

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：93104100

※申請日期：93 年 02 月 19 日

※IPC 分類：H01G 1/36

壹、發明名稱：

(中) 用以產生均勻處理速率之天線

(外) Antenna for producing uniform process rates

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·顧盛公園路四六五〇號

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

國籍：(中英) 美國 U.S.A.

參、發明人：(共 2 人)

1. 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.

2. 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

(英) 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 ; 2003/02/24 ; 10/374,868 ☒ 有主張優先權

(此處由本局於收
文時黏貼條碼)

公告本

843380

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：93104100

※申請日期：93 年 02 月 19 日

※IPC 分類：H01G 1/36

壹、發明名稱：

(中) 用以產生均勻處理速率之天線

(外) Antenna for producing uniform process rates

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·顧盛公園路四六五〇號

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

國籍：(中英) 美國 U.S.A.

參、發明人：(共 2 人)

1. 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.

2. 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

(英) 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 ; 2003/02/24 ; 10/374,868 ☒ 有主張優先權

(1)

玖、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係相關於處理諸如用於 IC（積體電路）製造的半導體基底或用於平板顯示應用的玻璃板等基底的裝置和方法，尤其是，相關於能夠在基底表面各處以高程度處理均勻性處理基底之改良電漿處理系統。

【先前技術】

電漿處理系統已發展好一段時間。這些年來，已不同程度地引進和使用利用感應耦合電漿源、電子迴旋加速器共振（ECR）源、電容源等之電漿處理系統處理導體基底和玻璃板。

在處理期間，典型上使用多個澱積及／或蝕刻步驟。在澱積期間，材料被澱積到基底表面上（諸如玻璃板或晶圓表面）。例如，諸如矽、二氧化矽、氮化矽、金屬等各種形式等澱積層可被形成在基底表面上。相反地，可使用蝕刻以選擇性自基底表面上的預定區移除材料。例如，諸如通孔、接點、或溝槽等蝕刻特徵可被形成在基底的各層中。

電漿處理的其中一特定方法係使用感應源產生電漿。圖1圖解用於電漿處理之習知技術的感應電漿處理反應器100。點型的感應電漿處理反應器包括具有位在介電窗106上方的天線或感應線圈104之室102。典型上，天線104被操作式耦合於第一RF（射頻）電源108。而且，氣孔110

(2)

設在室 102 內，用於釋放諸如蝕刻源氣體等氣體材料到介電窗 106 和基底 112 之間的 RF 感應電漿區。基底 112 被引進室 102 內並且位在通常充作電極和被操作式耦合於第二 RF 電源 116 之夾盤 114 上。

爲了產生電漿，處理氣體經由氣孔 110 被輸入室 102。然後使用第一 RF 電源 108 施加電力到感應線圈 104。供應的 RF 能量耦合經由介電窗 106 及大電場被感應在室 102 內。尤其是，反應於電場，循環電流被感應在室 102 內。電場使存在室 102 內的少量電子加速，使它們可與處理氣體的氣體分子碰撞。這些碰撞產生放電或電漿 118 的離子化和初始化。如習知技術所知一般，當處理氣體的中性氣體分子經過這些強電場時會耗損電子而留下正電荷離子。結果，正電荷離子、負電荷電子、和中性氣體分子（及／或原子）含在電漿 118 內。一旦自由電子的產生速率超過其耗損速率，則電漿就會開始燃燒。

一旦已形成電漿，則電漿內的中性氣體分子容易朝向基底表面。藉由例子，有助於基底的中性氣體之存在的方法之一乃是擴散（即在室內的分子之隨機移動）。如此，典型上可以沿著基底 112 表面發現一層中性物種（如、中性氣體分子）。相關地，當供應電力給底部電極 114 時，離子容易朝基底加速，在基底中與中性物種結合的離子使蝕刻反應活動。

如同上述一般，感應電漿系統已遇到的問題之一係在基底各處的蝕刻性能有變化，如、不均勻的蝕刻速率等。

(3)

即基底的某一區之蝕刻與另一區不同。結果，相當難以控制與積體電路有關的參數，即臨界尺寸、寬高比等。因此，不均勻的蝕刻速率會導致半導體電路中的裝置故障，典型上提高製造的成本。而且，又存在諸如全面蝕刻速率、蝕刻外形、微負載、選擇性等其他相關問題。

近年來，已發現這些不均勻蝕刻速率可能是基底表面各處之電漿密度的變化結果，即具有較多或較少的反應物種量區之電漿（如、正電荷離子）。儘管不希望由理論發現，但是仍相信電漿密度的變化是由在如天線等電力耦合、介電窗、及／或電漿的電力傳送特徵中發現的不對稱所產生的。若電力耦合是不對稱的，則感應電場的循環電流將不對稱及因此電漿的離子化和初始化將不對稱是合理的。結果，將遭遇電漿密度的變化。例如，某些天線配置感應線圈中心較強而在線圈外直徑較弱的電流。相關地，電漿容易朝向處理室中心聚集（如、電漿 118 在圖 1 所呈現的）。

克服不對稱電力耦合的標準技術已補償或平衡該不對稱。例如，使用一對平面天線以增加若電流區的電流密度，連結放射狀構件到螺旋狀天線以在不同半徑範圍形成更多的循環，改變介電窗的厚度以減少在強電流區的電流密度。然而，這些平衡技術不容易提供方位角對稱的電力耦合。即它們仍容易具有容易導致電漿的變化、使電漿難以達到蝕刻均勻性之方位角的變化。

而且，今日所使用的大多數天線配置在天線和電漿之

(4)

間形成某種電容耦合。電容耦合由天線和電漿之間的壓降所產生。壓降典型上在耦合窗或耦合窗附近形成護皮電壓。大多數情況下，護皮電壓容易充作底部電極（被供電的）。即電漿中的離子容易在護皮各處加速，因此朝負電荷耦合窗加速。結果，加速的離子容易撞擊耦合窗表面。

這些撞擊離子在耦合窗上實際上將具有與基底上相同的效果，即它們將蝕刻或澱積材料在耦合窗表面。此可能產生不想要及／或未預期的結果。例如，澱積的材料可能累積在耦合窗上及變成有害微粒的源頭，尤其是當材料剝落在基底表面上時。自耦合窗去除材料將具有類似效果。最後，厚度的增加或減少將產生處理變化，例如，在電力耦合（如、天線、介電窗、電漿）的電力傳送特性中。如所述，處理變化會導致不均勻處理，而不均勻處理會導致半導體電路中的裝置故障。

【發明內容】

在一實施例中，本發明係相關於用以經由窗在處理室內產生電場之天線配置。通常，天線配置包含含位在天線軸四周的第一外環匝之外環、含位在天線軸四周的第一內環匝之內環，其中在每一方位角方向內環都比外環更接近天線軸，及放射狀連接器放射狀地電連接外環到內環，其中放射狀連接器位在距窗一大距離。

在另一實施例中，本發明係相關於用以處理基底的電漿處理裝置。通常，設置電漿被點燃和接受處理之處理室

(5)

。窗形成處理室的一側，被配置成使該 RF 能量可通過到該處理室內。多層天線鄰近於窗及被配置成在該處理室內透過 RF 能量產生電場。多層天線包含含位在天線軸四周的第一外環匝之外環、含位在天線軸四周的第一內環匝之內環，其中在每一方位角方向內環都比外環更接近天線軸，及放射狀連接器放射狀地電連接外環道內環，其中放射狀連接器位在距窗較大的距離。

【實施方式】

現在將參照一些較佳實施例和其附圖詳細說明本發明。在下面說明中，爲了對本發明提供全面的瞭解陳述許多特定細節。但是，精於本技藝之人士應明白就算沒有一些這些特定細節或全部仍可實施本發明。在其他例子中，爲了不必要地混淆本發明，將不再說明眾所皆知的處理步驟。

在處理基底中，處理工程師努力改良的最重要參數之一係處理均勻性。如同本文所使用的語詞一般，蝕刻均勻性意指在基底表面各處的整個蝕刻處理之均勻性，包括蝕刻速率、微負載、掩模選擇性、底層選擇性、臨界尺寸控制、和諸如側牆角度及粗糙性等外形特徵。若蝕刻高度均勻，則預期基底上的不同點之蝕刻速率實際上傾向相等。在此例中，在其他區域仍是不適當蝕刻的同時，基底的某一區將不太可能被不適當地過度蝕刻。

本發明提供用以能夠產生均勻蝕刻之處理基底的電漿

(6)

處理系統。電漿處理系統包括 RF 電源和處理室。當基底位在處理用處理室內時，電漿處理系統另外包括操作式耦合於 RF 電源和位在由基底定義的平面之上的大體上環狀天線。大體上環狀天線被配置成以 RF 電源產生的 RF 能量在處理室內感應電場。大體上環狀天線在第一平面中至少具有第一對同中心環。在第二平面中的第二對同中心環位在與第一對同中心環相關的位置。第一對同中心環和第二對同中心環大體上是完全相同的並且沿著共同軸彼此對稱地與成一直線。在所有環中需要在同一方向驅動電流的每一環中之同中心匝之間的放射狀連接位在距窗和同中心環較大的距離。較佳的是，放射狀連接器位在遠離窗並且彼此接近以提供相對電流和抵消一些結果的電場。

電漿處理系統另外包括位在天線和處理室之間的耦合窗。耦合窗被配置成使 RF 能量可通過天線到處理室內部。另外，耦合窗具有第一層和第二層。第二層被配置成藉由吸收通過耦合窗的至少一部分電壓以降低形成在窗和電漿之間的壓降。大體上環形天線和該耦合窗被安排一起運作以在處理室內形成方位角對稱的電漿，在基底表面各處產生實際上均勻處理速率。

根據本發明的一觀點，藉由設置被配置成產生均勻電漿之改良天線配置達成在基底表面各處的處理均勻性。如所述，電力被供應到天線以感應電場及結果在處理室內循環電流。相關地，電場使處理室中的電子加速，使它們可與處理氣體的氣體分子碰撞，結果，離子化和初始化電漿

(7)

接在電漿產生之後，電力被供應到下電極和離子朝基底加速。在基底表面的加速離子和中性反應物與位在基底表面上的材料反應及因此處理基底。通常，當電漿的密度在基底的某一區較大時，將會產生不均勻處理速率。因此，改良天線配置被配置成藉由感應方位角對稱的電場以減少這些電漿變化，並且因此產生更均勻處理速率。

本發明設置一建構成最滿足下列標準之天線：1) 利用盡可能位在接近缺掉區段或空隙之方位角電流在每一匝中補償所有缺掉的方位角電流。2) 利用位在盡可能接近的反向電流抵消所有非方位角電流。3) 即使在附近補償非方位角不對稱的電流成分，仍可利用它們遠離窗的私有通量保有非方位角不對稱的電流成分。

在一實施例中，改良天線被配置成產生方位角對稱的循環電流。儘管不希望由理論發現，但是仍相信電力耦合的傳送線特徵反應於感應的電場產生循環電流中的方位角變化。這些傳送線特徵容易產生沿著天線長度形成高低電壓的起伏區之駐波，結果，在感應電場中形成高低電流密度的起伏區，即當電壓是高時，電流是低的，而電壓是低時，電流是高的。如同精於本技藝之人士眾所皆知一般，澱積到電漿內的電力有賴於電流密度。例如，電流密度高之處，電漿密度傾向高，而電流密度低之處，電漿密度傾向低。因此，當電流密度具有高低電流的起伏區時，典型上產生方位角不對稱的電漿。

(8)

尤其是，當 RF 能量的波長小於天線的長度時，更多波節將出現在駐波圖型中。通常，由天線電長度 = $1/2 \text{ (波長)} * n$ ，其中 n = 波節數目的等式決定駐波。大多數的天線配置在波長長度上大約是 $1/2$ 到大約 $2 \text{ 又 } 1/2$ ，結果產生大約 3 到 5 波節。這些波節對應於上述的低電壓。

改良天線藉由被配置成表現的像電力傳送系統中的集總電路元件而非傳送線以克服此不利點。即改良天線被配置成具有在操作頻率上小於 RF 能量的波長之表面長度。結果，減少波節數並且因此實際上消除感應電流的方位角變化和傳送線類比不再保有。

在一實施例中，改良天線配置是操作像單一匝天線之多匝天線。多匝天線實際上是包括複數環被緊密纏繞和堆疊在一起之單一導電元件。藉由將環緊密纏繞和堆疊在一起，天線的整個尺寸（如、外直徑）可更小，卻不會影響感應循環電流的強度。另外，藉由減少天線的尺寸，天線的總長度可更小，結果，減少天線的傳送線特徵。另外，因為環彼此接近，所以也減少典型上在匝之間發現的放射狀變化。相關地，改良天線配置有利於感應方位角對稱的循環電流。因此，方位角對稱的循環電流容易形成方位角對稱的電漿，結果，容易在基底表面產生均勻電漿處理。

多匝堆疊天線配置的另一觀點是自我屏蔽特徵，即電漿藉由鄰近窗的匝屏蔽天線終端電壓。此明顯減少電容耦合和接下來的窗腐蝕，此二者將在下文中詳細討論。

(9)

根據本發明的另一觀點，改良耦合窗被配置成減少發生在天線和電漿之間的電容耦合。大多數電力耦合配置（如、天線、耦合窗、和電漿）在天線和電漿之間產生一些電容耦合。由發生在天線和電漿之間的壓降產生電容耦合。此壓降典型上產生接近耦合窗的護皮電壓。如同精於本技藝之人士所知一般，護皮電壓會導致電漿中的其他變化，例如，護皮電壓會將電漿自窗推離，使感應的耦合係數減少。另外，由於離子撞擊耦合窗，所以護皮電壓甚至會產生明顯的粒子污染。而且，被離子撞擊窗所耗損的電力典型上對電漿產生無用處，相關地，對指定電力而言，產生較低的電漿密度。

爲了減低天線和電漿之間的電容耦合，改良耦合窗被配置成包括位在一起的介電層和屏蔽層。位在處理室內的屏蔽層被配置成充作引導電壓遠離耦合窗表面之靜電屏蔽較佳。屏蔽層實質上抑制到電漿的電容耦合。而且，屏蔽層被配置成消除電容（靜電、電位梯度）電場，而留下實際上未改變的感應（旋量 B 、梯度 $F = 0$ 型）電場。即耦合窗被配置成阻隔經過耦合窗的直接電容耦合，而使天線可感應式形成電漿（對屏蔽層卻無多大的耗損）。

尤其是，屏蔽層被電絕緣並且由導電或半導體材料形成。因此，一般發生在天線和電漿之間的壓降現在發生在天線和屏蔽層之間。因此，實際上減低耦合窗表面附近的護皮電壓，結果，增加感應耦合係數，和由於耦合窗未產生離子撞擊，所以減低電力耗損。

(10)

而且，未接地的靜電屏蔽將產生均勻的靜電場，只屏蔽在屏蔽區上面的靜電場之變化。此最後的特徵可用於幫助電漿的放電。另外，因為屏蔽層暴露於處理室內部，所以由可抗電漿處理的熱、化學、和物理影響之材料形成較佳。

