

公告本

申請日期	89.7.13
案 號	89112870
類 別	H05H 1/00, H01J 37/32

(以上各欄由本局填註)

A4
C4

494707

發明專利說明書

一、發明名稱	中 文	具有可回應可變振幅射頻包封的線圈之電漿處理器
	英 文	PLASMA PROCESSOR WITH COIL RESPONSIVE TO VARIABLE AMPLITUDE RF ENVELOPE
二、發明人	姓 名	約翰 P. 何蘭德
	國 籍	美 國
	住、居所	美國加州聖約瑟市·卡拉維拉斯巷1565號
三、申請人	姓 名 (名稱)	美商·蘭研究公司
	國 籍	美 國
	住、居所 (事務所)	美國加州佛瑞蒙特市谷辛公園道4650號
	代 表 人 姓 名	理查 H. 羅夫格倫

裝

訂

線

B6

IPC分類：

美 國(地區) 申請專利，申請日期： 案號： ，☒有 ☐無主張優先權
1999,06,30 09/343,246

有關微生物已寄存於： _____，寄存日期： _____，寄存號碼： _____

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明（ 1 ）

發明領域

本發明概有關包括射頻反應性線圈之電漿處理器，用以將真空室中的氣體激勵成用以處理室中工件之電漿，且尤其有關一種處理器及處理方法，其中係由施加至線圈的射頻包封的振幅變化來控制該工件上的電漿密度。

背景技藝

一型用於以真空室中的射頻電漿來處理工件之處理器係包括一個反應一射頻供源之線圈，該線圈對射頻供源起反應以產生磁及電場，磁及電場將室中的可離子化氣體激勵成為一電漿。線圈通常位於與所處理工件的一平面性水平延伸表面呈平行延伸之一個介電性窗口上或附近，受激勵的電漿與室中的工件相作用以蝕刻工件或在工件上沉積材料。工件通常為一個具平面性圓表面或實心介電板之半導體晶圓，譬如平板顯示器用之長方形玻璃基材或金屬板。

歐葛的美國專利4,948,458號揭示一種用以達成上述結果之多圈式螺旋線圈，阿基米德型的螺旋係在經由一阻抗匹配網路連接至射頻供源的內部與外部端子之間呈徑向及圓周延伸。此一般類型線圈產生具有磁及電容場分量之振盪的射頻場，其傳播通過介電性窗口以加熱在接近窗口之室中之一電漿部份的氣體中的電子。振盪的射頻場在電漿中引發用以加熱電漿中的電子之電流，接近窗口的電漿部中之磁場的空間性分佈係為線圈各圈產生的各別磁場分量總和之函數。各圈產生的磁場分量為：因為射頻供源的

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明(2)

頻率之線圈的傳輸線效果而對各圈不同之各圈中的射頻電流值之函數。

對於歐葛的'458號專利揭示的螺旋設計而言，螺旋線圈中的射頻電流分佈可在接近窗口的電漿部份中產生一超環面型磁場區，此處由氣體吸收功率將氣體激勵為一電漿。在1.0至10毫托耳範圍的低壓力時，來自環型區的電漿分佈係在室的中央及周邊部之工件正上方產生電漿密度峰值，使得用於處理工件的離子及電子的峰值密度係鄰近工件中線及工件周邊。在10至100毫托耳範圍的中等壓力下，電漿中之電子、離子、及中子的氣相碰撞可防止超環面區外部之電漿電荷粒子產生嚴重擴散。結果，在工件的一環狀區中具有較高的電漿通量，但在中心及周邊工件部中具有低的電漿通量。

這些不同的作業狀況造成環與環內部與外部容積之間很大的電漿通量(亦即電漿密度)變化，導致很大的標準差，亦即超過3個入射在工件上之電漿通量。入射在工件上的電漿通量之很大標準差容易造成不均勻的工件處理，亦即工件之不同部份受到不同程度蝕刻及/或其上沉積有不同的分子數量。

已設計許多線圈以改良電漿的均勻度，共同讓渡的1998年6月2日發證予賀蘭等人之美國專利5,759,280號揭示一種線圈，該線圈在市售實施例具有12吋直徑且連同一個具有14.0吋內壁圓形直徑的真空室操作。該線圈經由一個14.7吋直徑及0.8吋厚度的石英窗口將磁及電場施加至

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明（ 3 ）

室內部，圓形半導體晶圓工件位於窗口底面下方約4.7吋之一工件夾具上，使得各工件中心與線圈之一中心線相重合。

‘280號專利的線圈在工件上產生比’458號專利的線圈明顯更小之電漿通量變化，在5毫托耳作業的此室中之200公厘晶圓上之此’280號專利線圈產生的電漿通量標準差約為2.0，相較於’458號專利的線圈在相同條件作業約有3.0標準差情形係為顯著的改良，’280號專利的線圈之磁場可使得：工件中心的電漿密度大於工件的中間部份，且超過工件周邊中之電漿密度。’280號專利線圈之室的不同部份中之電漿密度變化係遠小於’458號專利在相同作業條件下之線圈，以產生較低的標準差。

用於改良入射在工件上的電漿密度均勻度之其他裝置亦已針對在幾何形狀的原理，通常有關線圈的幾何形狀，譬如請見美國專利5,304,279、5,277,751、5,226,967、5,368,710、5,800,619、5,401,350及5,847,704號。

本發明之一目的因此係提供一種新的改良真空電漿處理器及其操作方法，其中可任意控制入射在工件上之電漿密度。

本發明的另一目的係提供一種新的改良真空電漿處理器及其操作方法，其中入射在工件上的電漿密度具有較高的均勻度。

本發明另一目的係提供一種新的改良真空電漿處理器，其與習知技藝具有相同的幾何形狀且其作業具有受控制

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明（ 4 ）

的電漿密度特徵。

本發明的另一目的係提供一種新的改良真空電漿處理器，其與習知技藝具有相同的幾何形狀且其作業具有比習知技藝更大的電漿密度均勻度特徵。

本發明另一目的係提供一種新的改良真空電漿處理器，其包括一個射頻激勵線圈，操作方式可使入射在一工件上的電漿密度大致小於2.0。

發明概論

已發現可藉由改變施加至一電漿激勵線圈(譬如揭示於'280號專利揭示的線圈)的射頻包封之振幅，來達成上述目的。

一實施例中，本發明針對一種真空電漿處理器以處理包括下列各物之工件：(1)一真空室，用於以一電漿來處理工件，(2)位於室中用於工件之一個夾具，(3)一線圈，用於將室中的氣體激勵成電漿，及(4)一射頻供源，用於將一射頻載體供應至具有可變振幅包封之線圈，其中(a)可變包封振幅，(b)室中的壓力，及(c)該(i)線圈、(ii)室及(夾具)的裝置可使得工件位於夾具上時，工件上具有概呈固定的電漿通量。

