



(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 I544837 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：099139386

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 11 月 16 日

(51)Int. Cl. : **H05H1/46 (2006.01)**

(30)優先權：2009/11/18 美國 61/262,505
2010/10/15 美國 12/905,940

(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：路布米斯基德米崔 LUBOMIRSKY, DMITRY (IL)；楊章喬 YANG, JANG-GYOO (KR)；米勒馬修 L MILLER, MATTHEW L. (US)；賓森二世傑 D PINSON II, JAY D. (US)；祝基恩 N CHUC, KIEN N. (IL)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

TW	502560	TW	200421946A
TW	200818317A	TW	200818997A
US	7320941B2		

審查人員：鄭敬偉

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：7 共 63 頁

(54)名稱

電漿源的設計

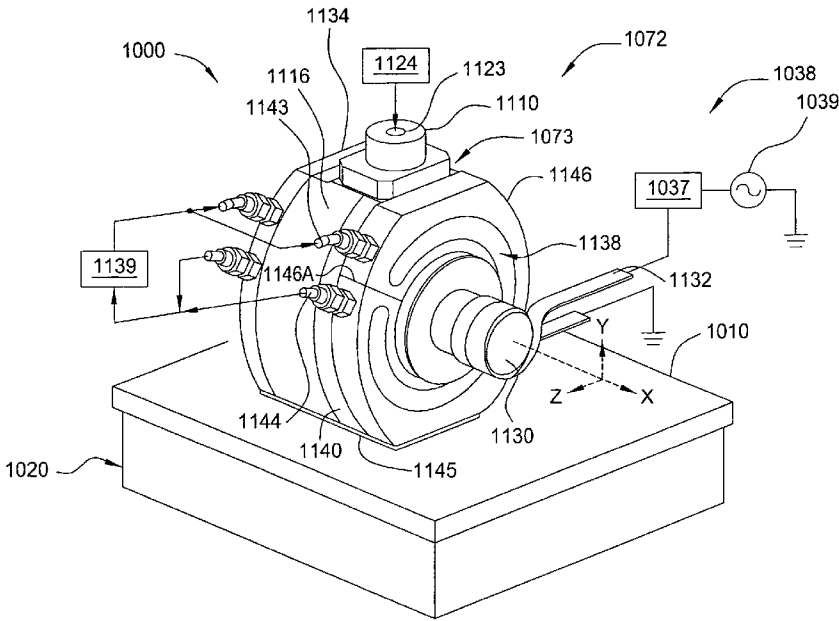
PLASMA SOURCE DESIGN

(57)摘要

本發明之實施例大體上提供電漿源設備及其使用方法，透過使用電磁能量源，該電漿源能夠於電漿生成區域中生成自由基及/或氣體離子，而該區域是對稱地定位在磁性核心元件周圍。大體而言，電漿生成區域與磁性核心的方位及形狀得以有效率地且均勻地將所傳遞的電磁能量耦合配置在電漿生成區域中的氣體。大體而言，電漿生成區域中形成的電漿之改善的特徵為能夠改善配置在電漿生成區域下游的基材或處理腔室之一部份上執行的沉積、蝕刻及/或清潔製程。

Embodiments of the present invention generally provide a plasma source apparatus, and method of using the same, that is able to generate radicals and/or gas ions in a plasma generation region that is symmetrically positioned around a magnetic core element by use of an electromagnetic energy source. In general, the orientation and shape of the plasma generation region and magnetic core allows for the effective and uniform coupling of the delivered electromagnetic energy to a gas disposed in the plasma generation region. In general, the improved characteristics of the plasma formed in the plasma generation region is able to improve deposition, etching and/or cleaning processes performed on a substrate or a portion of a processing chamber that is disposed down stream of the plasma generation region.

指定代表圖：



第2A圖

符號簡單說明：

- 1000 . . . 電漿源
- 1010 . . . 腔室蓋
- 1037 . . . 匹配元件
- 1038 . . . 源組件
- 1039 . . . RF 功率源
- 1072 . . . 電漿控制裝置
- 1073 . . . 處理區域組件
- 1110 . . . 圓頂部份
- 1116 . . . 電漿塊體
- 1123 . . . 氣體分配充氣部
- 1124 . . . 製程氣體供應器
- 1130 . . . 核心元件
- 1132 . . . 線圈
- 1134 . . . 冷卻板
- 1138 . . . 冷卻通道
- 1139 . . . 熱交換源
- 1140 . . . 側覆蓋件
- 1143 . . . 冷卻劑入口
- 1144 . . . 冷卻劑出口
- 1146 . . . 冷卻板

發明專利說明書

公告本

(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：99139386

※ 申請日期：2010 年 11 月 16 日

※IPC 分類：

H05H 1/46 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

電漿源的設計

PLASMA SOURCE DESIGN

二、中文發明摘要：

本發明之實施例大體上提供電漿源設備及其使用方法，透過使用電磁能量源，該電漿源能夠於電漿生成區域中生成自由基及/或氣體離子，而該區域是對稱地定位在磁性核心元件周圍。大體而言，電漿生成區域與磁性核心的方位及形狀得以有效率地且均勻地將所傳遞的電磁能量耦合配置在電漿生成區域中的氣體。大體而言，電漿生成區域中形成的電漿之改善的特徵為能夠改善配置在電漿生成區域下游的基材或處理腔室之一部份上執行的沉積、蝕刻及/或清潔製程。

三、英文發明摘要：

Embodiments of the present invention generally provide a plasma source apparatus, and method of using the same, that is able to generate radicals and/or gas ions in a plasma generation region that is symmetrically positioned around a magnetic core element by use of an electromagnetic energy source. In general, the orientation and shape of the plasma generation region and magnetic core allows for the effective

and uniform coupling of the delivered electromagnetic energy to a gas disposed in the plasma generation region. In general, the improved characteristics of the plasma formed in the plasma generation region is able to improve deposition, etching and/or cleaning processes performed on a substrate or a portion of a processing chamber that is disposed downstream of the plasma generation region.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (2A) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 1000 電漿源
- 1010 腔室蓋
- 1037 匹配元件
- 1038 源組件
- 1039 RF 功率源
- 1072 電漿控制裝置
- 1073 處理區域組件
- 1110 圓頂部份
- 1116 電漿塊體
- 1123 氣體分配充氣部
- 1124 製程氣體供應器
- 1130 核心元件
- 1132 線圈
- 1134 冷卻板
- 1138 冷卻通道
- 1139 熱交換源
- 1140 側覆蓋件
- 1143 冷卻劑入口
- 1144 冷卻劑出口
- 1146 冷卻板

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】

本發明大體上關於電漿處理系統與用於控制電漿處理系統中電漿均勻性的材料及設備。

【先前技術】

電漿處理腔室通常用在各種電子元件製造製程中，諸如蝕刻製程、化學氣相沉積(CVD)製程及其他與基材上製造電子元件相關的製程。已利用許多方法生成及/或控制電漿密度、形狀以及處理腔室中的電氣特徵，諸如一般用在習知電漿腔室中的電容式或感應式耦合 RF 源。例如，在電漿輔助化學氣相沉積製程期間，處理氣體透過電容式耦合噴頭導入處理腔室，該噴頭配置於由製程套組環繞的半導體基材之上。一旦電漿形成於 PECVD 腔室，電漿與製程氣體和基材反應以沉積期望的材料層於基材上。

習知電漿處理腔室設計中，所生成的電漿是配置在基材表面之上，該設計會引發非所求的濺鍍以及對基材表面的傷害，這是由於電漿中所形成的電子與離子和基材表面的交互作用所致。暴露至所生成的電漿的浮接及在電路上接地的部件大體上會累積淨電荷。所形成的淨電荷引發形成於電漿中的電子及/或離子轟擊基材或腔室部件的暴露表面，並且可能對基材或腔室部件的暴露表

面造成傷害。因此，在一些應用中，期望形成具有足以易於與基材表面（或腔室部件表面）反應的能量之氣體自由基，以強化反應速率同時不會威力強大地轟擊基材或腔室部件表面，因為非離子化的氣體自由基不受形成於基材或部件表面上的電荷所影響。

因此，為了防止或減少電漿與基材及腔室部件之間的交互作用，已使用遠端電漿源(RPS)設計。一般的遠端電漿源設計包括電漿生成區域，該區域定位在基材所處的處理腔室的處理區域之遠端。以此方法，RPS 裝置的電漿生成區域中生成的電漿大體上不會與基材表面交互作用。

然而，當前的習知 RPS 設計一般利用微波、電容式耦合或感應式耦合能量源，該等能量源具有狹窄的電漿生成區域，而將會引發這些裝置具有較小的期望電漿處理裕度，其限制了在習知 RPS 裝置的電漿生成區域中形成的氣體自由基與氣體離子的能量範圍。在一個範例中（如第 1 圖所示，其為美國專利號 6,150,628 中的第 3 圖），習知 RPS 設計大體上包括金屬電漿腔室 100 之區域 112、114，在該區域中，透過將能量傳遞至第一核心 104 與第二核心 106 而生成電漿。熟習此技藝者將認知到，傳遞至電漿所生成之習知 RPS 設計的區域的電磁能是不均勻的，且在電漿生成裝置（即線圈）所定位的區域「PR」（第 1 圖）中具有高度活性或「熱點」。區域 112、114 的所有其他部份具有「PR」區域外側微弱或不存在電源

耦合，這是由於他們相對電漿感應元件（例如第一核心 104、第二核心 106）的距離及位置之故。如第 1 圖中所概略性繪示，習知 RPS 設計傳統上使用封閉迴圈 RF 源組態，其具有包裹封閉的磁通透核心周圍的繞線，該核心環繞電漿生成區域的一部分。由對應於區域「PR」的核心 104、106 之位置與形狀所聚集而生成的場具有相對小的區域且具有非常侷限的時間將 RF 能量傳送給流過習知 RPS 裝置的氣體。因此，具有小型電漿生成區域的習知 RPS 設計具有非常侷限的生成及/或控制所形成的氣體自由基及/或氣體離子之能量的能力。

為了解決能量耦合效能的問題，一般而言，RPS 裝置製造者大體上會同時將負電型氣體（例如氨氣(NH_3)）以及正電型氣體（例如氬(Ar)）流過電漿生成區域，以更易於形成且保持形成的電漿於其中。然而，在一些實例中，期望僅傳遞單一負電型氣體或單一正電型氣體以改善處理速度或電漿處理結果，因此，經常期望使電漿形成及保持於必需環境(regime)中，該必需環境具有低的電漿阻抗，諸如在電漿生成區域中的壓力低時（例如小於 200 mTorr）。無法有效將電漿能量耦合處理氣體的習知 RPS 設計不能夠滿足當前半導體處理工業的需求。因此，需要一種 RPS 設計以更有效地將所傳遞的 RF 能量耦合處理氣體、具有更寬廣的製程裕度、並且能夠在更大範圍的電漿阻抗中運作。

同樣地，對於習知 RPS 設計而言，一般是利用交換式

電源供應器在 RPS 裝置的電漿生成區域中形成電漿。在習知設計中使用交換式電源供應器為佳，因為他們不需要線路隔離的電路或者是阻抗重合網路以傳遞能量至 RPS 裝置的電漿生成區域。交換模式的電源供應器調節所傳遞的 RF 能量是藉由調整脈衝式或工作週期 (duty cycle) 類型的傳遞組態中的輸出電壓或電流所達成。然而，已發現到在 RPS 設計中使用交換式電源供應器無法有效地將所傳遞的 RF 能量耦合電漿。因此，需要更有效地將所傳遞的 RF 能量耦合透過 RPS 裝置傳遞的氣體。

習知 RPS 設計一般亦使用金屬部件包圍 RPS 裝置中的電漿生成區域。然而，為了防止金屬部件受到 RPS 賦能的氣體所攻擊，一般是沉積塗層於會暴露至電漿與高能氣體之表面上。一般而言，已使用陽極氧化的鋁塗層於鋁零件上，以防止基底鋁表面受到 RPS 電漿中生成的高度具能量的物料攻擊。然而，已發現到，嚴重的製程結果的漂移會發生在使用塗層於 RPS 裝置的電漿形成區域中時。該製程漂移可能是由 RPS 激發氣體透過塗層中的缺陷（諸如塗層孔隙性或裂縫）與結構金屬部件的表面交互作用所引發。塗層的問題在電漿含有氧化物料或氟化物料（其趨於攻擊多數通常使用的金屬材料）時特別嚴重。因此，需要一種 RPS 設計，能夠避免由於含有 RPS 裝置中生成的電漿的元素攻擊所造成的製程漂移及粒子形成。

同樣地，在此技術領域中需要一種用於設備與製程的

技術，以更有效生成並且控制電漿均勻性，並且具有更大的處理裕度，而不至於嚴重增加處理成本與硬體成本。

【發明內容】

本發明之實施例大體上提供耦接一處理腔室的一電漿源，其包含：一核心元件，該核心元件具有一第一端、一第二端以及一核心元件中心軸；一第一電漿塊體，其具有一個或多個表面，該等表面至少部份包圍一第一環形電漿生成區域，其中該第一環形電漿生成區域配置在環繞該核心元件的一第一部份處；以及一線圈，其配置於該核心元件之一部份之上。

本發明的實施例亦可提供耦接一處理腔室的一電漿源，其包含：一核心元件，該核心元件具有一第一端、一第二端以及一核心元件中心軸；一第一電漿塊體，其具有一個或多個表面，該等表面至少部份包圍一第一環形電漿生成區域，其中該第一環形電漿生成區域配置在環繞該核心元件的一第一部份處，並且具有大體上重合該核心元件中心軸的一中心軸；一第二電漿塊體，其具有一個或多個表面，該等表面至少部份包圍一第二環形電漿生成區域，其中該第二環形電漿生成區域配置在環繞該核心元件的一第二部份處，並且具有大體上重合該核心元件中心軸的一中心軸；以及一線圈，其配置於該核心元件之一部份之上。

本發明之實施例亦可提供一種形成高能的氣體原子的方法，其包含以下步驟：將一製程氣體流進一第一環形電漿生成區域，該第一環形電漿生成區域至少部份被一第一電漿塊體的一個或多個表面所包圍，其中該第一環形電漿生成區域配置在環繞一核心元件的一部分處；以及透過將 RF 功率傳遞至纏繞該核心元件的一部分的一線圈，而生成一電漿於該第一環形電漿生成區域。