參照下面的圖式和討論可更加瞭解本發明的特徵和優點。

圖2圖解根據本發明的一實施例電漿處理系統200，包括處理室202，在處理室內電漿204被點燃和接受處理基底206。基底206表示被處理的工作件，例如，可表示被蝕刻、澱積、或其他處理之半導體基底，或被處理成平板顯示器之玻璃板。另外，處理室202被安排成大體上橢圓形並且具有大體上垂直的室牆208較佳。然而，應注意本發明並不侷限於上述並且可使用各種處理室配置。

電漿處理系統200另外包括被配置成耦合電力到電漿204之天線配置210和耦合窗配置212。天線配置210耦合於第一RF電力供應214，第一RF電力供應214被配置成以具有大約0.4 MHz到大約50 MHz範圍內的頻率之RF能量供應天線配置210。耦合窗212被配置成使第一RF能量可自天線配置210通到該處理室內部。較佳的是，耦合窗212位在基底206和天線配置210之間。

另外，天線配置210應足以接近耦合窗以幫助電漿204的形成。即天線配置越靠近耦合窗，則室內所產生的電流強度越大。另外，天線配置210被安排成與處理室202和基

(11)

底 206 同軸較佳。應瞭解天線配置的對稱位置可增加基底表面各處的電漿均勻性，但是並非所有處理都需要如此。下面將詳細說明天線配置 210 和耦合窗 212。

氣體注入器 215 典型上被設在室 202 內。氣體注入器 215 位在室 202 的內圓周附近並且用於釋放諸如蝕刻源氣體等氣體源材料到耦合窗 212 和基底 206 之間的 RF 感應電漿區較佳。另外，又可自內建在室本身的牆之孔或配置在介電窗的簇射頭釋放氣體源材料。應瞭解雖然氣體的對稱分散可增加基底表面各處的電漿均勻性，但是並非所有處理都需要如此。在發表於 1999,11,15 之 U. S. 專利申請案號 09/470,236 稱作“具有動態氣體分散控制之電漿處理系統”之共同審查專利申請案中詳細說明可用於示範性電漿處理系統之氣體分散系統的例子，並且併入本文做為參考。

大多數情況下，基底 206 被引進室 202 內並且位在在處理期間被配置成支托基底之夾盤 216 上。夾盤 216 可例如表示藉由靜電力鞏固基底 206 到夾盤的表面之 ESC（靜電）夾盤。典型上，夾盤 216 充作底部電極及由第二 RF 電源 218 偏壓較佳。另外，夾盤 216 被配置成大體上橢圓形及軸向地與處理室 202 成一直線較佳，使得處理室和夾盤成橢圓形對稱。夾盤 216 又可被配置成在負載和卸下基底 206 的第一位置（未圖示）和處理基底的第二位置（未圖示）之間移動。

仍然參照圖 2，排氣孔 220 位在室牆 202 和夾盤 216 之間。然而，排氣孔的實際位置可隨每一電漿處理系統的特定

(12)

設計而改變。然而，在高均勻程度是相當重要的例子中，橢圓形對稱排氣孔是相當有益的。較佳的是，排氣孔 220 被配置成用以排出在處理期間所形成的副產品氣體。另外，排氣孔 220 耦合於典型上位在室 202 外面的渦輪分子泵（未圖示）。如精於本技藝之人士所知一般，渦輪分子泵維持室 202 內的適當壓力。

而且，在半導體處理的例子中，諸如蝕刻處理等，處理室內的一些參數需要嚴格控制以維持高容限結果。處理室的溫度是一此種參數。因為蝕刻容限（和結果的半導體為主之裝置性能）可能對系統中的組件之溫度波動高度敏感，所以需要準確的控制。利用例子，在發表於 2001,10,16 之 U. S. 專利號碼 6,302,966 稱作“電漿處理裝置之溫度控制系統”之共同審查專利申請案中詳細說明可用於示範性電漿處理系統用於達成溫度控制之的溫度配置系統，並且併入本文做為參考。

另外，在電漿處理上達成嚴格控制的另一重要考量係用於電漿處理室的材料，如、諸如室牆等內部表面。另一重要考量是用於處理基底的氣體化學性質。利用例子，在發表於 1999,11,15 之 U. S. 專利申請案號 09/440,794 稱作“電漿處理系統之材料和氣體化學性質”之共同審查專利申請案中詳細說明可用於示範性電漿處理系統的材料和氣體化學性質，並且併入本文做為參考。

為了產生電漿，處理氣體經由氣體注入器 215 輸入室 202。然後使用第一 RF 電源 214 供應電力到天線配置 210，

(13)

及在室 202 內經由耦合窗 212 感應大電場。電場使存在室內的少量電子加速，使它們與處理氣體的氣體分子碰撞。這些碰撞產生放電或電漿 204 的離子化和初始化。如精於本技藝之人士所知一般，當處理氣體的中性氣體分子經過這些強電場時會損耗電子，及留下正電荷離子。結果，電漿 204 內含有負電荷電子和中性氣體分子。

一旦已形成電漿，電漿內的中性氣體分子容易朝向基底表面。藉由例子，有助於基底的中性氣體之存在的方法之一乃是擴散（即在室內的分子之隨機移動）。如此，典型上可以沿著基底 206 表面發現一層中性物種（如、中性氣體分子）。相關地，當供應電力給底部電極 216 時，離子容易朝基底加速，在基底中與中性物種結合的離子使蝕刻反應活動，即蝕刻、澱積等。

在大多數情況中，電漿 204 顯著地位在室的上區（如、活性區），然而，部分電漿傾向填滿整個室。電漿通常到可承受它之處，幾乎是室中各處。經由例子，電漿可填滿基底下方的區域，諸如泵唧配置的風箱等（如、非活性區）。若電漿到達這些區域，則接著發生區域的蝕刻、澱積、及／或腐蝕，如此，因為蝕刻該區域或澱積材料的剝落可能導致處理室內的粒子污染。

而且，自由的電漿傾向形成不均勻電漿，如此，可能導致處理性能的變化，即蝕刻均勻性、整個蝕刻速率、蝕刻外形、微負載、選擇性等。為了減低上述影響，可使用電漿限制配置限制電漿。藉由例子，在發表於 2001,11,27

(14)

之 U. S. 專利號碼 6,322,661 稱作 “用於控制電漿容積之方法和裝置” 之共同審查專利申請案中詳細說明可用於示範性電漿處理系統用以限制電漿之電漿限制配置，並且併入本文做為參考。

根據本發明的觀點，電漿處理裝置設有多匝天線配置，使得在電漿處理裝置的處理室內感應方位角對稱的電場。

當臨界尺寸持續減少容限時，非方位角對稱的電漿也減少。天線匝不完整並且在天線環兩端之間有空隙以防止短路。此種空隙可阻礙電漿的方位角對稱。圖 3 為具有空隙 308 的局部天線匝 304 之概要圖。由第一角度 316 定義的第一方位角扇區 312 包含空隙 308。由第二角度 324 定義的第二方位角扇區 320 未包含空隙 308。空隙 308 使第一方位角扇區 312 的 RF 電力小於第二方位角扇區 320 的 RF 電力。已使用各種電流攜帶元件橋接空隙。此種橋接元件的不對稱使此種元件無法提供想要的均勻性。

圖 4 為各自具有空隙 406，410 的兩局部天線匝 404，408 之概要圖。橋路 414 被用於補償空隙 406，410。放射狀引線 416 在局部天線匝 404，408 和橋路 414 之間提供電連接以在兩局部天線匝 404，408 之間提供完整的電流路徑。雖然放射狀電流組件可以是小的並且由一對匝以任何程度加以局部補償，但是已發現此放射狀電流提供明顯的不對稱。因為這些引線與局部天線匝 404，408 在同一平面，所以輻射電流路徑 “接近” 窗。在說明書和申請專利範圍中，

(15)

若輻射電流路徑如同最遠的天線匝一般距窗至少三倍距離，則輻射電流路徑被定義成遠離窗。方位角不對稱的電流區之輻射電流感應比得上天線本身類似的附近電流區之電場。電場與被距離的平方所除的輻射電流區長度成比例地減少。爲了明顯地減少出現在窗的電漿側上之此不對稱成分以達成想要的對稱天線貢獻，在天線和窗（ d_1 ）的電漿側和新放射狀區位置（ d_2 ）之間的距離比例應小於10，即 $(d_1 / d_2)^2 < 10$ ，大約是 $d_2 \geq 3 * d_1$ 。

圖5 & 6惟根據本發明的一實施例之多匝天線配置600圖。多匝天線配置600包括操作式耦合於RF電源604之多匝天線602，例如，各自對應於圖2的天線210和RF電源214。

如所述，若天線長度比波長小，則電力耦合的傳送線說明不再適當，電力耦合開始表現得好像集總電路元件。因此，多匝天線602被配置成具有小於傳送能量的波長之長度。藉由減少天線長度，在駐波圖型中產生較少的波節，結果，明顯減少天線的方位角方向的高電壓和低電壓區。

多匝天線被配置成具有緊密位在一起以便產生的電磁場好像來自單一匝天線之複數匝。尤其是，藉由將匝緊密地放在一起可增加產生天線的電流產生能力。例如，若由彼此接近的四匝形成天線，則經過電漿的電流傾向大約是像天線中強度的四倍。因此，此集中的電流持續存在，成爲更加均勻的集中電漿。結果，有關處理室直徑的天線直

(16)

徑可以更小。因此，可減少天線長度。下文將更詳細說明天線的實際尺寸。

多匝天線 602 大體上是環狀的並且至少包括第一對同中心環 606 在第一平面和第二對同中心環 610 在第二平面。較佳的是，第一對同中心環 606 和第二對同中心環 610 大體上完全相同並且沿著天線軸 614 彼此對稱地成一直線。應注意大體上環狀的天線將產生大體上環狀電場，結果將產生大體上環狀電漿。因此，因為處理室和基底是環狀的，所以大體上環狀電漿容易在基底表面產生更均勻的處理是合情合理的。

儘管本發明被圖示及說明成大體上環狀，但是應明白為了諸如顯示或補償一些室設計的不對稱等需要不同形狀的基底之應用，可以使用其他形狀。藉由例子，遵循與上述相同原則之具環狀角的橢圓形或矩形也可運作良好。

而且，第一對同中心環 606 堆疊在第二對同中心環 610 上較佳。單一平面天線典型上產生較多的電容耦合量，因為終端電壓和所有電壓波節是直接接近窗。但是，因為第一對同中心環和第二對同中心環之間的堆疊天線和對稱校準，所以高終端電壓有利地被第二對同中心環屏蔽。尤其是，典型上應發生在第一對同中心環和電漿之間的壓降（如、電容耦合）實際上被減少，因為第二對同中心環為壓降提供導電路徑，因此壓降將不會與電漿互相影響。

另一選擇是，第一對同中心環 606 包括第一匝 616 和第四匝 622 較佳，及第二對同中心環 610 包括第二匝 618 和

(17)

三匝 620 較佳。另外，第一匝 616 大體上與第二匝 618 完全相同並且位在其上方，及第四匝 622 大體上與第三匝 620 完全相同並且位在其上方。

第一匝 616 操作式耦合於第二匝 618，第二匝 618 操作式耦合於第三匝 620，及第三匝 620 操作式耦合於第四匝 622，每一匝被配置成電流在天線軸 614 的同一方向。在一實施例中，由單一導電元件形成多匝天線。然而，應注意這並不是限制，及多匝天線可由結構上和電方面耦合在一起的分開部分加以形成。另外，多匝天線 602 包括輸入導線 624 和輸出導線 626，它們可透過引線 680 連接到 RF 電源 604。

在此實施例中，輸入引線 624 操作式耦合於第一匝 616 的第一端。第一匝的第二端操作式耦合於第一連接器 640 的第一端。第一連接器的第二端操作式耦合於第二匝 618 的第一端。第二匝 618 的第二端操作式耦合於放射狀連接的第一引線 632。放射狀連接的第二引線 636 操作式耦合於第三匝 620 的第一端。至少在第一和第二引線接近（不遠離）窗之處，第一引線 632 和第二引線 636 垂直於匝 616，618，620，622 所定義的平面。第一和第二引線沿著第一和第二引線的大體上整個長度垂直於匝所定義的平面更好。放射狀連接的放射狀連接器 682 自第一引線 632 延伸到第二引線 636，並且大體上平行於匝所定義的平面。第三匝 620 的第二端操作式耦合於第二連接器 644 的第一端。第二連接器 644 的第二端操作式耦合於第四匝 622 的第一端。第

(18)

四匝 622 的第二端操作式耦合於輸出引線 626。電流可自輸入引線 624 流經第一匝 616、第一連接器 640、第二匝 618、放射狀連接的第一引線 632、放射狀連接的第二引線 636、第三匝 620、第二連接器 644、第四匝 622 到輸出引線 626。以箭頭指出此電流流動。因此，藉由在輸入引線 624 和輸出引線 626 之間施加 RF 電壓可使 RF 電流流經多匝天線 602。

仍參照圖 5 & 6，第四匝 622 具有大於第一匝 616 的直徑，及第三匝 620 具有大於第二匝 618 的直徑。雖然外匝（如、第三和第四匝）具有較大直徑，但是它們位在接近內匝（如、第一和第二匝）處較佳。即第四匝 622 被配置成接近第一匝 616，及第三匝 620 被配置成接近第二匝 618 較佳。它們接近的結果是多匝天線看起來及作用起來像單一匝天線（如、在匝之間大體上無空間）。因此，大體上減少放射狀方向的高或低電流區。爲了概括諸如橢圓形、環形、及正方形天線等其他天線形狀，第三和第四匝具有大於第一和第二匝的寬度（直徑）。當第一匝在第四匝內時，在所有方位角方向第一匝比第四匝較接近天線軸。

以鄰近空隙或在匝的平面中或在匝的平面之間的放射狀引線 416 取代使用橋路 414，圖 5 & 6 的天線在遠離窗 212 一大距離處設置匝之間的放射狀連接器。距離 d_1 是多線匝天線 602 的匝 616，618，620，622 之最遠部分和窗 212 的電漿側之間的距離。距離 d_2 是放射狀連接的放射狀連接器 682 和窗 212 的電漿側之間的距離。窗和放射狀連接器 682

(19)

之間的大距離意謂窗和放射狀連接器 682 之間的距離 d_2 至少是窗和天線的匝之最遠部分之間的距離 d_1 三倍。更好的是，窗和放射狀連接的放射狀連接器 682 之間的距離在合理範圍中盡可能遠離。雖然爲了該顯著改良需要至少增加窗寬度或天線寬度的最小等級，但是利用方位角不對稱的放射狀部分和只在窗下面之間的距離增加就可達成遵循本發明的均勻性改良。在此實施例的例子中，大距離至少 4 英吋。爲了達成此種大距離，雖然空隙的橋接未能提供與利用放射狀引線橋路一樣的方位角不對稱校正，但是已發現小放射狀電流所產生的方位角不對稱在晶圓處理中比方位角電流的偏向導致更多的不均勻。此外，放射狀連接器 682 位在平行於並且接近於輸出引線 626 的放射狀線 680 較佳，使得電流反平行地流動以更進一步減少放射狀電流所產生的方位角不對稱。

如精於本技藝之人士所知一般，兩導體之間的小空間典型上將產生兩導體之間的電弧。因此，由消除電弧的距離限制外和內匝之間的空間。然而，在本發明的一實施中，在大體上消除內和外匝之間的電弧之同時，空間被填滿介電材料以使內和外匝盡可能彼此接近。藉由例子，具有大約 0.2 到大約 1 cm 之間的空間之 Teflon (鐵氟龍) 或陶瓷材料可運作良好。

