據第四實施例之工件支撐基座；

第 5 圖是第 1B 圖中實施例的變體，其中包含了製程套組環的熱控制特徵結構；

第 6 圖是一張簡化電路圖，該電路可應用於第 1 圖至第 4 圖中分配製程套組和工件之間 RF 功率的可變阻抗元件之一者。

為便於了解，圖式中相同的元件符號表示相同的元件。某一實施例採用的元件當不需特別詳述而可應用到其他實施例。須注意的是，雖然所附圖式揭露本發明特定實施例，但其並非用以限定本發明之精神與範圍，任何熟習此技藝者，當可作各種之更動與潤飾而得等效實施例。

【主要元件符號說明】

100：腔室

102：側壁

104：頂板

106：底板

108：氣體供應器

110：線圈天線

112：線圈天線

114：RF 源功率產生器

- 116：RF 源功率產生器
- 118：阻抗匹配元件
- 120：阻抗匹配元件
- 122：VHF 產生器
- 124：阻抗匹配元件
- 126：頂部電極/法拉第屏蔽
- 128：外部環導體
- 130：觸指
- 132：真空泵
- 200：工件支撐基座
- 202：圓盤
- 202a：頂表面
- 202b：肩部
- 202c：環狀圓盤表面
- 203：通道陣列
- 204：工件
- 206：格柵
- 208：板/陰極
- 208a：陰極環狀外部部分/周圍部分
- 210：(冷卻劑流體流動)通道
- 211：(電)加熱器
- 211a：內部加熱器/加熱元件
- 211b：外部加熱器/加熱元件
- 212：組件

- 214：製程套組環
- 214a：肩部
- 216：墊圈/圈
- 218：間隙
- 220：製程套組絕緣體
- 221：陰極絕緣體
- 222：接地外殼
- 222a：(外部)環狀部分
- 222b：盤狀部分
- 224：擋板
- 230：RF 偏壓功率產生器
- 232：RF 偏壓功率產生器
- 234：RF 偏壓阻抗匹配電路
- 240：(共軸導體)組件
- 242：絕緣體
- 244：饋電導體
- 246：饋電絕緣體
- 248：回路導體
- 250：饋電導體
- 252：靜電夾持電壓源/ESC 電壓源
- 254：RF 隔離濾波器
- 256-1、256-2：加熱器供電導體對
- 258-1：電源
- 258-2：電源

260-1、260-2：氣體輸送管

262：供應器

264-1、264-2：輸送管

266：供應器

270：可變 RF 阻抗元件

271：可變 RF 阻抗元件

272：可變 RF 阻抗元件

273：可變阻抗元件

274：可變阻抗元件

280：系統控制器

290：製程套組電極

290a：頂表面

292：通道

294：導管

296：供應器

298：電壓源

299：隔離濾波器

310、311：通道

312：氣體導管

314：氣體供應器

320：溫度感測器

350：格柵

352：格柵 RF 饋電導體

500：輸入端

502：輸出端

504：可變電容器

506：並聯電容器

508：並聯電容器

七、申請專利範圍：

104年5月7日修正
對原系(本)

1. 一種用於一電漿反應器腔室中的 RF 偏壓工件支撐系統，包括：

一圓盤 (puck)，具有一工件支撐表面以支撐一工件；

一工件電極，嵌設於該圓盤中，該工件電極位於該工件支撐表面的下方，且與該工件支撐表面為大致平行；

一陰極，包括一金屬板，該金屬板位於該圓盤下方；

一環狀製程套組環 (collar)，環繞該工件支撐表面的一周圍邊緣；

一製程套組電極元件，位於該製程套組環的下方並包括一外部環狀圓柱狀導體，該外部環狀圓柱狀導體具有一頂端，該頂端連接至該環狀製程套組環；

一陰極饋電元件，包括一中間環狀圓柱狀導體，該中間環狀圓柱狀導體位於該外部環狀圓柱狀導體內並與該外部環狀圓柱狀導體相隔，該中間環狀圓柱狀導體具有一頂端，該頂端連接至該陰極；