另一態樣中，提供一種具有多重電漿控制裝置的電漿腔室，以供電漿處理一基材。多重電漿控制裝置的每一者包含：一電漿塊體，該電漿塊體具有一內部環、一外部環以及耦接該內部環與該外部環的一側板，以界定該內部環與該外部環之間的一電漿生成區域；一氣體入口，其穿過該外部環的一部分形成，該氣體入口連接一第一外部氣體源；一氣體出口，其穿過該外部環的一部分形成，該氣體出口與一基材所配置的該電漿腔室內的一處理區域流體連通；以及一磁通透核心，其配置於穿過該電漿塊體的每一內部環處。

【實施方式】

本發明的實施例大體上提供一種電漿源設備，以及使用該電漿源設備的方法，其藉由使用電磁能量源而能夠生成自由基及/或氣體離子於電漿生成區域中，該區域對稱地繞磁性核心元件定位。大體而言，電漿生成區域與

磁性核心的方位與形狀容許有效且均勻地將所傳遞的電磁能耦合至配置在電漿生成區域中的氣體。相信由於在此揭露的電漿源之組態，傳遞至磁性核心的電磁能可以更有效地形成氣體自由基及/或氣體離子，提供更寬廣的形成氣體自由基及/或氣體離子的製程裕度(window)，以及形成比現在市場上可見的習知電漿源設計更大範圍的氣體自由基能量及/或離子密度。大體而言，電漿生成區域中形成的電漿中所改善的特徵能夠改善基材上或處理腔室一部分（其配置在電漿生成區域的下游）的沉積、蝕刻及/或清潔製程。

第 2A 圖是電漿源 1000 的一個實施例的等角視圖，該電漿源 1000 耦接製程腔室 1020，使得在電漿源 1000 中電漿控制裝置 1072 的電漿生成區域 1118（第 2B 圖）內形成的氣體自由基及/或氣體離子能夠傳遞到製程腔室 1020 的處理區域 1128（第 2B 圖）。在電漿生成區域 1118 中形成的氣體自由基及/或氣體離子隨後用於增強在製程腔室部件及/或配置於其中的基材上所執行的沉積、蝕刻及/或清潔製程。第 2B 圖是顯示於第 2A 圖中的電漿源 1000 的剖面視圖，該圖是將電漿源 1000 沿 X-Y 平面（第 2A 圖）裁切而形成，該 X-Y 平面通過核心元件 1130 的中心軸 1130S。在此組態中，電漿源 1000 包含電漿控制裝置 1072 以及用於操作一個以上在此揭露的實施例之製程腔室 1020。在一些電漿源組態中，由於電漿生成區域 1118 相對於配置在製程腔室 1020 的處理區域 1128 中

的基材或腔室部件之組態及/或定位之故，帶電荷的物料（例如離子、電子）擴散出電漿生成區域 1118（例如第 2B 圖至第 2D 圖中的符號 A）的量較佳為僅極少量在處理期間抵達基材或腔室部件並且與基材或腔室部件交互作用。從電漿生成區域 1118 到處理區域 1128 的氣體自由基及/或氣體離子的擴散或通量亦可受到控制，這是透過調整從氣體源 1124 通過電漿生成區域 1118 的氣體原子的流量及/或處理壓力而達成。然而，在一些實例中，電漿源 1000 是設以使少量的帶電荷物料與配置在製程腔室 1020 的處理區域 1128 中的基材表面之間的交互作用發生，以進一步促進蝕刻或 CVD 類型的沉積製程。

如第 2B 圖中所繪示，製程腔室 1020 可包括腔室主體 1021，其具有一面以上的腔室壁，該等壁（諸如腔室側壁 1005 與腔室蓋 1010）可密封包圍處理區域 1128。在一些組態中，基材底座 1015（用於支撐基材 1030）配置於鄰接形成在腔室蓋 1010 中的入口 1011 處。大體而言，入口 1011 與電漿源 1000 的電漿生成區域 1118 流體連通。在一些實施例中，噴頭組件 1027 配置在入口 1011 與基材底座 1015 之間，以提供均勻地分配在電漿生成區域 1118 中形成的氣體自由基及/或氣體離子，使其傳遞通過形成在噴頭組件 1027 中的孔洞 1026 而抵達基材 1030 的表面 1031。噴頭組件 1027 可電接地或浮接，而孔洞 1026 的尺寸及密度可經選擇以調整進入處理區域 1128 的氣體自由基及/或氣體離子的量與均勻度。亦可設

置背側氣體供應器 1016 以供應諸如氫或氦之類的氣體至形成於基材 1030 背側與基材底座 1015 之間的間隙(圖中未示)，以改善溫度控制的基材底座 1015 與基材 1030 之間的熱傳導。製程氣體供應器 1025 可用於將製程氣體供應至處理區域 1128。真空泵系統 1035 (包含渦輪泵、粗抽泵及/或其他類似裝置) 控制製程腔室 1020 及/或電漿源 1000 內的壓力。在一個範例中，處理區域 1128 及/或電漿生成區域 1118 內的壓力在處理期間是維持在真空壓力，諸如介於約 0.5 mTorr 至約 1 Torr 之間。在一些實施例中，屏蔽件 1129 直接或非直接架設於腔室蓋 1010 上，以容置電漿控制裝置 1072。屏蔽件 1129 的頂部設有一開口(圖中未示)，該開口對應於氣體入口 1120 的位置。屏蔽件 1129 被設計成減少電漿控制裝置 1072 產生的場效應，且較佳為由高 μ 材料製成，使得所有生成的場都維持在屏蔽件 1129 的內部區域中。

在本發明的一些實施例中，電漿控制裝置 1072 附接或架設在製程腔室 1020 的腔室蓋 1010 上，並且設以產生氣體自由基及/或離子化氣體原子並將之導入製程腔室 1020 的處理區域 1128 中。電漿控制裝置 1072 可與製程腔室 1020 中的部件以絕緣板 1145 間隔開並且在電氣上絕緣，該絕緣板是由介電材料(例如陶瓷材料)所製成。電漿控制裝置 1072 大體上含有磁性核心(或此後稱之核心元件 1130)、耦接核心元件 1130 的源組件 1038 與處理區域組件 1073。電漿生成區域 1118 大體上在核心元件

1130 周圍對稱分佈，該區域可由處理區域組件 1073 中所設的一個以上的部件所包圍。在一個實施例中，處理區域組件 1073 包含圓頂部份 1110、電漿塊體 1116、冷卻板 1134 以及側覆蓋件 1140，該等構件包圍電漿生成區域 1118。

操作電漿源 1000 期間，基材 1030 放置在製程腔室 1020 中的基材底座 1015 上以供處理。電漿源 1000 的電漿生成區域 1118 可隨後由真空泵系統 1035 拉至預定的壓力/真空下。一旦達成預定壓力，沉積、蝕刻或清潔氣體可經由氣體入口 1120 導入電漿控制裝置 1072，並且從氣體擴散主體 1122 流過電漿生成區域 1118，同時真空泵系統 1035 持續抽取電漿源 1000，使得能夠獲得平衡處理壓力。處理壓力可透過例如節流真空系統對電漿源 1000 的流通而調整，或者是例如透過調整通過氣體入口 1120 導入電漿源 1000 的製程或清潔氣體的流率而調整處理壓力。一旦壓力與氣流建立，即啟動功率源。RF 功率源（諸如源組件 1038）在電氣上連接至線圈 1132。由線圈 1132 生成的場在核心元件 1130 中感應式形成磁場，該核心元件感應式將所傳遞的能量耦合配置在電漿生成區域 1118 中的氣體，以將氣體激發至電漿態。在一個實施例中，在所形成的電漿中的離子密度與自由基濃度可透過調整供給至線圈 1132 的功率或透過調整電漿源 1000 中的處理壓力而增加或減少。

如第 2B、2D 與 2E 圖所示，電漿塊體 1116 包含一部

件，該部件具有形成於其中的至少一部分的環形電漿生成區域 1118。環形電漿生成區域 1118 大體上繞核心元件 1130 形成。在一個實施例中，如第 2B 圖所繪示，環形電漿生成區域 1118 具有矩形的截面。然而，電漿生成區域 1118 的截面形狀可為任何期望的形狀，諸如圓形、橢圓形或其他實用的形狀，並且因此本發明在此所述的範疇不意圖以矩形電漿生成區域為限。在一種組態中，電漿生成區域 1118 至少部份由形成於電漿塊體 1116 中的內壁 1150、外壁 1156 與側壁 1158（第 2B 圖）所包圍。在一個實施例中，電漿生成區域 1118 完全由電漿塊體 1116 的體壁 1150、1156、1158 及側覆蓋件 1140 所包圍，該側覆蓋件是使用習知緊固件（圖中未示）附接電漿塊體 1116。在一個組態中，如第 2E 圖所示，環形電漿生成區域 1118 包含繞中心軸 1116S 形成的空間。在一種組態中，環形電漿生成區域 1118 的空間在忽略排出通口 1126 與進入通口 1127 區域的附加體積的情況下，其大體上等於圍繞中心軸 1116S 的電漿生成區域（例如矩形區段）的截面區域。在一些實施例中，環形電漿生成區域 1118 可相對中心軸 1116S 完全對稱或實質上對稱。

如第 2B 圖所繪示，核心元件 1130 大體上配置在靠近電漿塊體 1116 的內壁 1150 的鄰近表面 1150A 處穿過電漿塊體 1116 的一部分。在一態樣中，核心元件 1130 包含高度磁性通透度的桿或管（例如鐵氧體(ferrite)桿），但可為其他磁性材料，其視耦合結構而定。核心元件 1130

藉以形成的磁性材料大體上具有以下特徵：(1)在高外加頻率(impressed frequency)下具有低核心損失密度、(2)具有高居禮溫度(Curie temperature)、以及(3)具有高度的塊材電阻率(bulk resistivity)。大體而言，核心元件 1130 可由任何能夠用於提供所生成的場（例如磁場）傾向流過的路徑之材料形成，該場是由 RF 電流流過設於源組件 1038 中的一個以上的線圈（例如線圈 1132）所生成。在一個實施例中，核心元件 1130 包含含鐵氧體的元件。當在此使用「鐵氧體元件」與「鐵氧體材料」時，這些詞彙並非意欲限制此述的本發明之範疇。同樣地，在一個實施例中，核心元件 1130 包含一束較小的直徑的圓柱體或桿，該等圓柱體或桿對準中心軸（諸如中心軸 1130S），其重合第 2B 圖中所示的 X 軸。

第 2C 圖是第 2B 圖中所繪示之電漿控制裝置 1072 的特寫剖面視圖，其大體上概略繪示本發明的一個實施例，該實施例中，透過傳遞來自源組件 1038（其於核心元件 1130 中感應磁場（即 B-場”B”））的能量使感應耦合電漿「P」形成於該電漿生成區域 1118 中。感應的磁場因而在電漿生成區域中產生電場，該電場用於激發配置於其中的氣體原子至激發態，而形成含有氣體自由基及/或離子的電漿。在電漿處理期間，處理氣體透過形成在電漿塊體 1116 的外壁 1156 中的進入通口 1127 傳遞進入電漿生成區域 1118，並且受激發的氣體原子透過亦形成於電漿塊體 1116 的外壁 1156 中的排出通口 1126 離開電

漿生成區域 1118。排出通口 1126 因此在流通性上將電漿生成區域 1118 耦接製程腔室 1020 的處理區域 1128。因此，傳遞至製程腔室 1020 的處理區域 1128 的氣體之化學物質可由製程氣體供應源 1124 控制，而氣體原子的能量可由氣體原子在電漿生成區域 1118 中的滯留時間（例如與流率呈比例）、所傳遞的 RF 功率、電漿生成區域 1118 中的氣體之組成與電漿生成區域 1118 的壓力所控制。

電漿處理期間，RF 電流 I_1 （第 2C 圖）是透過線圈 1132 傳遞，該線圈纏繞核心元件 1130 的一部分，而產生流過核心元件 1130 的磁場「B」，進而產生通過電漿生成區域 1118（見「+」與「-」）的電場，並且引發配置於該區域中的氣體原子形成電漿「P」。在一個實施例中，傳遞到線圈 1132 的功率於 RF 頻率約 400 kHz 時可在約 0.1 瓦至約 10 千瓦之間變化，同時以介於 0.5 sccm 至約 100 lpm 之間的流率傳遞氣體，而壓力是維持在約 1 mTorr 至約 500 Torr 之間。應瞭解到，RF 功率源所傳遞的功率之頻率不限於 400 kHz 左右的頻率，且可在諸如約 10 kHz 至超過 40 MHz 的期望頻率下運作，其視應用而定。在一些實例中，期望從 RF 功率源傳遞的 RF 功率是處於低於或等於約 13.56 MHz 的頻率。

藉由使用此述的電漿源 1000 組態，相信製程裕度、高能氣體原子生成效能以及氣體自由基能量範圍可較習知電漿生成裝置具有大幅度的改善。相信使用對稱地繞磁通透核心元件（例如核心元件 1130）形成的被包圍的電

漿生成區域 1118 具有許多勝於其他習知設計的優點。首先，由於核心元件 1130 形狀與電漿生成區域 1118 的對稱方位之故，在該區域中可形成具有均勻密度的電漿，如第 2C 圖與第 2D 圖中概略性繪示。對稱形成的電漿生成區域 1118 用於藉由在更大面積上傳遞 RF 能量而改善所傳遞的 RF 功率耦合效能，並且避免上文所述之在習知 RPS 設計中常發現的共通「熱點」問題所產生的效能問題。其次，由於電漿生成區域 1118 對核心元件 1130 的對稱形狀，亦排除了在習知 RPS 設計中所設的電漿生成區域（諸如第 1 圖的方形電漿生成區域，以及例如第 1 圖中「PR」區域的局部化小電漿耦合區域）的不同區域中所具有的非均勻場密度之共通問題。習知 RPS 設計中所發現的非均勻場密度可影響自由基生成效能以及非所欲的激發氣體原子與電漿生成區域表面部份的交互作用。

在本發明一些實施例中，「開放迴路」的磁場（或能夠繞磁通透核心元件 1130 的中心軸整整 360 度平均分佈的磁場）是由於線圈 1132 耦合核心元件 1130 所生成。「開放迴路」磁場因而助於電漿生成區域 1118 內電漿密度均勻。在一些實施例中，本發明的磁通透核心元件 1130 是「開放迴路」設計，該設計大體上筆直延伸通過電漿塊體 1116，而非習知環形(torroidal)電漿腔室天線或 RPS 設計中一般所見的「封閉迴路」，在該等習知設計中纏繞或線圈區段是包裹封閉式磁通透核心（其環繞電漿生成