而且，多匝天線通常由銅製成。在一實施中，多匝天線由塗層有銀的銅製成。然而，應注意多匝天線並不侷限於由銅或塗層有銀的銅製成，而是可使用任何適當導電金

(20)

屬。在一實施例中，天線環的橫剖面是矩形的以幫助有關窗之每一環的可重複位置和每一其他環。然而，應注意這不是限制而是可使用其他橫剖面形狀和尺寸。另一選擇是，天線環可由空心導體製成以幫助溫度控制（即經由那裡流動液體）。

有關多匝天線的整個尺寸，即外直徑，通常（但不是絕對需要）安排天線的尺寸小於處理室的橫剖面較佳，以便保持電漿集中在基底上方的區域並且防止不適當的電漿擴散到室牆，否則不利地需要更多電力操作電漿處理系統和增加牆腐蝕。而且，所產生的電漿尺寸通常對應於所使用的天線尺寸，因此，多匝天線應具有大體上類似於基底直徑的外直徑，以便產生均勻蝕刻速率。藉由例子，基底尺寸典型上在大約6到大約12英吋之間，因此在一實施例中，多匝天線具有大約6到大約12英吋之間的外直徑。

更進一步詳細說明，因為增加的電流能力，即作用起來像單一匝的多匝天線，所以多匝天線可被配置成小於基底。也就是說，高度集中的電流容易產生足以大到處理基底的電漿。然而，應明白並非所有處理都需要使用較小天線，即天線可被配置成大於基底。然而，若高均勻程度是不可缺時，則使用較小天線是相當有利的。藉由例子，天線直徑可被配置成在大約6到大約15英吋之間，及在大約7到大約11英吋之間較佳，以便處理12英吋基底。然而，應注意這不是限制，天線的實際尺寸可隨基底的特定尺寸加以變化（即當包含較小或較大基底時可視需要規劃天線尺

(21)

寸)。

有關所利用的 RF 頻率，如同一般指導方針，較低 RF 頻率（即低於 13 MHz）藉由減少駐波影響傾向減少電力耦合的傳送線特徵之影響。也就是說，較低頻率容易使天線的任何固有方位角不對稱耦合特徵較不明顯。而且，在較低 RF 頻率中，天線和電漿之間的電容耦合也較不明顯，因此減少耦合窗的離子撞擊。因此，RF 電源的頻率通常被配置成小於或等於大約 13 MHz，在大約 0.4 MHz 和大約 13 MHz 之間較佳，及大約 4 MHz 更好。應明白不是所有處理都需要使用較低頻率。然而，若高均勻程度是不可缺時，則使用較低頻率是相當有利的。

如同上述，本發明的第一觀點之優點是很多的。不同實施例或實施可具有一或更多下列優點。本發明的其中一優點係在處理室內產生方位角對稱的電漿。結果，達成更好的處理均勻性，增加基底生產能力，減少裝置故障，和增加被處理的基底總產量。本發明的另一優點係本發明的天線配置是自我屏蔽的，因此減少天線和電漿之間的電容耦合。相關地，減少耦合窗的離子撞擊，及因此增加耦合窗的壽命，及減少與離子撞擊有關的粒子污染。

根據本發明的實施例，電漿處理裝置被設有多層耦合窗配置以大體上減少天線和電漿之間的電容耦合。爲了幫助討論，圖 7 圖解根據本發明的一實施例之多層耦合窗配置 700。多層耦合窗配置 700 可各自對應於圖 2 的耦合窗 212。多層耦合窗配置 700 至少包括第一層 704 和第二層 706。

(22)

較佳的是，第一層704黏接到第二層706。在一實施中，兩層被熱黏接在一起。然而，應注意這不是限制，可使用其他黏接處理。另外，應注意空隙可位在層之間，即真空空隙或空隙使氣體流動在層之間，同時仍獲得所說明的益處。而且，第二層706形成處理室的內圓周表面之一部分較佳。

首先參照第二層，第二層被配置成作用起來像減少其表面上的電位差之靜電屏蔽。另外，第二層被配置成電絕緣並且由能夠幫助感應的RF能量自天線通到電漿之導電或半導體材料形成較佳。因此，因為第二層暴露於處理室內的電漿，所以第二層由大體上防電漿之材料形成較佳。在一較佳實施例中，第二層由碳化矽（SiC）形成。在大多數情況中，SiC可抗電漿處理的熱、化學、和物理作用。此外，SiC通常被歸類成介電，依然會對電流流動產生一些電阻。電阻特性產生屏蔽作用，介電特性產生感應耦合。

儘管不影響感應的電場，但是第二層的電阻係數是用以確保層作用起來像靜電屏蔽之的重要參數。在大多數情況中，用於本發明的特定電阻係數範圍依據與耦合窗一起使用的天線之實際尺寸、電耦合的操作頻率、和第二層的厚度而定。藉由例子，大約自100 ohm-cm到10 ohm-cm的電阻係數可運作良好。然而，應明白若想要的話，電阻係數可被配置成大於 10^6 ohm-cm以使第二層（如、SiC）作用起來更像介電層。

(23)

儘管不希望藉由理論加以約束，但是仍可相信第二層的電阻與用於形成電漿的處理氣體呈現一等電位表面。例如，在點燃電漿之後，由於電漿接近第二層，所以大體上減少第二層上的電位。而且，通常形成電容電壓除法器，例如，由具有固定電容的介電第一層形成之上部分，及由導電第二層所形成之下部分、在點燃之前的室牆、及在點燃之後的導電第二層和電漿。在點燃之前，下部分具有小電容，因此有幫助點燃的大電壓（如、爲了開始放電，典型上需要電容電場）。在點燃之後，下部分具有大電容，使得大體上減少電壓，因此不會導致明顯的電容電力耦合。

現在參照第一層，第一層由能夠幫助感應的 RF 能量自天線通到電漿之介電材料形成較佳。另外，第一層被配置成足以強到結構上保持真空並且足以堅固耐用到在室的周期性清潔期間可容易被處理。另外，第一層通常由具有絕佳的熱特性以能夠控制窗的溫度之介電材料加以形成。藉由例子，由氮化矽（SiN）或氮化鋁（AlN）形成的介電材料可運作良好。然而，應明白這不是限制，可使用其他材料。例如，氧化鋁或石英也可運作良好。

多層耦合窗 700 的總厚度被配置成足以薄到有效傳送天線 RF 能量到電漿，同時足以承受在處理期間所產生的壓力和熱。較佳的是，多層耦合窗的厚度在大約 0.5 和大約 1 英吋之間。另外，第一層 704 應具有大於第二層 704 的厚度。較佳的是，第一層的厚度在大約 0.5 和大約 1 英吋之

(24)

間。而且，第二層的厚度在大約 0.1 和大約 0.5 英吋之間較佳。應明白層的實際厚度可隨每一層所選的特定材料而定。

需注意無需耦合窗的尺寸等於電漿處理室的尺寸。但是通常，小耦合窗可減少成本，特別是當利用諸如 SiC 等昂貴材料時。在一實施例中，耦合窗的形狀被配置成與天線配置的形狀一致。在另一實施例中，耦合窗的外尺寸被配置成延伸小距離越過天線的外尺寸，以便減少到環繞天線的用電傳導的元件之任何耦合。在一例子中，耦合窗的外尺寸被配置成延伸大約 1 英吋通過天線的外尺寸。在另一實施例中，耦合窗具有大體上與天線相同的形狀，即箍形。

有關所使用的介電特性（如、介電常數），如一般指導方針，諸如小於大約 10 等較低介電常數藉由減少駐波影響傾向減少電力耦合的傳送線特徵之影響。尤其是，較低的介電常數傾向使傳送的能量之波長較長，使天線看起來較短，因此在駐波波型中產生較少波節。因此，較低介電常數傾向使天線的任何固有的方位角不對稱耦合特徵較不明顯。

而且，考慮可與上述多匝天線和多層耦合窗一起使用其他元件以更進一步增加電漿處理室中的基底之均勻處理。藉由例子，可與多匝天線配置磁性配置以在接近耦合窗和多匝天線之區控制處理室內的靜態磁場之放射狀變化。在發表於 2002,1,29 之 U. S. 專利號碼 6,341,574 稱作「改良

(25)

的電漿處理系統和方法”之共同審查專利申請案中可發現此種磁性配置的例子，並且併入本文做為參考。

圖 8 為由本發明的實施例所設置之多匝天線 800 的立體圖。因為圖 8 的多匝天線 800 可以是圖 6 的概要圖之實施，所以相同標號用於相同部分。多匝天線 800 包含第一匝 616、第二匝 618、第三匝 620、及第四匝 622。每一匝定義一通過匝的圓周之平面。這些平面不是大體上彼此平行就是彼此共面的。輸入匯流排 624 連接到第一匝 616 的第一端。第一匝 616 的第二端連接到第二匝 618 的第一端。橫跨在第一匝 616 和第二匝 618 之間的一部分第一連接器大體上垂直於第一匝 616 和第二匝 618 所定義的平面。第二匝 618 的第二端連接到放射狀連接的第一引線 632。放射狀連接的第二引線 636 連接到第三匝 620 的第一端。第一引線 632 和第二引線 636 大體上垂直於匝 616，618，620，622 所定義的平面。放射狀連接的放射狀連接器 682 自第一引線 632 延伸到第二引線 636，並且具有大體上平行於匝所定義的平面之長度。第三匝 620 的第二端連接到第二連接器 644 的第一端。第二連接器 644 的第二端連接到第四匝 622 的第一端。橫跨在第三匝 620 和第四匝 622 之間的第二連接器 644 大體上垂直於第三匝 620 和第四匝 622 所定義的平面。第四匝 622 的第二端連接到輸出匯流排 626。圖 9 為圖 8 的切斷部分 830 之放大概要俯視圖，其圖示一部分第三匝 620、第四匝 622、第二引線 636、第二連接器 644、和輸出匯流排 626。因為匝 616，618，620，622 所定義的平面是水平的，所以

(26)

第一引線 632、第二引線 636、第一連接器 640、和第二連接器 644 的長度是垂直的，同時放射狀連接的放射狀連接器大體上是水平的。

圖 10 為第三匝 620 的俯視圖。第三匝 620 具有第一端 1004 和第二端 1008，由第三匝空隙 1012 分開第三匝 620 的第一端 1004 和第二端 1008。放射狀連接的第二引線 636 連接到第三匝 620 的第一端 1004。第二連接器 644 連接到第三匝 620 的第二端 1008。第三匝 620 的第一端 1004 和第二端 1008 形成凹口 1020，1024。第一凹口 1020 形成第一端 1004 的細窄懸臂部位 1030。第二凹口 1024 形成第二端 1008 的細窄懸臂部位 1034。凹口 1020，1024 和細窄懸臂部位 1030，1034 使細窄懸臂部位 1030，1034 可沿著相同放射狀方向放置，使第二連接器 644 和第二引線 636 可沿著匝的相同放射狀方向放置，可形成大體上完整的匝。完整的凹口匝是如圖 10 所示的匝，具有凹口第一端和第二端以形成懸臂部位，其中部分第一端和第二端的懸臂部位沿著相同放射狀方向放置，使得連接到第一端的電連接器沿著與連接到第二端的第二電連接器相同通過天線軸的半徑放置。

圖 11 為第四匝 622 的俯視圖。第四匝 622 具有由空隙 1112 分開的第一端 1104 和第二端 1108。第二連接器 644 連接到第一端 1104 的底面。第三連接器 1116 連接到第四匝 622 的第二端 1108。凹口 1120 被形成在第四匝 622 的第一端 1104 以形成第一端 1104 的細窄懸臂部位 1130。凹口 1120 為放射狀連接的第二引線 636 提供一空間以不會短路地通過

(27)

。因爲爲第二引線 636 提供空間，所以第一端 1104 和第二端 1108 未沿著半徑重疊。反而，第四匝 622 不完整。

圖 12 爲在第四匝 622 上方的上連接器 1204 之俯視圖。上連接器 1204 具有連接到第三連接器 1116 的第一端和連接到輸出導線 626 的第二端。如圖 9 所示，第三連接器 1116 自第四匝 622 向上延伸到上連接器 1204，及上連接器 1204 在第四匝 622 的第一端上方延伸，使得第四匝 622 和上連接器 1204 成一大體上完整的匝。若第四匝的空隙由第四匝 622 平面中及不同於第四匝的半徑之放射狀長度的橋路補償，則放射狀組件將需要連接橋路到第四匝，導致產生方位角不對稱的放射狀電流。反而，上連接器 1204 沿著與第四匝 622 相同的放射狀長度橋接空隙，但是在第四匝 622 上方。

圖 13 爲第二匝 618 的俯視圖。第二匝 618 具有第一端和第二端，其中由第二匝空隙 1312 分開第二匝 618 的第一端和第二端。第一連接器 640 連接到第二匝 618 的第一端。放射狀連接的第一引線 632 連接到第二匝 618 的第二端。第二匝 618 的第一端和第二端形成凹口。第一凹口形成第一端的細窄懸臂部位 1330。第二凹口形成第二端的細窄懸臂部位 1334。凹口和細窄懸臂部位 1330，1334 使細窄懸臂部位 1330，1334 可沿著相同放射狀方向放置，使第一連接器 640 和第一引線 632 可沿著相同放射狀方向放置，可形成大體上完整的匝。

圖 14 爲第一匝 616 的俯視圖。第一匝 616 具有由空隙 1412 分開的第一端和第二端。第一連接器 640 連接到第一

(28)

端的底面。第四連接器 1416 連接到第一匝 616 的第二端。凹口 1420 被形成在第一匝 616 的第一端以形成第一端的細窄懸臂部位 1430。凹口 1420 為放射狀連接的第一引線 632 提供一空間以不會短路地通過。因為為第一引線 636 提供一空間，所以第一端和第二端未沿著放射狀方向重疊。反而，第一匝 616 不完整。

圖 15 為在第一匝 616 上方的第二上連接器 1504 之俯視圖。第二上連接器 1504 具有連接到第四連接器 1416 的第一端和連接到輸入導線 624 的第二端。第四連接器 1416 自第一匝 616 向上延伸到第二上連接器 1504，及第二上連接器 1504 在第一匝 616 的第一端上方延伸，使得第一匝 616 和第二上連接器 1504 成一大體上完整的匝。若第一匝 616 的空隙由第一匝 616 平面中及不同於第一匝的半徑之放射狀長度的橋路補償，則放射狀組件將需要連接橋路到第一匝，導致產生方位角不對稱的放射狀電流。反而，第二上連接器 1504 沿著與第一匝 616 相同的放射狀長度橋接空隙，但是在第一匝 616 上方。

如上述，在大體上消除內和外匝之間的電弧的同時，介電材料可放在匝 616，618，620，622 之間以使匝可盡可能彼此接近。圖 16 為具有位在其間的此種絕緣之匝 616，618，620，622 的橫剖面圖。如圖示，第一、第二、第三、和第四匝 616，618，620，622 被裝設在中央絕緣器 1604 的四周以形成總成。中央絕緣器形成底部脊形環 1608。總成放置在底部絕緣器 1612 上。中央絕緣器 1604 的底部脊形

(29)

