

(外) 5167 Northway Road, Pleasanton, CA 94566, U. S. A.

肆、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 美國 ; 2002/07/22 ; 10/200,833 ☒ 有主張優先權

(外) 5167 Northway Road, Pleasanton, CA 94566, U. S. A.

肆、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 美國 ; 2002/07/22 ; 10/200,833 ☒ 有主張優先權

(1)

玖、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明大致上關於處理基底的裝置及方法，基底包含用於 IC 製造之半導體基底或是用於平板顯示應用的玻璃面板。更特別地，本發明關於能夠在基底表面上以高度的處理均勻度處理基底之改進的電漿處理系統。

【先前技術】

電漿處理系統風行已有一段時間。多年來，利用感應耦合電漿源、電子迴旋加速器共振源(ECR)、電容源、等等的電漿處理系統已被導入並用於不同程度地處理不同項目，舉例而言，半導體基底及玻璃面板。

在處理期間，典型上使用多重沈積及／或蝕刻步驟。在沈積期間，材料被沈積於基底表面上（舉例而言，玻璃面板或晶圓的表面）。舉例而言，例如矽、二氧化矽、氮化矽、金屬等不同形式的沈積層可以形成在基底的表面上。相反地，可以採用蝕刻以從基底表面上的預定區域選擇性地移除材料。舉例而言，例如穿孔、接點、或溝槽等蝕刻特徵可以形成於基底的層中。

電漿處理的一特定方法使用感應源以產生電漿。圖 1 顯示習知的感應電漿處理反應器 200，其用於電漿處理。典型的感應電漿處理反應器包含室 202，以天線或感應線圈 210 配置於介電窗 212 上方。典型上，天線 210 操作地耦合於第一射頻(rf)電源 214。此外，氣體埠 215 設於室 202 的

(2)

壁內，室 202 配置成用於釋放例如蝕刻氣體源等氣體源材料至介電窗 212 與基底 206 之間的 rf 感應電漿區。基底 206 會被導入室 202 並配置於夾具 216 上，夾具 216 一般而言作為電極並操作地耦合至第二電源 218。

為了產生電漿，製程氣體會經由氣體埠 215 輸入至室 202 中。接著，使用第一 rf 電源 214，將電力供應至感應線圈 210。所供應的能量會經由介電窗 212 而耦合至室 202 中，在室 202 內部感應出 rf 磁場及相伴的大電場。電場會使存在室內的少量電子加速，在室內感應出循環流動的電流，循環流動的電子會與製程氣體分子相撞擊，這些撞擊會造成離子化及引發放電或電漿 204。如同此技藝中所習知般，製程氣體的中性氣體分子當遭受這些強大的電場時會損失電子，並留下帶正電的離子。結果，帶正電的離子、帶負電的離子及中性氣體分子（及／或原子）會包含於電漿 204 內。只要自由電子的產生速率超過其損耗速率，則電漿會點燃。

在說明書及申請專利範圍中，由 rf 感應天線產生的電磁場是 rf 電磁場。雖然在圖式中，電磁場呈現靜態的，但是，由 rf 感應天線所產生的電磁場通常是 rf 電磁場。

一旦形成電漿，電漿內的中性氣體分子傾向於被導至基底的表面。舉例而言，有助於中性氣體分子出現在基底處的機制之一是擴散（亦即，室內的分子之隨機運動）。因此，典型上延著基底 206 的表面可以發現中性物質（舉

(3)

例而言，中性氣體分子）層。相對應地，當底部電極 216 被供予電力時，離子傾向於加速朝向基底，於此，它們結合中性物質啟動蝕刻反應。

例如上述之感應電漿系統遭遇的問題之一是整個基底的蝕刻性能之變異，舉例而言，不均勻蝕刻率。亦即，基底的一區域與另一區域被不同地蝕刻。結果，相當難以控制與工件相關連的參數，舉例而言，積體電路情形中的關鍵尺寸、型態比、等等。此外，非均勻的蝕刻率會導致半導體電路中的裝置故障，典型上，對於製造者而言，這會轉換成較高成本。此外，也存有其它有關的議題，舉例而言，過蝕刻率、蝕刻輪廓、微負載、選擇性、等等。

近年來，已發現這些非均勻蝕刻率中的一因素可能是涵蓋基底表面上的電漿密度的變異結果，亦即，電漿具有含有較大或較少量的反應物質（舉例而言，帶正電的離子）之多個區域。雖然不希望受限於理論，但是，相信電漿密度的變異是由電漿區中的磁場及電場中發現的不對稱性所產生。假使電漿區中的磁場是不對稱的，則可以理解所感應的電場之循環電流將是不對稱的，因此，電漿的離子化及引發將會是不對稱的，且將面臨電漿密度差異。

圖 1 中所示的實施例天線 210 設計成降低不對稱電力耦合。天線 210 包含二對同心平面天線及在結構上具有複雜的剖面，在此結構處，天線元件相連接且 rf 電力饋送會連接至此。但是，提供 rf 電力饋送的需求意指天線無法完美地方位角對稱。即使缺乏 rf 電力饋送，在典型上用

(4)

於電漿處理的 rf 頻率時，天線元件表現得更像傳輸線，而不是集總元件，以致於圍繞天線之電流強度會有差異，而在所產生的磁場樣式中造成方位不對稱。

已有其它天線配置發表，以改進電漿區中的電磁場之對稱性，因而改進電漿均勻性。美國專利號 5,729,280(Holland 等)說明一種天線，其具有特別螺旋結構以測試及平均導因於傳輸線效果之具有相對較高及較低電流的區域。一些方法使用多重主動啟動天線。美國專利號 5,401,350(Patrick 等)說明線圈配置，其包含第一螺旋線圈及第二螺旋線圈，第一螺旋線圈藉由第一匹配網路附著至第一 rf 源，第二螺旋線圈在第一螺旋線圈之內，藉由第二匹配網路連接至第二 rf 源。美國專利 5,731,565(Gates)說明連接至電源的線圈式天線，其中，天線的中央線圈部份可以選擇性地連接成天線。

即使天線可以製成產生完美對稱的電磁場，偏離處理室或處理室中的任何元件的直角圓柱完美對稱將會在電漿處理區導入 rf 場的不對稱。舉例而言，與夾具 216、工件 206、室殼、窗 212 或天線 210 的圓柱對稱之任何不對齊會將一些不對稱導入於電漿處理系統中。正常的製造公差也意指電漿處理系統的某些部份將不會是完美的圓柱對稱。舉例而言，電漿室的壁厚度之變化會影響電漿產生區的 rf 場之不對稱性。即使在電漿區的 rf 場無法製成完美地對稱，則假使晶圓未能正確地對齊時，或假使電漿產生區與工件的表面之間的 rf 場分佈有變異，則仍將產生工件電

(5)

漿處理之非均勻性。

因此，無論上述對天線產生的電磁場之對稱性的改進為何，在晶圓表面上仍然可能有顯著的非均勻性，且即使電漿室中有完美的對稱電磁場分佈，仍無法確保晶圓的完美均勻蝕刻。

慮及上述，需要改進的方法及裝置，以增進基底表面處理的均勻性。隨著製程朝向更小的尺寸，舉例而言，目前要求 $0.1\mu\text{m}$ 尺寸，所以，仍然需要成正比的蝕刻率均勻性的精密改進。

【發明內容】

根據本發明的第一態樣，提供用於在電漿處理裝置中產生 rf 場分佈之天線配置。此配置包含 rf 感應天線，rf 電源可以連接至其以供應 rf 電流以產生第一 rf 場。rf 場可以延伸至電漿產生區中。被動天線會感應地耦合至 rf 感應天線。被動天線會配置成產生第二 rf 場。第二 rf 場會修改第一 rf 場，以致於電漿室中的 rf 場分佈會增加處理裝置的處理均勻性。

根據本發明的又一態樣，提供用於在電漿處理裝置中產生 rf 場分佈之天線配置。此配置包含 rf 感應天線及被動天線。被動天線是感應地耦合至 rf 感應天線並配置成產生會修改 rf 場分佈的徑向分佈之 rf 場。提供裝置，以移動被動天線以改變 rf 場分佈的徑向分佈。

根據本發明的又一態樣，提供用於增進電漿處理裝置

(6)

中電漿處理均勻性之方法。天線配置會在電漿處理裝置內產生 rf 場分佈，並包含 rf 感應天線及被動天線，rf 感應天線連接至 rf 電源以供應 rf 電流以產生延伸至電漿產生區中的第一場，被動天線配置成產生第二 rf 場。該方法包括感應地耦合被動天線及 rf 感應天線之步驟。被動天線是定位成使得第二 rf 場修改第一場，以致於電漿處理裝置中的 rf 場分佈會增加處理裝置的處理均勻性。

根據本發明的又一態樣，提供調諧用於電漿處理裝置中的 rf 天線的 rf 場分佈之方法。rf 天線的 rf 場分佈會被決定。提供至少一被動天線，其感應地耦合至 rf 天線。然後決定被動天線於 rf 場分佈上的效果。

【實施方式】

本發明係關於增加電漿處理裝置或工具中的工作上的處理均勻性之方法及裝置。圖1係顯示如上所述之習知的電漿處理裝置。該裝置包含連接至 rf 電源的感應 rf 天線 210，rf 電源係提供 rf 電流源給天線。簡而言之，rf 天線在點燃及維持電漿 204 的處理室 202 中的電漿處理區中產生 rf 電磁場分佈。

在 rf 天線上會有 rf 電壓且在 rf 天線上會有 rf 電流。rf 電壓會延著天線的長度變化且最大的電壓差典型上是從一端（亦即終端）至另一端（亦即終端）。rf 天線上的 rf 電壓及 rf 天線中的 rf 電流會影響電漿。

rf 天線上的 rf 電壓在電漿中直接產生電場。對天線

(7)

上的 rf 電壓之電漿耦合典型上稱為電容式耦合。在 rf 天線中的 rf 電流會在電漿中產生 rf 磁場，其會在電漿中感應 rf 電場。對 rf 天線中的 rf 電流的電漿之耦合典型上稱為電感式耦合。因此，在 rf 天線與電漿之間可以有 rf 電感式耦合及 rf 電容式耦合。在下述中，「rf 場分佈」一詞除非文中另有說明，否則將會用以表示具有電感式（亦即，磁性的）部份及電容式（亦即，電性的）部份之 rf 電磁場分佈。

對於電感式電漿源，以電感式耦合從天線耦合至電漿的電力量大於以電容式耦合耦合至電漿的電力量。即使對於電感式 rf 天線而言，電容式耦合的效果是重要的。以電容式耦合開始電漿，然後以電感式耦合維持。而且，隨著 rf 電壓延著 rf 天線的長度變化，從天線至電漿的電容式耦合在天線的不同部份是不同的。電容式耦合的變化可以以可見圖案看見，可見圖案係由電漿離子蝕刻於介電窗的底面，電漿係從電容式耦合最強的區域之介電窗濺射材料。

某些電漿處理系統使用法拉第屏蔽以降低感應式天線對電漿的電容式耦合。此法拉第屏蔽是大的平坦金屬碟，具有多個徑向槽，且其位於感應式天線與介電窗之間。假使法拉第屏蔽是在零伏特的電位，則對電漿不會有電容式耦合。假使法拉第屏蔽是處於均勻的非零 rf 電位，則對電漿的電容式耦合會是均勻的。在法拉第屏蔽中設置徑向槽以防止 rf 電流被 rf 天線感應，否則會阻礙 rf 天線與電

(8)

漿的電感式耦合。即使缺乏任何電容式耦合，結果，由於 rf 磁場部，室中的 rf 場分佈將仍然具有某些 rf 電部份。

圖 2 顯示類似於圖 1 中所示的電漿處理裝置但包含根據本發明的天線配置實施例之剖面圖。天線配置包含電感式 rf 天線 210 及第一被動天線 220 和第二被動天線 222。圖 3 顯示電路圖，其顯示用於電感式天線的電流路徑，而圖 4 顯示平面視圖，說明被動天線相對於電感式天線的定位。圖 2 顯示圖 4 的 AA' 剖面圖。

電感式天線 210 包括第一、上對圓形天線元件 224 及第二、下對圓形天線元件 226。上對包括內回路天線元件 228 及外回路天線元件 230。下對也包括內回路天線元件 232 及外回路天線元件 234。上及下對是以中心軸 245 為中心之同心圓，中心軸實質上垂直於天線平面延伸。中心軸與電漿室 202 本身實質上圓柱對稱的軸共直線。

每一天線元件由幾乎 3/8" (0.9 cm) 正方剖面的鍍銀的銅所製成。感應式天線具有約 6" (14.5 cm) 的內徑以及約 8" (19.4 cm) 的外徑。天線元件安裝於商標名 Teflon 之 PTEE 製成之圓形的十字剖面支撐件 236 上。支撐件的尺寸足已防止天線元件之間產生電弧。支撐件用以將天線元件固持於正確的相對空間位置中也有助於防止天線元件在操作期間在磁力下互斥排開。

如圖 3 所示，天線元件會在其自由端連接以提供單一電流路徑，以致於電流在天線平面內以同樣方式流動。rf 電流饋線 238 及 240 設於天線 210 的自由端，在操作期間，