一工件電極饋電元件，包括一內部導體，該內部導體位於該中間環狀圓柱狀導體內並與該中間環狀圓柱狀導體相隔，該內部導體具有一頂端，該頂端連接至該工件電極；

一第一靜電夾持電壓源，耦接至該工件電極饋電元件之一底端；

一 RF 電漿偏壓電源，耦合至該陰極饋電元件及該製

程套組電極元件；

一可變 RF 阻抗元件，包含一電抗元件 (reactive element)，該電抗元件具有一可變電抗，該可變 RF 阻抗元件耦合於該 RF 電漿偏壓電源以及 (a) 該陰極饋電元件，(b) 該製程套組電極元件其中之一者之間；

一系統控制器，連接至該可變 RF 阻抗元件的一控制輸入，藉以控制該可變 RF 阻抗元件的該電抗元件的該可變電抗；

一外部環狀絕緣層，環繞該圓盤和該金屬板；

該製程套組電極元件，係設置於該外部環狀絕緣層中，並且軸向延伸通過該外部環狀絕緣層，該製程套組電極元件包含一位於該製程套組環的下方並與該製程套組環接觸的套組支撐表面；及

一中間環狀絕緣體，位於該中間環狀圓柱狀導體和該外部環狀圓柱狀導體之間；

其中該圓盤包括位於該工件支撐表面之相對側的一底表面，該系統更包括：

一中央絕緣體，係軸向延伸通過該金屬板並終止於該圓盤之該底表面；

該陰極饋電元件，其環繞該中央絕緣體；以及

該工件電極饋電元件，係延伸穿過該中央絕緣體和該圓盤；

一第二靜電夾持電壓源，耦合至該製程套組電極元件；以及

該系統控制器係連接以控制該第一靜電夾持電壓源和該第二靜電夾持電壓源各自的輸出電壓；

一內部冷卻劑流動通道，位於該製程套組電極元件中，且一冷卻劑供應器耦接至該內部冷卻劑流動通道；以及

一溫度感測器，與該製程套組環接觸；

一感測器導體，延伸穿過該中央絕緣體並連接於該溫度感測器和該系統控制器之間，該系統控制器係適以回應該溫度感測器而控制該第二靜電夾持電壓源。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之系統，其中該可變 RF 阻抗元件係連接於該 RF 電漿偏壓電源和該陰極饋電元件之間。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之系統，更包括連接於該 RF 電漿偏壓電源和該製程套組電極元件之間的一第二可變 RF 阻抗元件，該系統控制器連接至該第二可變 RF 阻抗元件的一控制輸入，藉此控制該第二可變 RF 阻抗元件的一阻抗。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之系統，更包括一陰極接地可變阻抗元件，且該陰極接地可變阻抗元件包括一輸入端和一接地端，該輸入端係耦合至該陰極饋電元件和該製程套組電極元件，該接地端係連接至一 RF 接地電

位。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之系統，更包括：

一第二靜電夾持電壓源，耦合至該製程套組電極元件，該系統控制器與該第一靜電夾持電壓源和該第二靜電夾持電壓源耦合，藉以分別控制施加至該工件支撐表面上的一工件和施加至該製程套組環上的夾持力；

一內部冷卻劑流動通道，位於該製程套組電極元件中，且一冷卻劑供應器耦接至該內部冷卻劑流動通道；以及

一溫度感測器，與該製程套組環接觸並耦接至該系統控制器，該控制器係適以回應該溫度感測器而控制該第二靜電夾持電壓源。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之系統，更包括：

多個內部冷卻劑流體流動通道，位於該製程套組電極元件內；以及

多個氣流通道，位於該該套組支撐表面內。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述之系統，更包括：