本發明的另一型態有關一種在真空電漿處理器室中以電漿處理夾具上工件之方法，其中將一個具有包封振幅變化的射頻載體施加至線圈，該線圈係回應射頻載體而將磁及電漿激勵場耦合至電漿，而將室中氣體激勵成為一電漿。包封振幅的變化及線圈幾何形狀以及室的配置、工件及

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明（ 5 ）

夾具使得：工件上之電漿密度具有比電漿包封具有一固定振幅顯著更低之標準差。因此，控制包封振幅的變化可使工件上的電漿密度保持大致固定。

本發明的另一型態有關一種真空電漿處理器，其包括一個真空室中之一工件夾具，及一個用以將室中氣體激勵成由一個具有一可變振幅包封的射頻供源所驅動的電漿之線圈，其中該可變振幅、室內的壓力、及下列各物的配置：(a)線圈，(b)室及(c)夾具可使得：當一固定振幅射頻包封施加至線圈時，電漿在工件與線圈中心相對準之一部份上具有比工件與從線圈中心移除的一部份線圈相對準的一部份上更高的通量，且可變振幅包封使得工件上的電漿通量可使從與線圈中心相對準的工件部份移除之工件一部份中之電漿通量係至少等於與線圈中心相對準之工件部份中之電漿通量。

本發明的另一型態有關此真空電漿處理器，其中驅動該線圈的供源的配置方式使得：高振幅段的振幅係隨著高振幅段彼此間隔的增加而增大。

本發明另一型態有關此電漿處理器，其中控制了驅動該線圈的一射頻供源之可變振幅包封，以使從與線圈中心相對準的一部份工件移除之一部份工件上的電漿通量係至少等於與線圈中心相對準的一部份工件上之電漿通量。

可變振幅包封較佳具有高及低振幅部，低振幅部具有一夠低振幅以防止氣體中的電荷粒子激勵成一電漿。各低振幅部的足夠期間及量值可使電漿中的電荷粒子擴散至比

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明（ 6 ）

包封具有一高值時發生的電荷粒子擴散更大的範圍，以將電漿激勵至一種促成工件處理之狀態。

較佳，可變振幅包封係為在有限振幅期間之間具有零振幅期間之脈衝形式，一實施例中，該零振幅期間夠短而不使電漿在其間熄滅(譬如期間約為10微秒)，且在第二實施例中夠長而可使電漿在其間熄滅(譬如零振幅期間約為10微秒)。

已知習知技藝係揭示使一電漿激勵供源產生脈衝，尤其已知下列文件：蘆田住男、M.R.新母及M.A.李柏曼的“感應耦合電漿供源中之脈衝功率調變的氬電漿測量”，J.Vac.Sci.Technol.A14(2)，1996年3/4月，1996年美國真空協會，391-397頁；H.Sugai及K.中村的“感應耦合的蝕刻反應器中之原子團的診斷及控制”，J.Vac.Sci.Technol.A13(3)，1995年5/6月，1995年美國真空協會，887-893頁；寒川誠次及寺大Kazuo的“用於高選擇性高異向性及較小電荷多晶矽圖案化之脈衝時間調變的電子迴旋共振電漿蝕刻”，J.Vac.Sci.Technol.B12(6)，1994年11/12月，美國真空協會，3300-3305頁；寒川誠次的“用於控制二氧化矽蝕刻中的聚合化之時間調變的電子迴旋共振電漿排放”，Jpn.J.Appl.Phys.Vol.32(1993)，頁6080-6087，Part1，No.12B，1993年12月；藤原信男、丸山信廣及米田正廣的“用於降低ECR電漿中電荷累積引起之輪廓扭曲的脈衝電漿處理”，1995乾處理論文，51-56頁；寒川誠次的“脈衝時間調變的電子迴旋共振電漿中之高選擇性及高異向性二氧化矽

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明（ 7 ）

蝕刻”，Jpn.J.Appl.Phys.Vol.33(1994)，頁2133-2138，Part1，No.4B，1994年4月；阪森茂法、丸山信廣、藤原信男、宮武宏志及米田正廣的“以脈衝調變的ECR電漿降低電子遮蔽損害”，1997第2屆電漿程序所引發損害之國際論文，五月13-14，加州蒙特利，1997，美國真空協會，55-58頁；K.橋本、Y.彥阪、A.長谷川、及M.中村的“利用脈衝電漿中之同步偏壓來降低電子遮蔽損害”，1995乾處理論文，33-37頁；寒川的“電漿處理方法及所用設備”，1998年10月27日發證之美國專利5,827,435號；大和等人的“電漿處理裝置”，1990年1月2日發證之美國專利4,891,118號；同本等人“電漿處理裝置及電漿處理方法”，1994年5月10日發證之美國專利5,310,452號。

以上數項參考文件雖針對線圈所激勵的電漿，但揭示此類激勵源的參考文件均未指出線圈的脈衝激勵可影響電漿密度均勻性，這並不意外，因為參考文件所述的線圈並未揭示為具有可對電漿提供顯著電漿通量均勻度之幾何形狀。一情形中，線圈為螺線管，而其他情形中該線圈為習知的較小平螺旋線圈。此線圈並無可在連續操作時提供大致均勻電漿通量之直徑及幾何形狀。

相反地，本發明較佳實施例的線圈係以特殊設計在整體工件上提供一概呈均勻的電漿通量，特定的線圈係設計成“中心牢固式”。對於射頻場施加線圈起點的脈衝可在激勵的間隔期間或當發生低振幅激勵時使電漿擴散，以促進一“邊緣牢固式”電漿通量，因此在整體工件上提供顯著的