(9)

rf 電源 214 會藉此將 rf 電流供應給天線。由於感應式天線連接至 rf 電流以致於 rf 電流在天線中流動，所以，其可以被視為主動天線。rf 電流饋線是在天線將產生之佔主要地位的對稱電磁場圖案中的方位角不對稱源。一般而言，不是所有 rf 天線設計成方位角對稱。rf 感應式天線 210 的構造之細節更詳細地見於 Wilcoxson 等於 2001 年 12 月 18 日申請之美國專利申請案序號 10/033,807 "Method and Apparatus For Producing Uniform Process Rates"，其內容於此併入參考。

本發明不限於圖式中所示的範例 rf 天線。可以使用任何 rf 感應式天線配置以實施本發明。舉例而言，交流的 rf 感應式天線具有單一或多個螺旋天線元件，纏繞成平坦螺旋或是纏繞成平躺在半球形表面上。在此 rf 天線的另一實施例中，在相鄰的螺旋線圈之間的氣隙可以用以防止天線構件之間產生電弧。

如圖 2 及 4 所示，被動天線 222 安裝於支撐件 400 上。支撐件 400 包含以軸頸方式接合於支撐體 404 中，支撐體 404 係以支腳 406 樞接地安裝於電漿室上。臂在第一端具有手柄 408 且被動天線附著於另一端。支撐件允許被動天線的位置及方向可以相對於感應式天線被調整。被動式天線可以沿著臂的軸平移 410，圍繞臂軸旋轉 412，且支撐體 404 可以被旋轉 414。任一或每一被動天線的位置可以於需要時以任何方式改變。舉例而言，被動天線可以相對於 rf 天線，在三維方向上被平移、旋轉、傾斜，或者另一情形

(10)

是被定向。

實際上，每一被動天線會由連接被動天線至電漿處理裝置的部份之支撐結構固持於適當位置。爲了簡明起見，未顯示用於第二被動天線的支撐件。支撐件可以用以改變被動天線的位置及方向，將被動天線固持於較佳位置及防止磁力移動被動天線。或者，被動天線可以被置於電漿室的輔助部上，舉例而言，輔助部爲窗溫度控制裝置，其提供支撐給天線。

圖4係顯示本發明的天線配置之平面視圖。第一被動天線220及第二被動天線222均具有'D'形狀並由幾乎1"(2.4 cm)寬鍍銀的銅帶製成。被動天線可以由任何導電材料製成，但是，較佳地是金屬並具有儘可能高的導電率。將天線饋電點處的rf感應式天線中的間隙取爲12點鐘，則第二被動天線222位於對應於幾乎1點鐘且在感應式天線的週圍外部的角度位置。第二被動天線220位於對應於幾乎7點鐘且在感應式天線的周圍內的角度位置。被動天線稍微位於感應式天線的上表面上方，且在實質上平行於感應式天線的平面之平面內。

已說明天線配置的安排及結構，現在將特別參考圖5、6及7，說明天線配置的操作。爲了簡明起見，「方位角」用以表示如圖4中的線250所示之以電漿處理裝置的中心軸爲中心之角位移。

圖5顯示蝕刻速率的輪廓圖260，其係使用類似於圖1中所示的習知電漿處理裝置所處理的晶圓表面上的位置之

(11)

函數。圖的上方中心對應於 RF 天線饋電的位置，且圖的中心對應於電漿處理裝置的中心軸 245。輪廓標記以每分鐘埃為單位標示蝕刻率。如同所視，蝕刻率在朝向圖的底部左方之扇區是最高的，且在朝向圖的上部右方之扇區是最低的。因此，橫跨晶圓具有蝕刻率梯度。而且，在圍繞晶圓的不同方向上蝕刻率是不同的，因此，在晶圓上，蝕刻率會有方位角不對稱。在晶圓表面上的平均蝕刻率是 29.9 nm/min，標準偏差為 1.0 nm/min 以及 3.5 nm/min 的範圍。

圖 6 係顯示蝕刻率的輪廓圖 270，其係經過處理的晶圓的表面上的位置的函數，該經過處理的晶圓係藉由使用與對應於圖 260 的製程中所使用的相同製程但是使用具有如圖 2 及 4 所示的天線配置的電漿處理裝置，而受處理的。圖的上方中心對應於 RF 天線饋電的位置，且圖的中心對應於電漿處理裝置的中心軸 245。輪廓標記以每分鐘埃為單位以標示蝕刻率。如同所視，蝕刻率在朝向圖的左方之扇區是最高的，在朝向圖的右上方之扇區是最低的。但是，晶圓表面的平均蝕刻率是 29.7 nm/min，可以與習知製程相比較，但是，具有 0.5 nm/min 的標準偏差以及 1.8 nm/min 的範圍，亦即，蝕刻率的均勻性變二倍且相對於角度之蝕刻率的變化已減少。因此，使用本發明的天線配置之蝕刻率，相較於習知技藝，具有較大的均勻性及方位角對稱性。

不希望受限於理論，但是，相信被動天線是修改電漿

(12)

產生區中的 rf 場分佈以增加電漿產生區中的 rf 場分佈的方位角對稱性之因素。假使 rf 天線及晶圓不是同軸對齊的，則另一因素將是重要的。在此情形中，無論由天線獨自產生的 rf 場分佈有多麼對稱，晶圓表面上的蝕刻率仍可能有顯著的差異。然後，使用被動天線以修改電漿室內的 rf 場分佈，且藉由產生會增加晶圓表面上低蝕刻率的區域之蝕刻率的 rf 場分佈，且反之亦然，則事實上可以降低電漿室內的天線 rf 場分佈之對稱性，但是，卻真正地增加晶圓表面上的處理率之均勻性。

圖 7 係顯示延著圖 4 的線 AA' 之 rf 天線 210、第一及第二被動天線 220 和 222、電漿產生區 252 及晶圓 206 的剖面圖。圖 7 也顯示天線配置的瞬間電流及磁場分佈。如同 rf 週期中的瞬間所示般，rf 天線中的 rf 電流正進入 rf 天線的右手側（進入紙中）及離開 rf 天線的左手側（離開紙）。此電流造成實線所示的磁場樣式。

根據楞次定律 (Lenz's) 第一被動天線 220 會將 rf 天線磁場的磁通量鏈結，在被動天線中感應電流，以相反於被動天線內的 rf 天線磁場之方式，產生虛線所示的被動天線磁場。因此，被動天線的區域上的淨磁場會降低。在本實施例中，在被動天線的區域外部的區域中，被動天線磁場可以與 rf 天線磁場在相同方向上，以致於淨磁場可以增加。實際上，由於被動天線的材料不是完美的導體，所以，在被動天線內的磁場未被完美地抵消。第一被動天線 220 的效果是在 rf 天線之內的被動天線的位置處之磁場會

(13)

被降低，因而改變處理室內及電漿產生區 252 上的 rf 場分佈。應瞭解，由於來自 rf 天線的磁場是 rf 磁場，所以，由被動天線產生的磁場也是 rf 磁場。

第二被動天線 222 也會鏈結 rf 天線磁場的磁通量，並且，根據楞次定律，會在被動天線 222 中感應電流，以相反於被動天線內的 rf 天線磁場之方式，產生虛線所示的被動天線 rf 磁場。因此，被動天線的區域上的淨磁場會降低。實際上，由於被動天線的材料不是完美導體，所以，被動天線內的磁場不會被完美地抵消。第二被動天線 220 的效果是在 RF 天線外部的被動天線的位置處之磁場會被降低，藉以改變室內及電漿產生區 252 上的 rf 場分佈。如圖 6 所示，二被動天線的淨效果是增加晶圓表面上的蝕刻率之均勻性。

如同上述，有一些有助於使用被動天線以降低處理非均勻性的因素。被動天線可以用以增加電漿產生區中的 rf 場分佈之對稱性（舉例而言，方位角對稱性）。被動天線可以用以修改電漿處理室中的 rf 場分佈，以降低 rf 天線或電漿處理裝置中任何固有的不對稱性。而且，被動天線可以被用以降低 rf 天線 rf 場分佈的對稱性，舉例而言，假使由於晶圓與 rf 天線未對齊而這會造成更均勻的處理率。而且，被動天線可以被用以修改電漿室內的 rf 場分佈以反制電漿處理室的元件對於電磁場分佈的任何效果，以改進橫跨晶圓之電漿處理的均勻性。

如圖 2、4 及 7 所示，被動天線會藉由鏈結 rf 天線磁場

(14)

的通量而感應地耦合至 rf 天線。在另一實施例中，被動天線之一或全部可以與 rf 天線電接觸。但是，儘管天線是被動天線，僅有感應的 rf 電流會流通而非被啟動的 rf 電流。被動天線將與 rf 天線維持在相同電壓。

因此，本發明藉由使用適當置放及形狀的被動天線以修改 rf 場分佈，以致於增加晶圓的處理均勻性，而提供電漿處理裝置內的 rf 電磁場分佈之微調或修整之方式。

慮及上述討論，有很多實施被動天線的可能方式，它們取決於包含形狀、尺寸及 rf 場分佈需要被修改的本質等因素以及被動天線可以被置放的電漿處理裝置之內可利用的空間等更實際的事務而定。被動天線相對於 rf 天線的位置也將是因素，被動天線相對於 rf 天線的方向也是因素。

圖 8A-J 顯示被動天線的另一可能實施例。被動天線具有導電回路的結構，提供低電阻電流，以致於會由被動天線鏈結的 RF 天線通量感應出合理強度的磁場。圖 8A-G 顯示另一被動天線形狀的立體視圖。被動天線具有曲線形狀，舉例而言，圓形、弧形、新月狀、卵形或橢圓形。被動天線也可以具有實質上多邊形，舉例而言，方形或三角形，可以為長方形或不規則多邊形。天線可以具有不規則形狀，由直線及曲線部份或是二者的組合所製成。圖 8A 至 G 的被動天線具有實質平坦的平面形狀。圖 8H 的被動天線具有較不平面的「馬鞍」形狀，圖 8I 的被動天線也具有非平坦的平面形狀。在如圖 8J 所示之又一實施例中

(15)

，被動天線可以是3維體，舉例而言，球體、橢球體、扁橢球體、扁長橢球體、立方體、及較多邊的多邊體。3維體可以是規則形的或不規則狀的，也可以具有無空隙表面或是具有一孔徑或複數個孔徑於其中。

圖9顯示本發明的天線配置300的又一實施例。RF感應天線210廣義上與先前所述相同。在此配置中，設有鍍銀的銅圓帶形式的被動天線280且其設置成與RF天線同軸。被動天線安裝於支撐件500上，以致於延著電漿處理裝置的中心軸245的被動天線之位置可以改變。

支撐件包含臂502，臂502通過支撐體504中的孔徑以致於臂可以延著軸245滑動。臂的第一端具有柄506，臂的第二端具有徑向延伸的安裝元件508，藉由安裝元件508，被動天線280附著至支撐件。安裝元件可以設有方位角對稱。支撐件可以是非導電的且可以規劃成不會產生任何進一步實質的電場或磁場不對稱。支撐件使被動天線與感應天線維持共軸，且支撐件的柄506可以操作以改變被動天線延著軸245的位置。

顯示具有所示電流分佈之rf周期中的一瞬間，由RF天線產生的磁場的磁場線。被動天線會鏈結rf天線磁場的磁通量，且根據楞次定律，在被動天線280中感應電流，而在被動天線的區域內產生與rf天線場相反的磁場（以虛線部份地顯示）。因此，朝向中心的電漿區252中的磁場強度會降低。但是，如圖9所示，被動天線磁場會作用以增加被動天線外面的磁場。因此，圍繞周圍之電漿

(16)

區 252 中的磁場強度會增加。因此，將圓形被動天線設成與圓形 RF 天線同軸，可以修改電漿室內及電漿產生區 252 中的 rf 場分佈之徑向分佈。因此，可以改變電漿產生室內的徑向 rf 場分佈，以調諧磁場以使使用諸如氬及氦等不同蝕刻劑之電漿處理裝置最佳化。

不同直徑的被動天線將改變電漿產生區中的電磁場的徑向分佈。而且，延著中心軸 245 移動被動回路將改變 rf 場分佈。將被動線圈移離 rf 天線及電漿區而進入位置 282 (如圖 9 中所示向上)，將改變被鏈結的 rf 天線通量的量，也將降低被動天線場對室內 rf 場分佈的貢獻。將被動線圈朝向電漿區 252 移至位置 284，也將改變 RF 通量鏈結，但將降低被動天線與室之間的距離，藉以增加被動天線場對 rf 場分佈的效果。

在另一實施例中，被動天線 286 在 RF 天線的外面並圍繞 RF 天線以改變電漿區的電磁場的徑向分佈。雖然在圖 9 中顯示圓形 rf 天線，但是，天線配置可以包含不同形式的 rf 天線，舉例而言，螺旋天線或半球形螺旋天線。在其它實施例中，被動天線可以設置成與 rf 天線非共軸，且可以與 rf 天線的形狀相同或不同。在圖 9 中所示的實施例中，延著 rf 天線軸移動被動天線意指其實質上為被修改的 rf 場分佈的徑向分量。對於 rf 天線及被動天線的不同幾何形狀以及被動天線及 rf 天線的不同相對移動而言，於需要時，rf 場分佈的其它分量將多多少少被修改，以便增加微調處理或增加處理的均勻性。