環 1608 被裝設到底部絕緣器 1612 的中央溝槽內。頂部脊形環 1616 在第一匝 616 和第四匝 622 上方延伸，使得沿著頂部脊形環 1616 表面自第一匝 616 到第四匝 622 的距離大於需要防止電弧的最小表面距離。底部絕緣器 1612 可放在位在介電窗 212 上的法拉第屏蔽 1620 上。

圖 19 為法拉第屏蔽 1620 的俯視圖。可設置法拉第屏蔽 1620 以更進一步最小化耦合的方位角變化並且控制電容耦合的範圍。此可藉由使法拉第屏蔽 1620 接地、施加特定電壓到法拉第屏蔽或使法拉第屏蔽可浮動加以實施。因為天線足跡是環形，所以法拉第屏蔽 1620 可以是符合天線足跡的環形。在較佳實施例中，法拉第屏蔽 1620 是稍微大於天線足跡並且在環的寬部分具有至少一放射狀槽孔 1904 之環形導電材料。在其他較佳實施例中，設置一個以上的槽孔。

在本實施例的例子中，匝 616，618，620，622 大約 1 cm 厚。中央絕緣器 1604 以大約 0.5 cm 的距離隔開匝 616，618，620，622。法拉第屏蔽具有大約 0.15 cm 的厚度。因此，介電窗 212 的頂部和匝的最遠部分即第一或第四匝 616，622 的頂部之間的距離大約是 3 cm。因此在此實施例中，想要在大於介電窗 212 到匝的最遠部分之距離的三倍（即 9 cm）放致放射狀連接器 682。

至少在第一引線 632 接近（不遠離）窗之區，第一引線 632 大體上垂直於匝所定義的平面並且位在接近輸入導線 624 及第一連接器 640 以最小化第一引線 632、輸入導線

(30)

624、和第一連接器640所導致的不對稱。提供抵銷磁場的第一連接器640和輸入導線624大體上長於第一引線632的整個長度。至少在第二引線接近窗之區，第二引線636大體上垂直於匝所定義的平面並且位在接近輸出導線626及第二連接器644以最小化第二引線636、輸出導線626、和第二連接器644所導致的不對稱。

藉由以不同方位角位置放置連接集中，諸如在環的相對側等，連接不完美所產生的非方位角擾亂被分開，提高方位角均勻性。藉由放置此種連接在由連接所產生之匝剩餘偶極的相對側上可使其彼此相對。雖然由連接所產生的剩餘偶極位在匝的相對側上，但是此實施例使它們可彼此相對，取代使它們在匝的相同側及使他們在相同方向。

在晶圓結果中的量測方位角不對稱中已發現本發明的天線可提供大約2-3折疊減少。

圖17為本發明的另一實施例所使用之部分第三匝620和第四匝622的橫剖面圖。第三匝620具有第一端1704和第二端1708，其中由第三匝空隙1712分開第一端1704和第二端1708。放射狀連接的第二引線636連接到第三匝620的第一端1704。第二連接器644連接到第三匝620的第二端1708。空隙1712使第三匝620可形成不完整環。

第四匝622具有由空隙1732分開的第一端1724和第二端1728。第二連接器644連接到第四匝622的第一端1724。第三連接器1736連接到第四匝622的第二端1728。空隙1732使第四匝622形成不完整環。上連接器1744具有連接

(31)

到第三連接器 1736 的第一端和連接到輸出導線 626 的第二端。第三連接器 1736 自第四匝 622 向上連接到上連接器 1744，及上連接器 1744 在第四匝 622 的第一端上方延伸，使得上連接器 1744 橋接空隙 1712，1732。此使上連接器 1744、第三匝 620，和第四匝 622 形成兩大體上完整的匝。

在此實施例中，取代使用凹口諸如第二引線 636 等連接器可通過第四匝 622，第二引線 636 通過第四匝 622、上連接器 1744、和輸出導線 626。孔 1760 放在經過第四匝 622，及孔 1764 放在經過第二引線 636 和上連接器 1744 以提供第二引線 636 足夠的空間可無電弧地通過。絕緣器可位在孔中的第二引線 636 四周以更進一步防止電弧。雖然每一匝的空隙未與匝在同一平面，但是放射狀連接器已移離窗一大距離。由以與匝相同的放射距離取代與匝在同一平面橋接空隙所產生的方位角不對稱不會像若放射狀連接器位在接近窗所導致的放射狀電流之方位角不對稱一般大。

藉由使第二引線 636 與輸出導線 626 同軸，來自第二引線 636 和輸出導線 626 的磁場能夠彼此更適當抵銷。此外，第二連接器 644 位在接近第二引線 636 以提供更進一步的抵銷。

圖 18 為圖 17 的裝置之橫剖面圖，其中無源天線 1804 位在接近第三匝 620 及第四匝 622。由 Howald 等人發表於 2002,9,22 的 U. S. 專利申請案號 10/200,833 稱作“用於產生均勻處理速率之方法和裝置”中討論此種無源天線，並且併入本文做為參考。無源天線 1804 可用於減少方位角不對

(32)

稱。此通過設計考慮到無源天線의 清楚設計，有助於重新將電流導回到想要的方位角電流路徑。

在具有第一、第二、第三、和第四匝 616，618，620，622 的先前實施例中，第一和第二匝 616，618 可視作內環而第三和第四匝 620，622 可視作外環，利用引線和放射狀連接器連接內環與外環。在這些實施例中，內環與外環同中心，其中外環具有大於內環的直徑。

雖然在先前的實施例中，天線由第一環和第二環形成，其中第一環和第二環是相同的幾何形狀及同軸，並且一環位在另一環上面，但是可使用其他類型的天線配置。此種其他配置可使用兩單一環或可提供第二環與第一環是不同幾何形狀。環可具有兩個以上的匝。較佳的是，包含環之匝的方位角空隙被最小化，使得空隙形成小於 3° 的放射角度及使得接近空隙之匝的端之半徑是相同的。此外，輸入和輸出饋送可以是與它們的長度部分同軸，作為減少它們偶極影響的另一方法。在此實施例中，匝空隙大約 $1/8$ 英吋較佳。由安裝到凹口的定向懸臂部位以與圖 10 及 13 所說明的放射狀距離相同地補償匝空隙。當此種定向懸臂和凹口設計不太實用時，本發明較喜歡遵循以幾乎等於缺掉的方位角空隙之長度，在相同的放射狀位置，藉由添加額外的局部天線匝在大體上平行於另一匝平面的平面中以形成大體上完整匝的整數加以補償方位角電流中的空隙之原則。

此種其他配置可使用兩單一環或可提供第二環與第一

(33)

環是不同的幾何形狀。它們可以是兩個以上的環。環具有一匝。就較高的耦合場而言，環具有更多的環匝較佳。使用兩環匝，使得局部匝補償方位角電流長度（見圖 12 1204、圖 15 1504、圖 17 1744）大約等於方位角空隙及同時為場取消接近地放置兩環導線較佳。許多環匝的結構需要垂直連接引線和相關方位角空隙的一致方位角間隔，使得在為場取消接近地放置兩環導線的同時，達成大約環匝的整數較佳。

在本發明中，利用遠離窗的環之間的放射狀連接，改良的發明天線可與由在相同半徑具有方位角電流補償的單一或多個環匝所製成之多個環一起建造（見圖 10 - 11）。為了製造改良的方位角對稱電場，去除使環成放射狀接近的限制。若個別環比較於由天線所傳送的能量之波長在用電上是短的則更好。較佳的是，環緊密在一起，使得環具有小於由天線配置所傳送的能量之波長的組合長度。

圖 20 為根據本發明的一實施例之多匝天線配置 2000 的實施例之概要圖，其中只設置兩匝。多匝天線配置 2000 包括操作式耦合於 RF 電源 2004 之多匝天線，例如，各自對應於圖 2 的天線 210 和 RF 電源 214。

多匝天線大體上是環狀的並且至少包括第一匝 2016 和第二匝 2022。在此實施例中，輸入導線 2024 操作式耦合於第一匝 2016 的第一端。第一匝 2016 的第二端操作式耦合於放射狀連接的第一引線 2032。放射狀連接的第二引線 2036 操作式耦合於第二匝 2022 的第一端。至少接近於窗，第一

(34)

引線 2032 和第二引線 2036 大體上垂直於匝 2016，2022 的直徑。放射狀連接的放射狀連接器 2082 自第一引線 2032 延伸到第二引線 2036，及大體上平行於匝的直徑。第二匝 2022 的第二端操作式耦合於輸出導線 2026。電流可自輸入導線 2024 流經第一匝 2016、放射狀連接的第一引線 2032、放射狀連接的第二引線 2036、第二匝 2022 到輸出導線 2026。以箭頭指出此電流流動。因此，藉由在輸入導線 2024 和輸出導線 2026 之間施加 RF 電壓使 RF 電流可流經多匝天線 2006。

仍舊參照圖 20，第二匝 2022 具有大於第一匝 2016 的直徑。雖然外匝（如、第二匝）具有較大直徑，但是它們位在接近內匝（如、第一匝）較佳。也就是說，第二匝 2022 被配置成接近第一匝 2016 較佳。它們接近的結果，使多匝天線看起來及作用起來像單一匝天線（如、在匝之間大體上無空間）。因此，大體上減少放射狀方向的高或低電流區。

如同在其他實施例一般，取代使用鄰近空隙的放射狀引線之橋路，此實施例的天線提供匝之間的放射狀連接器遠離窗 212 一大距離。在窗和放射狀連接的放射狀連接器 2082 之間的大距離至少是窗和天線之匝的最遠部位之間的距離之三倍。更好的是，窗和放射狀連接的放射狀連接器 2082 之間的大距離是窗和天線之匝的最遠部位之間的距離之四倍。此外，放射狀連接器 2082 可位在平行及接近輸出導線 2026 的放射狀線 2080，使得電流反平行地流動以更進

(35)

一步減少放射狀電流所導致的方位角不對稱。

在此實施例中，第一匝 2016 具有比第二匝 2022 更小的直徑，使得第二匝 2022 被放射狀地放置在遠離第一匝 2016 處。在此例中，第一匝 2016 形成內環及第二匝 2022 形成外環，使得在每一方位角方向中，第一匝 2016 都比第二匝 2022 接近天線軸。因為匝具有不同直徑，所以必須使用放射狀連接器連接第一匝 2016 與第二匝 2022。放射狀連接器位在遠離窗一大距離的位置。較佳的是，第一匝定義第一平面通過第一匝的整個圓周之第一平面，及第二匝定義第二平面通過第二匝的整個圓周之第二平面，其中地一平面和第二平面大體上平行。放射狀連接器具有大體上平行於第一匝和第二匝所定義的平面之長度。更好的是，第一匝和第二匝是同中心及共面的。在圖 20 的例子中，第一和第二匝是共面的，使得第一平面和第二平面是同一平面 2090。較佳的是，位在第一匝和第二匝附近的天線軸 2014 大體上垂直於地一平面和第二平面。較佳的是，接近窗的第一引線 2032、第二引線 2036、輸入導線 2024、和輸出導線 2026 大體上垂直於第一和第二平面 2090。藉由將輸入導線 2024 放在接近於第一引線 2032 及使它們大體上垂直於由接近窗的匝所定義的平面，由輸入導線 2024 和第一引線 2032 所產生的方位角不對稱被最小化。

在其他實施例中，僅就接近匝或窗的部分引線、連接器、和導線，引線、連接器、和導線大體上垂直於匝及被緊密放在一起。遠離匝或窗的引線、連接器、和導線未被

(36)

大體上垂直或緊密放在一起。此外，在其他實施例中，本發明的天線可用於電容耦合電漿室和其他裝置。

儘管已利用幾個較佳實施例說明本發明，但是可有落在本發明的範圍內之各種修正、變更、和替代的同等物。也應注意有許多其他方式可實施本發明的方法和裝置。因此，下面附錄於後的申請專利範圍用於解釋成包括落在本發明的真正精神和範圍之所有此種選擇、各種修正、變更、和替代的同等物。

【圖式簡單說明】

本發明利用非限制性的例子加以圖解說明，在附圖的圖式中，相同的參照號碼表示類似元件，其中：

圖1為用於電漿處理之習知技術的電漿處理反應室。

圖2為根據本發明的一實施例之包括天線配置和耦合窗配置的電漿處理系統。

圖3為具有空隙的局部天線匝之概要圖。

圖4為多匝天線配置之概要圖。

圖5為根據本發明的一實施例之多匝天線配置圖。

圖6為多匝天線配置之橫剖面側視圖。

圖7為根據本發明的一實施例之多層耦合窗的橫剖面側視圖。

圖8為本發明的實施例之多匝天線之立體圖。

圖9為圖8之多匝天線的放大剖面圖。

圖10為第三匝的俯視圖。

(37)

圖 11 為第四匝的俯視圖。

圖 12 為在第四匝上方的上連接器之俯視圖。

圖 13 為第二匝的俯視圖。

圖 14 為第一匝的俯視圖。

圖 15 為在第一匝上方的第二上連接器之俯視圖。

圖 16 為具有位在其間的絕緣器之匝的橫剖面圖。

圖 17 為本發明的另一實施例所使用之部分第三匝和第四匝的橫剖面圖。

圖 18 為圖示於圖 17 之具有無源天線的裝置圖。

圖 19 為法拉第屏蔽之俯視圖。

圖 20 為本發明的另一實施例之概要圖。

主要元件對照表

100	感應電漿處理反應器
102	室
104	天線
106	介電窗
108	第一射頻電源
110	氣孔
112	基底
114	夾盤
116	第二射頻電源
118	電漿
200	電漿處理系統

(38)

202	處理室
204	電漿
206	基底
208	室牆
210	天線配置
212	耦合窗配置
214	第一射頻電力供應
215	氣體注入器
216	夾盤
218	第二射頻電源
220	排氣孔
304	局部天線匝
308	空隙
312	第一方位角扇區
316	第一角度
320	第二方位角扇區
324	第二角度
404	局部天線匝
406	空隙
408	局部天線匝
410	空隙
414	橋路
416	放射狀引線
600	多匝天線配置

(39)

602	多匝天線
604	射頻電源
606	第一對同中心環
610	第二對同中心環
614	天線軸
616	第一匝
618	第二匝
620	第三匝
622	第四匝
624	輸入導線
626	輸出導線
632	第一引線
636	第二引線
640	第一連接器
644	第二連接器
680	放射狀線
682	放射狀連接器
700	多層耦合窗配置
704	第一層
706	第二層
800	多匝天線
830	切斷部分
1004	第一端
1008	第二端

(40)

1012	第三匝空隙
1020	第一凹口
1024	第二凹口
1030	細窄懸臂部位
1034	細窄懸臂部位
1104	第一端
1108	第二端
1112	空隙
1116	第三連接器
1120	凹口
1130	細窄懸臂部位
1204	上連接器
1312	第二匝空隙
1330	細窄懸臂部位
1334	細窄懸臂部位
1412	空隙
1416	第四連接器
1420	凹口
1430	細窄懸臂部位
1504	第二上連接器
1604	中央絕緣器
1608	底部脊形環
1612	底部絕緣器
1616	頂部脊形環

(41)