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明（ 8 ）

電漿通量均勻度。

雖然寒川等人在1996年11/12月的真空科技期刊中揭示一種微波電子迴旋共振場之脈衝，以達成改良的均勻度，微波電子迴旋共振作業之相關機構係與線圈激勵電漿的相關機構完全不同。電子迴旋共振電漿中，常必須用一電磁線圈將極明顯DC磁場施加至電漿，以獲得所需的電荷粒子的渦旋作用，DC磁場與微波能量相作用以提供電漿激勵。射頻電漿不需大的DC磁場供源或微波產生器。由線圈激勵之射頻電漿需要較簡單便宜的射頻(非微波)供源，常為13.56百萬赫茲的頻率，及一較便宜的線圈。射頻線圈電漿激勵優於微波激勵之另一優點為：因為一線圈激勵的一電漿未與一強力DC磁場相耦合，以一線圈所激勵的一受脈衝電漿發生係比一電子迴旋共振程序所能發生者具有更大擴散。

可由下列特定實施例的詳細描述及圖式，來瞭解本發明的上述及其他目的、特徵及優點。

圖式簡單說明

第1圖為根據本發明的一項較佳實施例使用一個激勵一線圈的受脈衝射頻供源之真空電漿處理器較佳實施例的示意圖；

第2圖為第1圖的處理器中之一較佳線圈之俯視圖；及

第3圖為第2圖所示的線圈之立體圖。

圖式詳細描述

第1圖的真空電漿工件處理器包括圓柱型真空室10，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明（ 9 ）

其具有接地的金屬壁12、金屬底端板14及圓形頂板結構18，該圓形頂板結構18包含一個具有從中心到周邊相同厚度的介電性窗口結構19。以習知未圖示墊片來密封真空室10。第1圖的處理器可用於蝕刻半導體、介電或金屬基材、或將分子沉積在此基材上。

可激動成一電漿狀態之一種適當氣體係從一未圖示氣體供源經由側壁12中的埠20供應至室10內部，可在1-100毫托耳範圍變化的壓力下以連接至端板14中的埠22之未圖示真空泵將室內部維持真空狀態。

室中的氣體係由適當的功率供源激勵成具有空間概呈均勻性密度之一電漿，功率供源包括一個恰安裝在窗口19上方且由具有週期性脈衝供源27提供的一可變振幅包封之射頻功率供源26(通常具有13.56百萬赫茲的固定頻率)所激勵之概呈平面性線圈24。供源27不時地(較佳週期性地)將供源26的射頻輸出打開及關閉，當脈衝供源27開啟射頻供源26時，施加至線圈24之射頻電壓的振幅夠高而能在線圈中產生足以生成高磁場之電流。線圈24中的電流在鄰近窗口19的室10中產生夠大磁場通量，以將室中的可離子化氣體激勵成一電漿。當供源27關閉供源26或將供源射頻輸出的包封的電壓降低至較低值時，施加至室10中氣體的磁場線圈24不足以將氣體激勵成一電漿狀態。結果造成比起具有施加至線圈24的高射頻包封值時發生的電荷粒子擴散顯著更大之電荷粒子擴散。

連接於射頻供源26的輸出端子與線圈24的激勵端子之

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (10)

間的阻抗匹配網路28係將可變振幅包封的射頻供源起點耦合至線圈，阻抗匹配網路28包括未圖示之可變電抗，其中一控制器以已知方式變化以達成供源26與一負荷包括線圈24間之阻抗匹配，且電漿係負荷該線圈驅動裝置。

任務循環控制器29係回應於輸入裝置31以控制脈衝供源27起點的期間，輸入裝置31可為手動裝置，如電位計或代表鍵盤的鍵之數值任務循環百分比，或回應於電腦記憶體中對於不同處理工件32配方所儲存訊號之微處理器，配方的變數包括：(1)通過埠22流入室10之氣體種類，(2)在室10中由連接至埠20的真空泵控制之壓力，(3)回應於脈衝供源27起點之射頻包封供源26起點的任務循環，及(4)對線圈24供應之平均功率射頻供源26。

已發現室10中的電漿從工件32蝕刻材料的速率係取決於電漿的平均功率，蝕刻速率通常較佳保持固定。結果，峰值功率與任務循環較佳為彼此之倒函數，故射頻供源26的任務循環增加時，射頻電壓供源26起點之包封以倒數方式減少，反之對於供源26的任務循環減少亦成立。

因此，任務循環控制器29將一個具有與供予脈衝供源27的控制訊號控制器29之任務循環成反比之振幅的訊號供應予振幅控制器35。振幅控制器35係回應來自控制器29之訊號以改變射頻包封供源26供予線圈24之輸出電壓及功率。該配方係控制包封供源26起點的初始連續波(100%任務循環)振幅，該配方亦使得在任務循環減少時來自控制器35的訊號則增大包封振幅，可瞭解亦可與供源27的任務循環

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明（ 11 ）

相協調方式由輸入裝置31之一各別輸出來直接控制包封射頻供源起點之振幅控制。

工件32係在室10中固定式安裝至工件夾具(亦即夾塊)30的一表面；承載工件32之夾具30表面係與窗口19表面相平行，工件32通常由一DC電源供應器(未圖示)的DC電位以靜電夾固至夾具30表面。射頻供源31將一固定振幅射頻電壓供應至含有可變電抗(未圖示)之阻抗匹配網路33。匹配網路33將供源31輸出耦合至夾具30，一控制器(未圖示)係控制匹配網路33之可變電抗，使供源31的阻抗與夾具30的一未圖示電極的阻抗相配合。耦合至電極之負荷主要為室10中之電漿，如已知情形中，施加至夾具30電極的射頻電壓供源31係與電漿中的電荷粒子相互作用，以在工件32上產生一DC偏壓。

具有略大於壁12內徑的內徑之一個金屬管或罐狀護件34係圍繞平面性線圈24並延伸於頂端板18上方，護件34使起自線圈24的電磁場與周圍環境脫離耦合，護件34及線圈24周邊區具有夠大的間距，足以防止護件34顯著吸收線圈24周邊區生成的磁場。