(17)

圖 10 顯示本發明的天線配置之又一實施例 320 之立體視圖。在本實施例中，被動天線 330 以屏蔽形式設置，包圍 rf 天線 210 及延著 rf 天線的 rf 饋電部份除外之 rf 天線大部份的長度延伸。在另一實施例中，被動天線也包圍 rf 天線的 rf 饋電部份。假使天線的 rf 饋電部份是 rf 天線 rf 場中的不對稱性之主要來源，這是有利的。被動天線 330 具有實質的環狀。被動天線是由適當形狀的鍍銀的銅片所製成。由於延著 rf 天線的整個長度包圍 rf 天線之屏蔽被動天線將包全地包含天線的 rf 磁場，不允許 rf 磁場到達電漿產生區，所以，在被動天線中應設置至少一間隙。如同下述將更詳細說明般，被動天線的剖面形狀與 rf 天線在無任何不對稱性下將產生之磁場的磁場線之形狀相同。被動天線的表面是其與 rf 天線場的所需對稱部份平行。圖 10 中所示的被動天線之實施例 320，在要求饋電位置及間隙以允許 RF 天線磁場之限制內，有利於 rf 天線場中某些不對稱性的最大排除。

被動天線 330 也某種程度上作為法拉第屏蔽。位於 rf 天線與窗之間的被動天線表面部份提供實質上環狀的法拉第屏蔽並降低 rf 天線與電漿之間電容式耦合(雖然在電漿室內仍然有 rf 場分佈的電容成份)。但是，屏蔽的被動天線 330 被規劃成從感應場移除不需要的不對稱性以修改 rf 場分佈。相反地，習知的法拉第屏蔽配置成通過 rf 場的感應部而未修改它。

圖 1 係顯示本發明的天線配置之又一實施例 340 的立體

(18)

視圖。在本實施例中，被動天線 350 以屏蔽形式設置，延著相反於 rf 天線的饋電部之部份，包圍 rf 天線 210。被動天線是由適當形成的鍍銀的銅片所製成。被動天線再度具有與 rf 天線場的對稱部之磁場線平行的剖面形狀，以屏蔽掉不對稱部份。由於天線的饋電部被視為 rf 天線磁場圖案的不對稱性的主要來源，所以，被動屏蔽天線可以設置在直徑上與饋電部相反的圍繞 rf 天線之位置處。

現在參考圖 12A-C 及 13，說明被動天線的屏蔽態樣之操作原理。圖 12A 至 12C 顯示 RF 天線 210 的剖面圖。圖 12A 顯示用於完美對稱的 RF 天線之 RF 周期的瞬間之磁場線 342。圖 12B 顯示用於非對稱 RF 天線的 RF 周期之瞬間的磁場線 344，其中，代表場圖案的不對稱部之耳垂部 346 已被加至圖 12A 的完美場圖案。圖 12C 顯示屏蔽的被動天線 360，其具有與對稱的 RF 天線場圖案相同的剖面形狀。被動天線的表面在耳垂部除外的每一位置處均與磁場的磁場線 344 平行。

在耳垂部 362 的磁場的每一部份可以被分解成平行對稱場線 342 的分量 364 及垂直於對稱場線 342 的分量 366。由於被動天線表面平行於對稱場，所以，其會在與平行於對稱場的分量相平行的所有地方，以及在出現在與任何垂直分量垂直的表面之所有地方。如同圖 13 所示，在被動天線上的位置 368，根據楞次定律，垂直分量將在被動天線中感應表面電流 370，而產生磁場 372 以抵消垂直分量。因此，被動天線 360 與 rf 天線的磁場感應地耦合，且會感應出

(19)

表面電流，抵消被動天線表面上任何一處的 rf 天線之非對稱部。因此，rf 天線場的對稱會增加，因而增加電漿產生區中的電磁場之對稱性。

圖 14 至 17 顯示屏蔽感應式耦合被動天線的另一實施例。圖 14 中所示的被動天線 380 係為具有第一間隙 381 及第二間隙 383 的鍍銀的銅製成的實質圓形、環形板。板的環狀部之寬度小於環狀板的內徑之半徑。使用二間隙以增加被動天線的法拉第屏蔽態樣之功效。與單一間隙的情形相比，二間隙會降低環狀屏蔽的相鄰端之間的電位差。可以使用二個以上的間隙。被動天線的形狀配置成允許感應表面電流以移除 rf 天線場的未必要之非對稱部，以修改 rf 場分佈的感應部份。在此屏蔽中，天線將設置成與 RF 天線共圓並在其上方或下方。被動天線當未至少部份地配置於 rf 天線與電漿之間時，將不會提供法拉第屏蔽效果。此被動天線可以屏蔽掉與其表面垂直的 RF 天線磁場之非對稱成份。雖然外表上類似於習知的法拉第屏蔽，但是，被動天線 380 與習知的法拉第屏蔽區別之處在於被配置成產生允許在其表面感應表面電流之電流路徑，以抵消 rf 天線場的不必要感應部份。相反地，法拉第屏蔽特別配置成使 rf 場的感應部份未改變地通過。

圖 15 係顯示環狀、三邊長方槽以將 rf 天線場的不必要部感應部份從側邊及下方屏蔽掉。於適當時且取決於需要符合的 RF 天線磁場圖案形狀時，也可以使用例如 U 或 C 形剖面的曲形槽。而且，在被動天線中可以設置一個以

(20)

上的間隙，以改進其法拉第屏蔽性能。屏蔽的被動天線之其它實施例可以包含屏蔽的內壁、外壁、上壁或側壁，或其任何組合，具有適宜應用之儘可能多的間隙。

圖 16 顯示天線配置的又另一實施例 384。在本實施例中，rf 感應天線 386 顯示為具有 rf 饋電點 388 的簡單線回路。在無 rf 饋電及任何其它方位角對稱導入機構之情形下，線回路將具有角向磁場圖案。被動天線 390 以六個金屬的、曲面圓柱段的形式設置，每一段均包圍一段 rf 天線。每一段均具有個別的徑向延伸金屬肋 391，藉由這些肋 391，這些段在中心轂 392 連接。這會改進被動天線 390 的法拉第屏蔽效果。每一段具有幾乎相同的長度且段與段之間的間隔幾乎相同。因此，每一段及間隙會於約 30° 的角度延伸，且這些段是圍繞 rf 天線等角度地規則間隔。以此方式，被動天線製成儘可能方位角對稱的，藉以幫助降低由被動天線導入任何方位角不對稱性。而且，被動天線實質上延著 RF 天線的整個

長度設置，有助於降低電漿區中的方位角對稱性的大規模不對稱性，而小規模的電漿擴散有助於增加電漿本身的整體方位角對稱性。這些段的精密定位可能不是完美的方位角對稱，而有助於抵消天線饋電的位置效果。此外，在另一實施例中，將有奇數段，以致於是段而非間隙與饋電的位置直徑上相反。

屏蔽被動天線 390 的每一段某一程度上作為 rf 天線產生的磁場上的擾動。可以藉由使每一段的端部邊緣之剖面

(21)

形狀與無被動天線時段與段之間間隙區的 rf 天線磁場將具有的磁場線相同，以降低屏蔽天線段的擾動效果。舉例而言，在無屏蔽天線 390 時，圓形 rf 天線的自然、對稱的磁場將為角向磁場，其在垂直於線回路 rf 天線 386 的線之平面中具有圓形剖面。因此，藉由使邊緣 387 的剖面形狀、這些段的每一端部 389 的剖面形狀也為圓形，可以降低屏蔽天線段的擾動效果。這將有助於被動天線中屏蔽段與間隙之間的轉換平順。

雖然圖 16 中的被動天線之剖面顯示成延著每一段的長度相同，但是，被動天線的剖面形狀延著其延著 rf 天線的長度而變化，會是適當的。但是，使被動天線的端部之邊緣的剖面形狀與 rf 天線磁場在無被動天線時將具有的磁場線相同，可以有助於降低 rf 場分佈上的被動天線的擾動效果。

圖 17 顯示屏蔽的被動天線 392 的最簡單實施例。在本實施例中，被動天線以實質上平面的、長方形鍍銀的銅片之形式設置。此鍍銀銅片會提供表面電流路徑 394，以致於當其相鄰於 rf 天線時，可以感應地耦合至 rf 天線場，且將會產生抵消場以降低 rf 天線場的不對稱部分及修改電漿室中的 rf 場分佈，以致於增加處理均勻度。

圖 18 顯示類似於圖 2 所示的電漿處理裝置但具有增加的電磁鐵配置 510 之電漿處理裝置 500 的剖面視圖。電磁配置包含與電漿室同圓心的第一外圓形線圈 514 及第二內圓形線圈 516。每一線連接至可變 DC 電源 520，可變 DC 電

(23)

助於以類似於電漿的配置以固持電漿表面的電漿成份，所以，在晶圓表面，電漿分佈中的任何不均勻將會更明顯。因此，藉由使用 DC 電磁鐵配置 510 或磁桶配置或二者所提供的 DC 磁場，可以增強電漿表面處對於電漿分佈中任何不對稱性之蝕刻均勻度的影響。但是，藉由使用被動天線，可以降低電漿分佈中的不對稱性，以致於可以實現使用 DC 磁場以增加電漿成份傳輸至晶圓表面的優點，不會顯著地降低蝕刻均勻性。由於當 DC 磁場存在時，rf 天線不對稱性在晶圓上的影響大，所以，當 DC 磁場存在時，使用被動天線以消除不對稱性之受益會更大。

從另一觀點而言，在欠缺 DC 磁場的電漿成份準直效果時，橫向電漿成份可以增加晶圓表面上的蝕刻均勻度。由 DC 磁場降低橫向擴散意指由被動天線所造成的電漿均勻度更有用地普及至晶圓表面，以提供均勻蝕刻。因此，使用永久磁桶及／或電磁鐵配置所提供的固定的或緩慢時變的 DC 磁場，可以增強被動天線對蝕刻均勻性的效果。

圖 19 係顯示流程圖，說明用於調諧設置在電漿室中的場分佈之方法。一般而言，在方法 610 開始時，第一步驟 620 是決定導因於 rf 天線的 rf 場分佈。在第二步驟 630 中，被動天線會加至 rf 天線並感應地耦合至 rf 天線。然後，在步驟 640 中，決定導因於被動天線與 rf 天線之間的相互影響而造成的改變的 rf 場分佈。假使依準則決定造成的 rf 場分佈以造成增加的處理均勻性(650)，則方法會於步驟 600 結束。

(24)

或者，假使在步驟 650 決定被動天線未造成增加的處理均勻度或是處理均勻度的增加未符合標準，則在分枝步驟 635 中，藉由增加又一被動天線，或是原來的被動天線可以由不同的被動天線取代，或是原來的被動天線可以重新配置，舉例而言，藉由重新定位其相對於 rf 天線的位置，以“增加”被動天線 (630)。接著重新決定新的改變的 rf 場分佈 (640)，及重新決定處理均勻度的增加 (650)。增加被動天線及重新決定 rf 場分佈的步驟可以依需要而一再重覆多次，直至達到選取的處理均勻度標準或臨限值。

現在將更詳細說明調諧方法 600 的另一實施例。

在一實施例中，調諧方法可以是計算的，可以關於增加電漿室中的電漿產生區中 rf 天線及被動天線所產生的 rf 場的對稱性，或是改變電漿處理裝置中的 rf 場分佈以增加處理均勻度。可以使用電腦及適當的電磁場模型軟體，執行 rf 場分佈的決定。商業上可取得的套裝軟體之實施例可以是 Ansoft 公司所提供的 Maxwell 3d。給定 rf 天線的形狀及某些邊界條件，可以計算圍繞天線之空間中的向量 rf 場的不同分量。天線的形狀可以改變，且不同的被動天線可以加至計算中以最佳化而取得對於某些限制而言為最均勻的結果 rf 場，舉例而言，防止電弧之最小的天線部分離。

如圖 20A、B & C 所示，真實的 rf 天線 700 可以概念化為完美對稱的 rf 天線 710 及擾動部 720，代表 rf 天線饋

(25)

電及交錯部。目的是提供被動天線，其會降低擾動部 720 對於 rf 場分佈的貢獻，並使被動天線對於對稱部 710 提供的 rf 場分佈之影響最小化。理想的解決之道是被動天線具有與擾動部 720 相同的形狀並具有相等且相反相位的 rf 電流流入其中。但是，被動天線未佔據與實體饋電及交錯部相同的實體空間。起初，考慮 rf 饋電、任何遺失的區段及其它非對稱源，以及無任何被動天線下，僅單獨對受供電的 rf 天線計算 rf 場分佈 (620)。