一第二靜電夾持電壓源，耦合至該製程套組電極元件；以及

其中該系統控制器係連接以分別控制該第一靜電夾持電壓源和該第二靜電夾持電壓源之每一者的輸出電

壓。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之系統，更包括：

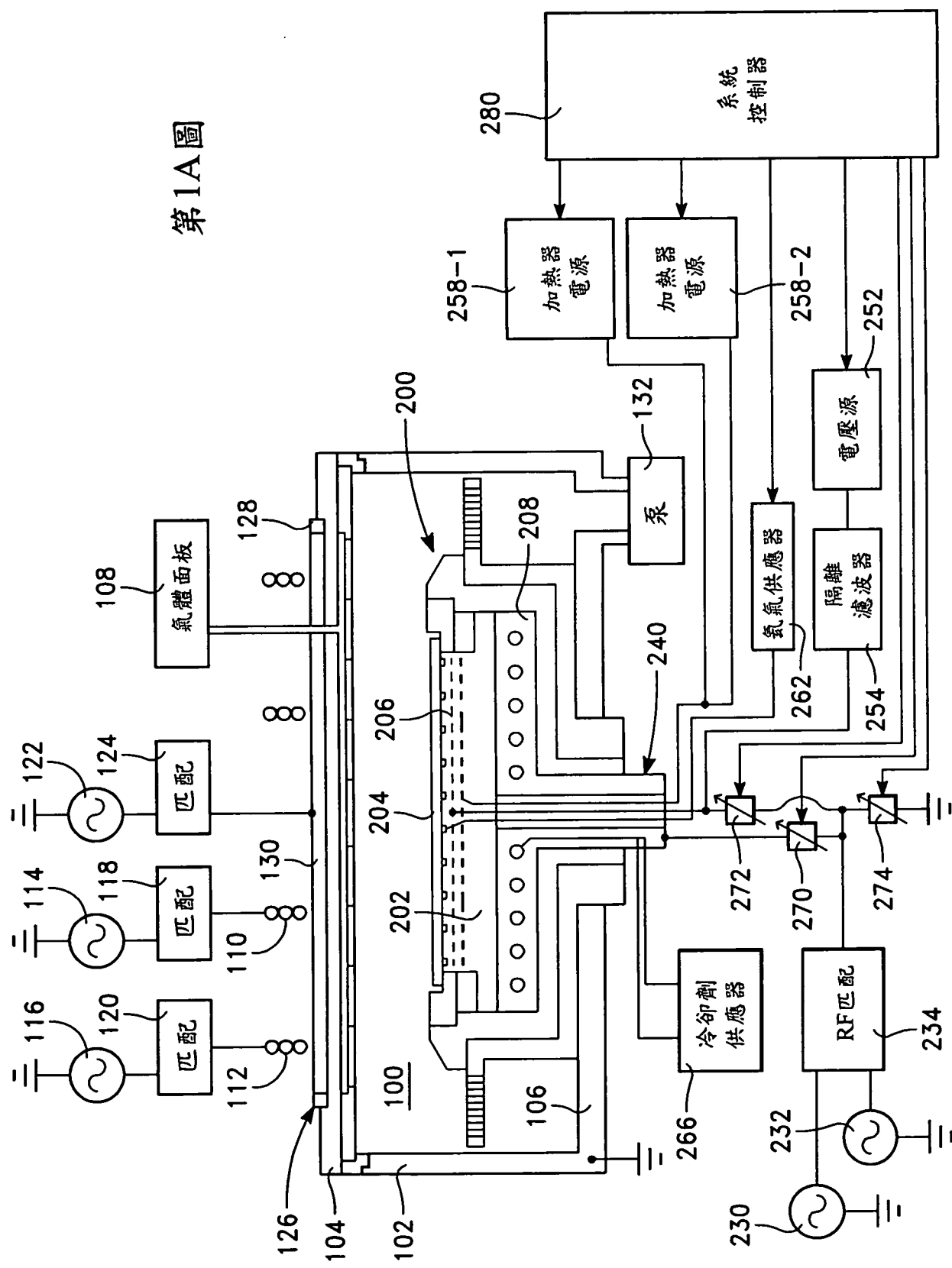