的導管)的周圍。如上文所述，習知「封閉迴路」設計只有在封閉迴路核心元件定位的導管周圍的某些區域有較高的磁場。

第 2D 圖是形成於電漿塊體 1116 中的電漿生成區域 1118 的概略側剖面視圖，其中電漿「P」是由場(B-場「B」)通過電漿源 1000 的數個部份而形成。如第 2D 圖中所繪示，形成在核心元件 1130 中的 B-場(其流入紙面，即「-」符號)，以及迴轉的 B-場(其流出紙面，即「X」符號)皆均勻地環繞核心元件 1130 的軸線分佈(例如，在一固定的軸位置均勻地 360 度分佈)。熟習此技藝者將瞭解到電漿控制裝置 1072 相對接地腔室蓋 1010 的位置以及在電漿形成區域 1118 中形成的對稱生成場與電漿大體上維持在製程腔室 1020 的處理區域 1128 外側，但容許生成的氣體自由基以及一些氣體離子遷移進入處理區域 1128，使得他們能夠與基材和製程腔室部件交互作用。在一個實施例中，期望將電漿生成區域 1118 定位在離基材 1030 一段距離處，以致電漿生成區域 1118 中生成的電漿不會與基材表面 1031 交互作用，該交互作用會趨於形成可觀的電漿電位與電漿鞘層於基材上而引發離子轟擊與損傷。

核心元件設計

第 2A 圖至第 6B 圖大體上概略繪示單一核心元件 1130，其用於在封閉的電漿生成區域中形成均勻的電

漿。如上文所提，在一些實施例中，核心元件 1130 不需為單一的單塊元件，而是可包含一系列較小的元件，將該等較小的元件束在一起以提供所生成的場（例如磁場）傾向流過的路徑，或者核心元件可形成為各種不同形狀與組態，如下文所述。

在一個實施例中，如第 2A 圖至第 6B 圖所示，核心元件 1130 包含棒狀元件，其配置成穿過電漿塊體 1116。在此組態中，核心元件 1130 具有棒狀，或者筆直的長形，而非如習知設計中通常設置的環狀、方形或其他環繞電漿塊體 1116 的封閉形狀。核心元件的筆直棒狀大幅改善電漿生成區域 1118 中的離子密度（第 2B 圖），因為感應式生成的場能夠散佈開來，這是由於他們不具有其傾向流過的封閉式核心元件。因此，由筆直棒狀核心元件生成的場不會限制在電漿生成區域的小區域。均等分佈的磁場因而傾向形成通過對稱形成的電漿生成區域 1118 的均勻電漿密度。

在一些組態中，核心元件 1130 是棒狀，並具有規則或繞中心軸 1130S 對稱的截面，諸如圓形或圓柱截面。在一個範例中，核心元件 1130 的截面為圓形，並且其直徑在約 0.5 英吋至約 2 英吋之間，且其長度在約 3 英吋與約 20 英吋之間。在一個範例中，核心元件 1130 的長度 (L) 對直徑 (d) 的比率 (L/d) 是在約 1.5 至約 40 之間，諸如介於約 2 至約 10 之間。儘管此述的核心元件 1130 為圓柱狀，應瞭解到核心元件 1130 的截面形狀可為非圓形或

非圓柱狀，諸如方形、六邊形、矩形或任何其他期望形狀，無論規則或不規則。第 2H 圖繪示不同核心元件的三個截面形狀的範例，該等核心元件可用在電漿源 1000 中。在此範例中，核心元件 1130 可具有圓形截面形狀，諸如「截面 I」所示，可具有管狀截面形狀，諸如「截面 II」所示，或者可具有八邊形截面形狀，諸如「截面 III」所示，其是相對中心軸的規則形狀。在另一範例中，核心元件 1130 可具有圓形截面形狀，並且具有形成於其中的一個以上的特徵結構，諸如第 7B 圖中所示的核心元件 1721。在一個實施例中，棒狀核心元件 1130 具有兩端部 1131A 與 1131B (第 2B 圖)，其配置在核心元件 1130 的相對端。因此，在筆直棒狀核心元件組態中，筆直線重合核心元件 1130 的中心軸 1130S，且該筆直線通過該二端部 1131A 與 1131B。

已發現到核心元件物理或電性質的改變對電漿源的效能、穩定度與可靠度具有相當大的影響。熟習此技藝者瞭解飽和通量密度與磁通透度二者隨著核心元件 1130 溫度增加而減少。因此，為了克服在電漿處理期間由於「渦電流(eddy current)」加熱產生的核心元件 1130 溫度上升的問題，大體上需要主動冷卻核心元件 1130。

第 7A 圖是電漿源 1000 的一個實施例的側剖面視圖，其具有溫度控制核心元件 1130。第 7B 圖是根據本發明之實施例的核心元件 1130 之側剖面視圖。在一個實施例中，電漿源 1000 包含核心元件 1130 與熱交換組件 1710。

在一個實施例中，操作電漿源 1000 期間，溫度控制熱交換流體從熱交換組件 1710 傳遞通過一部分的核心元件 1130，並且隨後回到熱交換組件 1710。大體而言，熱交換組件 1710 包含習知流體熱交換裝置，諸如流體循環冷卻器。大體而言，熱交換流體具有高電阻率以及良好的熱傳特性，諸如去離子水。在一個實施例中，如第 7A 圖所示，核心元件 1130 大體上包含磁通透核心元件 1721，其封閉在外殼 1711 內。在此組態中，由熱交換組件 1710 傳遞的熱交換流體流於外殼 1711 內，並且流過磁通透核心元件 1721 以及流於其周圍，以將於其中形成的生成熱移除。磁通透核心元件 1721 大體上包含高磁通透度的材料，諸如鐵氧體桿，如先前與第 2B 圖至第 2G 圖一併論及。

一個實施例中，外殼 1711 經調整尺寸以使得熱交換流體得以通過間隙 1723（第 7B 圖）內，該間隙形成於核心元件 1721 的外表面與外殼 1711 的內表面之間。核心元件 1721 可含有中央通道 1722 及/或複數個特徵結構 1724（諸如溝槽），其形成於核心元件的表面中。中央通道 1722 及/或複數個特徵結構 1724 大體上設以接收流動的熱交換流體，以改善流動流體與核心元件 1721 之間的熱傳。在一個組態中，核心元件 1721 在外殼 1711 與電漿塊體 1116 內受到支撐特徵結構（圖中未示）支撐與對準排列，該等支撐特徵結構接合形成於核心元件中的特徵結構，諸如中央通道 1722 或特徵結構 1724。在一些

組態中，流體流動分佈特徵結構（諸如多孔板，圖中未示）可配置在進入通口 1711B 及/或排出通口 1711C 處，以協助促進在核心元件 1721 周圍與穿過該核心元件的熱交換流體的均勻流動。

參考第 7B 圖，在一個實施例中，形成外殼 1711 以使外殼 1711 的外表面 1711A 在熱交換流體傳遞通過外殼 1711 的內部區域 1725 時不會嚴重偏斜。在此組態中，外殼 1711 是由剛性介電材料形成，諸如氧化鋁 (Al_2O_3)、石英、氮化鋁、複合材料或其他適合的材料。在替代性實施例中，形成外殼 1711 使得外殼 1711 的外表面 1711A 在熱交換流體傳遞通過內部區域 1725 時會偏斜，以致外表面 1711A 可能擴張而得以使電漿塊體 1116 的內表面 1150A 的一部份與外殼 1711 的外表面 1711A 之間產生接觸。在電漿塊體 1116 的內表面 1150A 與外殼 1711 的外表面 1711A 之間產生的接觸使得電漿生成區域 1118 中生成的熱得以傳送到流過外殼 1711 的熱交換流體。在此組態中，外殼 1711 是由可撓的介電材料形成，諸如塑膠材料、纖維浸漬樹脂材料、彈性材料、複合材料或其他適合的彈性且具有期望熱傳導性的材料。

在電漿源 1000 的一個實施例中（其於下文進一步討論），致動器 1047 以及系統控制器 1001 用於調整及諧調核心元件 1130（其可包括外殼 1711 與核心元件 1721）相對電漿生成區域 1118 的位置，進而改善對配置於其中的氣體的 RF 耦合。在一個組態中，傳遞能量至線圈 1132

的電源供應器中的感測器（其附接功率傳遞電路的另一區域，或者是與電漿生成區域 1118 連通）用於反饋資訊（該資訊是關於電漿生成區域 1118 中生成的電漿之狀態）給系統控制器 1001，以致耦合電漿的能量能夠透過系統控制器 1001 調整。由感測器測量到並且返回系統控制器 1001 的資訊可包括反射功率量、腔室阻抗、電漿密度、電漿的光發射、或其他關於電漿生成區域 1118 中形成的電漿之狀態的資訊。

電漿塊體

為了避免上文所述之習知環狀或 RPS 設計中所見的材料相容性問題，電漿塊體 1116 是由不會與電漿形成區域 1118 中形成的氣體自由基或離子反應、或不會與反應性製程氣體反應的材料形成。大體而言，電漿塊體 1116 形成呈繞核心元件 1130 對稱的形狀，並且包含不會受到電漿化學物質大量攻擊並且具有高度導熱性以將電漿生成的熱傳送到熱交換裝置的材料。在一個實施例中，電漿塊體 1116 包含形成呈期望對稱形狀的高度導熱性介電材料。包含固體介電材料的電漿塊體 1116 具有許多勝於習知設計的優點，因為其避免塗層缺陷以及習知 RPS 設計中一般所見的可能性傷害問題。大體上難以透過將內表面上具有塗層的兩個半片接合而產生完全封閉的電漿處理區域，因為難以確保兩半片間接合處的表面塗層會在形成製程期間維持不受傷害。使用固體介電材料亦消除

絕緣塊體（例如第 1 圖中的元件符號 108、110）的需求性，該等塊體一般是配置在習知含金屬電漿封閉區域的幾個部份之間，以消除含金屬區域中渦電流的形成。在一個實施例中，電漿塊體 1116 是由氧化鋁（ Al_2O_3 ）、氮化鋁（ AlN ）、氧化鈹（ BeO ）、氮化硼（ BN ）、石英或其他類似材料所製成。在一個範例中，電漿塊體 1116 由約 2 英吋厚（第 2B 圖中的 X 方向）的氮化鋁材料製成。在一個實施例中，內壁 1150 的內表面 1150A 之直徑可介於約 2 英吋至約 5 英吋之間，外壁 1156 的內表面之直徑可介於約 5 英吋至約 10 英吋之間，而電漿塊體 1116 的周長範圍可在約 10 英吋至約 30 英吋之間，其視應用而定。

往回參考第 2B 圖，為了努力進一步確保電漿塊體 1116 與相關部件在處理期間維持冷卻，冷卻板 1134 大體上附接電漿塊體的側壁 1158。冷卻板 1134 因此適於將處理期間生成的熱移除，而防止任何密封或連接的部件在處理期間受損害。在一個實施例中，冷卻板 1134 具有實質上圓形的冷卻通道 1138 嵌於其中，以接收及循環冷卻介質，諸如從熱交換源 1139 傳遞的水。儘管第 2A 圖中僅顯示一個冷卻板與通道 1134、1138，在本發明的一個實施例中，第二冷卻板 1146（第 2B 圖）以及類似的冷卻通道可排置在冷卻通道 1133 之側壁 1158 的相對側，其附接側覆蓋件 1140。在一個實施例中，藉由使用熱交換源 1139，將溫度控制冷卻介質傳遞至冷卻劑入口 1143（第 2A 圖），並且從冷卻劑出口 1144（第 2A 圖）返回，該

冷卻劑出口形成於第一與第二冷卻板 1134、1146 中。

電漿形成與功率傳遞

如上文所記敘，核心元件 1130 大體上提供所生成的場（例如磁場）傾向流過的路徑以在電漿生成區域 1118 中產生電漿，該所生成的場是由 RF 電流流過設於源組件 1038 中的一個以上的線圈（例如線圈 1132）所產生。在一個組態中，線圈 1132 包裹環繞核心元件 1130 的外部，以感應式將線圈耦合核心元件 1130。在一個實施例中，線圈 1132 包含多圈導電材料，諸如銅帶或銅線，其連接至源組件 1038。在一個範例中，線圈 1132 包含介於一圈到 20 圈之間的線圈，諸如介於三圈至五圈之間。

源組件 1038 可使用一個以上的動態阻抗匹配元件以有效傳遞 RF 功率到線圈 1132。在一個組態中，源組件 1038 可使用頻率調諧元件、阻抗匹配網路調諧或具有前向功率伺服（forward power servoing）的頻率調諧，以減少反射的功率，並且有效將 RF 能量傳遞至線圈 1132 與電漿生成區域 1118。在一個實施例中，源組件 1038 包含阻抗匹配元件 1037 以及 RF 功率源 1039。RF 功率源 1039 可在電漿控制裝置 1072 外部，電氣上透過阻抗匹配元件 1037 耦接線圈 1132 並且提供 RF 能量給線圈 1132。

在電漿源 1000 的一個實施例中，可進一步設置第二 RF 功率源組件 1042 以將 RF 功率傳遞至使用點燃促進電

極的電漿生成區域 1118 的一部份，使得電漿能在其中更易點燃。在一個實施例中，第二 RF 功率源組件 1042 包含阻抗匹配元件 1041 以及 RF 功率源 1043。RF 功率源 1043 可位於電漿控制裝置 1072 外部，其電氣耦接點燃促進電極，諸如第一冷卻板 1134 及/或第二冷卻板 1146（第 2B 圖），以將傳遞至電極的能量電容式耦合配置在電漿生成區域 1118 中的氣體原子。在一個範例中，如第 2B 圖所示，RF 功率源 1043 是設以提供 RF 偏壓給第二冷卻板 1146（諸如介於約 200 V(伏特)至約 10 kV 之間）而點燃電漿生成區域 1118 中的電漿。第一冷卻板 1134 與第二冷卻板 1146 可由導電材料（例如金屬）形成，其配置在相鄰電漿生成區域 1118 處並且與之平行。至少一部分的核心元件 1130 可通過環形第一冷卻板 1134 與第二冷卻板 1146 的中心。在一種組態中，第一與第二冷卻板 1134、1146 每一者具有徑向的切割線或裂隙（例如第 2A 圖中的元件符號 1146A），其在處理期間抑制核心元件 1130 生成的場所導致的環形元件中的渦電流形成。隔離板 1145 大體上配置在電漿控制裝置 1072 與腔室蓋 1010 之間，其得以使用具大表面積的點燃促進電極，該大表面積是 RF 熱點以供在電漿點燃與處理期間改善電容式耦合配置在電漿生成區域 1118 中的氣體。隔離板 1145 防止電極透過處理腔室 1020 中的接地部件造成短路而接地。