然後，導入一或更多被動天線 (630) 及再度計算 rf 場分佈 (640)，以及評估對處理均勻度的影響 (650)。舉例而言，假使知道電漿處理裝置中有特別的處理不均勻源，而 rf 場分佈要為此而被改變或修正時，可以提供不同的被動天線配置，以及重新計算 rf 場分佈 (635)，直至達到造成最對稱的計算的 rf 場分佈、或是提供增加的處理均勻度之 rf 場分佈之較佳被動天線配置。接著，實現及實施計算導出的被動天線。

在方法的另一實施例中，使用電磁場量測裝置以量測 rf 天線以及 rf 天線和被動天線的 rf 場分佈。rf 天線置於蝕刻室中或是置於 rf 測試台中並使用低壓訊號供電。使用 rf 拾訊探針以量測無任何被動天線存在時圍繞 rf 天線的空間中的向量 rf 場分佈，以決定 rf 場分佈 (620)。適當的 rf 拾訊探針包括彎成單一回路及具有短路至外導體的內導體之堅硬的同軸導體之短區。一或更多被動天線會被加至 rf 天線 (630)，以及使用 rf 探針再度量測所造成的 rf

(26)

場分佈以決定被改變的 rf 場分佈(640)。決定受量測的 rf 場分佈是否符合例如特定對稱程度等處理均勻性準則(650)，假使爲否，則組合其它的被動天線配置以及量測它們的 rf 場分佈(635)。影響所產生的 rf 場的被動天線數目、位置、方向、形狀及其它特性可以改變以便提供最佳化的處理均勻度。當導出適當的 rf 天線及被動天線配置時，rf 天線及被動天線可以安裝於電漿蝕刻裝置中且它們的相對位置會固定成可以執行進一步量測或測試或是可以直接執行電漿處理。

在處理均勻度調諧方法 600 的另一實施例中，工作處理用以幫助決定 rf 場分佈。使用晶圓作爲工件，且將晶圓設於電漿處理工具中。使用 rf 天線但無被動天線，以執行蝕刻，以及，舉例而言，藉由量測橫越晶圓表面的蝕刻率，量測及量化橫越晶圓的處理均勻度。蝕刻均勻率與電漿室內的 rf 場分佈有關，因而藉由此步驟 620 以決定 rf 場分佈的量測。接著將被動天線加至 rf 天線線 630 並在相同的處理條件下蝕刻另一工件晶圓，以及量測處理過的晶圓及量化橫越晶圓表面的蝕刻程度。接著取得單獨 rf 天線與 rf 天線和被動天線處理之間的差異，以量測被動天線對於蝕刻均勻度的效果。舉例而言，在 rf 天線的第一角度位置之被動天線會增加晶圓上對應的角度位置處的蝕刻率。被動天線可以接著由不同形狀或尺寸的被動天線所取代，或者，被動天線的位置或方向改變，或者，增加又一天線(630)，然後，在新晶圓上執行另一蝕刻以決定該

(27)

配置的處理均勻度。藉由與僅有一 rf 天線之蝕刻均勻度相比較，評估新的 rf 天線及被動天線的配置對於 rf 場分佈的影響。這些步驟可以隨著不同的 rf 天線及被動天線配置而重覆多次（635）。

可以從單獨 rf 天線蝕刻圖案及完全均勻蝕刻圖案之間的差異，決定需要提供最佳均勻度之修正。合充份緊密地符合該差異之被動天線與 rf 天線的組合將提供根據至今所量測到的天線配置之最佳均勻性。假使一般關係經過識別，舉例而言，被動天線尺寸的增加，或是與 rf 天線的距離與它們對處理率的影響具有合理的固定關係，則可以根據量測結果而作出與適當的被動天線尺寸及位置有關的合理準確評估。舉例而言，使被動天線包圍的面積增倍可以以可預測的方式增加晶圓蝕刻率的改變。當決定 rf 天線及被動天線配置提供可接受範圍內之處理均勻度時，則工具會被調諧以適當用於工件處理，且方法結束（660）。或者，使用目前為止最佳化的 rf 天線及被動天線配置，執行又一次重覆計算及精密調諧。

由於相信在非均勻性的主要來源被移除之後，在其它情形下相同的處理工具之處理非均勻度的來源實質上會隨機地隨著工具而變，所以，使用此後一方法調諧 rf 場分佈，相信是特別有用的。因此，可以執行以一工具接一工具為基礎以取得增加的處理均勻度之每一處理工具的精密調諧，以決定對於每一工具最佳的 rf 天線及被動天線配置。

(28)

所述的不同實施例之一些特點可以與其它實施例的特點相結合，以提供根據本發明的天線配置。因此，本發明不限於圖式中所示的具體實施例。

雖然爲了清楚瞭解而詳細說明前述發明，但是，在後附的申請專利範圍之範圍內，可以實施某些變化及修改。因此，所述的實施例應僅視爲說明性而非限制性，且本發明不應局限於此處所述明的細節，而應由下述申請專利範圍及所有均等的範圍所界定。

【圖式簡單說明】

參考配合附圖之上述說明，可以最佳地瞭解本發明以及其進一步之優點，其中：

圖1係顯示包含習知 rf 感應天線之電漿處理裝置的剖面圖；

圖2係顯示類似於圖1並包含根據本發明的天線配置之電漿處理裝置之剖面視圖；

圖3係顯示電路圖，說明感應天線的電流路徑；

圖4係顯示圖2的天線配置之平面視圖；

圖5係顯示等高圖，說明電磁場分佈的不對稱對蝕刻率均勻性的影響；

圖6係顯示等高圖，說明圖2及4中所示的導因於天線配置之改進的蝕刻率均勻性；

圖7係顯示圖2及4的天線配置之剖面圖，以及在 rf 周期瞬間磁場樣式上的被動天線之影響；

(29)

圖 8A 至 J 顯示配置的被動天線之實施例的可能形狀

；

圖 9 顯示用於改變電漿區的電磁場之徑向分佈的天線配置之實施例的剖面圖；

圖 10 顯示包含屏蔽的被動天線之天線配置的實施例的立體圖；

圖 11 係顯示包含蔽屏的被動天線之天線配置的又一實施例的立體圖；

圖 12A、12B 及 12C 係分別顯示具有對稱磁場樣式、不對稱磁場樣式、及被動天線屏蔽的 rf 天線之剖面視圖；

圖 13 顯示圖 12C 中所示的天線配置之立體視圖，說明被動天線的影響；

圖 14 顯示被動天線的另一實施例之立體視圖；

圖 15 顯示被動天線的另一實施例之立體視圖；

圖 16 顯示被動天線的仍然又另一實施例之立體視圖；

圖 17 顯示被動天線的仍然又另一實施例之立體視圖；

圖 18 顯示類似於圖 2 並包含根據本發明的修改的天線配置的又一實施例的電漿處理裝置之剖面視圖；

圖 19 係流程圖，顯示根據本發明的電磁場分佈調諧方法；及

圖 20A、B & C 顯示 rf 天線的概念部份，說明對稱的及非對稱的 rf 場之來源。

在圖式中，類似的代號意指類似的構件及元件。

(30)

[圖號說明]

200	感應電漿處理反應器
202	室
204	rf 感應電漿區
206	基底
208	壁
210	天線
212	介電窗
214	第一射頻電源
215	氣體埠
216	夾具
218	第二 rf 電源
220	第一被動天線
222	第二被動天線
224	第一上對圓形天線元件
226	第二上對圓形天線元件
228	內回路天線元件
230	外回路天線元件
232	內回路天線元件
234	外回路天線元件
236	支撐件
238	rf 電流饋線
240	rf 電流饋線
252	電漿產生區

(31)

280	被 動 天 線
286	被 動 天 線
300	天 線 配 置
320	天 線 配 置
330	被 動 天 線
340	天 線 配 置
342	磁 場 線
344	磁 場 線
346	耳 垂 部
350	被 動 天 線
360	屏 蔽 被 動 天 線
362	耳 垂 部
370	表 面 電 流
372	磁 場
380	被 動 天 線
381	第 一 間 隙
382	被 動 天 線
383	第 二 間 隙
384	天 線 配 置
386	rf 感 應 天 線
387	邊 緣
388	rf 饋 電 點
389	端 部
390	被 動 天 線

(32)

391	金屬肋
392	中心轂
394	表面電流路徑
400	支撐件
402	臂
404	支撐體
406	支撐腳
408	手柄
500	支撐件
502	臂
504	支撐體
506	柄
508	安裝元件
510	電磁鐵配置
514	第一外圓形線圈
516	第二內圓形線圈
520	DC 電源
522	電漿區
700	rf 天線
710	對稱的 rf 天線
720	擾動部