多個第一氣流通道，位於該工件支撐表面內；

多個第二氣流通道，位於該製程套組環下方；

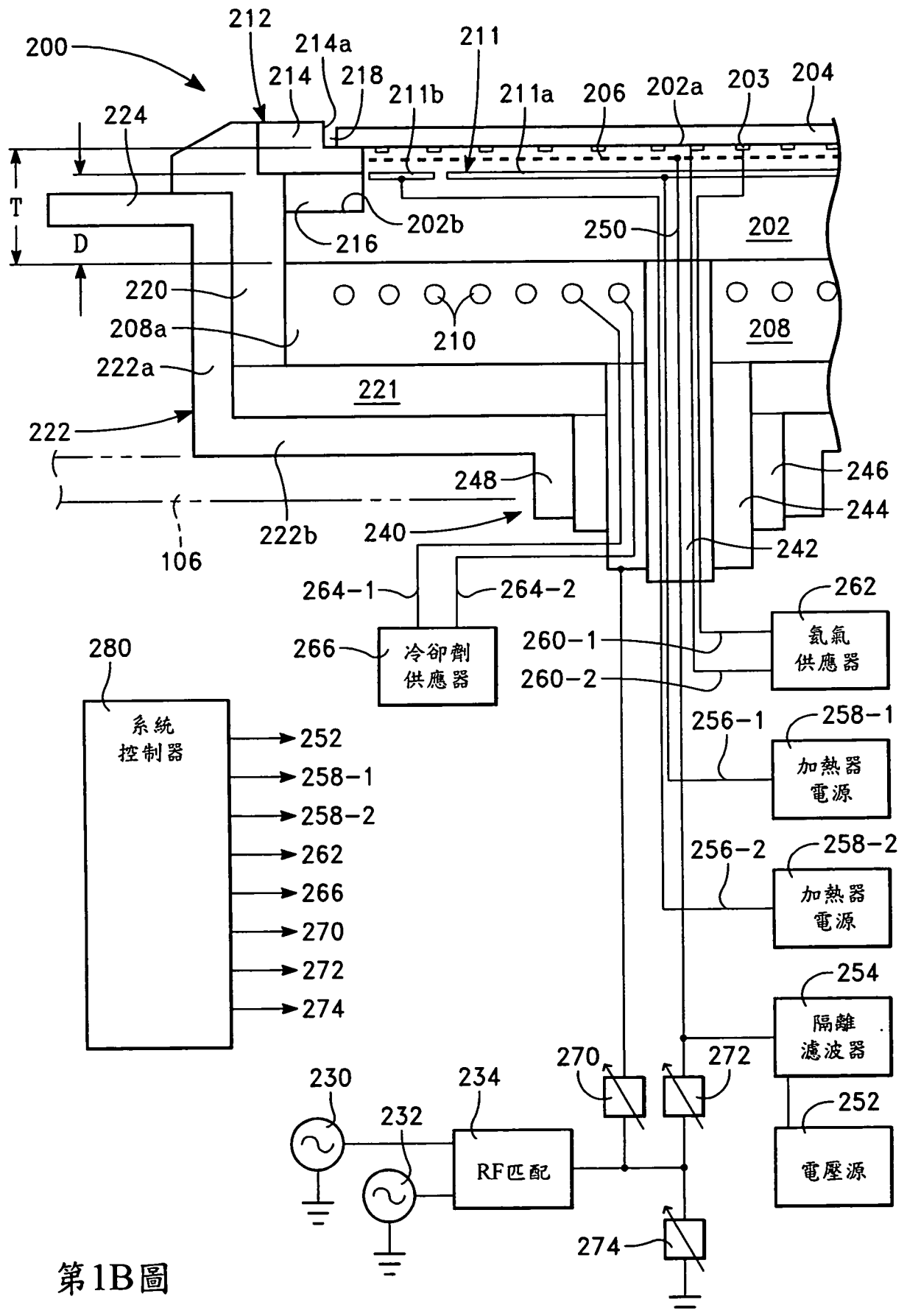
一傳導氣體之一第一供應器和多個第一氣流導管，該等第一氣流導管係軸向延伸穿過該陰極饋電元件而位於該第一供應器和該等第一氣流通道之間；以及