圓柱形室10的直徑夠大而能防止室壁12吸收線圈24周邊區產生的磁場。介電窗口結構19的直徑比室10直徑較大之程度可使得室10的整體上表面包含介電窗口結構10，選擇工件32受處理表面與介電窗口結構19底表面之間距，以在工件之外露的處理表面上提供最均勻的電漿通量。對於本發明之一較佳實施例，工件受處理表面與介電窗口底部

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (12)

之間距約為0.3至0.4倍的室10直徑；室12的內徑為14吋，線圈24的直徑為12吋，圓柱形護件34的內徑為14.7吋，且工件受處理表面與介電窗口底部之間距為4.7吋。

平面性線圈24作為傳輸線以沿線圈長度產生一個駐波型式，駐波型式造成沿線圈長度的射頻電壓及電流量值變化，線圈產生的磁通量對於這些射頻電流量值之因變性係造成在線圈不同部份下方之室10的不同部份中產生不同電漿量。

在線圈不同部份中流動之射頻電流量值的變化係進行空間性平均以有助於獲得一均勻的電漿，在線圈不同部份中之這些不同電流值的空間性平均係大致防止電漿密度之非徑向不對稱性，尤其是在接近線圈周邊的線圈段中之高射頻電流區域。平面性線圈24中的射頻電流的傳輸線表現係增大周邊線圈段相對於中心線圈段所產生之磁通量值，以射頻來激勵線圈24而達成此結果，使得最大射頻電流區位於周邊線圈段上。

如第2及3圖所示，平面性線圈24包括內部概呈半圓形圈40、42及周邊概呈圓形段46及48及一中間概呈圓形段44。圈40及42形成半圈線圈24，同時各圈44、46、48形成幾乎一整圈；該整圈與半圈彼此串聯連接。所有段40、42、44、46、48與中央線圈軸線50呈同軸向且與室10中軸線重合。位於線圈24中心部之相對的激勵端子52及54分別由導線48及55經由匹配網路28及電容器80的一電極(另一電極則接地)而耦合至射頻供源26的相對端子。位於端子52

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (13)

相對的圖40終端之端子60係由導條64連接至外圈段48之終端端子66，導條64位於略在線圈24平面上方區中且並未碰觸任何下方線圈段，使導條與線圈24除端子60及66處外均呈電性絕緣。

段48具有一個與端子66成略小於360度之第二端子68；端子68經由條72連接至圈段48之端子70。具有幾近360度角範圍之圈46係具有一個經由條78連接至圈44的端子76之第二終端端子74。具有幾近360度角範圍的圈44係具有在與端子54相對的段42終端處由條82連接至端子62之一個第二終端端子80。

電容器80具有一電容性阻抗 $Z_{cap}=1/(j2\pi fc)$ ，其中 $j=\sqrt{-1}$ ， f 為射頻供源26的頻率， c 為電容器30的電容，電容器80係偏移相位因而偏移了線圈24全長上的電壓及電流分佈。電壓及電流分佈係在線圈24中偏移，使得線圈產生射頻電及磁場，而在工件32受處理表面上具有概呈均勻的電漿通量。

對於較佳實施例，藉由選擇電容器80值使得線圈端子54處之峰值至峰值射頻電流為最小值且等於線圈端子52上的峰值至峰值射頻電流，而分佈線圈24之電壓及電流。此情形中，線圈在端子52及54上具有相反極性的最大的峰值至峰值射頻電壓、且在接近導條72處產生線圈的最大射頻電流。線圈中的射頻電壓及電流分佈可由下式概算：

$$V_{pkpk}(X)=V^0_{pkpk}\cos[\beta(x+x^0)]，及$$

$$I_{pkpk}(X)=I^0_{pkpk}\sin[\beta(x+x^0)]，$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明（ 14）

其中：

x 為從線圈端子 54 測量之線性距離，

β 為射頻供源 26 的角頻率 (亦即 $2\pi f$) 除以光速 c ，

x^0 為與零的偏移，取決於電容器 80 值，及

V_{pkpk}^0 及 I_{pkpk}^0 分別為線圈中之最大射頻峰值至峰值的電壓及電流。

對於線圈較佳實施例，選擇電容器 80 值以使 x^0 約為 0.15 至 0.15 倍的線圈中流體的射頻電流之波長 ($\lambda = c/f$)。

因為峰值至峰值的射頻電流量值在線圈周邊段中比中央段的峰值至峰值的電流量值更大，線圈 24 的周邊區係產生比線圈中心區更大之磁通量。最大的峰值至峰值射頻電流振幅發生於概呈圓形圈段 46 中，相鄰圈段 44 及 48 中及圈段 46 中之峰值至峰值電流振幅以及圈段 44、46、48 彼此的間隔係使得來自這三圈段之磁通量在空間上合併、而在窗口 19 正下方提供一總磁通量密度，且在較寬環狀區域上具有最大值。環狀區域係從圈段 46 及 48 之間延伸至中間段 44 及內段 40 及 42 之間，總磁通量亦為一角坐標函數 θ 而較為固定，代表了線圈周邊對於延伸通過線圈中線 50 的參考角之角度，譬如參考角在第 2 圖中水平延伸至中線 50 左方。

沿一特定坐標值 θ 固定之一空間平均磁通量係提供一沿 θ 呈徑向對稱之電漿，在兩個概呈半圓形相等半徑段 40 及 42 中之峰值至峰值射頻電流振幅係顯著小於其他段中之電流振幅。段 40 及 42 獲得足夠的磁通量，該足夠的磁通量係與得自其他段 44、46、48 的磁通量進行空間性平均，故

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明（ 15）

在室直徑的工件32受處理表面水位高度處產生概呈均勻的電漿通量。

對於平面性線圈24不同部份(譬如相同角坐標位置 θ 處之圈段46及48部份之間)之電壓對於電漿的靜電(亦即電容性)耦合可影響所產生電漿通量之均勻度。這些電壓對於電漿之電容性耦合係受到線圈段中發生之峰值至峰值電壓量值、及分隔線圈與電漿的窗口19厚度與介電材料所影響。藉由使最高的射頻峰值至峰值電壓發生於端子52及54處，而盡量減少射頻電壓產生的電容性電流之影響。線圈24的幾何形狀及適當選擇電容器80值將可使最高的射頻峰值至峰值電壓發生在端子52及54處。