841660

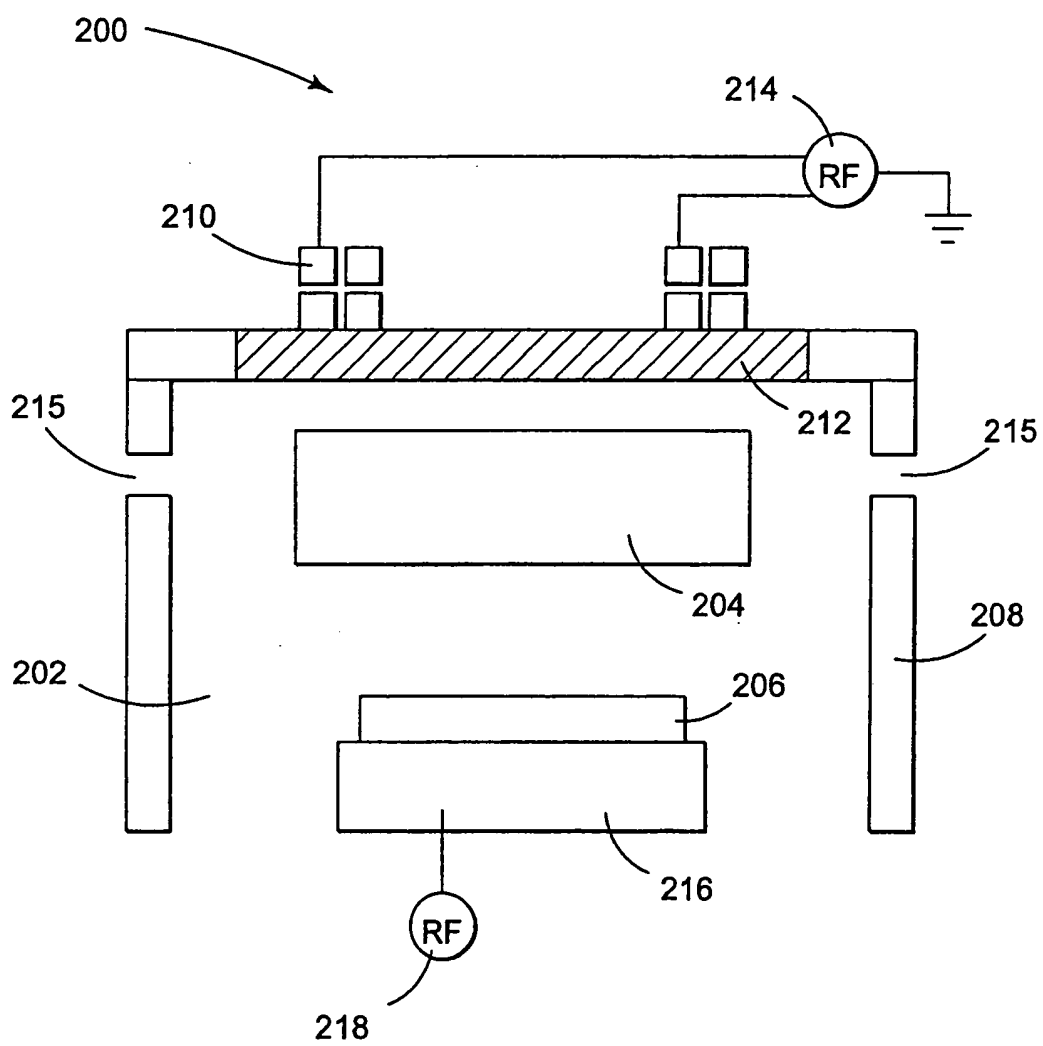


圖1

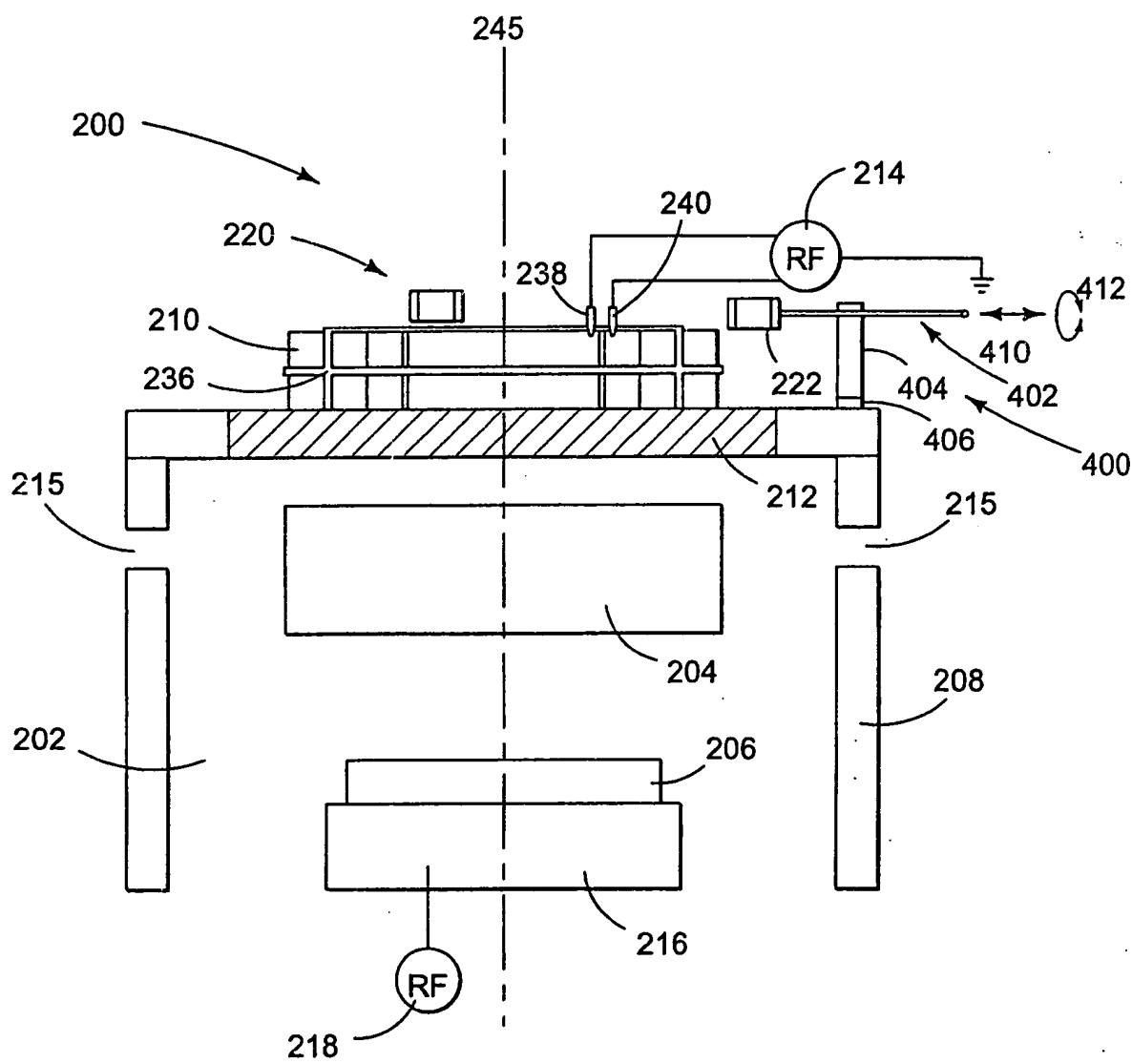


圖 2

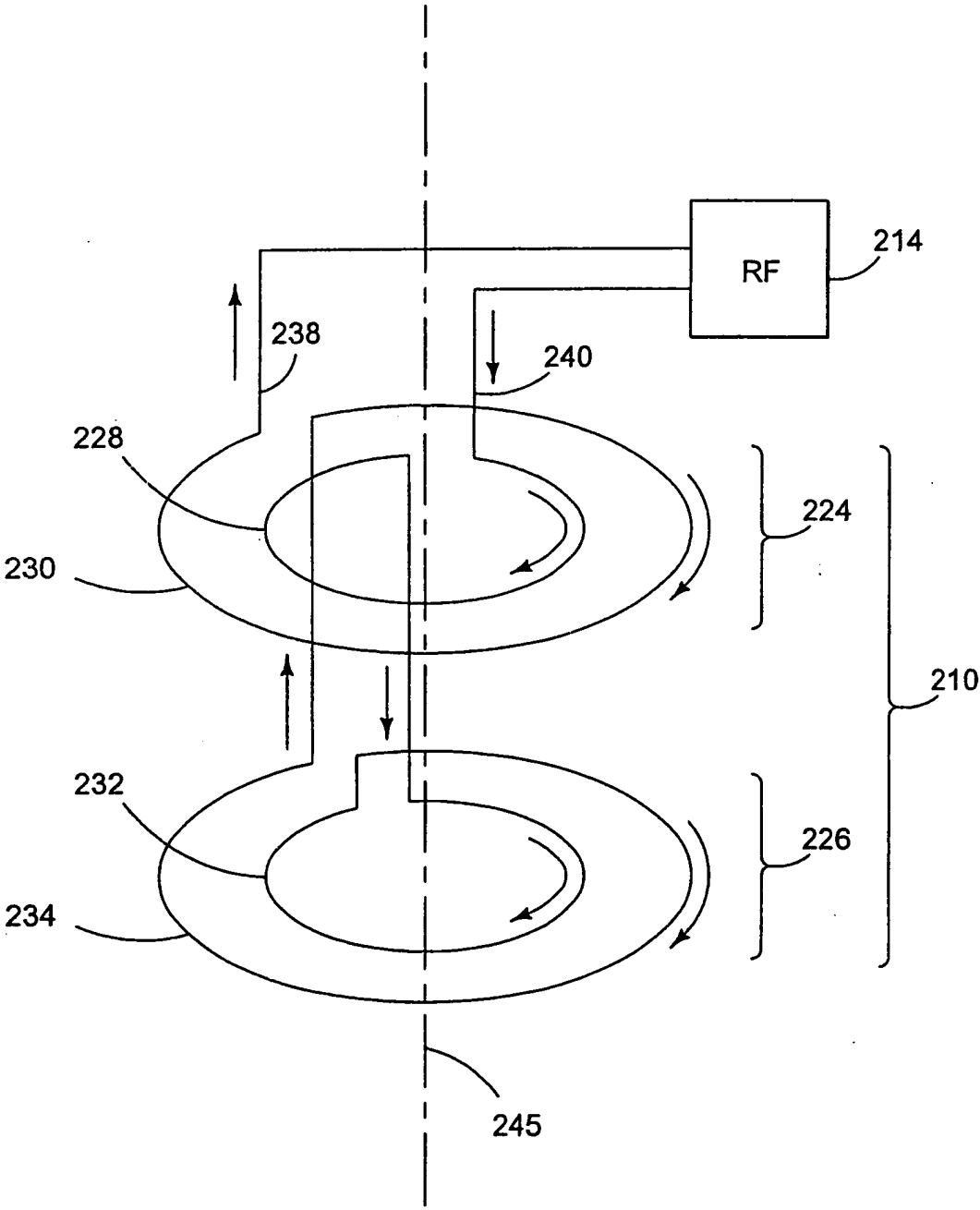


圖3

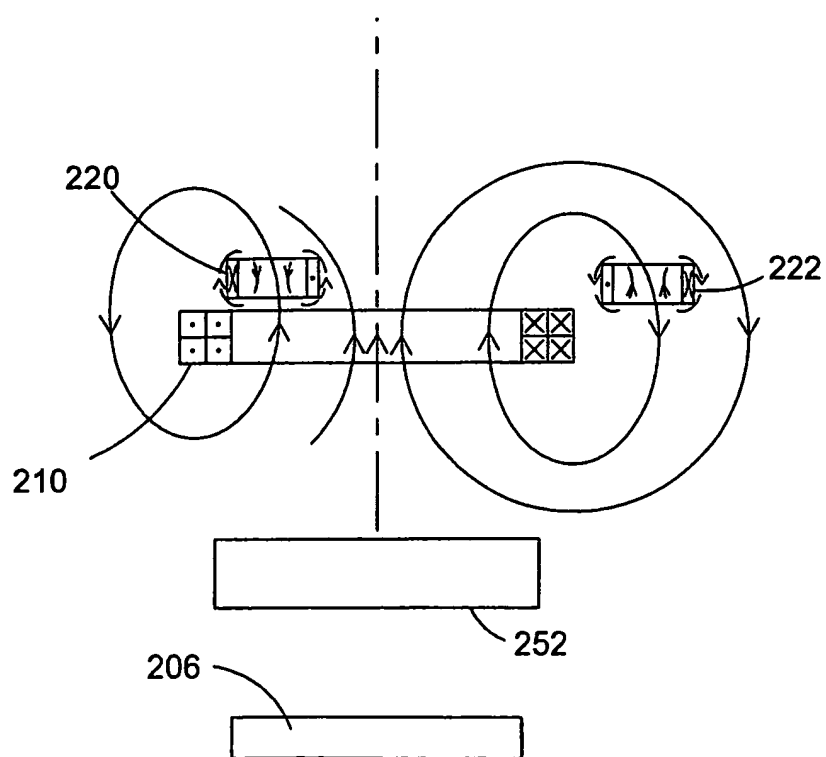
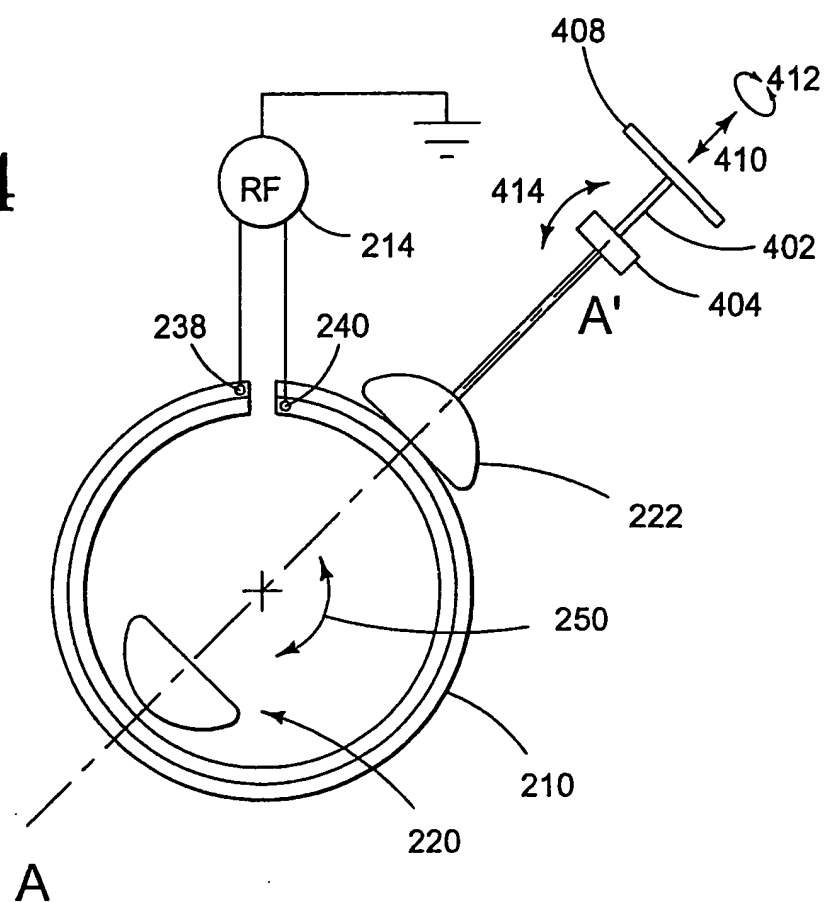