另一種組態中，RF 功率源 1043 電氣上耦接電極 1142

(第 2B 圖)，該電極嵌在側覆蓋件 1140 內，以電容式將傳遞至電極 1142 的能量耦合配置在電漿生成區域 1118 中的氣體原子。電極 1142 可為導電環狀板（例如金屬），該板具有表面 1142A，配置於鄰接電漿生成區域 1118 且與之平行處。至少一部分的核心元件 1130 可通過環形電極 1142 的中心。在一種組態中，環形電極 1142 透過介電材料與電漿生成區域 1118 中形成的電漿分開並且實體上隔離，且亦可含有徑向的切割線或裂隙，其在處理期間抑制核心元件 1130 生成的場所導致的環形元件中的渦電流形成。

在替代性實施例中，可透過使用調諧電容器 1036 達成阻抗匹配，該電容器附接纏繞在核心元件 1130 周圍的線圈 1132。調諧電容器 1036 的電容經選擇以用由 RF 功率源 1039 傳遞的能量之頻率共振線圈 1132。一個實施例中，動態阻抗匹配與調諧電容器 1036 組態一併使用。在此實施例中，傳遞至電漿源 1000 的 RF 能量比使用交換式電源供應器的習知功率傳遞方案更有效地傳遞至電漿生成區域，因為所傳遞的能量不需要使用工作週期（即隨時間所分配的脈衝式開/關電源）以控制功率至形成電漿的處理氣體之間的傳遞。功率至電漿間非間歇式的傳遞改善電漿生成製程的效能，並且改善調整傳遞至電漿的功率層級之能力。

如第 2F 圖所繪示，一些組態中，源組件 1038 可包含一系列固定的電子元件，其由 RF 功率源 1039 所驅動以

形成電漿生成區域 1118 中的電漿。在功率傳遞線路中使用固定的電子元件相較於使用主動 RF 匹配是有益的，因為能夠減少源組件 1038 與電漿源 1000 的複雜度。在一個實施例中，如第 2F 圖所示，電容器 1033 在一端接地，而在另一端透過視情況任選的調諧電容器 1036 耦接 RF 功率源 1039。RF 功率源 1039 以及視情況任選的調諧電容器 1036 亦耦接饋送線路 1034 與點燃線路 1044。在此組態中，單一 RF 功率源 1039 能夠使用耦接點燃促進電極的點燃線路 1044 在電漿生成區域 1118 中形成電漿，同時亦透過使用饋送線路 1034 在電漿生成區域 1118 中維持電漿。饋送線路 1034 耦接線圈 1132，該線圈概略性顯示如第 2F 圖中的感應式線圈類型元件。在此實例中，不需要第二 RF 功率源組件 1042，這是因為增加點燃線路 1044 連接點燃促進電極（諸如第一冷卻板 1134、第二冷卻板 1146 及/或電極 1142）之故。在一個範例中，電容器 1033 與調諧電容器 1036 經選擇以使所形成的 RF 線路得以在接近共振下執行，且在一個範例中，每一者可包含 0.5 至 300 奈法拉(nano-Farad)的電容。為了避免反射的功率問題，可在頻率調諧模式使用 RF 功率源 1039 以有效傳遞功率給線圈 1132 與電漿生成區域 1118。

為了進一步改善所傳遞的 RF 能量從源組件 1038 到電漿生成區域 1118 的耦合，致動器 1047 以及系統控制器 1001 用於相對於電漿生成區域 1118 調整及調諧核心元件 1130 的位置，以改善 RF 耦合配置於其中的氣體。已

發現到藉由相對於電漿生成區域 1118 調整核心元件 1130 的位置，可調整電特徵與耦合效能。因此在一個實施例中，於電漿源 1000 的初始設定期間，可相對電漿生成區域 1118 調整核心元件 1130 的位置以使功率耦合最大化，然後將核心元件 1130 固定在此位置。

或者，藉由使用致動器 1047 與系統控制器 1001，可相對於電漿生成區域 1118，在製程腔室 1020 中執行的一個或多個基材處理順序期間調整核心元件 1130 的位置。在一個組態中，致動器 1047 為伺服馬達或者步進馬達，其能夠藉由使用耦接致動器的感測器（例如馬達編碼器）、能夠偵測所傳遞的向前及反射的 RF 功率變化之感測器、以及系統控制器 1001 而調整、控制（以封閉迴圈式）、及/或最佳化核心元件 1130 在⁺X 方向或⁻X 方向上的位置（第 2F 圖）。在一個實施例中，系統控制器 1001 大體上適於控制所有電漿源 1000 內所含的部件。系統控制器 1001 大體上是設計成助於控制及自動化此述的電漿處理技術，並且一般可包括中央處理單元（CPU，圖中未示）、記憶體（圖中未示）以及支援電路（或 I/O，圖中未示）。CPU 可為電腦處理器任何型式之一，該等電腦處理器用於工業環境中，以控制各種製程與硬體（例如馬達、電源供應器、腔室硬體）並且監視製程（例如基材溫度、氣體流率、傳遞至核心元件的能量之量值、核心元件之位置）。記憶體（圖中未示）連接至 CPU，且其可為一種或多種可讀取的記憶體，諸如隨機存取記憶

體 (RAM)、唯讀記憶體 (ROM)、快閃記憶體、軟碟機、硬碟機或其他形式的本地端或遠端數位儲存裝置。可將軟體指令與資料編碼與儲存於記憶體內以指示 CPU。支援電路 (圖中未示) 亦連接 CPU 以用習知方式支援處理器。支援電路可包括習知高速緩衝存儲器、電源供應器、時脈電路、輸入/輸出電路與次系統等。系統控制器可讀的程式 (或電腦指令) 確定何種任務可在電漿源與基材上執行。

第 2B 圖僅繪示定位在環狀電漿源外側的單一感應線圈 1132，然而此組態不欲限制本發明之範疇，因為線圈 1132 的數目與位置可視應用或期望的電漿離子密度而改變。在一些實施例中，如第 2G 圖中所示，線圈 1132 可纏繞核心元件 1130 的外部於任一端處、於核心元件 1130 的中心部 (例如第 5 圖中的 1132B 或 1132D)，或均等地從一端包裹核心元件 1130 至另一端。在一個實施例中，如第 2G 圖所示，倘若使用多重線圈，每一線圈 1132F、1132G 可個別連接個別的 RF 功率源，諸如源組件 1038 與 1058。源組件 1058 可包含 RF 功率源 1059 及/或阻抗匹配元件 1057。傳遞至每一 RF 線圈 1132F、1132G 的 RF 功率訊號之每一者的相位與功率層級可彼此相對調整或設置，而改善電漿生成區域 1118 中的電漿均勻性及/或改善 RF 功率耦合。

電漿均勻度調整

如第 2D 圖所概略繪示，由於傳遞 RF 能量所形成的通過核心元件之磁場強度於徑向上的差異之故，形成於電漿生成區域 1118 中的電漿在接近內壁 1150 處相較於電漿塊體 1116 的外壁 1156 處具有較高的電漿密度。因此，為了進一步改善電漿耦合及/或使電漿生成區域 1118 內的電漿均勻度更加均勻，可使用各種電漿調整技術。

電漿源 1000 的一個實施例中，如第 3 圖所示，一個以上的場塑形元件（諸如永久磁體 1152）定位在電漿生成區域 1118 周圍，以調整電漿均勻性。第 3 圖是根據本發明一個實施例的電漿塊體 1116 部份等角剖面視圖。第 3 圖中，磁性核心元件 1130（以虛線代表）、冷卻板 1134 與側覆蓋件 1140 均為簡明起見而省略。電漿控制裝置 1072 的一個實施例中，多重永久磁體 1152 嵌在電漿塊體 1116 的內壁 1150 的周邊，以調整電漿生成區域 1118 中形成的電漿。在一態樣中，電漿塊體 1116 的內壁 1150 設有複數個開口 1154，這些開口是設以於其中納置永久磁體 1152。永久磁體 1152 大體上是以對稱樣式間隔開，並且以交替磁極之方式排列，即交替的北極「N」與南極「S」。環繞在內壁 1150 周圍定位的永久磁體 1152 趨於推動在電漿生成區域 1118 中形成的電漿朝圓形區域中間或外壁 1156 遠離電漿塊體 1116 的內壁 1150。使用場塑形元件因而使形成於內壁 1150 與外壁 1156 之間通過電漿生成區域 1118 的電漿密度更加均勻。場塑形元件可包含永久磁體、電磁體或其他能夠塑形電漿生成區域 1118

中形成的生成場與電漿的類似元件。

在一些實例中，不使用場塑形元件，而是將線圈纏繞至少一部分的電漿塊體 1116，使得透過將電流流過此纏繞線圈 1432 而生成的場會重新分配形成於電漿生成區域 1118 中的電漿。第 4 圖是電漿控制裝置 1072 的側剖面視圖，其概略性繪示根據本發明的一個實施例的纏繞線圈組態。在此實施例中，一個以上的線圈 1432 以期望的圈數包裹電漿塊體 1116。在一個實施例中，線圈 1432 纏繞於電漿塊體 1116 所有部份，諸如以 360 度纏繞電漿塊體 1116 的內壁 1150、側壁 1158 與外壁 1156 與側覆蓋件 1140，以在透過功率源 1433 使電流通過線圈 1432 時均勻分配形成於電漿生成區域 1118 中的電漿。在一個實施例中，DC 功率傳遞至線圈 1432 以感應式耦合電漿生成區域 1118 中生成的電漿並且重新分配之。更詳言之，由電流通過線圈 1432 而產生的磁場大體上具有在接近側壁 1150 中心處最強的磁通量密度，其傾向將電漿拉離內壁 1150 邊緣，並且將電漿朝電漿生成區域 1118 的中間重新分配，如箭號所指。通過線圈 1432 的電流傳遞因而傾向使電漿生成區域 1118 中的電漿密度更均勻。在一個實施例中，感應線圈 1432 用於點燃由使用能夠傳遞 RF 能量的功率源 1433 所形成於電漿生成區域 1118 中的電漿。倘若使用超過一個線圈 1432，每一線圈 1432 可使用相同的功率與頻率驅動，或者每一線圈 1432 可於不同功率及/或頻率下獨立驅動。

應考量到線圈 1432 可於任何期望位置包裹於內壁 1150 與外壁 1156 周圍，或以期望間隔均等地包裹內壁 1150 與外壁 1156 周圍。在一個實施例中，線圈 1432 包裹於核心元件 1130 外部周圍並且鄰接冷卻板 1134。在一個態樣中，線圈 1432 排置在冷卻板 1134 與支撐元件 1135 之間。支撐元件 1135 耦接冷卻板 1134 的一側，且可包括一個以上的支撐板（例如第 2B 圖中所示的支撐板 1136、1137）以固定延伸支撐板 1136 與 1137 的核心元件 1130。在一個組態中，如第 4 圖所繪示，線圈 1432 顯示為同相纏繞，即流過線圈 1432 的電流感應電漿以在電漿生成區域 1118 周圍以相同方向流動。或者，線圈 1432 可彼此異相纏繞。

在電漿源 1000 的一些組態中，接觸電漿塊體 1116 的電漿生成區域 1118 的僅有的內表面可由電絕緣體製成，諸如不會與電漿化學物質反應的融合的氧化矽或陶瓷。因此，在一些組態中，電漿塊體可主要由金屬製成，諸如塗佈介電質的鋁、陽極氧化鋁或不鏽鋼。在電漿塊體 1116 的幾個部份（諸如內壁 1150、側壁 1158 及/或外壁 1156）由導電材料（例如金屬）製成的組態中，需要設置絕緣間隔物（圖中未示）或介電質裂隙以破壞或抑制渦電流，該渦電流大體上流於壁 1150、1156、1158 中，這是由於將電流傳遞至線圈 1432 而生成場所致。添加介於導電壁之間的絕緣間隔物大體上使電漿源 1000 組件更加複雜且耗費成本，同時也使其更難在真空密閉的組

態中組裝。因此，倘若內壁 1150 或外壁 1156 及側壁 1158 是由絕緣或非導電材料製成時，可省略絕緣間隔物。

氣體傳遞硬體

如上文所記敘，電漿處理期間，處理氣體從氣體供應器 1124 透過電漿塊體 1116 的進入通口 1127 (第 2B 圖) 傳遞進入電漿生成區域 1118，而受到激發的氣體原子透過亦形成於電漿塊體 1116 中的排出通口 1126 離開電漿生成區域 1118。在一個實施例中，電漿控制裝置 1072 的圓頂部份 1110 用於將處理氣體傳遞至電漿塊體 1116 的進入通口 1127 以及形成於其中的電漿生成區域 1118。在一個實施例中，圓頂部份 1110 大體上包括氣體入口 1120 與氣體擴散器主體 1122。氣體擴散器主體 1122 大體上延伸通過電漿塊體 1116 的外壁 1156 中的進入通口 1127。氣體入口 1120 連接外部氣體源 (例如製程氣體供應器 1124) 以將製程氣體或清潔氣體導入電漿控制裝置 1072。在一個實施例中，圓頂部份 1110 包含氣體分配充氣部 1123，該充氣部形成於氣體擴散器主體 1122 內，並且用於重新分配及控制氣體傳遞通過形成於氣體擴散器主體 1122 中形成的孔洞 1121 而進入電漿生成區域 1118。電漿塊體 1116 的外壁 1156 設有氣體/電漿進入通口 1126，該進入通口引導至電漿源 1000 中的處理區域 1128。因此，氣體分配充氣部 1123 與電漿生成區域 1118 流體連通。

製程氣體或清潔氣體可包括含氧或含氮氣體，諸如 NH_3 、 N_2O 、 NO 、 NO_2 、 O_2 ，或含氟氣體，諸如 F_2 、 NF_3 、 NH_4F 、 CF_4 、 C_3F_8 、 SF_6 、或 $\text{C}_2\text{F}_5\text{H}$ ，以及其組合，以及視情況任選的載氣，諸如氫氣、氮氣或氬氣。在一態樣中，製程氣體基本上包含氬氣(Ar)。另一態樣中，製程氣體基本上包含氮氣(NH_3)。另一態樣中，將氮氣(NH_3)與三氟化氮(NF_3)氣體導入電漿控制裝置 1072，以生成 NH_4F 電漿，該電漿隨後可用於移除放置在電漿源 1000 中的基材上的原生氧化物。應考量到，視應用而定可使用其他處理前驅物氣體，諸如 TSA、矽烷、TEOS 或其他實用的前驅物氣體。可以介於約 100 sccm 至約 1000 sccm 之間的流率提供前驅物氣體。可以介於約 100 sccm 至約 1000 sccm 之間的流率提供前驅物氣體。處理期間，電漿源 1000 中處理區域 1128 的壓力可維持於約 100 mTorr 至約 20 Torr 之間。在一個範例中，腔室壓力維持在約 100 mTorr 至約 1.25 Torr 之間。