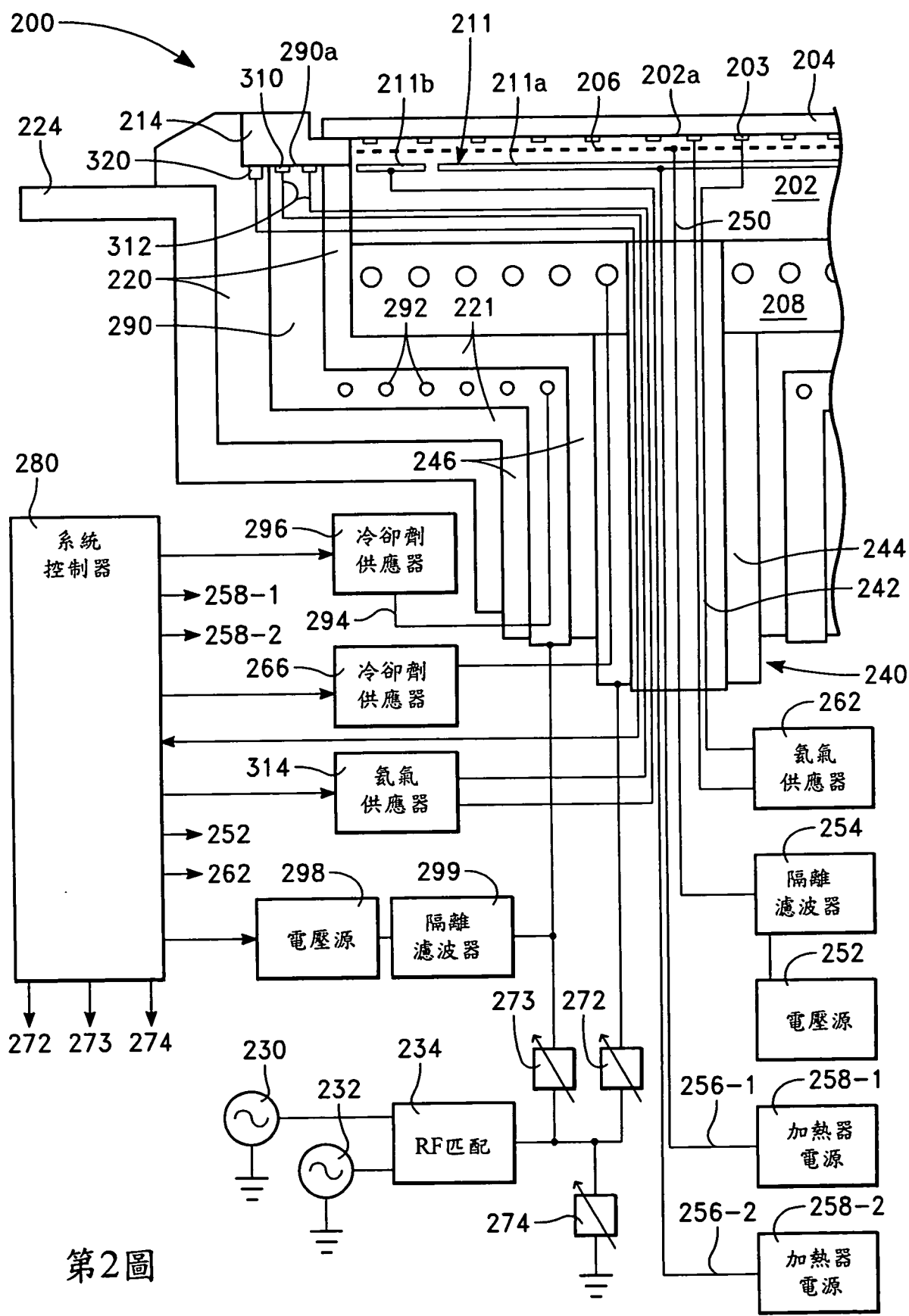
一傳導氣體之一第二供應器和多個第二氣流導管，該第二氣流導管係軸向延伸穿過該陰極饋電元件而位於該第二供應器和該等第二氣流通道之間。