圖 7

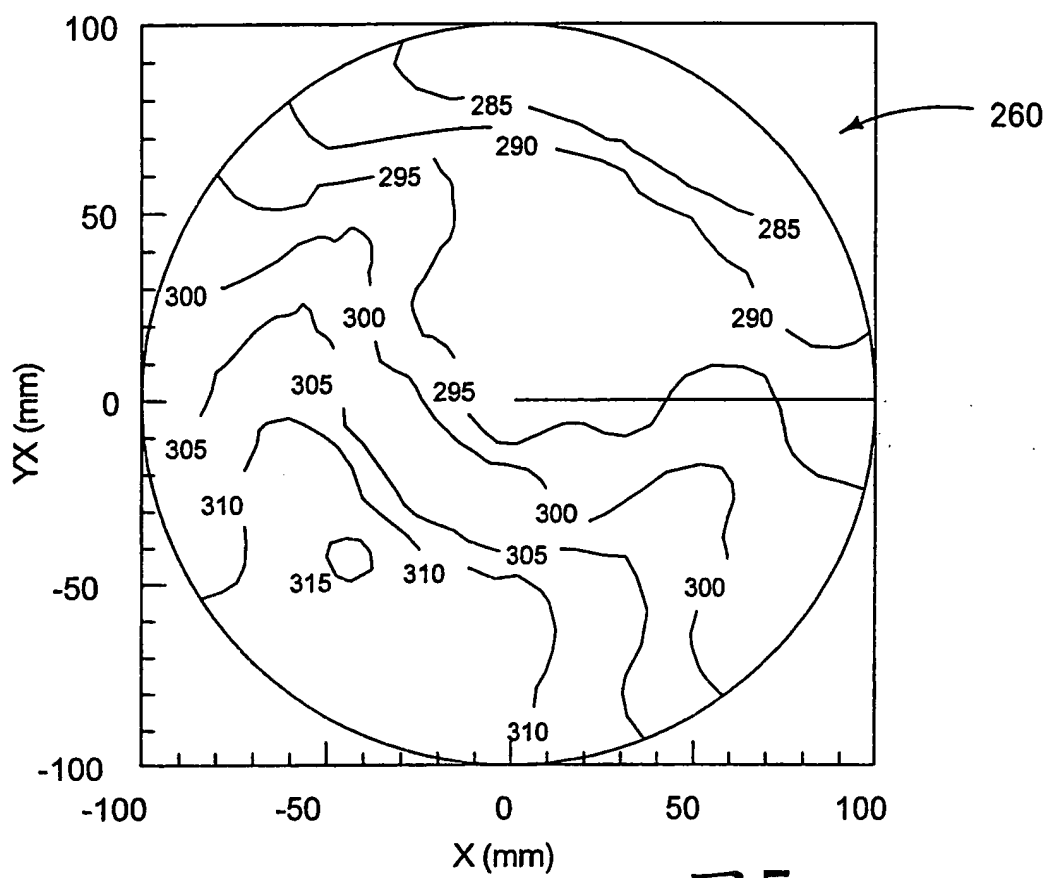


圖 5

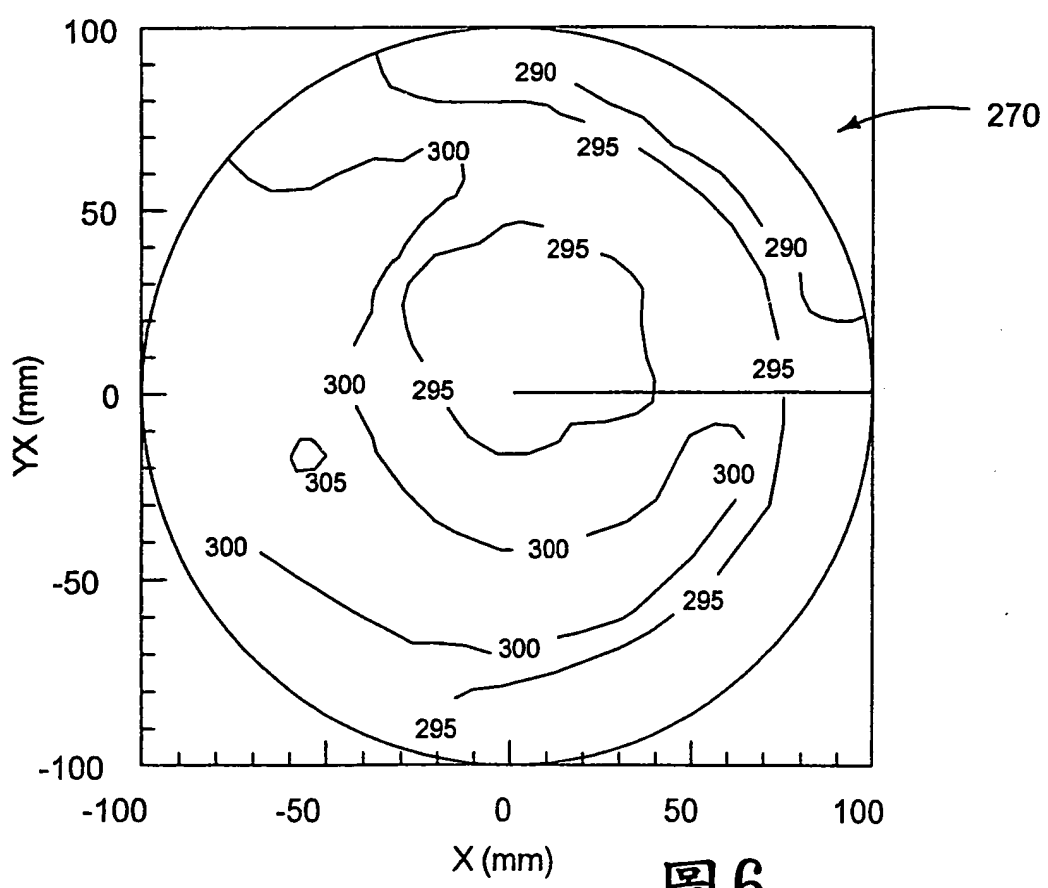


圖 6

圖 8

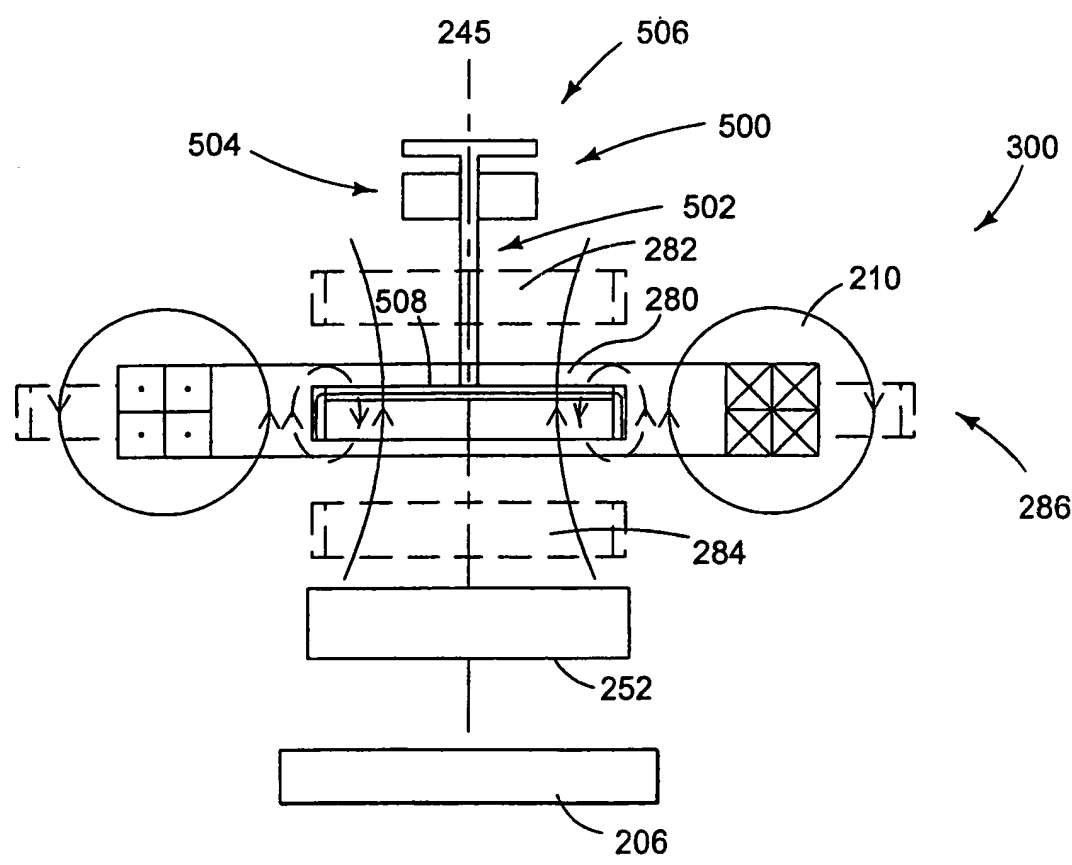
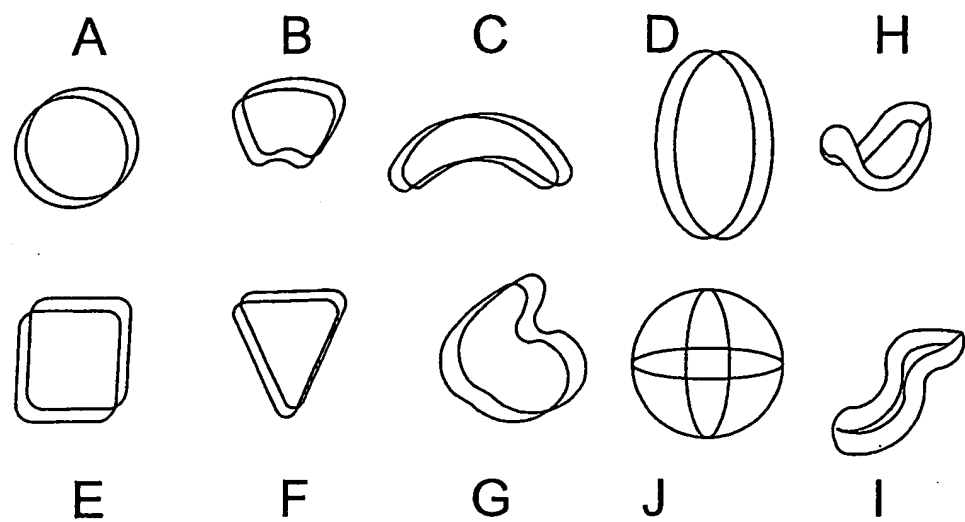