參考第 4 圖，複數個氣體開口或孔洞 1121 可以一種以上的角度 1121A 相對於氣體擴散器主體 1122 的中心軸 1121B 形成，因而使得製程氣體或清潔氣體得以用切線方式傳遞進入電漿生成區域 1118，以形成環形渦旋式流態，而非引發流入氣體在進入電漿生成區域 1118 後衝擊內壁 1150 的內表面。在一個範例中，相對電漿生成區域 1118 徑向（如第 4 圖中所示的中心軸 1121B）呈一角度而形成的孔洞 1121 對分(bisect)氣體擴散器主體 1122 並

且延伸通過核心元件中心軸 1130S。在一個實施例中，預定角度範圍可從約 20 度至約 70 度，諸如約 45 度。複數孔洞的每一開口可具有期望寬度與長度，其視應用而定。氣體擴散器主體 1122 可含有期望數目的開口，例如約 10 個以上的開口，諸如約 20 個以上的開口。

多重電漿源組態

在一些處理組態中，可使用並聯的多重電漿源，使得具有類似或不同組成的製程氣體能傳遞至每一電漿源，而提供具有變化的混合物比率及/或能量的高能氣體原子予以製程腔室 1020 的處理區域 1128。第 5 圖繪示簡化的根據本發明之實施例之電漿腔室之剖面視圖，該電漿腔室具有兩個電漿控制裝置 1072A、1072B，該等電漿控制裝置耦接製程腔室 1020 的腔室蓋 1010。為便於說明，已省略電漿腔室部件，然而，應考量到製程腔室 1020 含有所有與第 2B 圖所示的製程腔室相同的部件，不同處是該腔室適於納置兩個電漿控制裝置 1072A、1072B。在此實施例中，兩個電漿控制裝置 1072A、1072B 附接或架設在製程腔室 1020 的腔室蓋 1010 上，以產生氣體自由基及/或離子化氣體，並且使之通過噴頭組件 1027 導入下游的製程腔室 1020。兩個電漿控制裝置 1072A、1072B 平行排列，並且共享通用的核心元件 1130，該核心元件是穿過電漿塊體 1016A、1016B 的內壁 1150A、1150B 配置。此組態中的核心元件 1130 大體上是類似上

述的部件，除了其可需要一些增加的長度以使其服務電漿控制裝置 1072A 與 1072B 二者。在本發明一些實施例中，兩個以上的電漿生成區域（例如電漿生成區域 1118A 與 1118B）全形成在諸如電漿塊體 1016A 的單一電漿塊體（圖中未示）中，以減少複製的部件的數目並且改善將兩個以上電漿生成區域對準核心元件 1130 的能力。

如第 5 圖所繪示，線圈 1132A 可纏繞核心元件 1130 的外部。線圈 1132A 的圈數可變化，其範圍在約 1 圈至 10 圈之間。在一些實例中，線圈 1132A 可具有 10 圈以上的圈數。線圈 1132A 可沿核心元件 1130 排列在不同位置。在一個實施例中，線圈 1132A 可包含分佈在不同位置的多重線圈。在一個實施例中，線圈是以任一種下列方式分佈：(1)在線圈位置 1132A 與 1132E；(2)在線圈位置 1132B 與 1132D；(3)僅在線圈位置 1132C；(4)在線圈位置 1132A 與 1132C，或者是 1132C 與 1132E；以及(5)在線圈位置 1132A、1132B、1132C、1132D、與 1132E，其取決於應用或電漿離子密度的需求而定。亦應考量到，當使用多重線圈時，線圈可個別連接個別的 RF 功率源組件（例如第 2G 圖中的 1038、1058）。傳遞至每一 RF 線圈的 RF 功率訊號可相對彼此調整或設置，以達成期望的電漿均勻度、氣體自由基能量或電漿離子分佈。類似地，隨製程條件（例如功率、壓力、氣體流率、氣體組成）改變、電漿控制裝置定位的方式、電漿中基材的位置及/或電漿控制裝置的固有物理特性而可改變所

生成的電漿之均勻度。在一個實施例中，為了進一步改善將所傳遞的 RF 能量與兩個電漿控制裝置 1072A、1072B 的電漿生成區域 1118A、1118B 的耦合，致動器 1047 與系統控制器 1001 用於調整及調諧核心元件 1130 相對於電漿生成區域 1118A、1118B 的位置，以改善 RF 與配置於其中的氣體之耦合。在一些組態中，核心元件 1130 相對於第一電漿控制裝置 1072A 的位置受到控制，而核心元件 1130 相對於第二電漿控制裝置 1072B 的位置是次要的（即為附屬件）。

在一個態樣中，電漿控制裝置 1072A、1072B 的氣體入口 1110A、1110B 可個別連接相同的或不同的外部氣體源（圖中未示），以提供不同的製程氣體或清潔氣體給電漿控制裝置 1072A、1072B，其視應用而定。雙電漿控制裝置組態能夠快速切換不同電漿，其可有利於某些諸如使用遠端電漿源以用於沉積或清潔必須環境的 PEALD（電漿增強 ALD）或 CVD 之應用。雙電漿控制裝置組態亦實用於容許同時從不相容的氣體（其無法如期望般在單一電漿控制裝置中受到激發）傳遞高能氣體物料。

第 6A 與第 6B 圖是繪示根據本發明一個實施例之具有三個電漿控制裝置（例如元件符號 1072C、1072D 與 1072E）的電漿源 1000 之剖面視圖的概略圖式，該等電漿控制裝置耦接核心元件（例如，元件符號 1130A、1130B）。為便於說明，已省略製程腔室 1020 部件，在第 6A 圖與第 6B 圖中僅概略性繪示電漿控制裝置 1072C、

1072D 與 1072E 與磁通透核心元件 1130A、1130B。然而，該等部件之每一者可包括如上文一併與第 2A 至 2G 圖及第 5 圖所述之硬體部件。在一個範例中，第 6A 圖或第 6B 圖中所示的電漿控制裝置 1072C、1072D 與 1072E 之各者含有所有如上文一併與第 2B 圖所述之相同部件。類似於第 5 圖，三個電漿控制裝置 1072C、1072D 與 1072E 平行排列並且共享通用的核心元件 1130A、1130B，該等核心元件穿過電漿塊體（圖中未示）的內部環配置，並且延伸穿過電漿控制裝置 1072C、1072D 與 1072E 的每一者之相對側。

在一個組態中，線圈 1132 纏繞核心元件 1130A（第 6A 圖）或 1130B（第 6B 圖）之外部。類似地，視應用與電漿離子之需求而定，線圈的圈數與位置可以連同第 5 圖中所論及之類似方式調整。在每一電漿控制裝置 1072C、1072D 及 1072E 之每一者中所設的氣體入口（圖中未示）可個別連接相同或不同的外部氣體源（圖中未示），因而能夠快速切換製程氣體以形成具有相同或不同組成的電漿，而形成期望的氣體自由基或氣體離子，其如前文所述。

在電漿源 1000 的一個實施例中，三個電漿控制裝置 1072C、1072D 與 1072E 共享通用的核心元件（例如元件符號 1130A 或 1130B），該核心元件在不同的核心元件部份具有不同的直徑。例如，在第 6A 圖中，延伸通過第一電漿控制裝置 1072A（即最左邊或最外面之該者）的核

心元件 1130A 的直徑可大於延伸通過第二與第三電漿控制裝置 1072D 與 1072E 之核心元件 1130A 之區域。或者，如第 6B 圖所示，延伸通過第二電漿控制裝置 1072D（即中間的電漿控制裝置）的核心元件 1130B 之直徑可小於延伸通過第一與第三電漿控制裝置 1072C 與 1072E 之核心元件 1130B 之部份的直徑。因為核心元件的外表面與電漿生成區域之間的距離會影響所生成的 RF 場對電漿的電漿耦合效能，故改變相對於類似設置的電漿塊體之核心元件的直徑會使得每一電漿源中耦合效能與電漿密度有所不同。在每一電漿控制裝置 1072C、1072D 及 1072E 中所設的電漿生成區域各者中生成的不同電漿特性是由於核心元件直徑差、或電漿塊體中形成的電漿生成區域之形狀或直徑所致，每一電漿控制裝置 1072C、1072D、1072E 中的電漿性質可最佳化，以用於傳遞至每一電漿控制裝置的特定類型之製程氣體或製程氣體混合物。取決於核心元件的直徑或核心元件外表面與電漿生成區域之間的相對距離，不同的能量可耦合進入電漿空腔。

在每一電漿生成區域中產生的不同電漿特性是由於電漿控制裝置 1072C、1072D 及 1072E 中的硬體組態、氣體組成及/或氣體流率差異所造成，該不同的電漿特性能因此用於生成具有不同特徵的氣體自由基及/或氣體離子並且將之透過腔室蓋 1010 中的開口 1011C、1011D 與 1011E 傳遞至製程腔室 1020 的製程區域 1128。

前述者是導向本發明的實施例，在不背離本發明基本範疇的情況下，可設計本發明之其他與進一步的實施例，而本發明之範疇由隨後的申請專利範圍所決定。

【圖式簡單說明】

藉由參照一些繪示於附加圖式中實施例，可獲得如上文所簡短總結的本發明之更特定的描述，如此可得到詳細瞭解本發明之前述特徵的方法。然而，應注意，附加圖式僅繪示本發明之典型實施例，且因此不欲視為其範疇之限制，因本發明可允許其他同等有效之實施例。

第 1 圖繪示習知遠端電漿源裝置的剖面視圖。

第 2A 圖是根據本發明一個實施例的耦接處理腔室的電漿源之等角視圖。

第 2B 圖是根據本發明一個實施例的第 2A 圖中所繪示之電漿源的側剖面視圖。

第 2C 圖是根據本發明一個實施例的第 2A 圖中所繪示之電漿塊體的側剖面視圖。

第 2D 圖是根據本發明一個實施例的電漿塊體的側剖面視圖。

第 2E 圖是根據本發明一個實施例的電漿塊體之等角視圖。

第 2F 圖是根據本發明一個實施例之源組件的側剖面視圖，該源組件用於在電漿源的電漿生成區域中形成電

漿。

第 2G 圖是根據本發明一個實施例的電漿源之側剖面視圖，該電漿源具有兩個以上線圈，該等線圈纏繞核心元件。

第 2H 圖繪示根據本發明一個實施例之可用在電漿源中的核心元件的剖面形狀的三個範例。

第 3 圖是根據本發明一個實施例的電漿塊體等角剖面視圖。

第 4 圖是根據本發明一個實施例之電漿控制裝置的側剖面視圖，該裝置的線圈纏繞於該電漿生成區域的至少一部分。

第 5 圖繪示根據本發明一個實施例之具有耦接製程腔室的兩個電漿控制裝置的電漿腔室之概略剖面視圖。

第 6A 圖與第 6B 圖是根據本發明之另一實施例的電漿腔室的概略剖面視圖，該電漿腔室具有至少三個耦接製程腔室的電漿控制裝置。

第 7A 圖是根據本發明另一實施例的電漿腔室之側剖面視圖，該電漿腔室具有溫度控制核心元件。

第 7B 圖是根據本發明另一實施例的第 7A 圖中所示的溫度控制核心元件部份的側剖面視圖。

【主要元件符號說明】

100 電漿腔室

104、106 核心

112、114 區域

PR 區域

1000 電漿源

1001 系統控制器

1005 腔室側壁

1010 腔室蓋

1011 入口

1011C-E 開口

1015 基材底座

1016 背側氣體供應器

1016A-B 電漿塊體

1020 製程腔室

1021 腔室主體

1025 製程氣體供應器

1026 孔洞

1027 噴頭組件

1030 基材

1031 基材表面

1033 電容器

1034 饋送線路

1035 真空泵系統

1037 匹配元件

1038 源組件

1039 RF 功率源

1041 匹配元件

1042 RF 功率源組件

1043 RF 功率源

1044 點燃線路

1047 致動器

1072 電漿控制裝置

1072A-E 電漿控制裝置

1073 處理區域組件

1110 圓頂部份

1110A-B 電漿生成區

域

1116 電漿塊體

1116S 中心軸

1118 電漿生成區域

1120 氣體入口

1121 孔洞

1121A 角

1121B 中心軸

1122 氣體擴散主體

1123 氣體分配充氣部

1124 製程氣體供應器

1126 排出通口

1127 進入通口

1128 處理區域

1129 屏蔽件

1130 核心元件

1130A-B 核心元件

1130S 中心軸

1131A-B 兩端

1132 線圈

1132A、1132B、1132D

線圈

1132C、1132E 位置

1132F-G 線圈

1134 冷卻板

1135 支撐元件

1136、1137 支撐板

1138 冷卻通道

1139 熱交換源

1140 側覆蓋件

1143 電極

1143 冷卻劑入口

1144 冷卻劑出口

1145 絕緣板

1146 冷卻板

1150 內壁

1150A 內壁

1152 永久磁體

1154 開口

1154B 內壁

1156 外壁

1158 側壁

1432 線圈

1433 功率源

1710 熱交換組件

1711 外殼

1711A 外表面

1711B 進入通口

1711C 排出通口

1721 核心元件

1722 中央通道

1723 間隙

1724 特徵結構

1725 內部區域

B 場

P 電漿

七、申請專利範圍：

1. 一種耦接一處理腔室的電漿源，其包含：

一核心元件，其具有一第一端、一第二端以及一核心元件中心軸；

一第一電漿塊體，其具有一個或多個表面，該一個或多個表面至少部份包圍一第一環形電漿生成區域，其中該核心元件係延伸通過該第一電漿塊體的兩個相對側且該第一環形電漿生成區域配置成完全地環繞該核心元件的一第一部份之一周邊，且其中該核心元件具有一總直徑係小於該第一電漿塊體的一內徑；以及

一線圈，其配置於該核心元件之一部份之上。

2. 如請求項第 1 項所述之電漿源，其進一步包含：

該處理腔室之一壁，其具有：

一第一入口，其與該第一環形電漿生成區域流體連通；以及

一第二入口，其與一第二環形電漿生成區域流體連通，該第二環形電漿生成區域配置成完全地環繞該核心元件的一第二部份之一周邊，其中該第一入口與該第二入口二者皆與該處理腔室的一處理區域流體連通。