平面性線圈24的射頻激勵係產生在常呈碟形的整體工件32上具有較均勻通量的一概呈平面性電漿。不論呈現何種形狀，基材32具有略小於電漿處理器室10的內部尺寸之外邊緣尺寸。

共同讓渡的美國專利5,759,280號及其他習知技藝參考文件係揭示上述圖式說明中除了射頻包封脈衝供源27的振幅調變施加至射頻供源26的輸出之外的很大部份。已發現射頻供源26的包封之振幅變化特別以脈衝將射頻供源開啟及關閉，亦可使工件32上的電漿通量具有比產生一固定振幅包封的供源26所能達成者更大的均勻度。

在射頻包封的高振幅部期間，線圈24將一強力超環面磁場供應至窗口18正下方之真空室18內部的氣體及電漿。線圈24亦將一射頻靜電場供應至室18中的氣體及電漿，超

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (16)

環面磁場在與窗口18下面19概呈平行的一平面中延伸、且具有一個與線圈24中線50概呈重合的軸線(其中磁場為零)。強力磁場係激勵在電漿中的電荷粒子以產生自由電子及正離子，強力磁場可防止電荷載體從超環面磁場嚴重擴散至工件32。射頻靜電場線圈24耦合至室18而使電荷粒子加速前往工件32。

當脈衝供源27關閉射頻供源26或造成射頻供源產生一低振幅包封時，超環面磁場崩潰且靜電場關閉。結果，當供源26獲得零或低振幅輸出時，電漿中之電荷粒子可自由擴散。

一實施例中，脈衝供源27關閉射頻供源26一段譬如10微米等夠短時間，以防止射頻電漿熄滅。另一實施例中，脈衝供源21關閉射頻供源26一段譬如10微秒等夠長時間，以使射頻電漿確實熄滅。兩實施例中，未受限制的自由電子及正離子可容易地擴散離開該保持限制超環面磁場的容積，同時射頻供源26處於譬如超過1千瓦之大量功率且供應至線圈24。

供源31供應至工件夾具30的電壓可幫助將未受限制的自由電子及可容易地擴散離開超環面容積的正離子吸引至工件32。吸引至工件32之未受限制的電子及正離子係配合其他因素而造成入射在工件32上的電漿密度概呈均勻狀。影響工件32上的電漿密度之因素包括：室10內的壓力及室10、線圈24、工件夾具30及工件32之通常呈固定的幾何排列以及下列可變參數：(1)室10中的壓力，(2)通過埠20流

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (17)

至室10之處理氣體的流率及類型，(3)工件32之材料及尺寸，(4)施加至該脈衝供源27所控制線圈24之相鄰脈衝供源26的間隔，及(5)供應至線圈24的脈衝供源26之峰值與最小振幅。

已如下述以一室達成工件32上的高度電漿密度均勻性，該室具有一個14吋圓形內徑之壁12、一個14.7吋直徑的圓形窗口18、一個12吋直徑的線圈24、一個具有8吋直徑且具有一個與窗口18底面19相隔約4.7吋且平行延伸的上面的圓形工件夾具。供源26獲得的13.56百萬赫茲射頻載體的包封之調變係可改良工件32上的電漿通量(亦即電漿密度)均勻度。改變包封調變將可調整電漿處理狀況，以獲得入射在工件32上之離子通量在指定均勻度目標內的均勻度。在相較於採用習知感應耦合電漿供源所能獲得且不受脈衝供源27的射頻供源26的振幅調變之情形更廣的作業條件範圍上，可對各處理狀況調整離子通量均勻度的此種能力係具有較佳的電漿處理結果。

輸入裝置31及控制器27改變射頻供源26的任務循環起點之能力係可以工件32半徑的函數來隨意控制工件32的蝕刻特徵。譬如，若周邊工件區需要較大的蝕刻，則輸入裝置31及控制器29係啟動脈衝供源27，而使供源26產生一連續波形固定振幅包封。若需要最大蝕刻均勻度，輸入裝置31將供源26的任務循環設為如下述之一中間值。若工件中心區需要較大蝕刻，則輸入裝置31及控制器29使脈衝供源27啟動射頻供源，以產生低任務循環(譬如15%)射頻輸出。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (18)

為了在工件32上獲得電漿通量的顯著均勻度，線圈24具有大致超過工件面積之面積。採用上述12吋直徑線圈及室的實際實驗係包含蝕刻由一矽複式晶圓形成的200公厘(5.08吋)工件。一實施例中，將開啟及關閉50千赫茲振幅調變的35%任務循環之脈衝供源27施加至射頻供源26的13.56百萬赫茲載體，使得供源26產生彼此相隔13微秒的7微秒射頻脈衝，同時矽複式晶圓在5毫托耳壓力下受氣蝕刻。在決定自這些不同位置蝕除材料量的蝕刻作業之後，監測在暴露於電漿的晶圓上面的不同徑向及圓周位置處之晶圓厚度。因為自各位置蝕刻的材料量與各位置的電漿密度具有極密切相關性，厚度測量係決定電漿密度。這些厚度測量值的標準差(σ)因此提供了工件暴露表面上之電漿密度均勻度的測量，使得高均勻度與低標準差相關，且反之亦然。

相較於第二實驗中的供源26之連續波(c.w.)作業的2.037的蝕刻標準差，上述實驗的蝕刻標準差為1.527；除脈衝調變以外的所有因素在此兩項實驗中均相同。在除了任務循環以外的相同條件下，類似的實驗對於供源26小於85%的任務循環係指示出比供源26的c.w.作業更大之蝕刻均勻度，如下表所示：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (19)

表

任務循環(%)	蝕刻標準差(σ)
100(c.w.)	2.037
85	2.017
75	1.823
65	1.565
50	1.653
35	1.527
25	1.845
16	1.864