圖 9

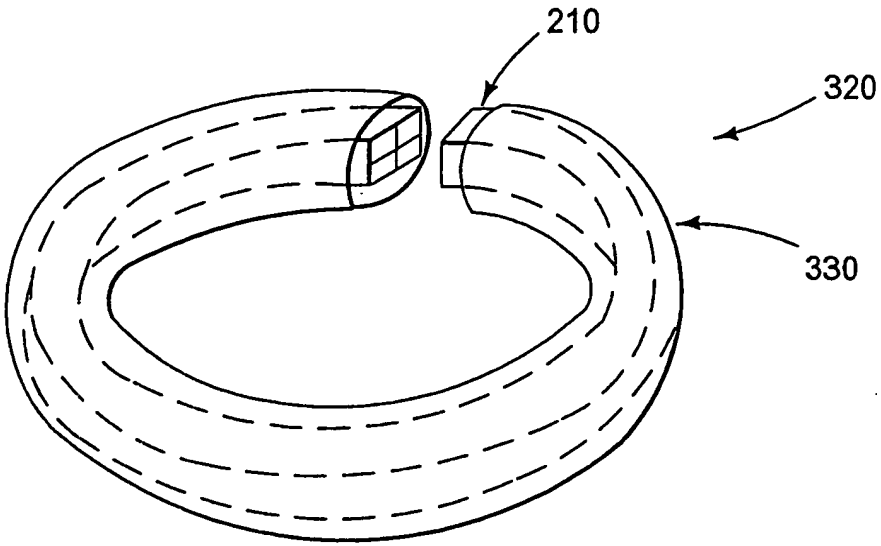


圖 10

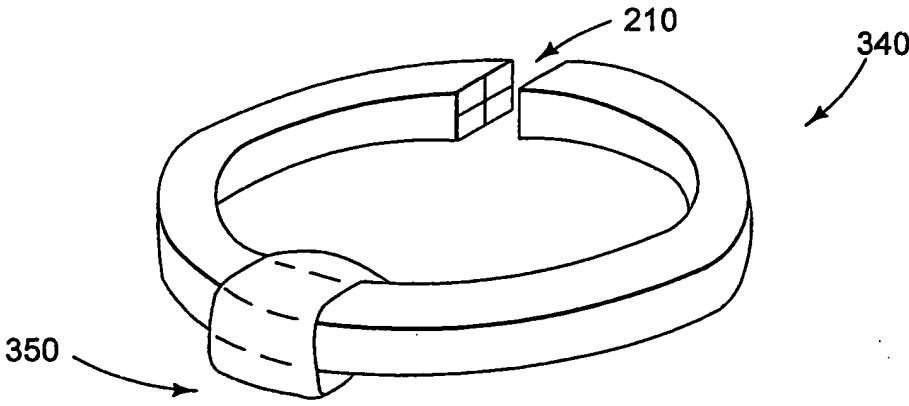


圖 11

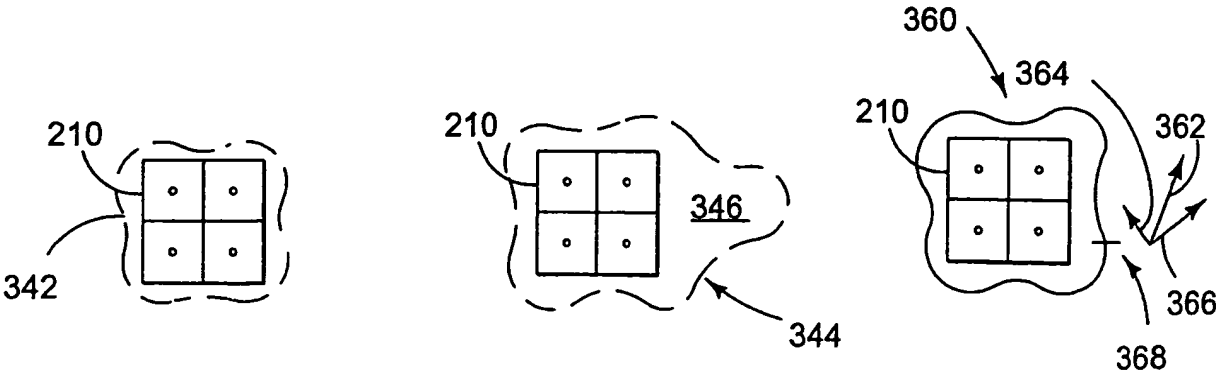


圖 12A

圖 12B

圖 12C

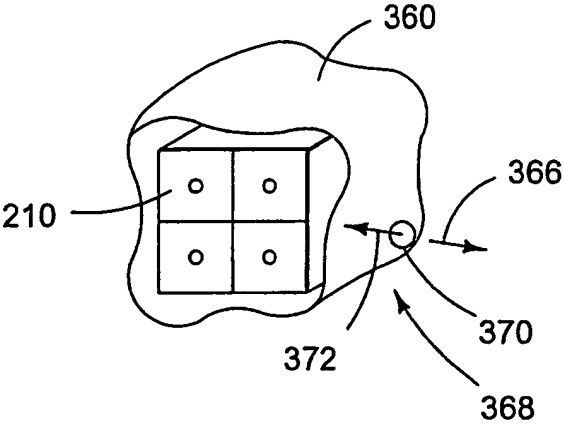


圖 13

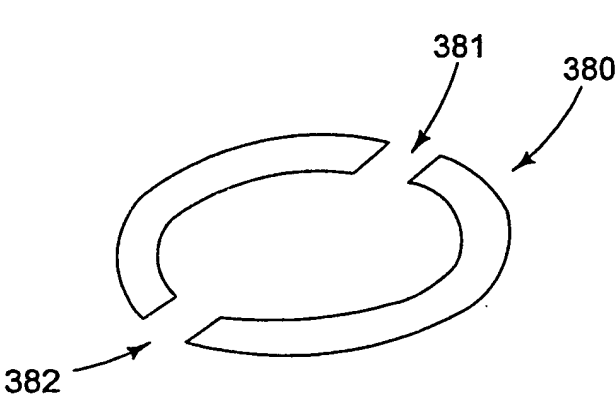


圖 14

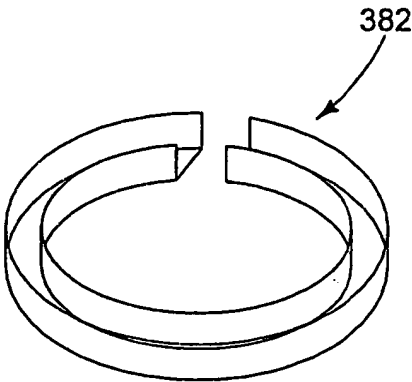


圖 15

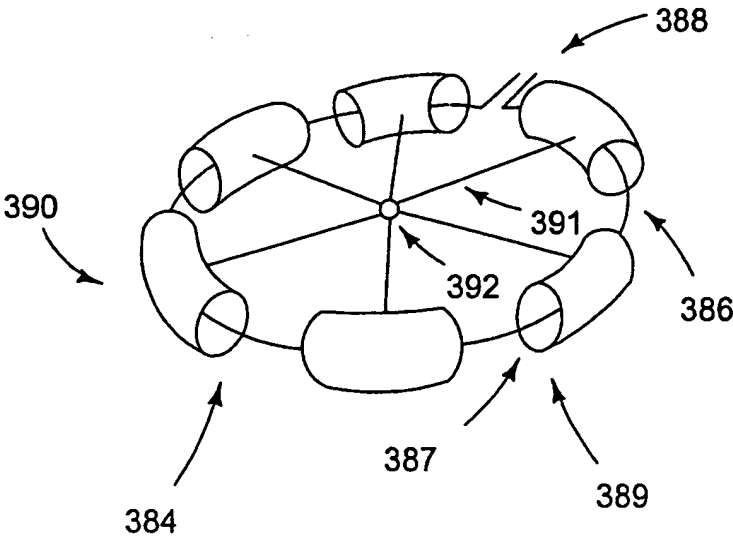


圖 16

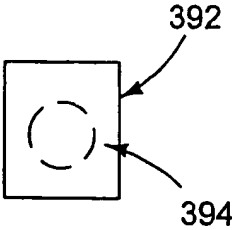


圖 17

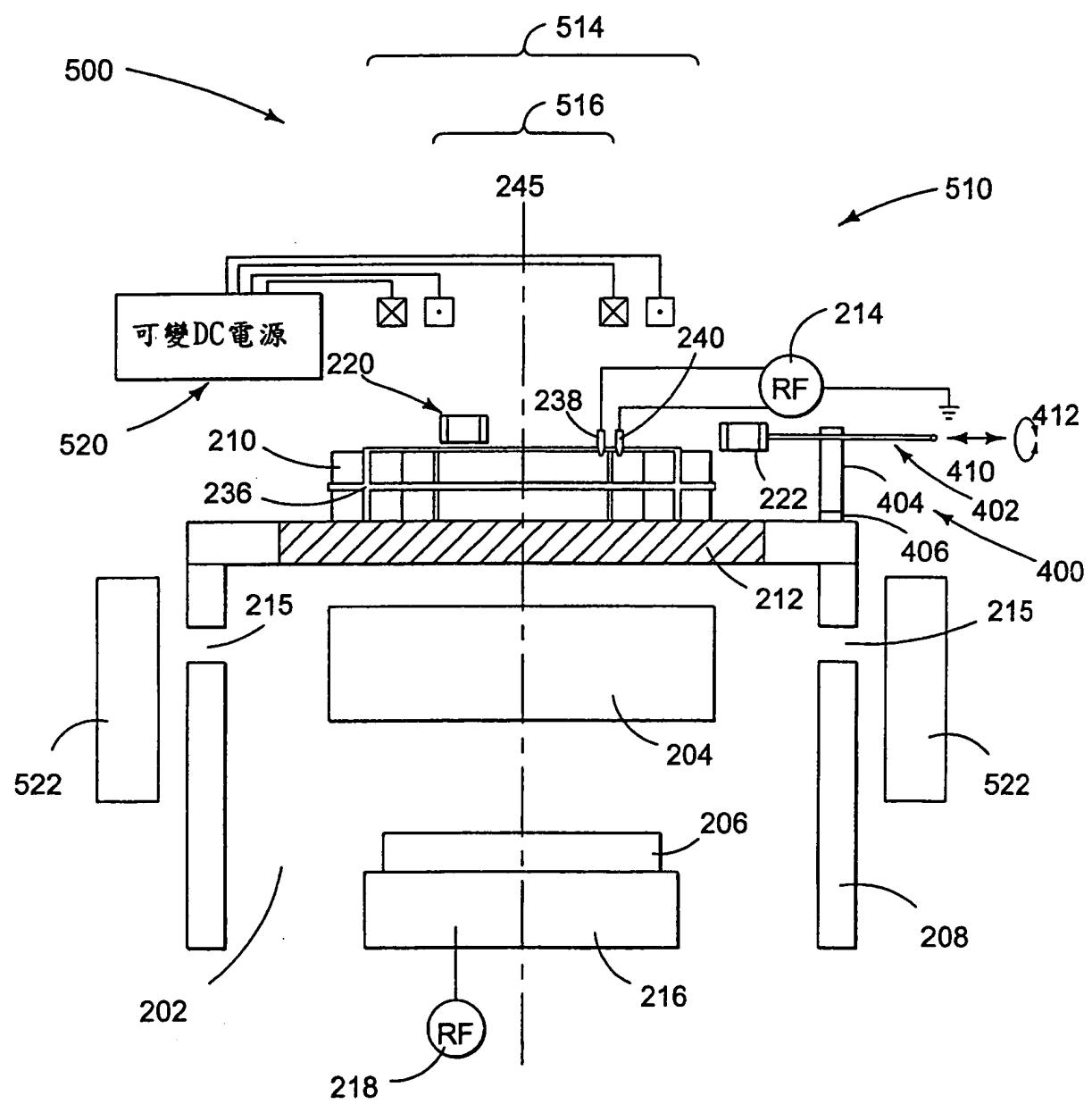


圖18

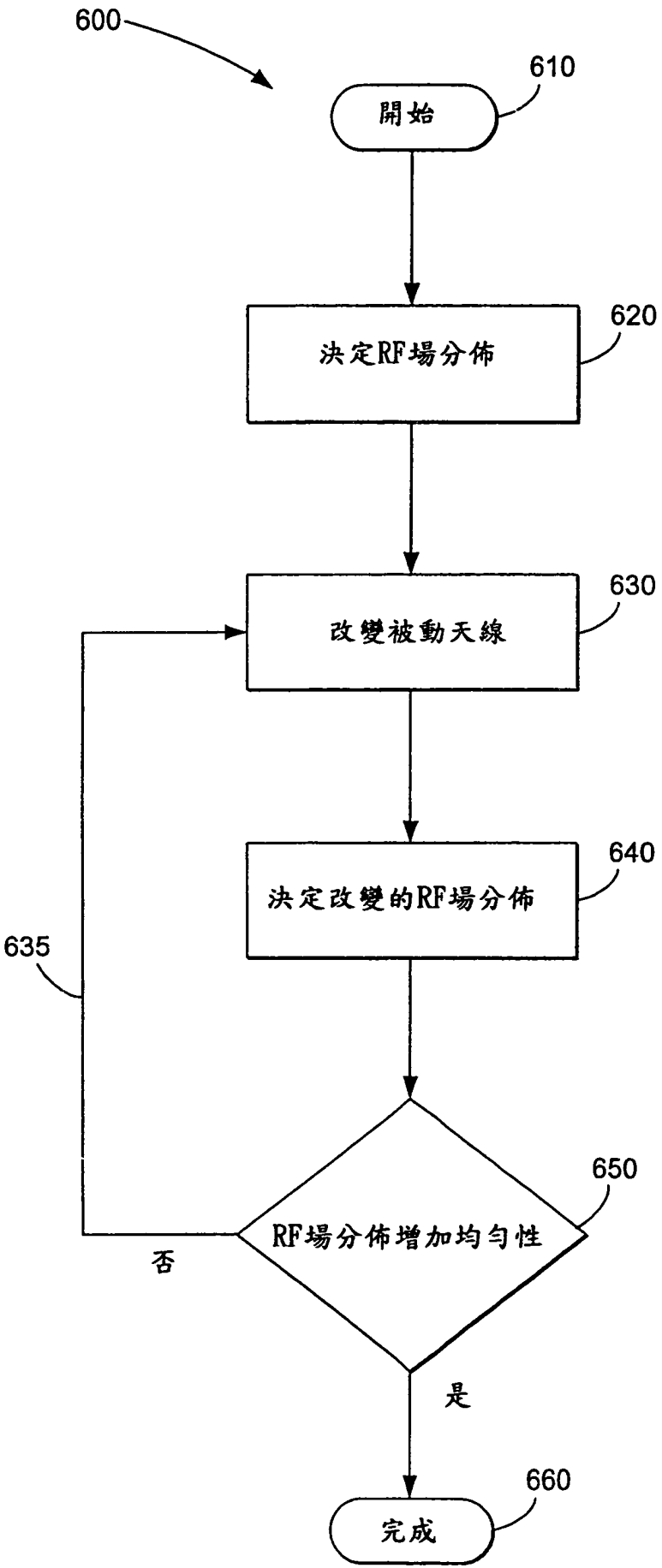


圖19

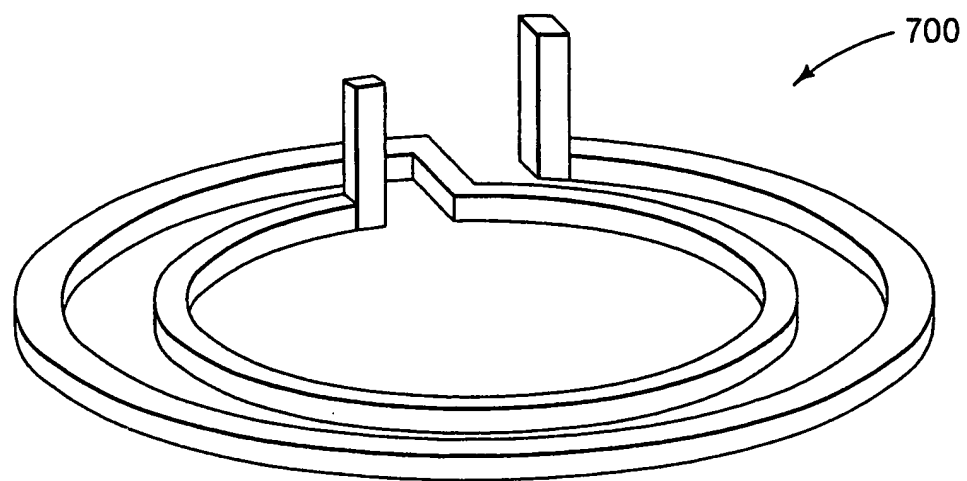


圖 20A

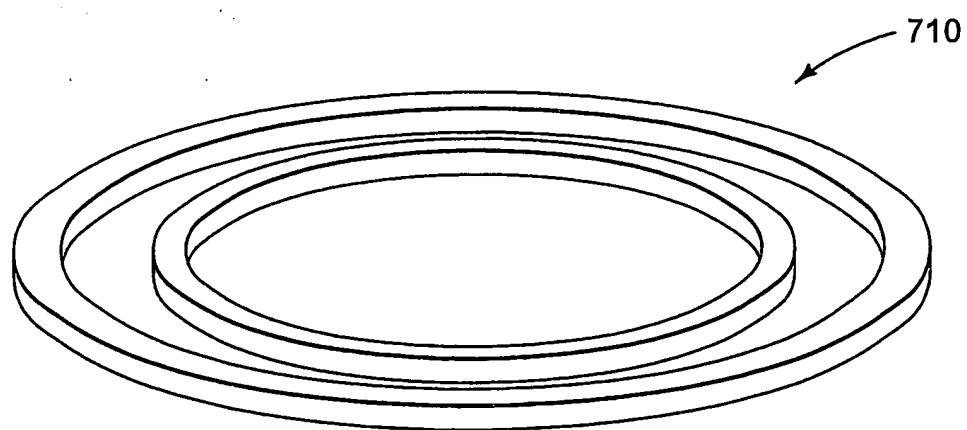


圖 20B

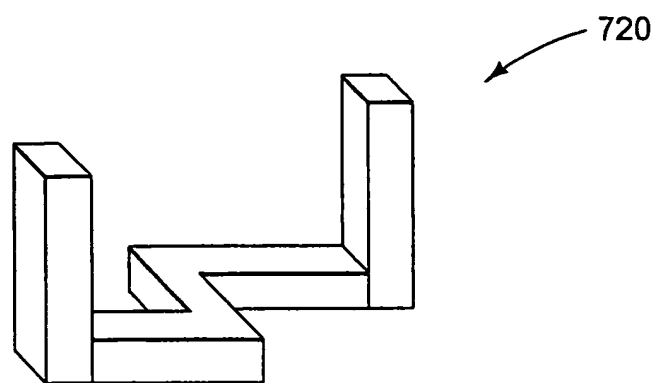


圖 20C

柒、（一）、本案指定代表圖為：第 9 圖

（二）、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

206	基底
210	天線
245	中心軸
252	電漿產生區
280	被動天線
282	位置
284	位置
286	被動天線
300	天線配置
500	支撐件
502	臂
504	支撐體
506	柄
508	安裝元件