1620	法 拉 第 屏 蔽
1704	第 一 端
1708	第 二 端
1712	第 三 匝 空 隙
1724	第 一 端
1728	第 二 端
1732	空 隙
1736	第 三 連 接 器
1744	上 連 接 器
1760	孔
1764	孔
1804	無 源 天 線
1904	放 射 狀 槽 孔
2000	多 匝 天 線 配 置
2004	射 頻 電 源
2006	多 匝 天 線
2014	天 線 軸
2016	第 一 匝
2022	第 二 匝
2024	輸 入 導 線
2026	輸 出 導 線
2032	第 一 引 線
2036	第 二 引 線
2080	放 射 狀 線

(42)

2082 放射狀連接器

2090 平面

伍、中文發明摘要

發明名稱：用以產生均勻處理速率之天線

本發明設置一用以經由窗在處理室內產生電場之天線配置。通常，天線配置包含含位在天線軸四周的第一外環匝之外環、含位在天線軸四周的第一內環匝之內環，其中在每一方位角方向內環都比外環更接近天線軸，及放射狀連接器放射狀地電連接外環到內環，其中放射狀連接器位在距窗一大距離。

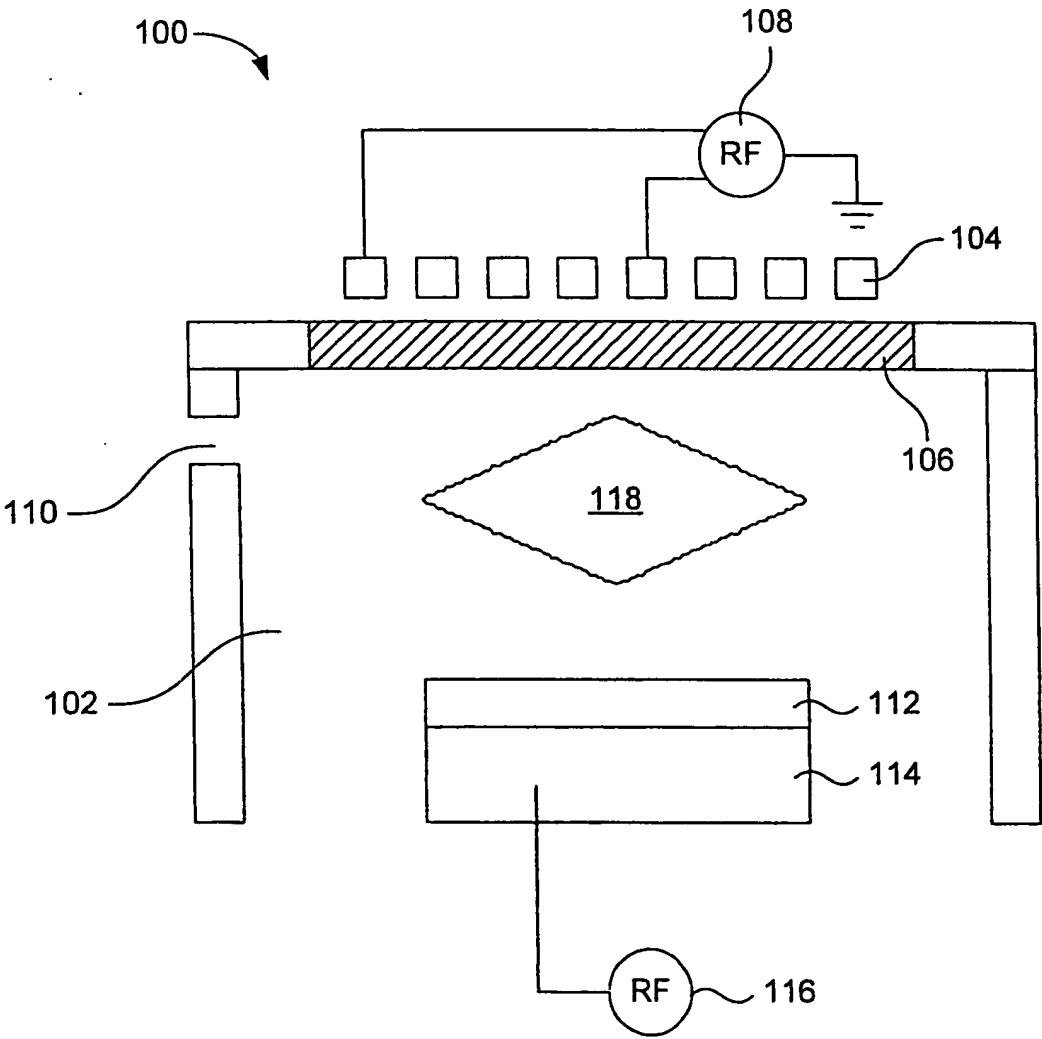
陸、英文發明摘要

發明名稱：

ANTENNA FOR PRODUCING UNIFORM PROCESS RATES

An antenna arrangement for generating an electric field inside a process chamber through a window. Generally, the antenna arrangement comprises an outer loop, comprising a first outer loop turn disposed around an antenna axis, an inner loop, comprising a first inner loop turn disposed around the antenna axis, wherein the inner loop is closer to the antenna axis than the outer loop is to the antenna axis in each azimuthal direction, and a radial connector radially electrically connecting the outer loop to the inner loop, wherein the radial connector is placed a large distance from the window.

圖 1



(習知技術)