16至75%的任務循環之顯著降低蝕刻標準差代表對於供源26的受脈衝(亦即受振幅調變)作業係比對於供源26的c.w.作業顯著更大的電漿密度均勻度。35%任務循環除了具有最大蝕刻均勻度之外、亦具有比中間與周邊區之間的一中間區更少的已蝕刻材料量之中心及周邊區。因此，對於35%任務循環而言，入射在晶圓中心的電漿密度係小於圍繞晶圓中心部的晶圓部份上之電漿密度。稱為“中心牢固式”的此狀況常為極有利情形，尤其在伴隨有大的電漿密度均勻度時。

25%及16%的任務循環係造成比中間與周邊蝕刻更大之中心蝕刻，85%及75%的任務循環係造成比中間及中心蝕刻更大之周邊蝕刻。因此，任務循環的改變可以一個半徑的函數來特別制定蝕刻速率。

雖然已描述及圖示本發明之多種特定實施例，顯然特

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (20)

定的圖示實施例可作細部變化，而不背離申請專利範圍界定之本發明的精神與範圍。

元件標號對照

10… 真空室	34… 護件
12… 室壁	35… 振幅控制器
14… 金屬底端板	40,42,44,46,48… 段
18… 頂端板	48,55… 導線
19… 底面	50… 中央線圈軸線
19… 窗口	50… 線圈中線
20,22… 埠	52,54… 激勵端子
24… 線圈	60,62,70… 端子
26… 射頻供源	64… 導條
27… 脈衝供源	66… 終端端子
28,33… 阻抗匹配網路	68… 第二端子
29… 任務循環控制器	72,78,82… 條
30… 工件夾具(亦即夾塊)	74,80… 第二終端端子
31… 輸入裝置	80… 電容器
32… 工件	

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

四、中文發明摘要(發明之名稱： 具有可回應可變振幅射頻包封的線圈)
之電漿處理器

一種真空電漿處理器包括一個用以反應性激勵一電漿之線圈，使得入射在一工件上的電漿具有實質的均勻度。線圈以及一個從線圈將場反應性耦合至電漿之窗口係約有相同的直徑，一個射頻供源將一脈衝振幅調變包封(包括一射頻載體)供應至線圈。

英文發明摘要(發明之名稱： PLASMA PROCESSOR WITH COIL RESPONSIVE)
TO VARIABLE AMPLITUDE RF ENVELOPE

A vacuum plasma processor includes a coil for reactively exciting a plasma so plasma incident on a workpiece has substantially uniformity. The coil and a window which reactively couples fields from the coil to the plasma have approximately the same diameter. An r.f. source supplies a pulse amplitude modulated envelope including an r.f. carrier to the coil.

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

六、申請專利範圍

第089112870號專利申請案申請專利範圍修正本

修正日期：90年09月

1. 一種真空電漿處理器，用於處理工件，包含：

- 一真空室，用於以一電漿處理該工件，
- 一夾具，位於該室中用於該工件，
- 一線圈，用於將該室中的氣體激勵成該電漿，
- 一射頻供源，用於將具有一可變振幅包封之一射頻載體供應至該線圈；

該可變振幅、該室內的壓力、及下列各物的配置：(a)

該線圈，(b)該室及(c)該夾具可使得：當該工件位於該夾具上時，該電漿在該工件上具有一概呈固定的通量。

- 2. 如申請專利範圍第1項之真空電漿處理器，其中該可變振幅為脈衝型式。
- 3. 如申請專利範圍第2項之真空電漿處理器，其中該脈衝使得該射頻包封具有零振幅。
- 4. 如申請專利範圍第3項之真空電漿處理器，其中該等相鄰脈衝之間隔約為10微秒。
- 5. 如申請專利範圍第4項之真空電漿處理器，其中該線圈包括內部及外部弓形段及適於連接至該射頻供源之第一及第二激勵端子，該第一端子位於該線圈的一端上及該內部弓形段之一端上，該外部弓形段係從該內部弓形段作徑向位移，該第二端點位於與該內部弓形段不同之該弓形段的一端上，該線圈之一端子係由一電抗連接至該射頻供源，該電抗值、該線圈長度及該射頻充能具有

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

六、申請專利範圍

一頻率，故可由下式概算該線圈中之峰值至峰值電壓 $V_{pkpk}(x)$ 及電流 $I_{pkpk}(x)$ ：

$$V_{pkpk}(X)=V^0_{pkpk}\cos[\beta(x+x^0)] \text{ 及 } I_{pkpk}(X)=I^0_{pkpk}\sin[\beta(x+x^0)]，$$

其中：

x 為從連接至該供源的該線圈輸入端子測量之線性距離，

β 為由該射頻充能之頻率決定之常數，

x^0 為與零的偏移，取決於該射頻充能的頻率下之該電抗阻抗，及

V^0_{pkpk} 及 I^0_{pkpk} 為該線圈中之最大射頻峰值至峰值電壓及電流值。

- 6. 如申請專利範圍第4項之真空電漿處理器，其中該射頻供源係連接至該線圈之第一及第二端子，使得該線圈中之一峰值至峰值射頻電壓量值具有在該線圈第一端子上之第一極性最大值，及該線圈第二端子上之第二極性最大值。
- 7. 如申請專利範圍第4項之真空電漿處理器，其中該線圈包括數個弓形段，具有一個約一圈的弓形範圍，包括一最外部弓形段，具有一個約一圈的弓形範圍，且下一個最外部弓形段具有一個約一圈的弓形範圍，該射頻供源係連接至該線圈且該線圈的構造使得：該最外部弓形段及下個最外部弓形段中之射頻電流實質大於該線圈的一內部段中之電流。

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

六、申請專利範圍

8. 如申請專利範圍第4項之真空電漿處理器，其中該射頻供源連接至該線圈的第一及第二端子，而該線圈使得該第一端子上的峰值至峰值射頻電流量值約等於該第二端子上的峰值至峰值射頻電流，在該第一及第二端子上之相等電流具有小於該線圈中任何其他電流之量值。
9. 如申請專利範圍第4項之真空電漿處理器，進一步包括與該線圈及該射頻供源串聯之一個電抗，該電抗具有一數值及對於該線圈及供源之接點，且該線圈的構造使得：在該線圈的激勵端子上具有大約相等量值的峰值至峰值射頻電流。
10. 如申請專利範圍第4項之真空電漿處理器，其中該線圈之第一及第二激勵端子位於該線圈的一中心區中，該第一及第二激勵端子分別連接至第一及第二弓形段，其具有一個約半圓的弓形範圍，該等弓形段具有一個約半圓的弓形範圍且具有約相同尺寸且概呈同軸排列，使得該等第一及第二端子彼此相鄰定位。
11. 如申請專利範圍第1項之真空電漿處理器，其中該室具有一個具有一預定內徑的金屬側壁裝置，且該線圈具有一個約等於該預定內徑之直徑，該室包括一個與該壁概呈直角的介電性窗口，該線圈位於該室外部且鄰近該窗口，使得來自該線圈的一場經由該窗口耦合至該電漿。
12. 如申請專利範圍第11項之真空電漿處理器，其中該可變振幅具有低振幅部，該低振幅部具有足夠的期間及量值而使得：該電漿中的電荷粒子在該室中擴散至比起當