3. 如請求項第 2 項所述之電漿源，其中該核心元件的該第一部份具有一第一直徑，而該核心元件的該第二部份具有一第二直徑，其中該第一直徑有別於該第二直徑。
4. 如請求項第 1 項所述之電漿源，其進一步包含：
 - 一外殼，其具有一入口與一出口，其中該核心元件配置在該外殼的一內部區域內；以及
 - 一熱交換組件，其設以引發一溫度控制流體流過該外殼的該入口、該內部區域以及該出口。
5. 如請求項第 1 項所述之電漿源，其進一步包含：
 - 一致動器，其設以相對該第一環形電漿生成區域移動該核心元件。
6. 如請求項第 1 項所述之電漿源，其中該第一電漿塊體包含一材料，該材料選自由氧化鋁(Al_2O_3)、氮化鋁(AlN)、氧化鈹(BeO)與氮化硼(BN)所構成之群組。
7. 如請求項第 1 項所述之電漿源，其中該線圈於該第一段或於一中間位置配置在該核心元件之一部份上方，該中間位置是配置於該第一段與該第二段之間。
8. 如請求項第 1 項所述之電漿源，其進一步包含：
 - 複數個永久磁體，該等磁體配置在該核心元件

與該第一環形電漿生成區域之間。

9. 如請求項第 1 項所述之電漿源，其進一步包含：

一 RF 功率源，其耦接該線圈；以及

一電漿重新分配線圈，其配置在該第一環形電漿生成區域之至少一部分周圍，並且耦接一 DC 功率源。

10. 如請求項第 1 項所述之電漿源，其中該核心元件具棒狀。

11. 如請求項第 1 項所述之電漿源，其進一步包含：

一電極，其配置在鄰接該第一環形電漿生成區域處；以及

一第一功率源，其在電氣上耦接該線圈與該電極。

12. 一種耦接一處理腔室的電漿源，其包含：

一核心元件，其包含一第一端、一第二端以及一核心元件中心軸；

一第一電漿塊體，其具有一個或多個表面，該一個或多個表面至少部份包圍一第一環形電漿生成區域，其中該第一環形電漿生成區域配置成完全地環繞該核心元件的一第一部份之一周邊，並且具有大體上重合該核心元件中心軸的一中心軸，且該

核心元件係延伸通過該第一電漿塊體的兩個相對側；

一第二電漿塊體，其具有一個或多個表面，該一個或多個表面至少部份包圍一第二環形電漿生成區域，其中該第二環形電漿生成區域配置成完全地環繞該核心元件的一第二部份之一周邊，並且具有大體上重合該核心元件中心軸的一中心軸，且該核心元件係延伸通過該第二電漿塊體的兩個相對側，且其中該核心元件具有一總直徑係小於該第一電漿塊體和該第二電漿塊體的一內徑；以及

一線圈，其配置於該核心元件之一部份之上。

13.如請求項第 12 項所述之電漿源，其進一步包含：

一冷卻板，其耦接該第一電漿塊體的一表面。

14.如請求項第 12 項所述之電漿源，其進一步包含：

一第一氣體出口，其形成於該第一電漿塊體中，其中該第一氣體出口設以接收在該第一環形電漿生成區域中形成的氣體自由基，並且傳遞該等氣體自由基至該處理腔室的一處理區域；以及

一第二氣體出口，其形成於該第二電漿塊體中，其中該第二氣體出口設以接收在該第二環形電漿生成區域中形成的氣體自由基，並且傳遞該等氣體自由基至該處理腔室的該處理區域。

15.如請求項第 12 項所述之電漿源，其進一步包含：

一外殼，其具有一入口與一出口，其中該核心元件配置在該外殼的一內部區域內；以及

一熱交換組件，其設以引發一溫度控制流體流過該外殼的該入口、該內部區域以及該出口。

16.如請求項第 12 項所述之電漿源，其進一步包含：

一致動器，其設以相對該第一環形電漿生成區域移動該核心元件；以及

一系統控制器，其設以自動調整該核心元件相對於該第一環形電漿生成區域的位置。

17.如請求項第 12 項所述之電漿源，其中該第一電漿塊

體與該第二電漿塊體每一者包含一材料，該材料選自由氧化鋁(Al_2O_3)、氮化鋁(AlN)、氧化鈹(BeO)與氮化硼(BN)所構成之群組。

18.如請求項第 12 項所述之電漿源，其中該線圈於該第

一端或於一中間位置配置在該核心元件之一部份上方，該中間位置是配置於該第一端與該第二端之間。

19.如請求項第 12 項所述之電漿源，其進一步包含：

一 RF 功率源，其耦接配置在該核心元件之一部份上方的該線圈；以及

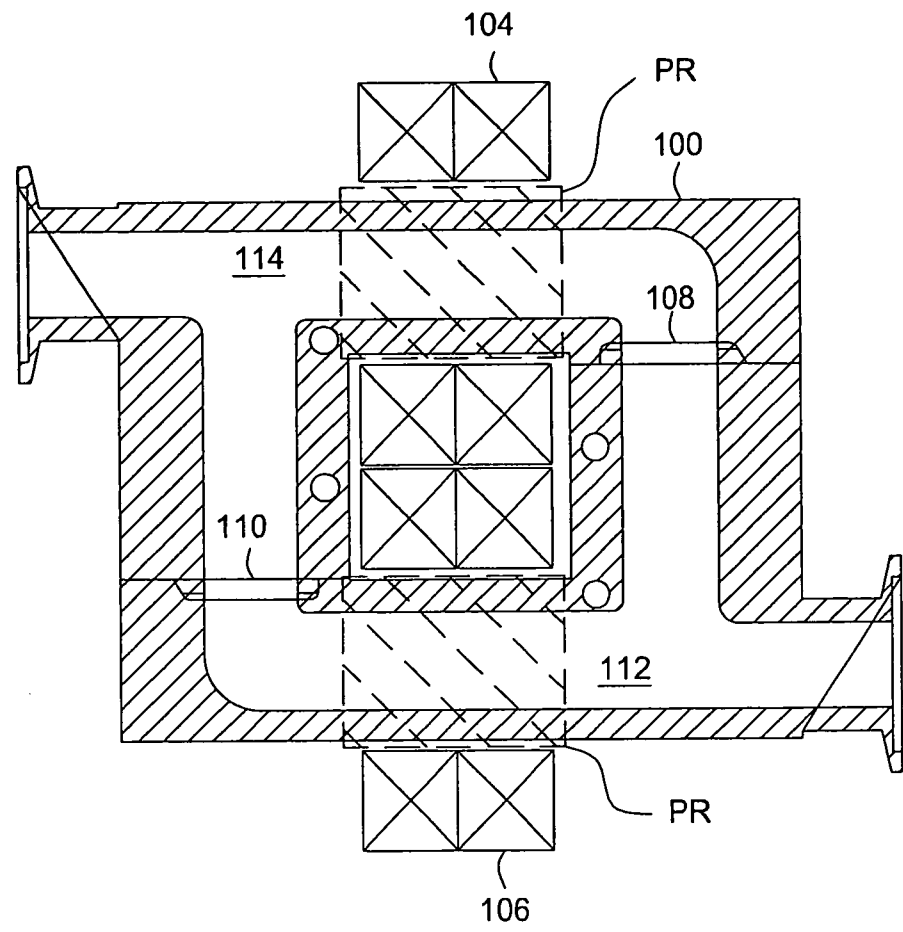
一電漿重新分配線圈，其配置在該第一環形電

漿生成區域之至少一部分周圍，並且耦接一 DC 功率源。

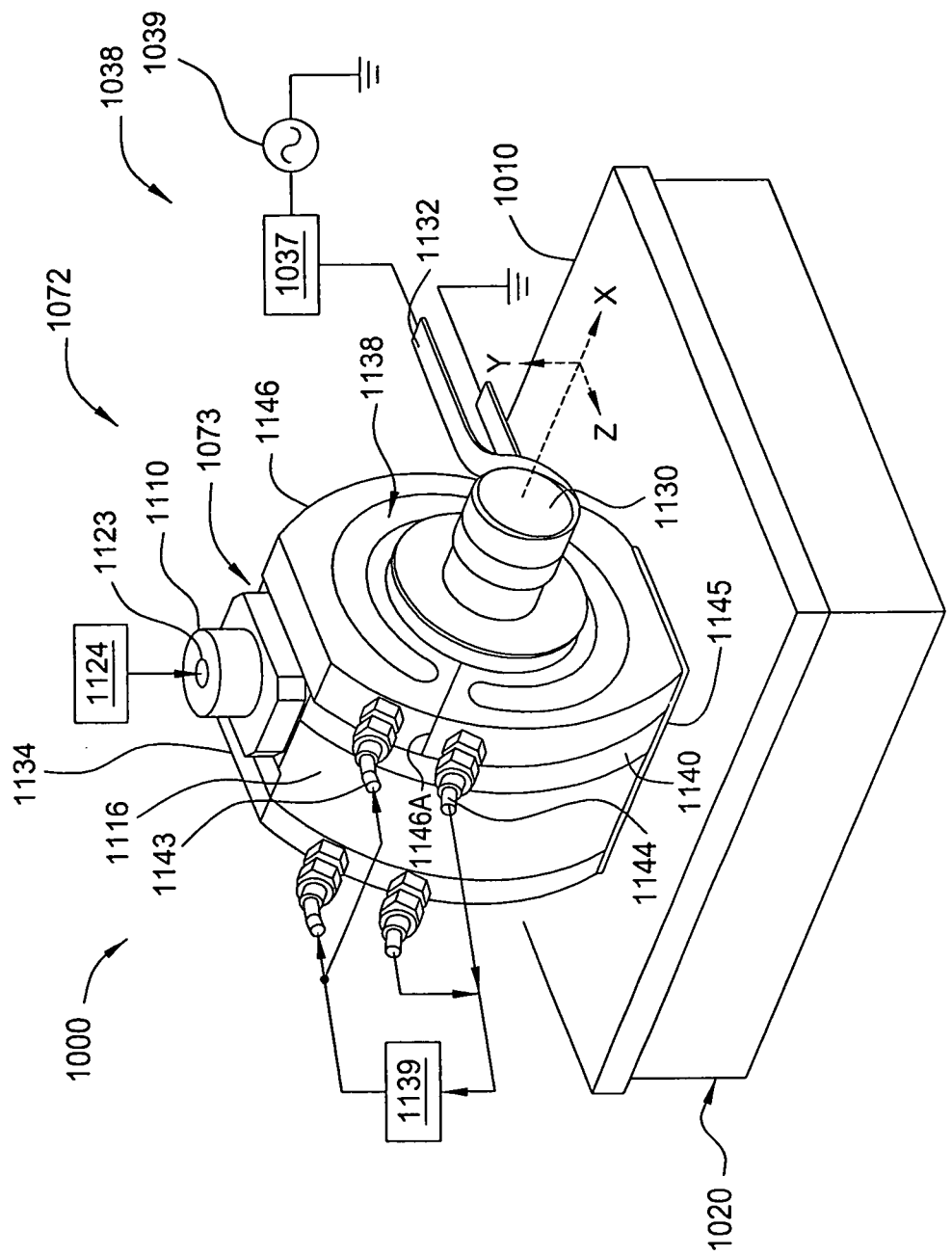
20. 一種形成高能的氣體原子的方法，其包含以下步驟：

將一製程氣體流進一第一環形電漿生成區域，該第一環形電漿生成區域至少部份被一第一電漿塊體的一個或多個表面所包圍，其中該第一環形電漿生成區域配置成完全地環繞一核心元件的一部分之一周邊，該核心元件係延伸通過該第一電漿塊體的兩個相對側，且其中該核心元件具有一總直徑係小於該第一電漿塊體的一內徑；以及

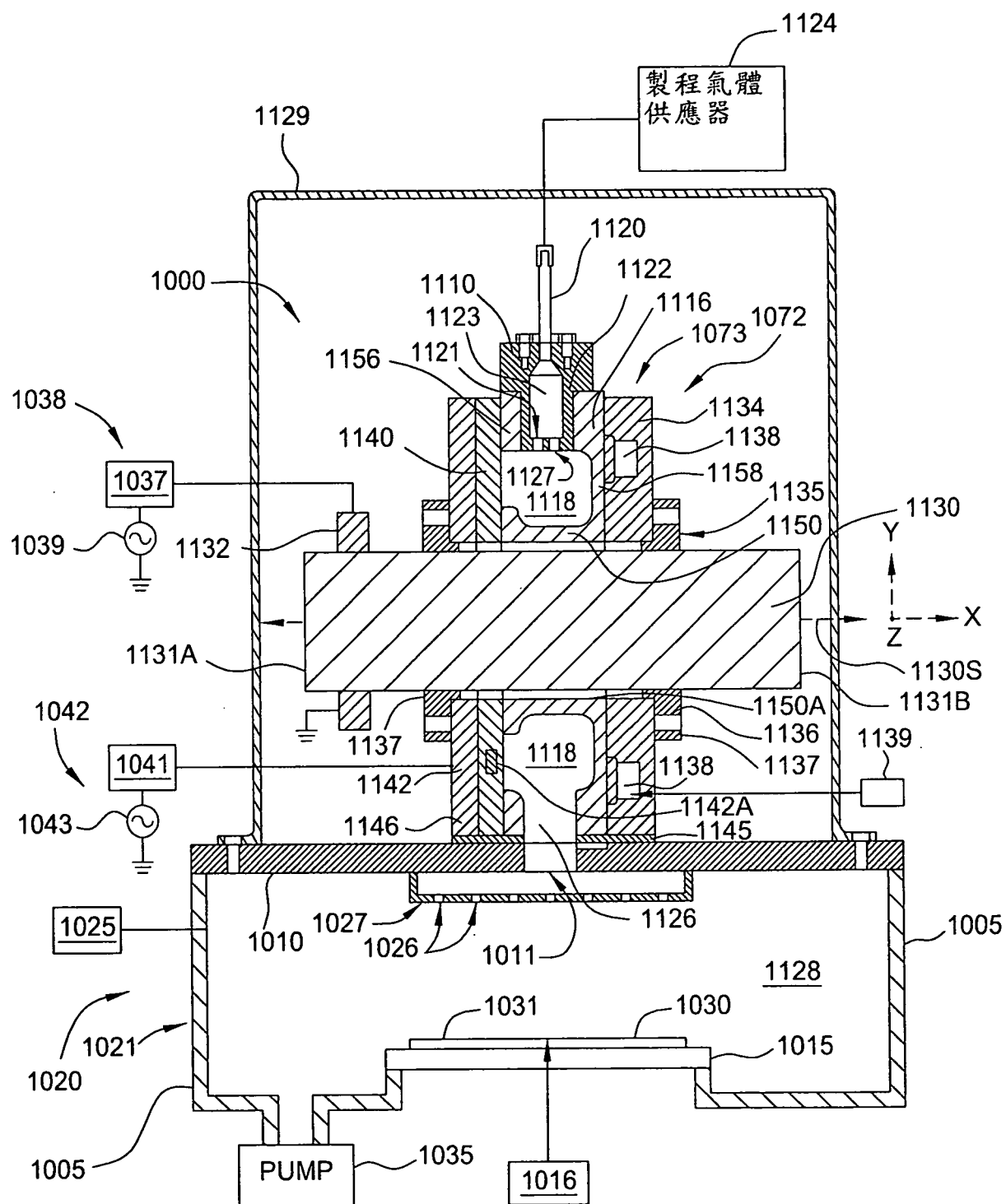
透過將 RF 功率傳遞至纏繞該核心元件的一部分的一線圈，而生成一電漿於該第一環形電漿生成區域中。