圖2

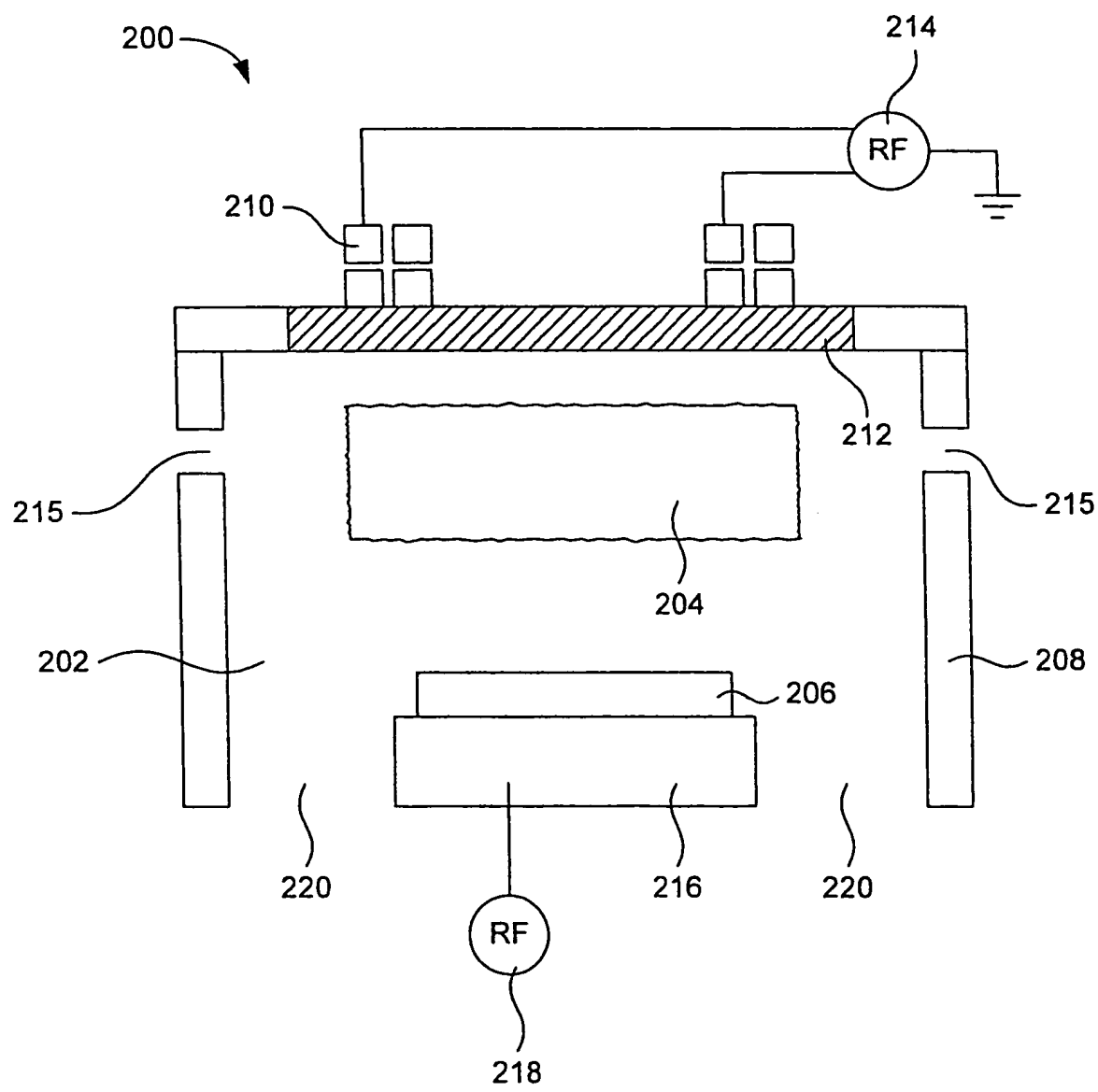


圖 3

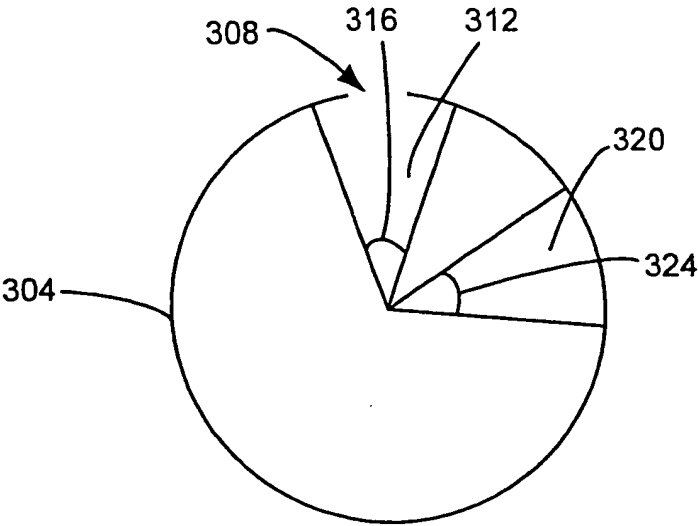


圖 4

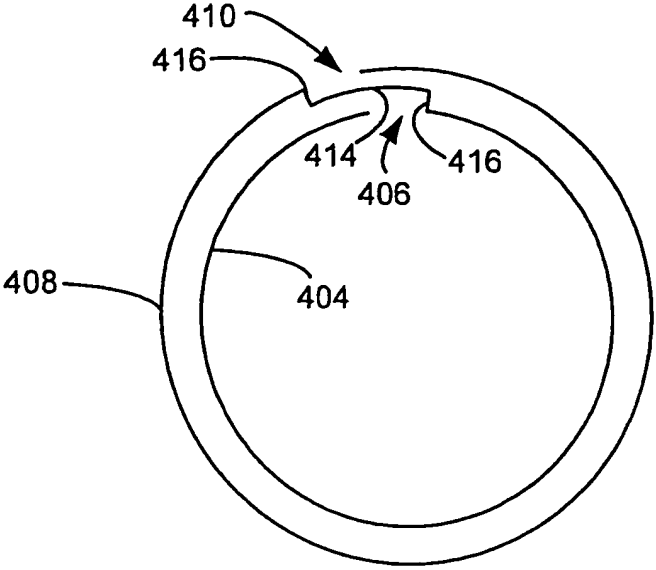


圖 5

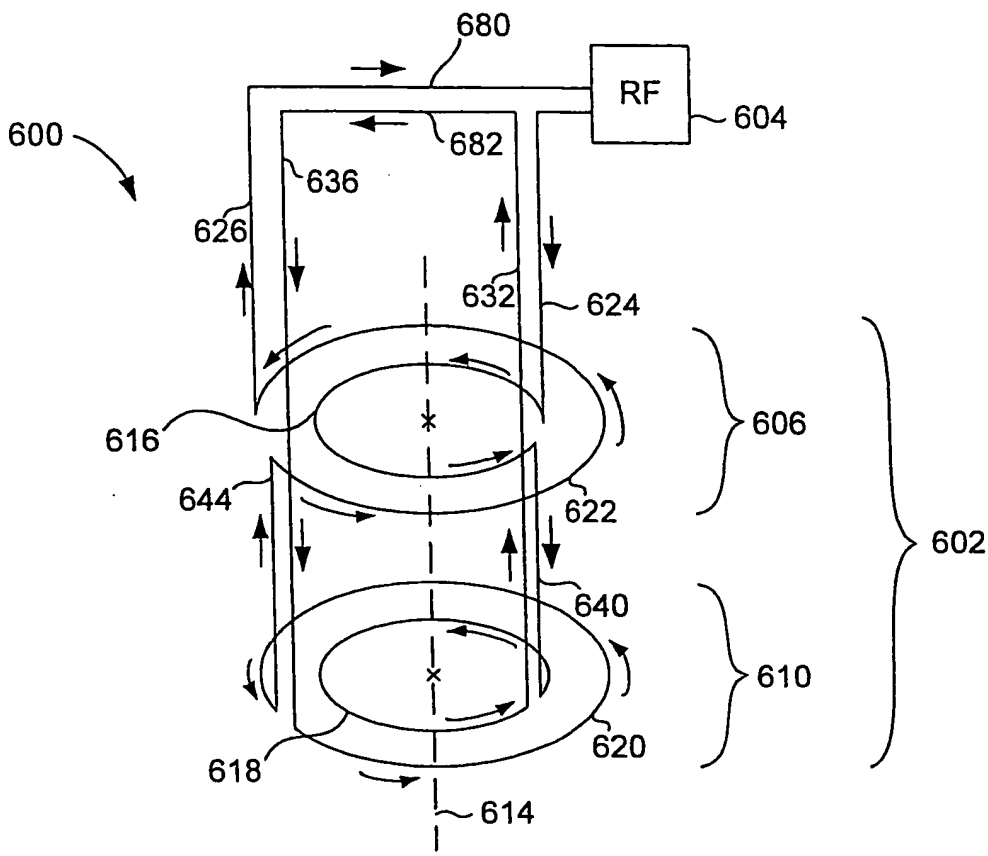


圖 6

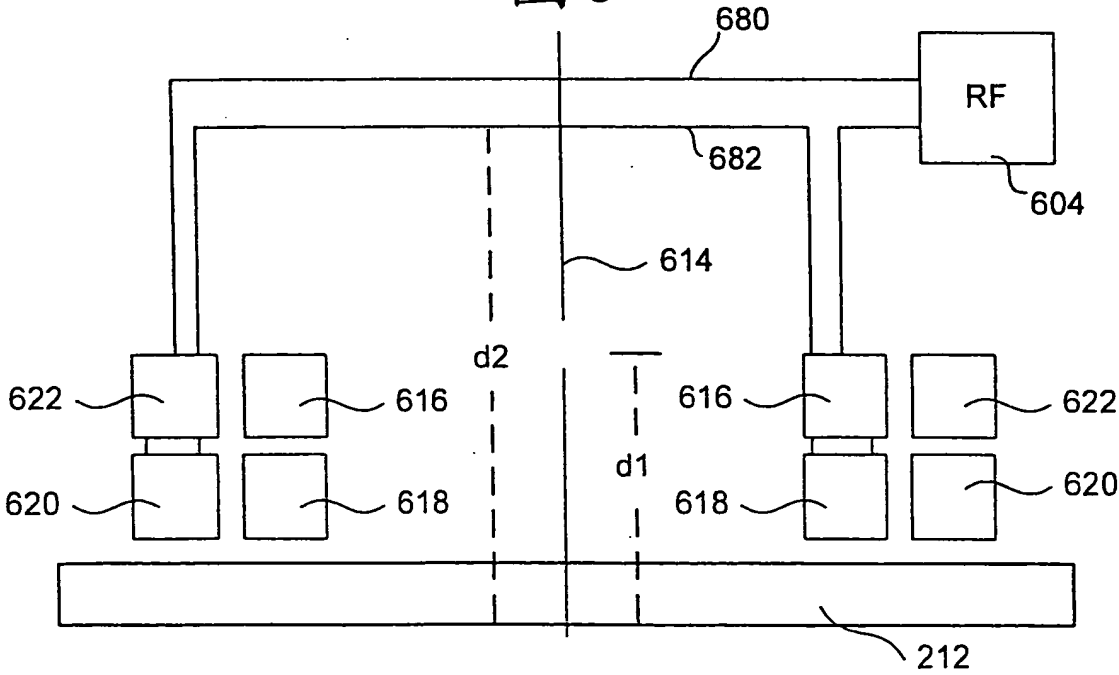


圖 7

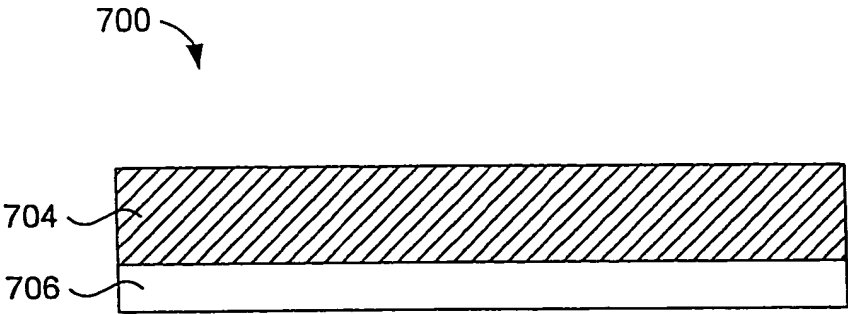


圖 8

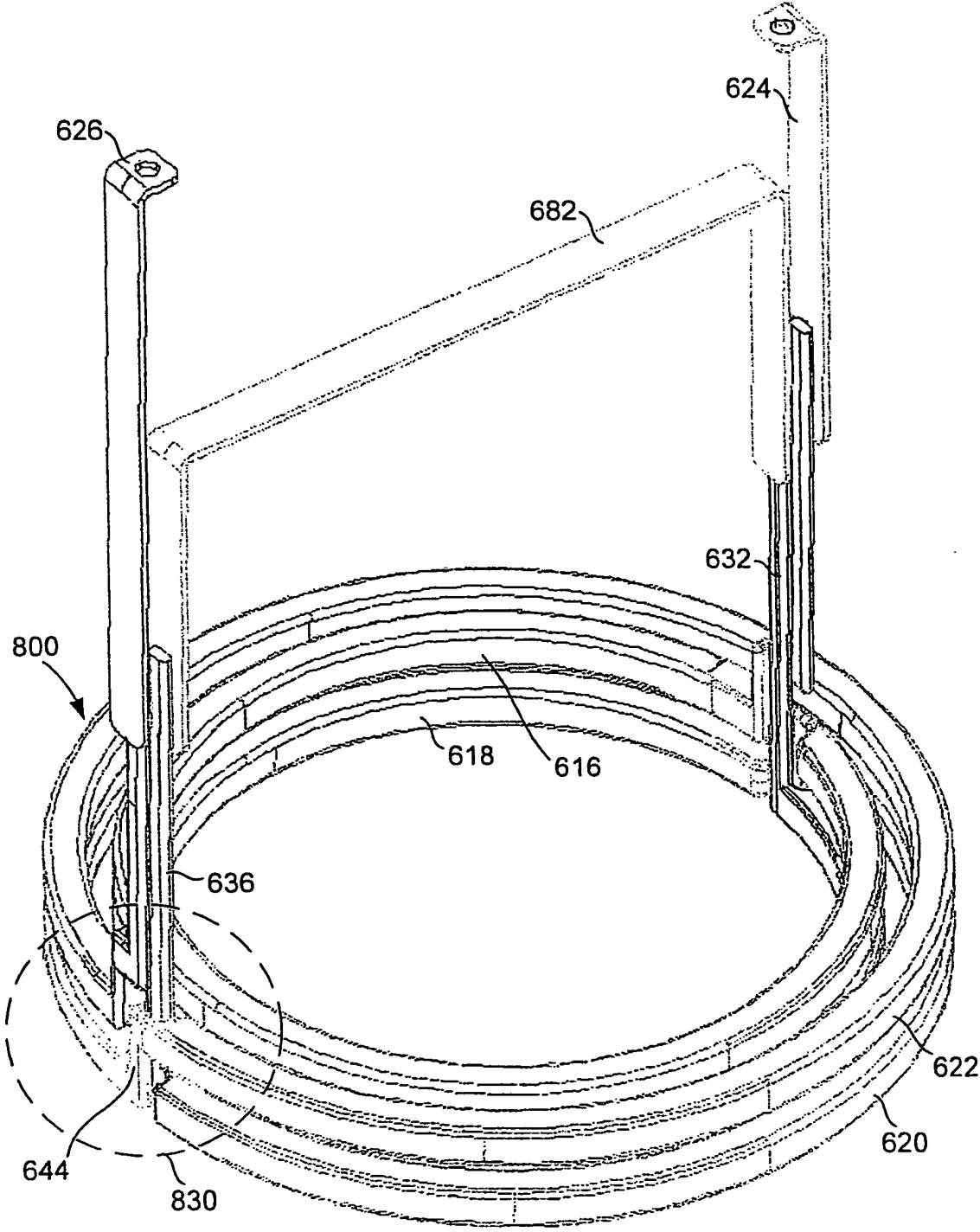


圖9

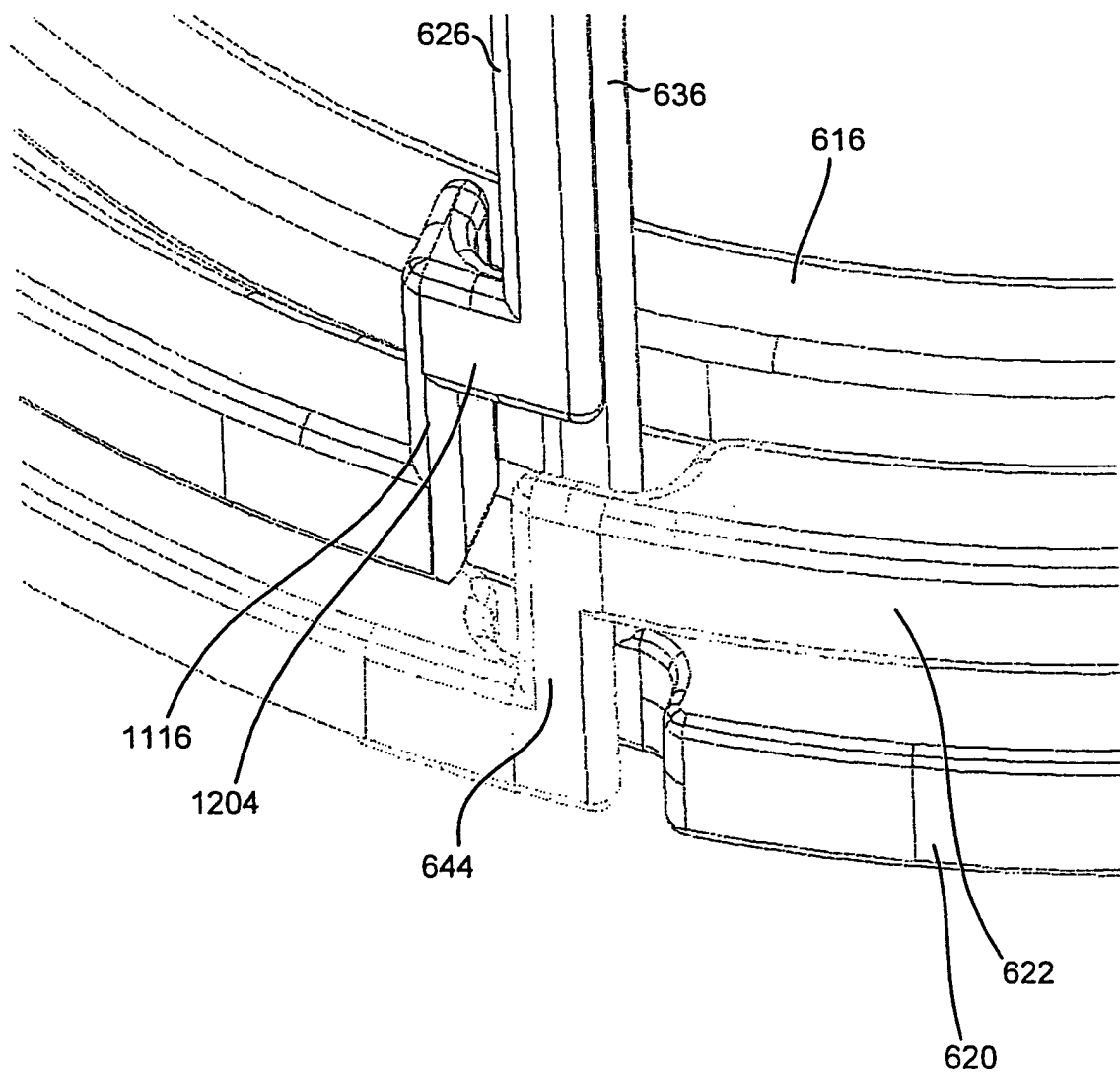


圖 10

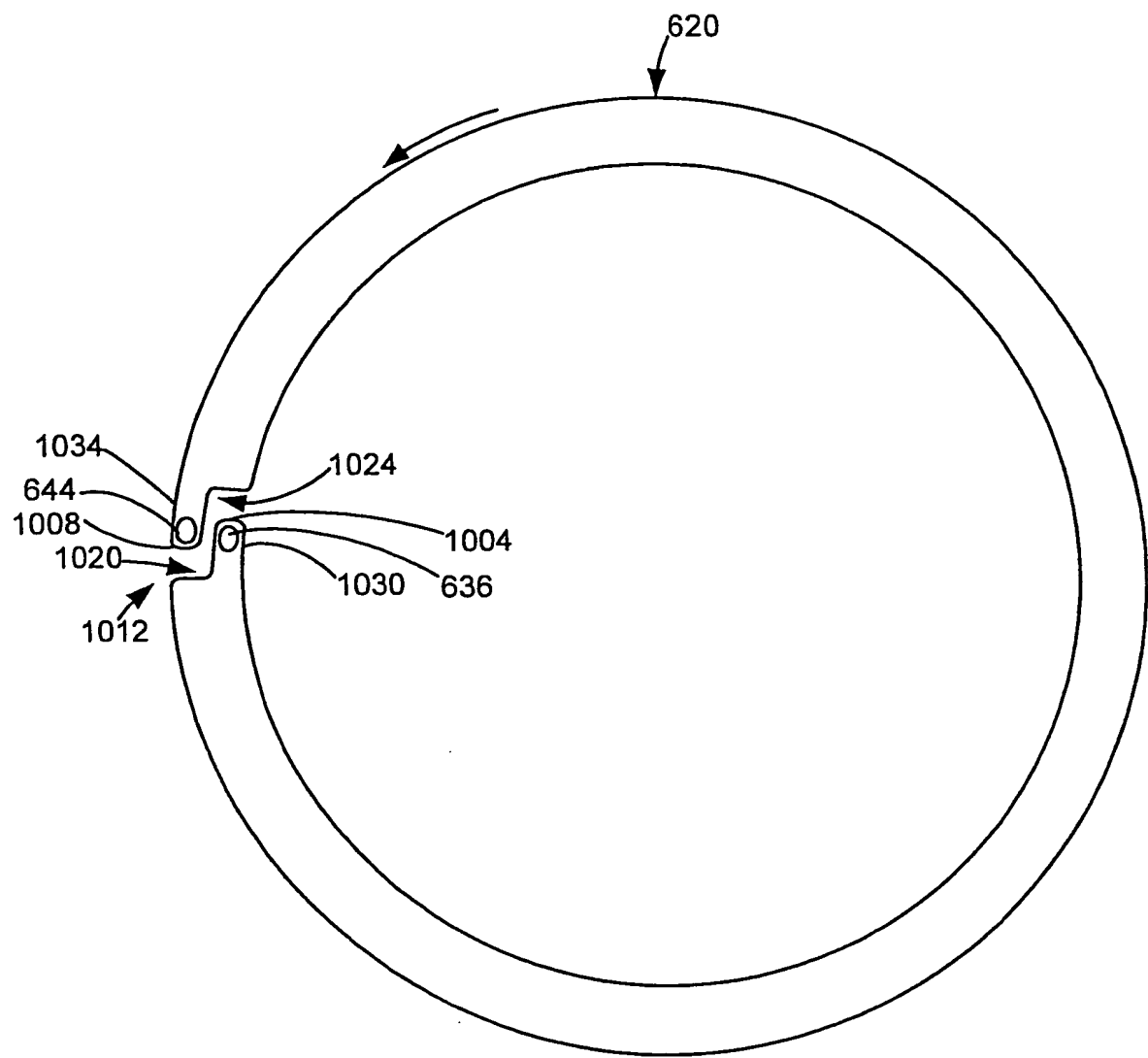


圖 11

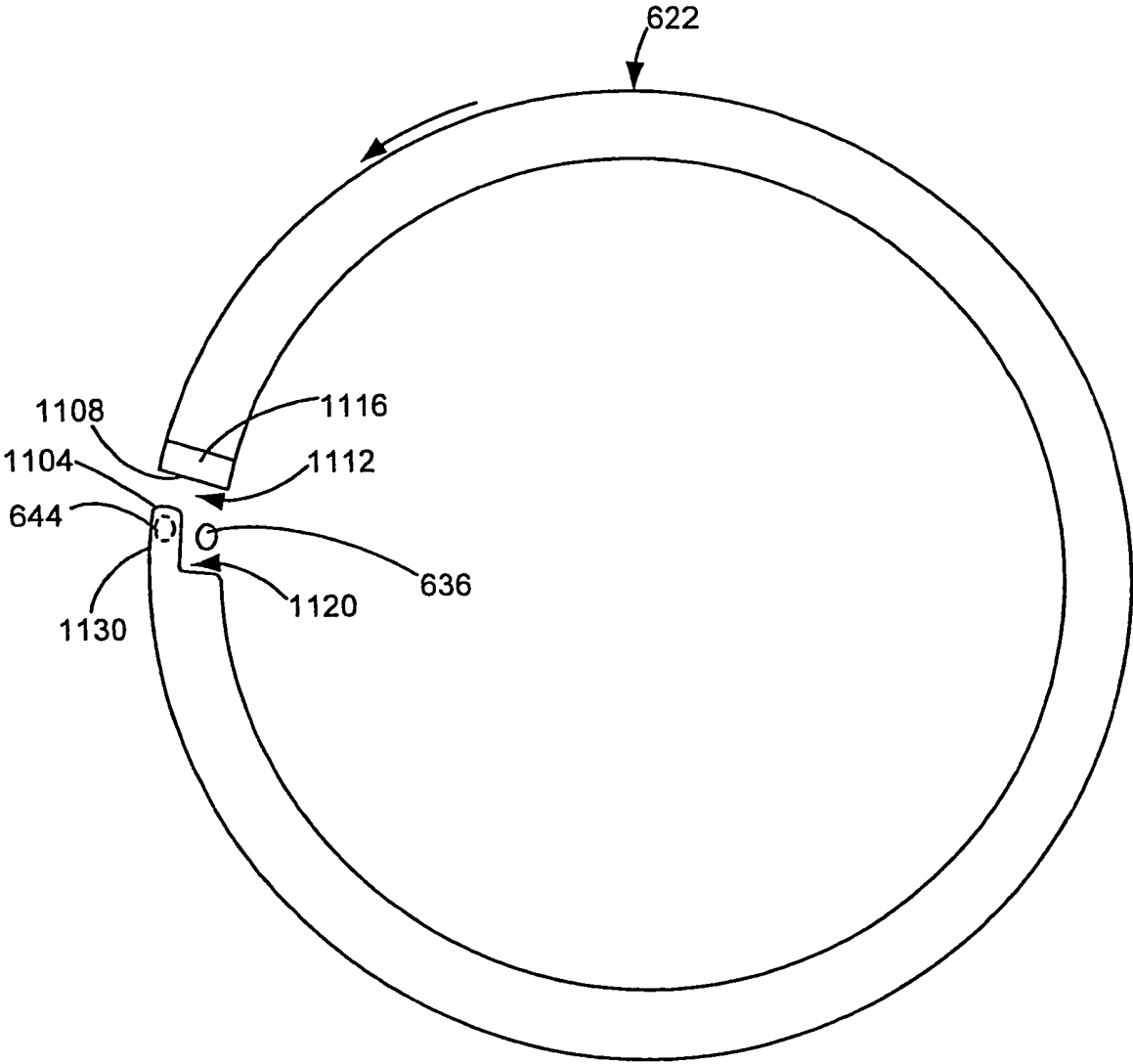


圖 12

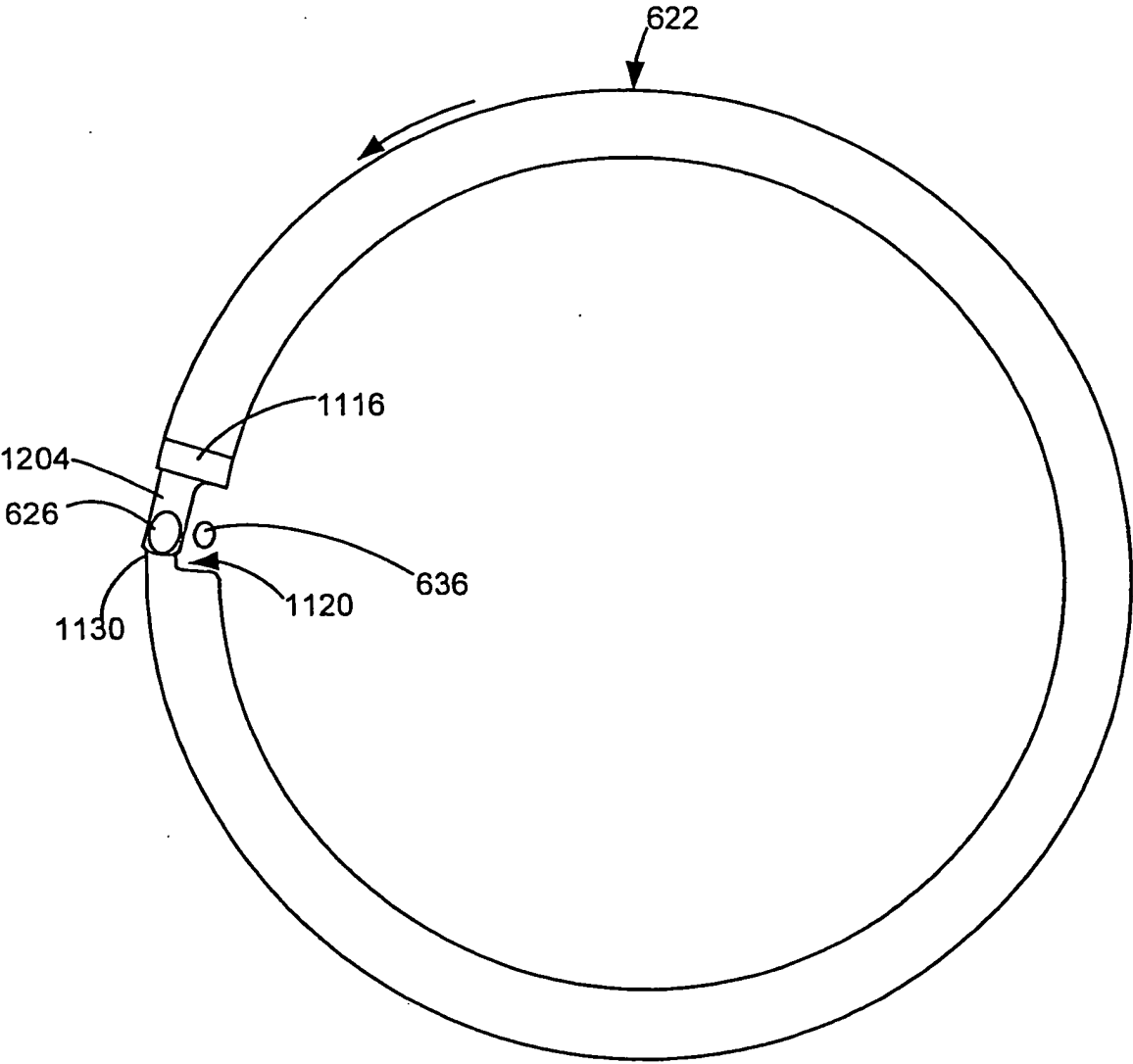


圖 13

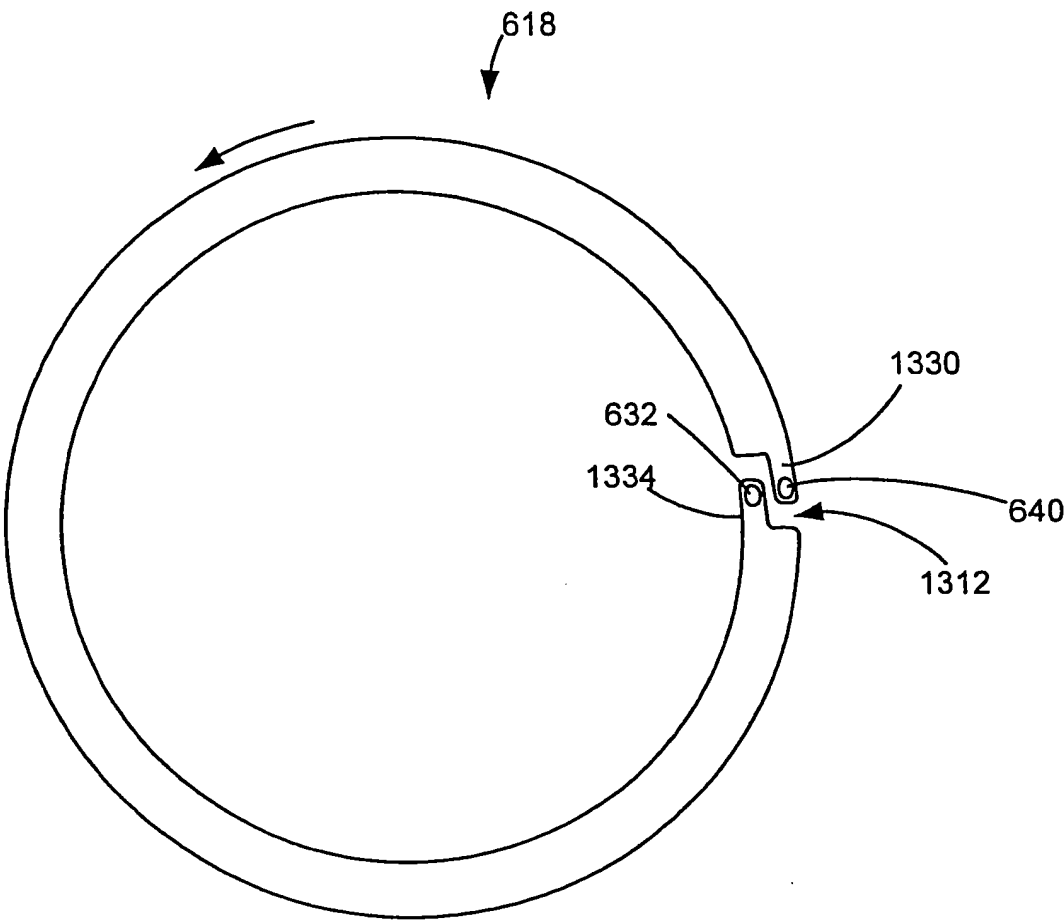


圖 14



圖 20



圖 15

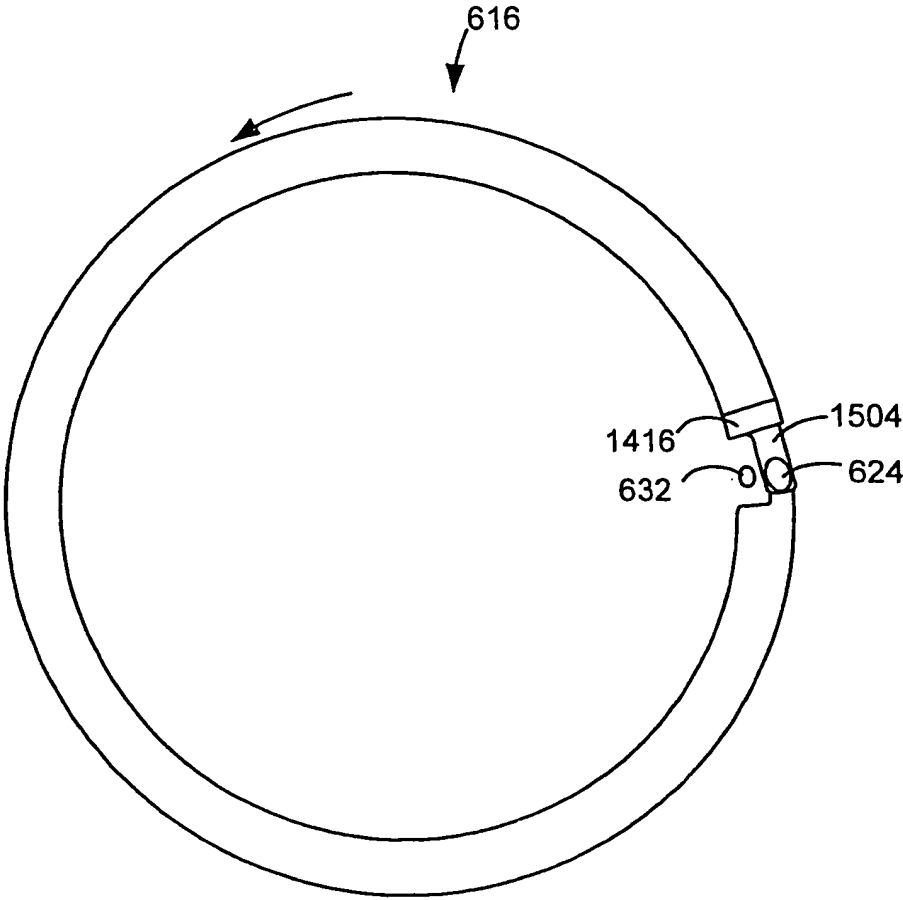


圖 16

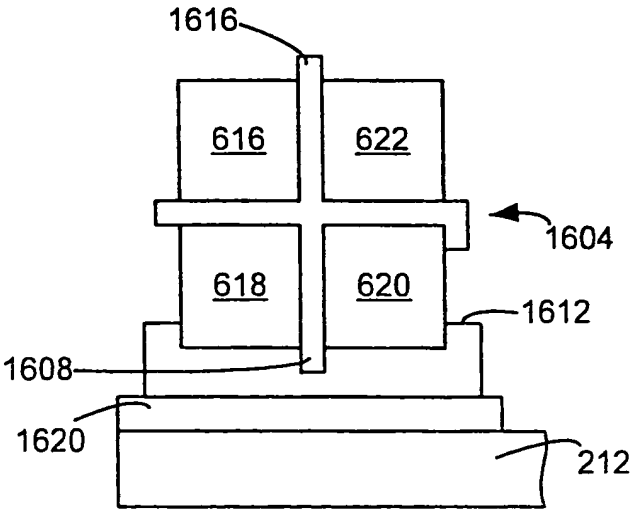


圖 17

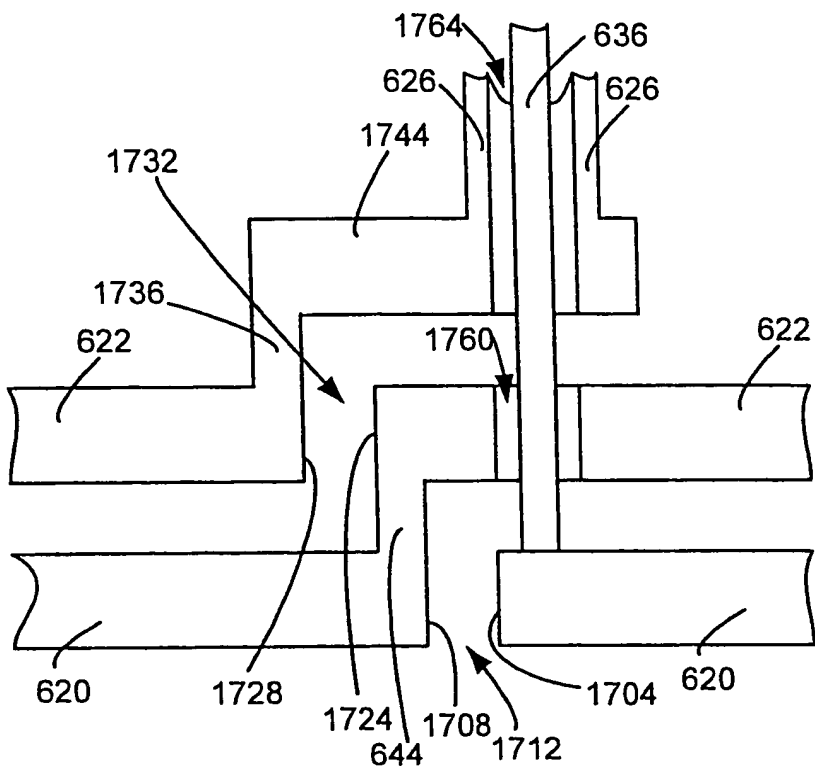


圖 18

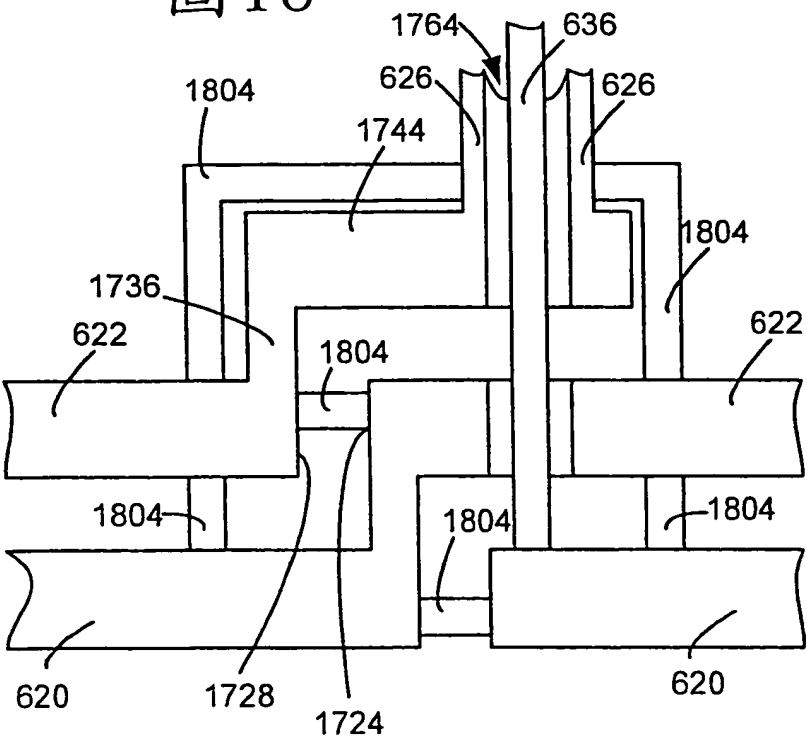
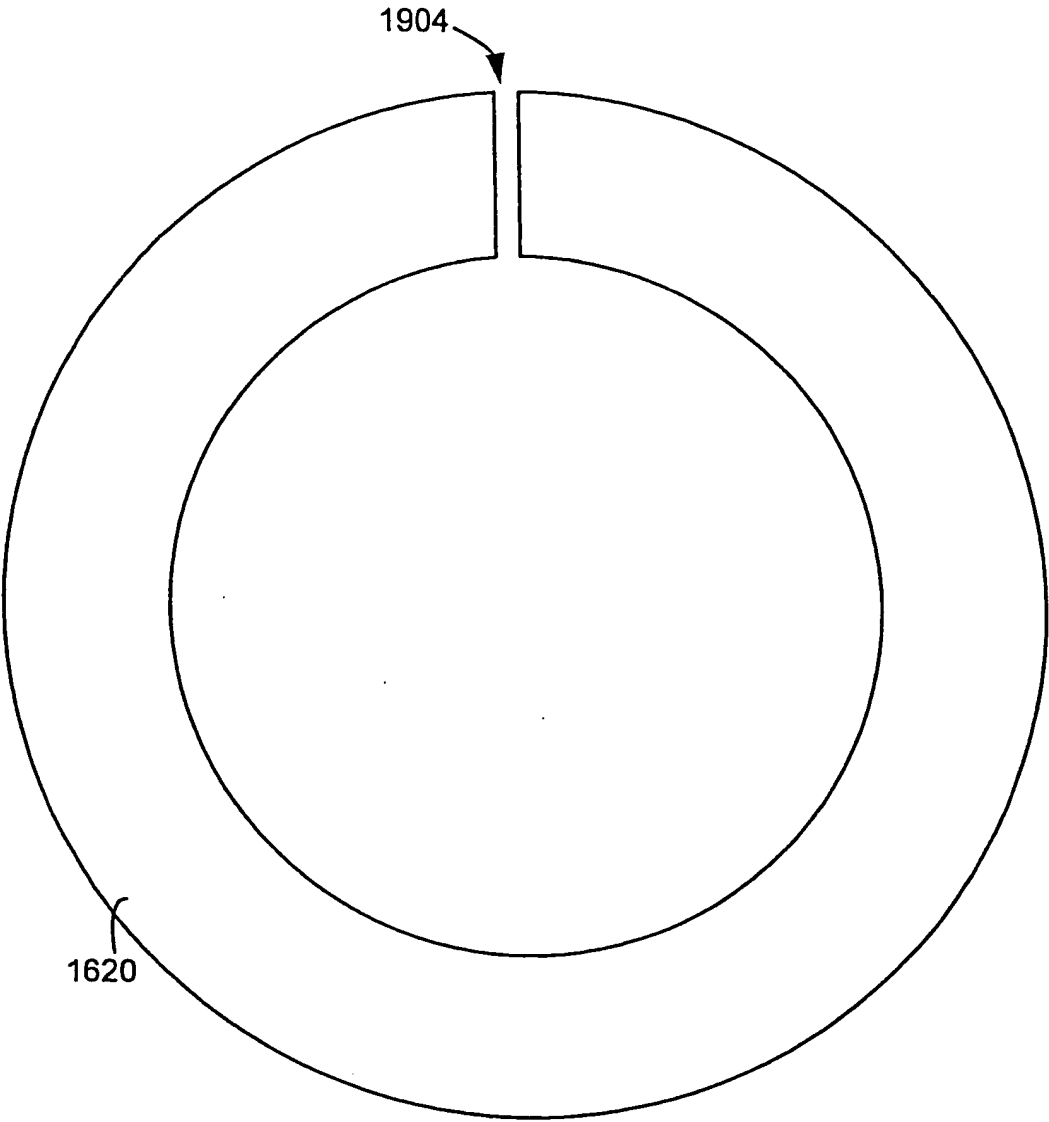


圖 19



柒、(一)、本案指定代表圖為：第 5 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

600	多匝天線配置
602	多匝天線
604	射頻電源
606	第一對同中心環
610	第二對同中心環
614	天線軸
616	第一匝
618	第二匝
620	第三匝
622	第四匝
624	輸入導線
626	輸出導線
632	第一引線
636	第二引線
640	第一連接器
644	第二連接器
680	放射狀線
682	放射狀連接器

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

96年2月14日修正替換頁

拾、申請專利範圍

附件 2A：第 93104100 號專利申請案

中文申請專利範圍替換本

民國 96 年 2 月 14 日修正

修正
補充

1. 一種天線配置，用以經由窗在處理室內產生電場，該天線配置包含：

外環，包含位在天線軸四周的第一外環匝；

內環，包含位在天線軸四周的第一內環匝，其中在每一方位角方向內環匝都比第一外環匝更接近天線軸；及

放射狀連接器，放射狀地電連接外環到內環，其中放射狀連接器位在距窗一大距離。

2. 根據申請專利範圍第 1 項之天線配置，其中第一外環匝定義第一平面及第一內環匝定義第二平面，另外包含自外環延伸的第一引線及自內環延伸的第二引線，其中放射狀連接器連接在第一引線和第二引線之間。

3. 根據申請專利範圍第 2 項之天線配置，其中第一引線實際上垂直於接近外環的第一平面，及其中第二引線實際上垂直於接近內環的第二平面。

4. 根據申請專利範圍第 3 項之天線配置，其中外環是距窗的第一距離，及其中放射狀連接器是距窗的第二距離，其中第二距離是第一距離的至少三倍。