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

六、申請專利範圍

- 可變振幅具有一個將電漿激勵至產生該工件處理的狀態之高數值時發生的電荷粒子擴散更大之範圍。
13. 如申請專利範圍第12項之真空電漿處理器，其中該低振幅部之期間及振幅使得：該電漿不會在相鄰的高振幅部之間熄滅。
14. 如申請專利範圍第12項之真空電漿處理器，其中該低振幅部之期間及振幅使得：該電漿在相鄰的高振幅部之間熄滅。
15. 如申請專利範圍第1項之真空電漿處理器，其中該可變振幅具有低振幅部，該低振幅部具有足夠期間及量值而使得：該電漿中之電荷粒子在該室中擴散至遠比可變振幅具有一個將該電漿激勵成一個產生該工件處理的狀態之高數值時發生的電荷粒子擴散更大之範圍。
16. 如申請專利範圍第15項之真空電漿處理器，其中該低振幅部之期間及振幅使得：該電漿不會在相鄰的高振幅部之間熄滅。
17. 如申請專利範圍第15項之真空電漿處理器，其中該低振幅部之期間及振幅使得：該電漿在相鄰的高振幅部之間熄滅。
18. 如申請專利範圍第1項之真空電漿處理器，其中該室內的壓力、及下列各物的配置：(a)該線圈，(b)該室及(c)該夾具可使得：當一固定振幅的射頻包封施加至該線圈時，該電漿在該工件與該線圈的一中心部相對準之一部份上具有比該工件與該線圈從該線圈中心部移除的

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

六、申請專利範圍

一部份相對準之一部份上更高之一通量，該可變振幅包封可使該工件上具有概呈固定的電漿通量。

19. 一種在真空電漿處理器室中於夾具上以電漿處理工件之方法，包含：

藉由將具有包封振幅變化之一射頻載體施加至一線圈，而將該室中的氣體激勵成一電漿，該線圈係回應於該射頻載體以將磁及電性電漿激勵場耦合至該電漿；該包封振幅之變化及該線圈、室、工件及夾具參數使得：該工件上之電漿密度具有比該電漿包封具有一固定振幅時顯著較低之標準差。

20. 如申請專利範圍第19項之方法，其中該線圈直徑大於該工件直徑。

21. 如申請專利範圍第19項之方法，其中該線圈使得：當一固定振幅射頻包封施加至該線圈時，在該工件與該線圈中心相對準之一部份上具有比該工件與該線圈從該線圈中心移除的一部份相對準之一部份上更高之一電漿通量，並改變該包封的振幅而使該工件上具有概呈固定的電漿通量。

22. 一種在真空電漿處理器室中於夾具上以電漿處理工件之方法，包含：

藉由將具有包封振幅變化之一射頻載體施加至一線圈，而將該室中的氣體激勵成一電漿，該線圈係回應於該射頻載體以將磁及電性電漿激勵場耦合至該電漿；

藉由控制該包封振幅的變化，在該工件上使該電漿

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

六、申請專利範圍

密度維持概呈固定，使該工件上之電漿通量具有比該電漿包封具有一固定振幅時顯著更低之一標準差，同時該電漿包封具有振幅變化。

23. 如申請專利範圍第22項之方法，其中該可變振幅為脈衝型式。

24. 如申請專利範圍第23項之方法，其中該脈衝使得該射頻包封具有零振幅。

25. 如申請專利範圍第22項之方法，其中該可變振幅具有低振幅部，該低振幅部具有足夠期間及量值而使得：該電漿中之電荷粒子在該室中依序擴散至遠比可變振幅具有一個將該電漿激勵成產生該工件處理的狀態的高數值時發生的電荷粒子擴散更大之範圍。

26. 如申請專利範圍第25項之方法，其中該低振幅部之期間及振幅使得：該電漿不會在相鄰的高振幅部之間熄滅。

27. 如申請專利範圍第25項之方法，其中該低振幅部之期間及振幅使得：該電漿在相鄰的高振幅部之間熄滅。

28. 如申請專利範圍第22項之方法，其中該線圈直徑大於該工件直徑。

29. 一種真空電漿處理器，用於處理工件，包含：

一真空室，用於以一電漿處理該工件，

一夾具，位於該室中用於該工件，

一線圈，用於將該室中的氣體激勵成該電漿，

一射頻供源，用於將具有一可變振幅包封之一射頻載體供應至該線圈；

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

六、申請專利範圍

該可變振幅、該室內的壓力、及下列各物的配置：(a) 該線圈，(b)該室及(c)該夾具可使得：當一固定振幅的射頻包封施加至該線圈時，該電漿在該工件與該線圈之一中心部相對準之一部份上具有比該工件與該線圈從該線圈中心部移除的一部份相對準之一部份上更高之一通量，該可變振幅包封可使得：該工件上之電漿通量可使該工件從該工件與線圈中心部相對準的部份移除之一部份中之電漿通量係至少等於該工件與該線圈中心部相對準的部份中之電漿通量。

30. 如申請專利範圍第29項之真空電漿處理器，其中該供源的排列方式使得：該包封振幅具有不同數值而使該工件上具有概呈固定的電漿通量。

31. 如申請專利範圍第29項之真空電漿處理器，其中該供源的排列方式使得：該包封振幅具有不同數值而使該工件的一周邊部上之電漿通量大於該工件內部上的電漿通量。

32. 如申請專利範圍第29項之真空電漿處理器，其中該供源的排列方式使得：該包封包括可控制高振幅之段以及可控制期間低振幅之段，利用低峰值振幅段使高振幅段彼此相隔，該供源的排列方式使得：高振幅段的振幅隨著高振幅段彼此的間隔增大而增加。