八、圖式：

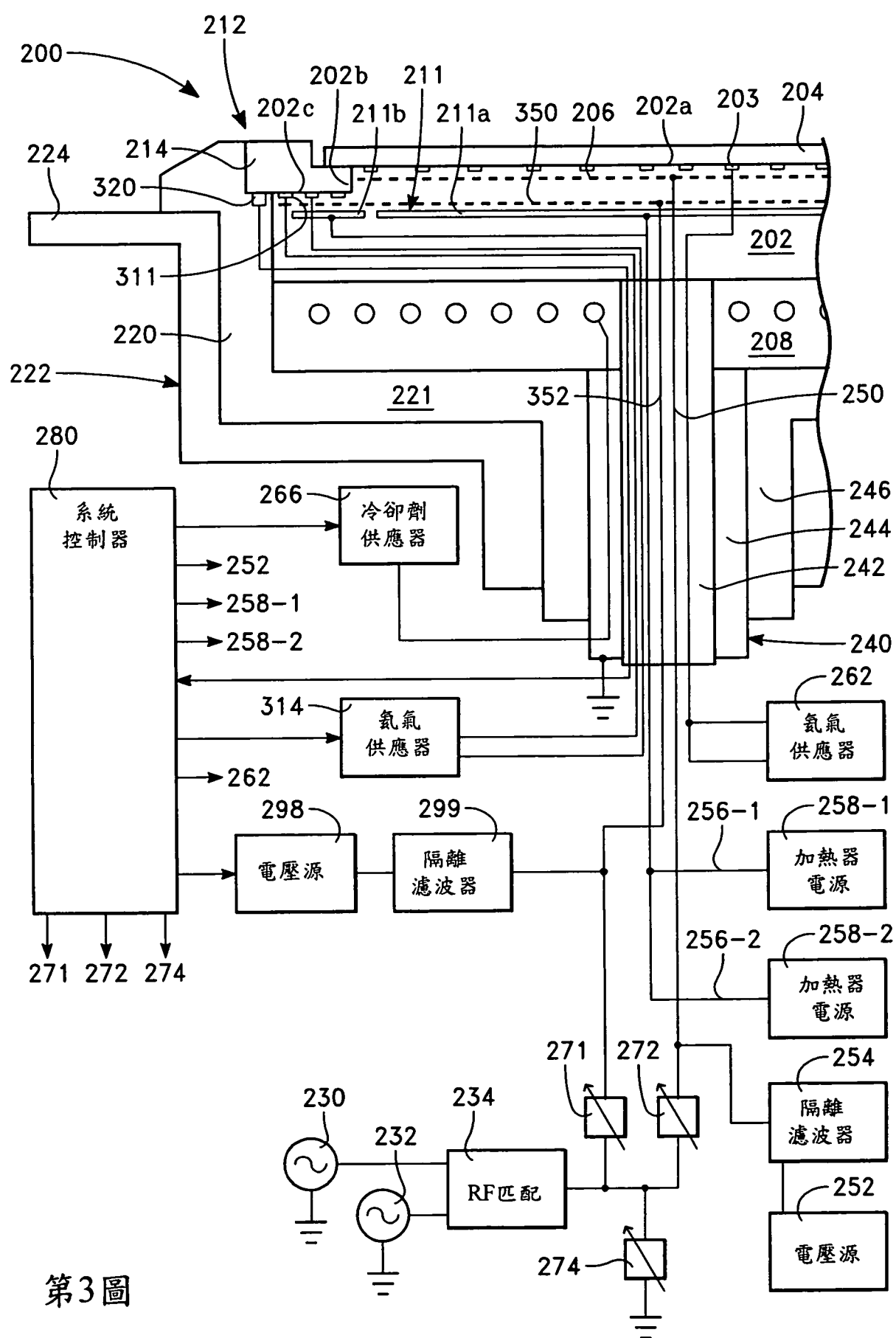


第1A圖