5. 根據申請專利範圍第 4 項之天線配置，其中內環與外環是同軸和共面的。

6. 根據申請專利範圍第 5 項之天線配置，另外包含介

電媒體位在內環和外環之間以消除其間的電弧。

7. 根據申請專利範圍第5項之天線配置，其中內環和外環具有小於由天線配置傳送的能量之波長的組合長度。

8. 根據申請專利範圍第5項之天線配置，其中外環另外包含位在天線軸四周的第二外環匝，及其中內環另外包含位在天線軸四周的第二內環匝。

9. 根據申請專利範圍第8項之天線配置，其中第二外環匝位在第一外環匝上方，及其中第二內環匝位在第一內環匝上方，及其中第一外環匝和第一內環匝有效地屏蔽第二外環匝和第二內環匝的終端電壓。

10. 根據申請專利範圍第8項之天線配置，另外包含介電媒體位在第一外環匝、第二外環匝、第一內環匝、和第二內環匝之間以消除其間的電弧。

11. 根據申請專利範圍第5項之天線配置，另外包含耦合於內環和外環的RF（射頻）電源。

12. 根據申請專利範圍第11項之天線配置，其中內環和外環在處理室內利用RF電源所產生的RF能量合作形成方位角對稱的電場，其中方位角對稱的電場形成實際上方位角對稱的電漿，該電漿於位在處理室內的基底表面各處產生實際上均勻處理速率。

13. 根據申請專利範圍第5項之天線配置，另外包含電連接到內環之第一導線及電連接到外環之第二導線。

14. 根據申請專利範圍第1項之天線配置，其中外環是距窗的第一距離，及其中放射狀連接器是距窗的第二距

離，其中第二距離是第一距離的至少三倍。

15. 根據申請專利範圍第1項之天線配置，其中第一外環匝和第一內環匝的至少其中之一是完整的凹口匝。

16. 根據申請專利範圍第15項之天線配置，其中第二外環匝和第二內環匝的至少其中之一具有遠離天線軸放射狀距離之方位角空隙，另外包含局部匝橫跨方位角空隙，其中局部匝位在距天線軸放射狀距離的位置，該放射狀距離等於方位角空隙距天線軸的放射狀距離。

17. 一種用以處理基底之電漿處理裝置，包含：

處理室，在處理室內電漿被點燃及接受該處理；

窗，形成處理室的一側，被配置成使RF能量可通到處理室內；

多層天線，接近窗及被配置成透過RF能量在該處理室內產生電場，包含：

外環，包含位在天線軸四周的第一外環匝；

內環，包含位在天線軸四周的第一內環匝，其中在每一方位角方向內環匝都比第一外環匝更接近天線軸；及

放射狀連接器，放射狀地電連接外環到內環，其中放射狀連接器位在距窗一大距離。

18. 根據申請專利範圍第17項之電漿處理裝置，其中外環是距窗的第一距離，及其中放射狀連接器是距窗的第二距離，其中第二距離是第一距離的至少三倍。

19. 一種用以形成天線之匝，包含：

完整的凹口匝，包含形成在天線軸四周的匝及具有第

96年2月4日修正替換頁

一端和第二端，其中第一端被凹口式形成第一懸臂部位及其中第二端被凹口式形成第二懸臂部位；

第一電連接器，連接到第一懸臂部位；及

第二電連接器，連接到第二懸臂部位，其中第一電連接器和第二電連接器沿著通過天線軸的共同半徑放置。

20. 一種用於處理基底的方法，包含：

將該基底配置在處理室中，其中該處理室包含在該處理室內的基底支承架以及形成該處理室一側的介電窗，其中天線設於該室外部並相鄰於該介電窗；

提供處理氣體至該室；

使用該天線產生方位角對稱的電場，其中該天線包含：外環，包含位在天線軸四周的第一外環匝；內環，包含位在天線軸四周的第一內環匝，其中在每一方位角方向內環匝都比第一外環匝更接近天線軸；及放射狀連接器，放射狀地電連接外環到內環，其中放射狀連接器位在距窗一大距離；

使用該方位角對稱的電場從該處理氣體形成實質方位角對稱的電漿；以及

在基底的表面上產生實質均勻處理速率。