33. 如申請專利範圍第32項之真空電漿處理器，其中該供源的排列方式可改變該等高及低振幅段的振幅及期間而使得：即使振幅及期間改變時，入射在工件上的電漿通

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

六、申請專利範圍

量之時間平均功率仍概呈固定。

34. 一種真空電漿處理器，用於處理工件，包含：

一真空室，用於以一電漿處理該工件，

一夾具，位於該室中用於該工件，

一線圈，用於將該室中的氣體激勵成該電漿，

一射頻供源，用於將具有一可變振幅包封之一射頻載體供應至該線圈；

該供源的排列方式可使得：該包封包括可變振幅、以低振幅段而彼此相隔之高振幅段，該供源的排列方式可使得：該包封包括可控制高振幅之段及可控制期間低振幅段之段，利用低峰值振幅段使高振幅段彼此相隔，該供源的排列方式使得：高振幅段的振幅隨著高振幅段的彼此間隔增加而增大。

35. 如申請專利範圍第34項之真空電漿處理器，其中該供源的排列方式可改變高與低振幅段之振幅及期間，故即使振幅及期間改變，入射在工件上的電漿通量的時間平均功率仍概呈固定。

36. 一種在真空電漿處理器室中於夾具上以電漿處理工件之方法，包含：

藉由將具有包封振幅變化之一射頻載體施加至一線圈，而將該室中的氣體激勵成一電漿，該線圈係回應於該射頻載體以將磁及電性電漿激勵場耦合至該電漿，該室內的壓力、及下列各物的配置：(a)該線圈，(b)該室及(c)該夾具可使得：當一固定振幅的射頻包封施

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

六、申請專利範圍

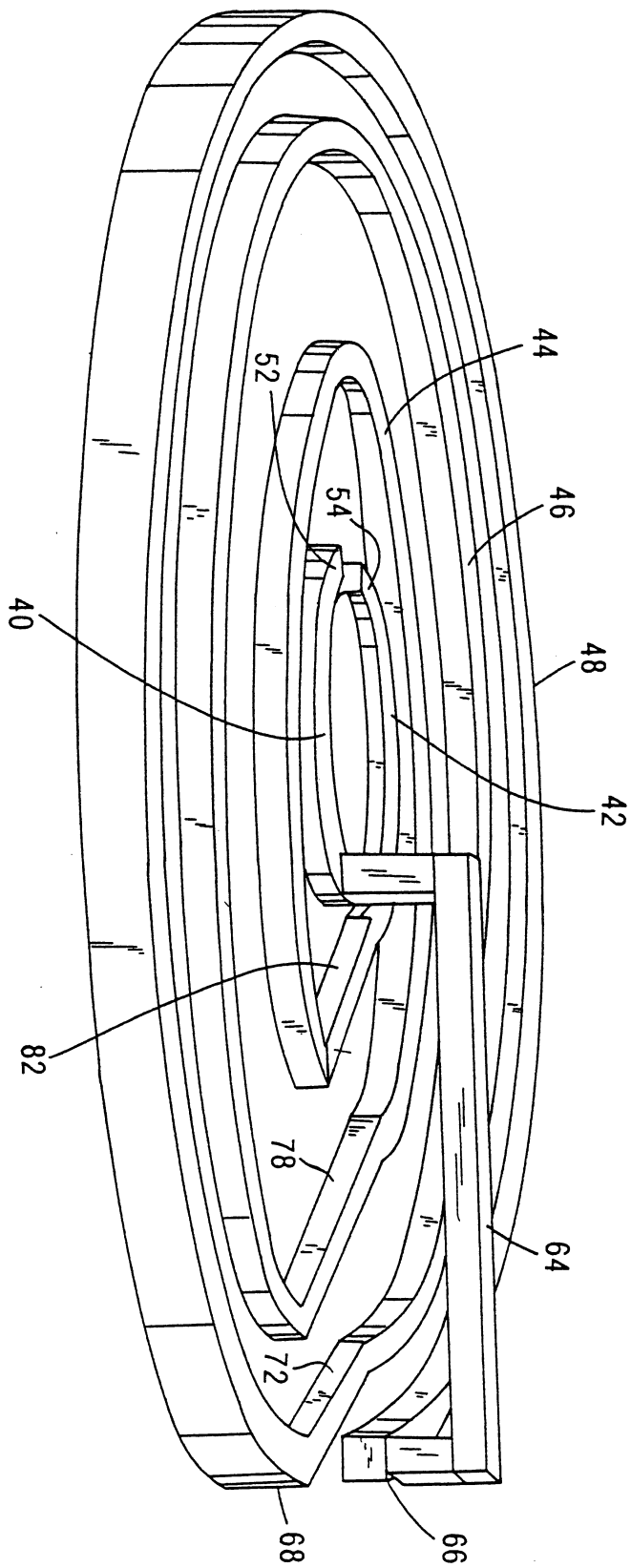
加至該線圈時，該電漿在該工件與該線圈中心相對準之一部份上具有比該工件與該線圈從該線圈中心移除之一部份相對準之一部份上更高之一通量；及控制該可變振幅包封而使得：該工件從該工件與線圈中心相對準的部份移除之一部份上之電漿通量係至少等於該工件與該線圈中心相對準的部份上之電漿通量。

37. 如申請專利範圍第36項之方法，其中控制該可變振幅包封而使得：該工件的一周邊部上之電漿通量大於該工件內部上之電漿通量。

38. 如申請專利範圍第36項之方法，其中該供源的排列方式使得：該包封包括可控制高振幅之段以及可控制期間低振幅之段，利用低振幅段使高振幅段彼此相隔，該供源的排列方式使得：高振幅段的振幅隨著高振幅段彼此的間隔增大而增加。

39. 如申請專利範圍第38項之方法，其中控制該供源以改變該等高及低振幅部的振幅及期間而使得：即使振幅及期間改變時，入射在工件上的電漿通量之時間平均功率仍概呈固定。





第 3 圖