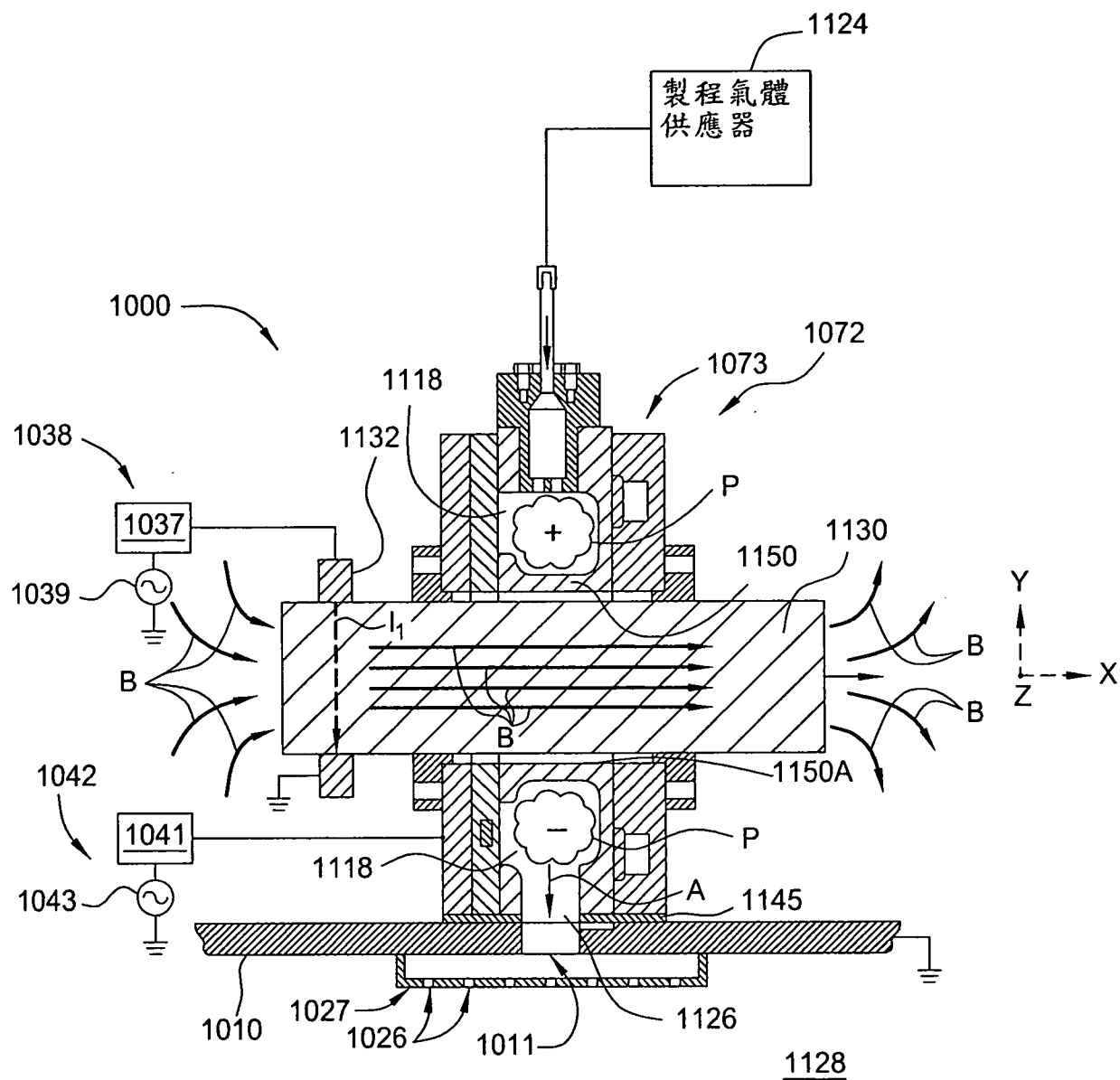


第1圖
(先前技藝)