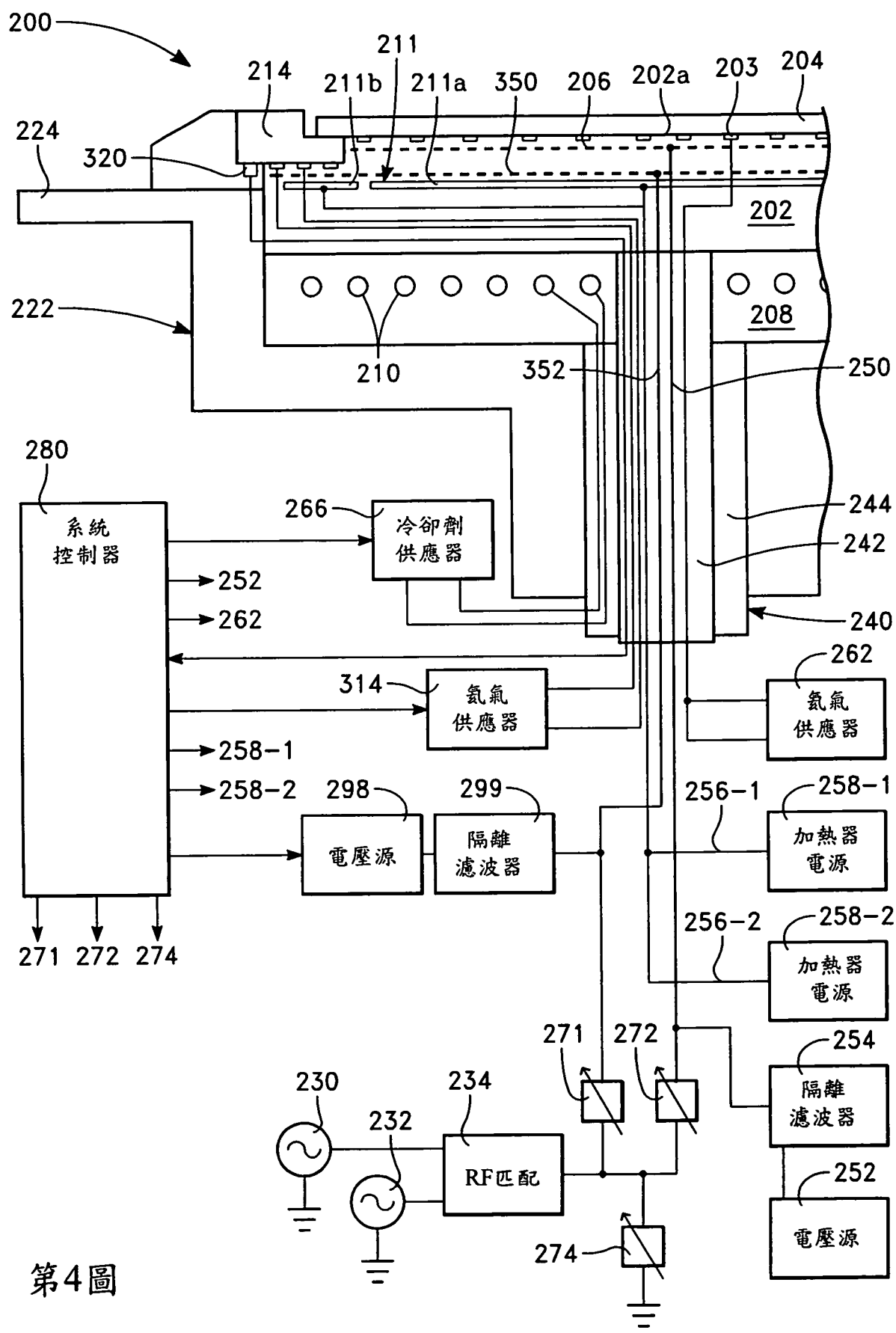




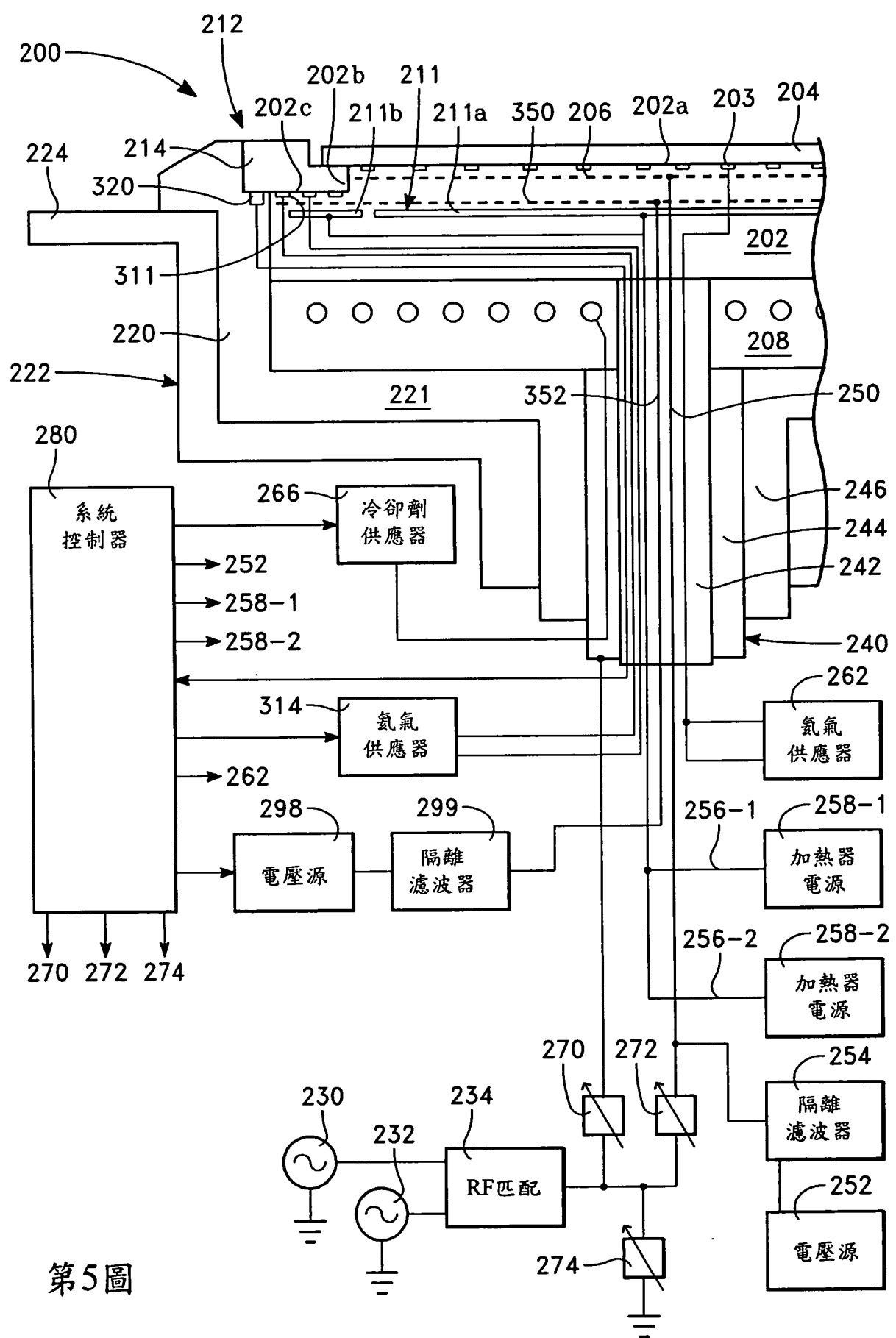