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

(此處由本局於收
文時黏貼條碼)

民國 98 年 11 月 13 日修正

841666

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：92120008

※申請日期：92 年 07 月 22 日

※IPC 分類：405H1/00

壹、發明名稱：

(中) 改進電漿處理均勻度之方法及天線配置

(英) Method and antenna arrangement for improving plasma processing uniformity

貳、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 泛林股份有限公司

(英) LAM RESEARCH CORPORATION

代表人：(中) 1. 傑弗瑞 布魯克斯

(英) 1. BROOKS, JEFFREY J.

地 址：(中) 美國加州·費蒙特·顧盛公園路 4 6 5 0 號

(英) 4650 Cushing Parkway, Fremont, CA 94538- 6470, USA

國籍：(中英) 美國 U.S.A.

參、發明人：(共 4 人)

1. 姓 名：(中) 亞瑟 郝沃得

(英) HOWALD, ARTHUR M.

地 址：(中) 美國加州普雷森頓市凱伯納短巷四二三三號

(英) 4233 Cabernet Court, Pleasanton, CA 94566, U.S.A.

2. 姓 名：(中) 安德拉斯 庫希

(英) KUTHI, ANDRAS

地 址：(中) 美國加州千橡市潘蜜拉林街七一七號

(英) 717 Pamela Wood Street, Thousand Oaks, CA 91320, U. S. A.

3. 姓 名：(中) 馬克 威爾卡克森

(英) WILCOXSON, MARK H.

地 址：(中) 美國加州皮德蒙羅納達大道八十五號

(英) 85 Ronada Avenue, Piedmont, CA 94611, U.S.A.

4. 姓 名：(中) 安德魯 貝利三世

(英) BAILEY, III, ANDREW D.

地 址：(中) 美國加州普列三頓諾斯威路五一六七號

源 520 供應 DC 電流給每一線圈且在每一線圈中以相反方向流動。電漿處理裝置 500 也包含磁桶配置 522，包含多個永久磁鐵，延著電漿處理室的周圍軸向地定向。磁桶配置規劃成提供永久 DC 磁場，使電漿電流濃密梯度離開晶圓 206，並同時在晶圓 206 維持非常小的磁場。磁桶配置有助於降低對電漿處理室的壁之損耗。在一實施例中，磁桶配置包含三十二個永久磁鐵尖端，使它們的徑向磁化因素交錯地延著室（舉例而言，N,S,N,S 等等）。但是，尖端的真實數目可以根據每一電漿處理系統的特定設計而變。

電磁線圈配置可以設置成提供 DC 磁場，DC 磁場在接近窗 212 的區域中之電漿處理室內具有可控制的徑向變化。藉由改變至少一線圈中流動的至少一 DC 電流，可以造成 DC 磁場中的徑向變化。DC 磁場中的徑向變化有效地影響橫越晶圓 206 的處理均勻度。DC 磁場可以是固定的，或是假使需要符合處理的變化時，允許隨著時間緩慢變化。電磁配置、磁桶配置及其它實施例更詳細地說明於 2002 年 1 月 29 日授予 Bailey, III 等之美國專利號 6,341,574 "Plasma Processing System" 中，其內容於此一併列入參考。

由線圈配置及磁桶配置一起或分別提供的 DC 磁場分佈有助於防止電漿成份橫向擴散，因而有助於局限電漿及使電漿成份準直，以致於增強它們朝向晶圓表面的運輸。在無 DC 場之下，在電漿抵達晶圓前，橫向電漿擴散傾向於清除或降低電漿產生區中的不對稱性。由於 DC 磁場有

伍、中文發明摘要

發明之名稱：改進電漿處理均勻度之方法及天線配置

揭示一種天線配置，用於在電漿處理裝置的處理室之室壁內的電漿產生區，產生 rf 場分佈。天線配置包含 rf 感應天線，rf 電源會連接至 rf 感應天線以供應 rf 電流，產生延伸至電漿產生區中的第一 rf 場。也提供被動天線，其係感應地耦合至 rf 感應天線及配置成產生修改第一 rf 場的第二 rf 場。相較於無被動天線的情形，在電漿產生區的 rf 場分佈會增加處理裝置的處理均勻度。

陸、英文發明摘要

發明之名稱：

METHOD AND ANTENNA ARRANGEMENT FOR IMPROVING PLASMA PROCESSING UNIFORMITY

An antenna arrangement for generating an rf field distribution at a plasma generating region inside a chamber wall of a process chamber of a plasma processing apparatus is described. The antenna arrangement includes an rf inductive antenna to which an rf power supply can be connected to supply an rf current to generate a first rf field extending into the plasma generating region. A passive antenna is also provided which is inductively coupled to the rf inductive antenna and configured to generate a second rf field modifying the first rf field. The rf field distribution at the plasma generating region increases the processing uniformity of the processing apparatus compared to that in the absence of the passive antenna.

(1)

99年3月22日修正補充

拾、申請專利範圍

附件 3A：

第 92120008 號 專利 申請 案

中文 申請 專利 範圍 替換 本

民國 99 年 3 月 22 日 修正

1. 一種天線配置，用於在電漿處理裝置的處理室之室壁內的電漿產生區產生射頻場分佈，包括：

射頻感應天線，射頻電源會連接至該射頻感應天線以供應射頻電流而產生延伸至電漿產生區中的第一射頻場；
及

被動天線，該被動天線係感應地耦合至該射頻感應天線並配置成產生修改第一射頻場的第二射頻場，以致於相較於無被動天線時的處理均勻度，在電漿產生區的射頻場分佈會增加處理裝置的處理均勻度，其中，第二射頻場修改第一射頻場，以致於電漿產生區的射頻場分佈具有不同於無被動天線時的對稱性。

2. 如申請專利範圍第 1 項之天線配置，其中，該被動天線會改變電漿產生區的射頻場分佈之方位角對稱性。

3. 如申請專利範圍第 2 項之天線配置，其中，該射頻場分佈的方位角對稱性相較於無被動天線時是增加的。

4. 一種天線配置，用於在電漿處理裝置的處理室之室壁內的電漿產生區產生射頻場分佈，包括：

射頻感應天線，射頻電源會連接至該射頻感應天線以供應射頻電流而產生延伸至電漿產生區中的第一射頻場；

(2)

及

被動天線，該被動天線係感應地耦合至該射頻感應天線並配置成產生修改第一射頻場的第二射頻場，以致於相較於無被動天線時的處理均勻度，在電漿產生區的射頻場分佈會增加處理裝置的處理均勻度，其中，該被動天線提供導電路徑，在該導電路徑上，感應的電流會流動以產生至少部份第二射頻場。

5.如申請專利範圍第4項之天線配置，其中，該被動天線延著至少該感應天線的部份長度延伸。

6.如申請專利範圍第4項之天線配置，其中，該被動天線具有通道形狀，該通道形狀至少部份地延著該感應天線的部份延伸。

7.如申請專利範圍第4項之天線配置，其中，該被動天線包圍部份該感應天線。

8.如申請專利範圍第7項之天線配置，其中，該被動天線實質上延著該感應天線的所有長度包圍該感應天線。

9.如申請專利範圍第4項之天線配置，其中，該被動天線具有之剖面形狀實質上符合該第一射頻場在無任何第一射頻場的對稱性之缺陷下在該被動天線的位置處所具有的該磁場線的形狀之剖面形狀。

10.如申請專利範圍第4項之天線配置，其中，該被動天線具有端部區，該端部區具有邊緣，該被動天線的端部區之邊緣具有的剖面形狀實質上符合該第一射頻場於無被動天線時在被動天線的端部區之邊緣的位置具有的磁場線

(3)

之形狀。

11.如申請專利範圍第7項之天線配置，又包括多個被動天線，其中，該被動天線及多個被動天線是圍著該射頻感應天線有角度地配置。

12.如申請專利範圍第11項之天線配置，其中，該被動天線及多個被動天線係圍繞著該射頻感應天線實質上等角度地配置。

13.一種天線配置，用於在電漿處理裝置的處理室之室壁內的電漿產生區產生射頻場分佈，該天線配置包括：

射頻感應天線，射頻電源會連接至該射頻感應天線以供應射頻電流而產生延伸至電漿產生區中的第一射頻場；

被動天線，該被動天線感應地耦合至該射頻感應天線及配置成產生修改第一射頻場的第二射頻場，以致於相較於無被動天線時的處理均勻度，在電漿產生區的射頻場分佈會增加處理裝置的處理均勻度，其中，該被動天線提供導電路徑，在該導電路徑上，感應的電流會流動以產生至少部份第二射頻場；及

移動裝置，用於移動該被動天線以調諧電漿產生區中的射頻場分佈之徑向分佈。

14.一種改進電漿處理均勻度之方法，在具有設有室壁的處理室及天線配置以在處理室內的電漿產生區產生射頻場分佈的電漿處理裝置中，該天線配置包括連接至射頻電源的射頻感應天線及被動天線，該射頻電源供應射頻電流以產生延伸至電漿產生區中的第一射頻場，該被動天線

(4)

配置成產生第二射頻場，該方法包括下述步驟：

感應地耦合該被動天線與該射頻感應天線；及

將該被動天線定位以使得第二射頻場修改第一射頻場，以致於相較於無被動天線時，在電漿產生區的射頻場分佈會增加該處理裝置的處理均勻度，其中，該被動天線提供導電路徑，在該導電路徑上，感應的電流會流動以產生至少部份第二射頻場。

15.如申請專利範圍第14項之方法，又包含施加 DC 磁場之步驟。

16.如申請專利範圍第15項之方法，其中，以電磁鐵施加 DC 磁場且 DC 磁場具有有效地影響電漿處理均勻度之徑向變化。

17.如申請專利範圍第15項之方法，其中，由永久磁鐵桶施加 DC 磁場。

18.一種調諧用於電漿處理裝置中的射頻天線之射頻場分佈的方法，包括下述步驟：

(a)決定該射頻天線的射頻場分佈；

(b)設置感應地耦合至射頻天線的至少一被動天線，其中，該被動天線提供導電路徑，在該導電路徑上，感應的電流會流動以產生第二射頻場；及

(c)決定該被動天線對射頻場分佈的影響。

19.如申請專利範圍第18項之方法，包括重覆步驟(b)及(c)之步驟。

20.如申請專利範圍第18項之方法，其中，該方法以

(5)

計算機方式執行。

21.如申請專利範圍第18項之方法，其中，藉由使用射頻磁場感測裝置以量測射頻天線的場分佈，以執行步驟(a)及(c)。

22.如申請專利範圍第18項之方法，其中，藉由決定射頻場分佈對工件的電漿處理之影響，以執行步驟(a)及(c)。

23.如申請專利範圍第18項之方法，又包含固定被動天線相對於射頻天線之位置的步驟。

24.如申請專利範圍第19項之方法，其中，重覆步驟(b)包含增加又一被動天線。

25.如申請專利範圍第19項之方法，其中，重覆步驟(b)包含重新配置被動天線。

26.如申請專利範圍第25項之方法，其中，重新配置被動天線包含重新配置步驟，該重新配置步驟係選自包括下述的族群：改變被動天線的位置；改變被動天線的方向；改變被動天線的尺寸；改變被動天線的形狀；及改變被動天線的材料。