21. 根據申請專利範圍第20項之方法，其中該第一外環匝定義第一平面且該第一內環匝定義第二平面，另外包含自該外環延伸的第一引線及自該內環延伸的第二引線，其中該放射狀連接器連接在該第一引線和該第二引線之間。

96年2月14日修正替換頁

22. 根據申請專利範圍第21項之方法，其中該第一引線實際上垂直於接近外環的第一平面，且其中該第二引線實際上垂直於接近內環的第二平面。

23. 根據申請專利範圍第20項之方法，其中該外環是距窗第一距離，且其中該放射狀連接器是距窗第二距離，其中該第二距離是該第一距離的至少三倍。

24. 根據申請專利範圍第20項之方法，其中該內環與該外環是同軸和共面的。

25. 根據申請專利範圍第20項之方法，另外包含介電媒體位在該內環和該外環之間以消除其間的電弧。

26. 根據申請專利範圍第20項之方法，其中該外環另外包含位在天線軸四周的第二外環匝，且其中該內環另外包含位在天線軸四周的第二內環匝。

27. 根據申請專利範圍第26項之方法，其中該第二外環匝位在第一外環匝上方，且其中該第二內環匝位在第一內環匝上方，及另外包含以該第一外環匝和該第一內環匝來屏蔽第二外環匝和第二內環匝的終端電壓。

28. 根據申請專利範圍第20項之方法，另外包含以等於該射頻的頻率來交替經過該天線的電流。

29. 根據申請專利範圍第28項之方法，其中該頻率具有一波長，其中該內環和該外環的組合長度係小於該波長。

30. 根據申請專利範圍第20項之方法，其中該第一外環匝和該第一內環匝的至少其中之一是完整的凹口匝。

96年2月14日修正替換頁

31. 根據申請專利範圍第30項之方法，其中該第二外環匝和該第二內環匝的至少其中之一具有遠離天線軸放射狀距離之方位角空隙，另外包含局部匝橫跨方位角空隙，其中局部匝位在距天線軸放射狀距離的位置，該放射狀距離等於方位角空隙距天線軸的放射狀距離。

32. 一種用於處理基底的方法，包含：

將該基底配置在處理室內，其中該處理室包含在該處理室內的基底支承架以及形成該處理室一側的介電窗，其中天線設於該室外部並相鄰於該介電窗；

提供處理氣體至該室；

提供經過該天線的電流，其中該電流從輸入引線通過至第一環、第一連接器引線、放射狀連接器、第二連接器引線、第二環、輸出引線，其中該第一環位在天線軸四周且該第二環與位在該天線四周的該第一軸是共軸的，其中該第一引線、該第一連接器引線、該第二連接器引線、和該輸出引線是平行的，且其中該放射狀連接器位在距該窗一大距離且該電流流經該天線軸四周之相同方向上的該第一環和第二環；及

使用經過該天線的電流，以將該處理氣體轉換為電漿。

33. 根據申請專利範圍第32項之方法，其中該第一環和該第二環是繞該天線軸同中心的。

34. 根據申請專利範圍第33項之方法，其中該第一環包含第一匝和第二匝，其中該第一匝定義第一平面且該第

96年2月14日修正替換頁

二匝定義第二平面，其中該第一平面係和該第二平面相隔開，且其中該第二環包含在該第二平面上的第三匝以及在該第一平面上的第四匝。

35. 根據申請專利範圍第34項之方法，其中該第一平面距該介電窗是第一距離，且該第二平面距該介電窗是第二距離，且其中該放射狀連接器距該介電窗是第三距離，其中該第三距離是該第一距離的至少三倍，且其中該第三具離是該第二距離的至少三倍。

36. 根據申請專利範圍第32項之方法，另外包含以等於該射頻的頻率來交替經過該天線的電流。

37. 根據申請專利範圍第36項之方法，其中該頻率具有一波長，其中該第一環和該第二環的組合長度係小於該波長，使得經過該天線的電流行進小於該波長的一距離。

38. 根據申請專利範圍第32項之方法，其中該第一環和該第二環合作，使得該提供經過該天線的電流在該處理室內利用RF能量形成方位角對稱的電場，另外包含：

從該方位角對稱的電場形成實質方位角對稱的電漿；
及

在位於該處理室內的基底之表面上產生實質均勻處理速率。