第2圖



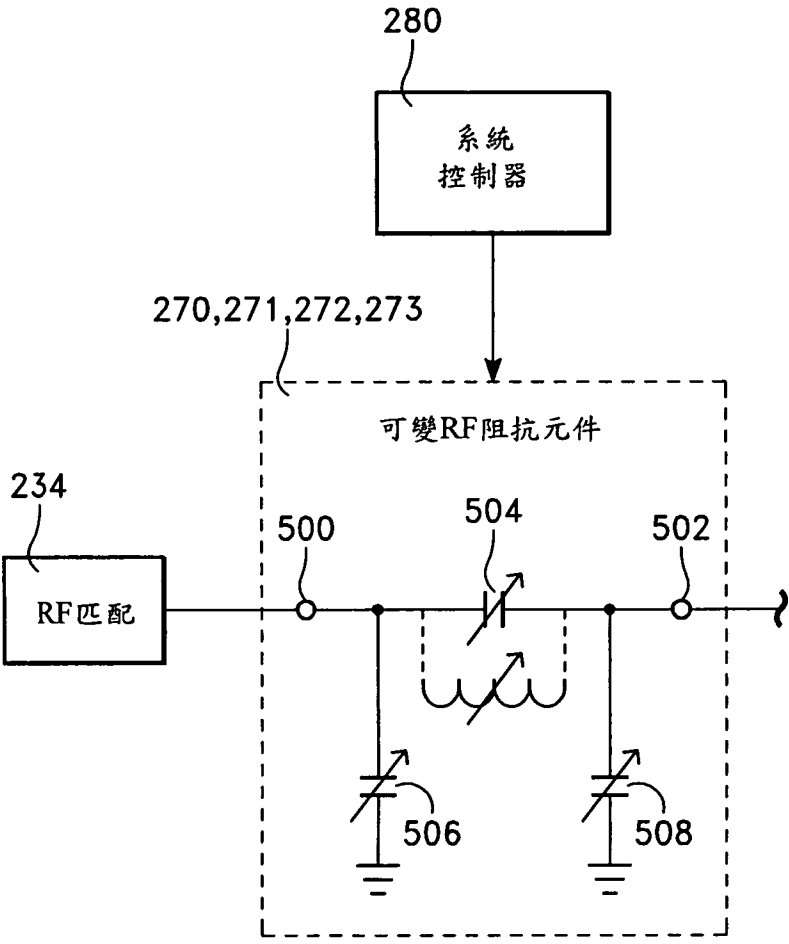
第3圖



第4圖



第5圖



第6圖