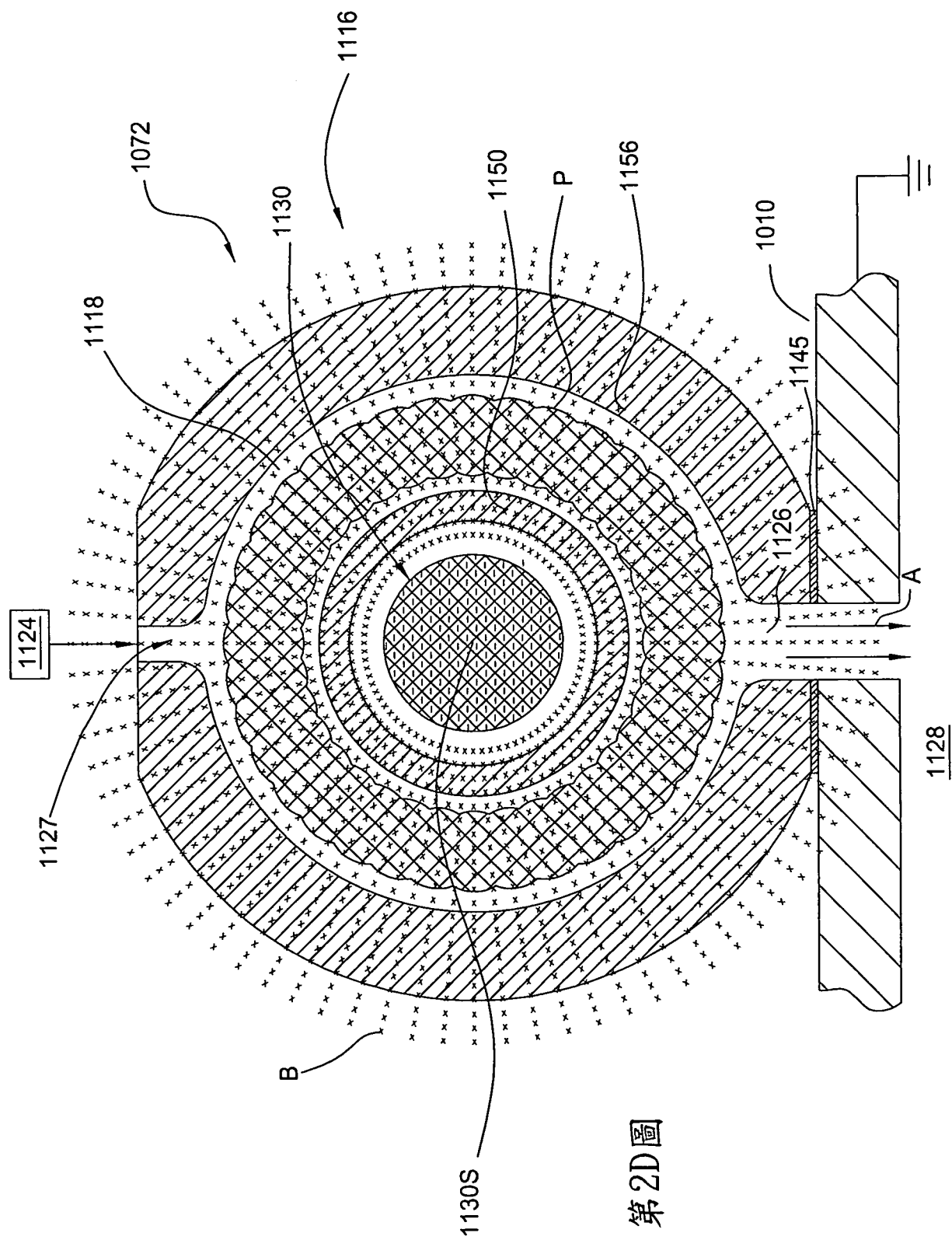


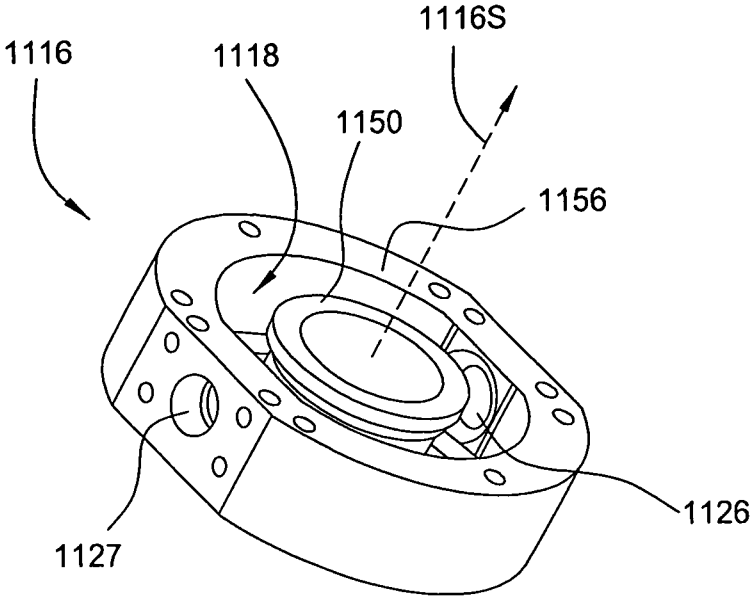
第2A圖



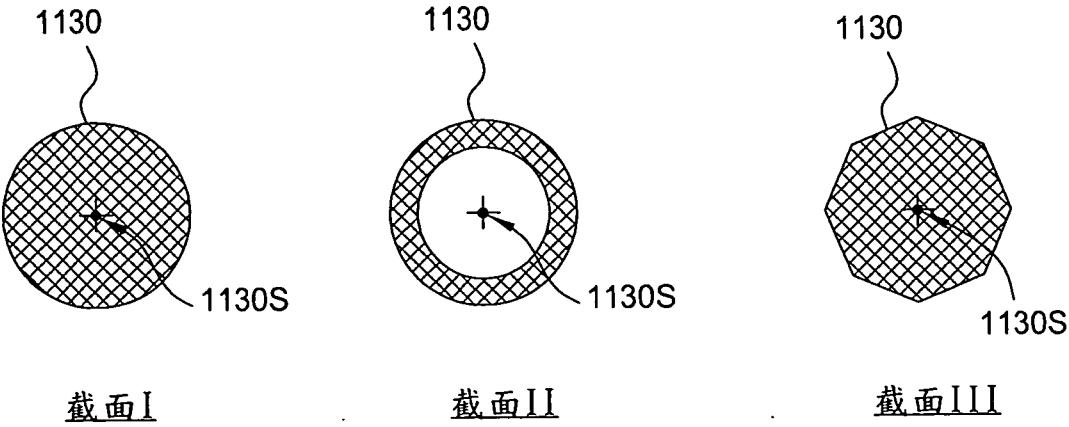


第2C圖

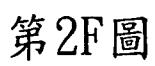




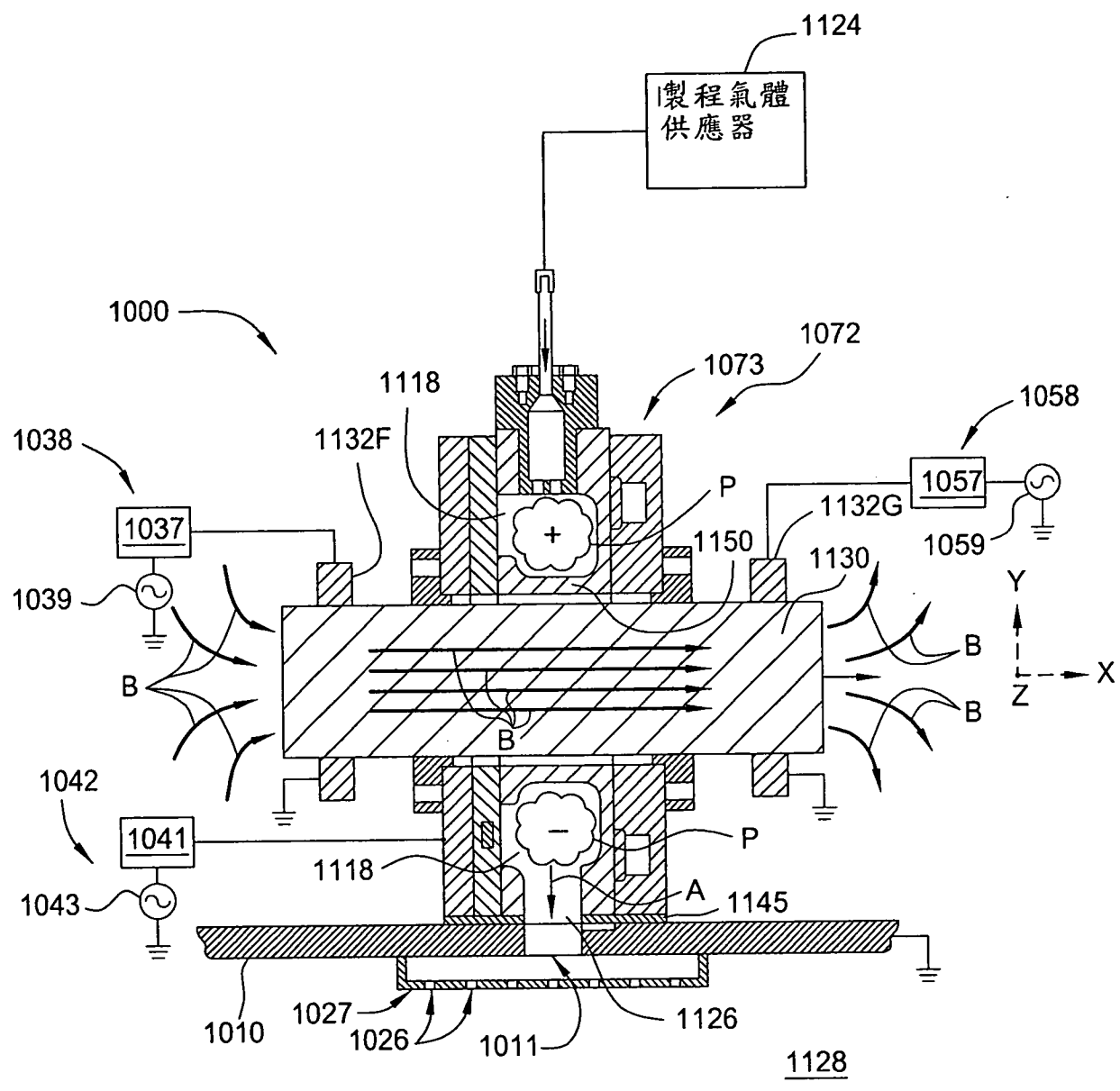
第2E圖



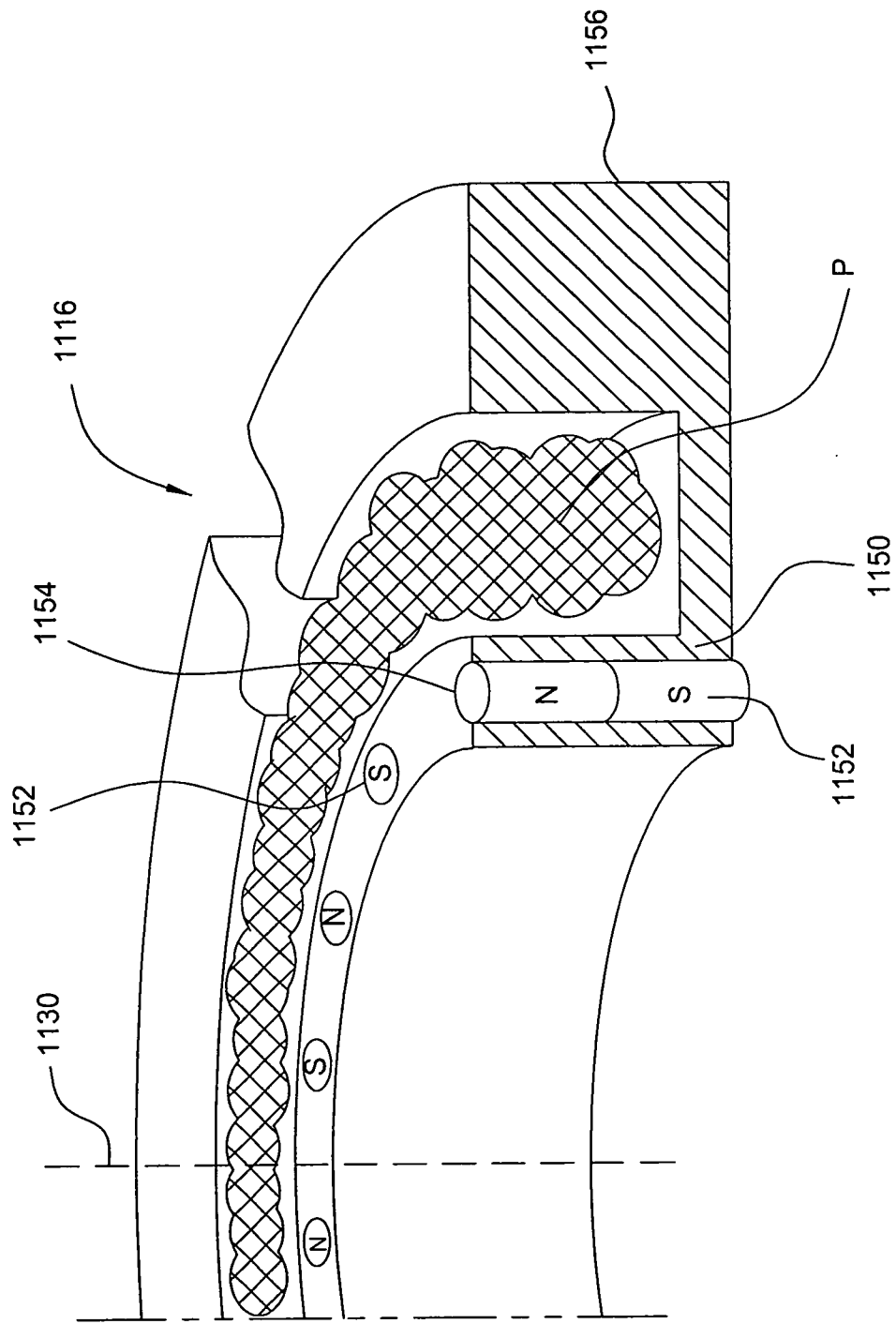
第2H圖



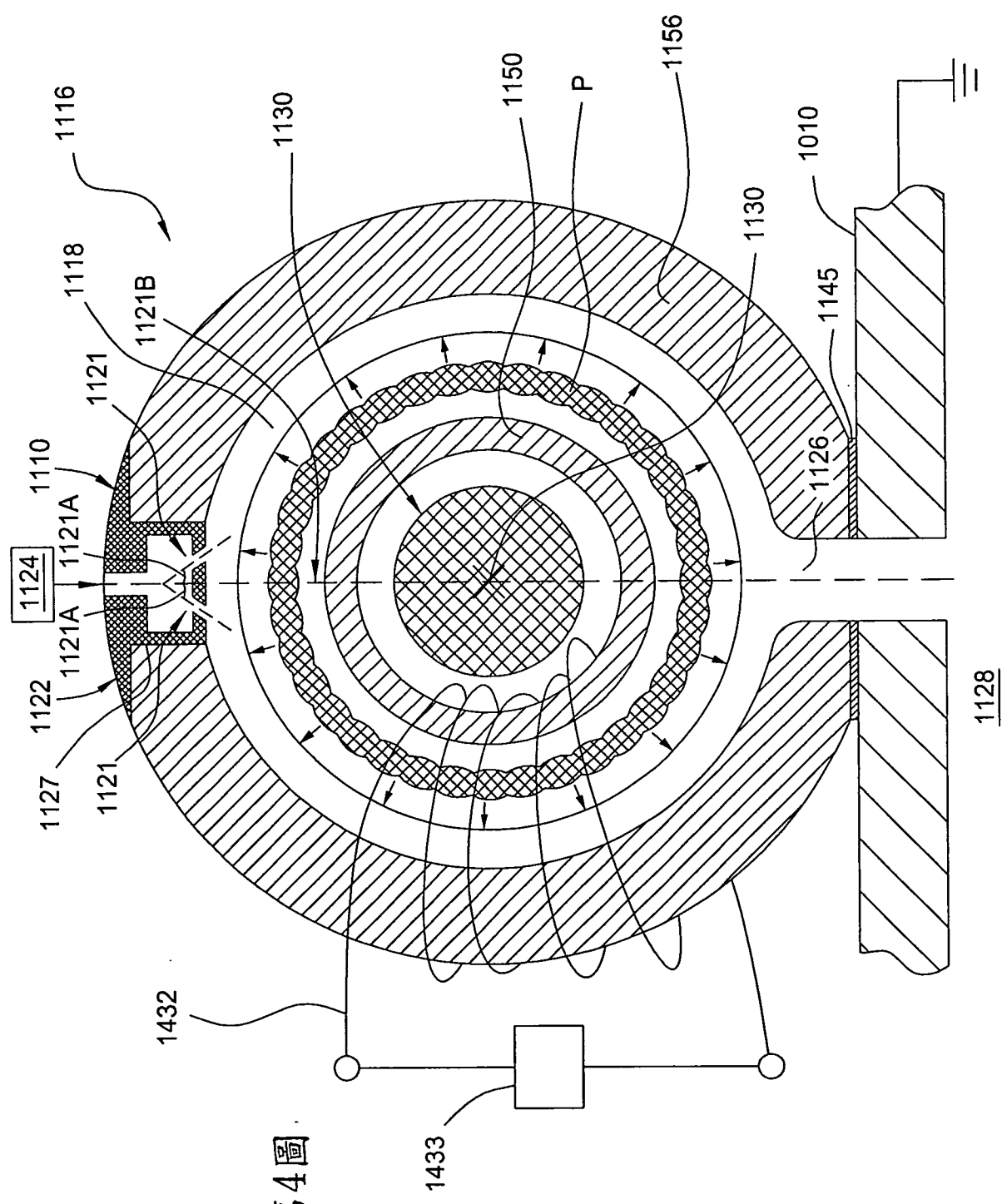
3



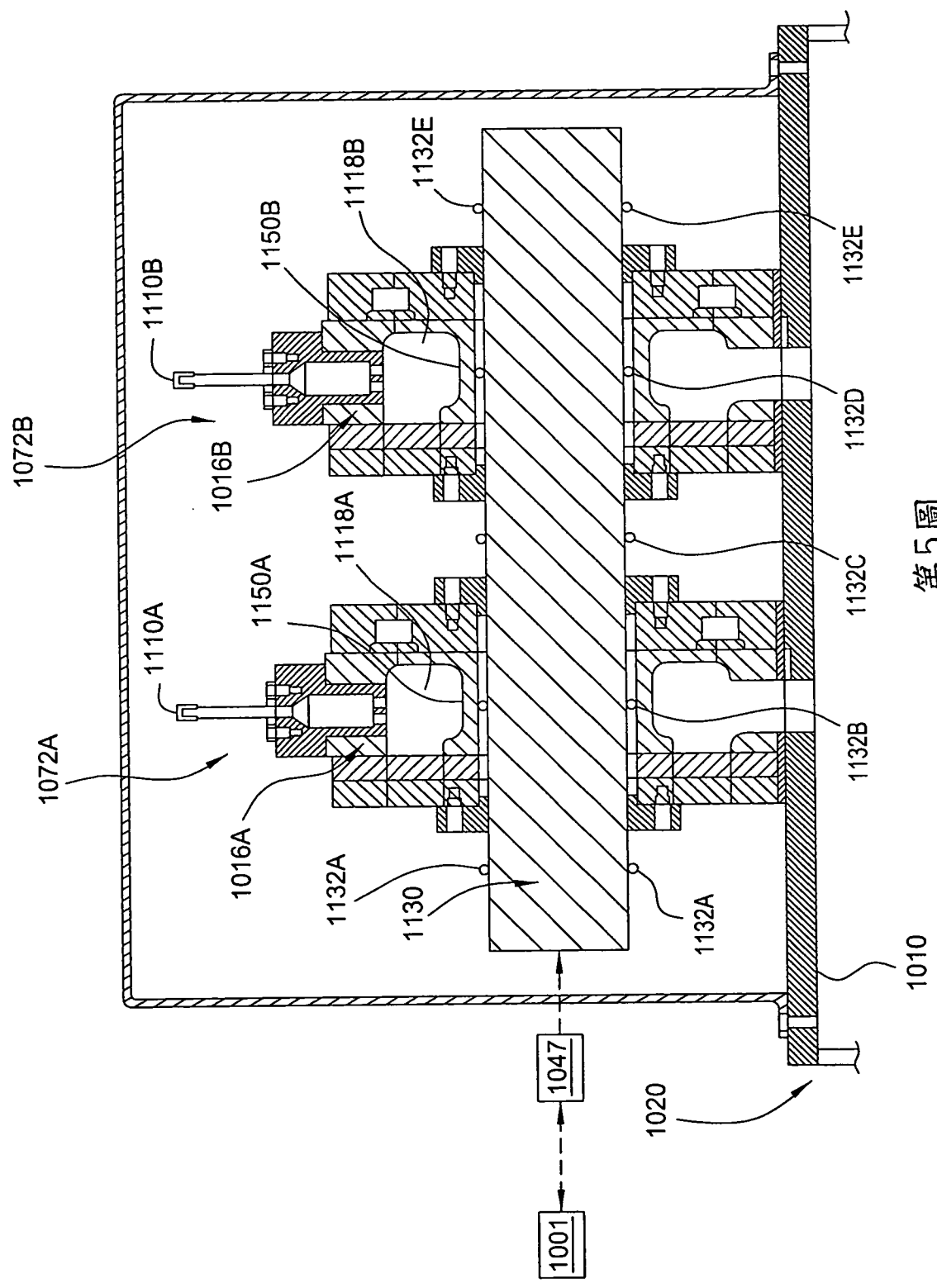
第2G圖



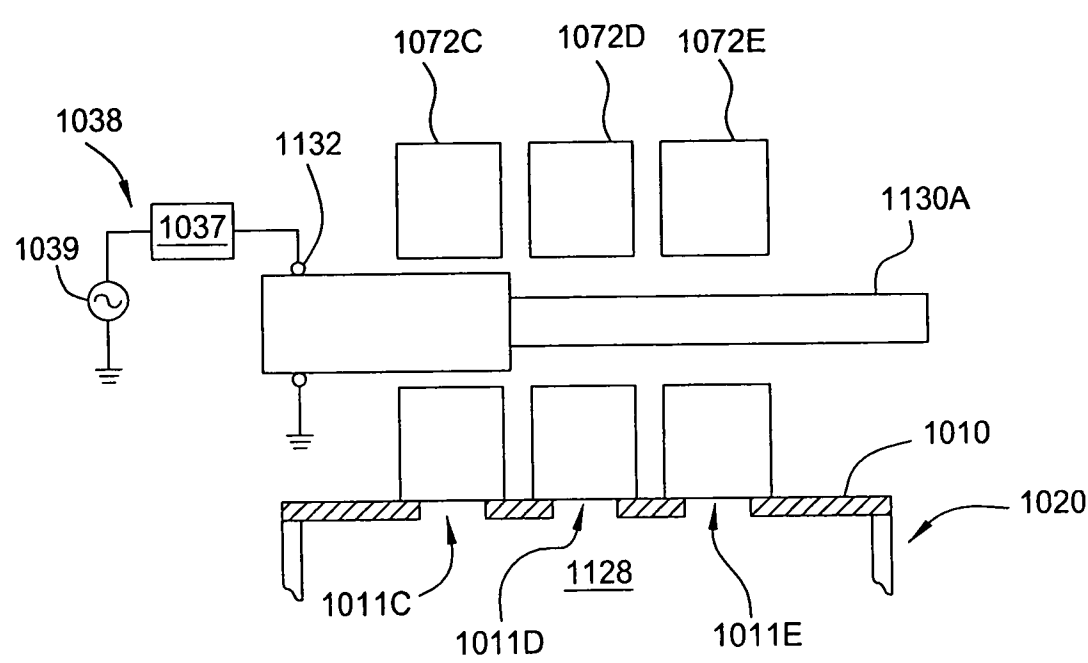
第3圖



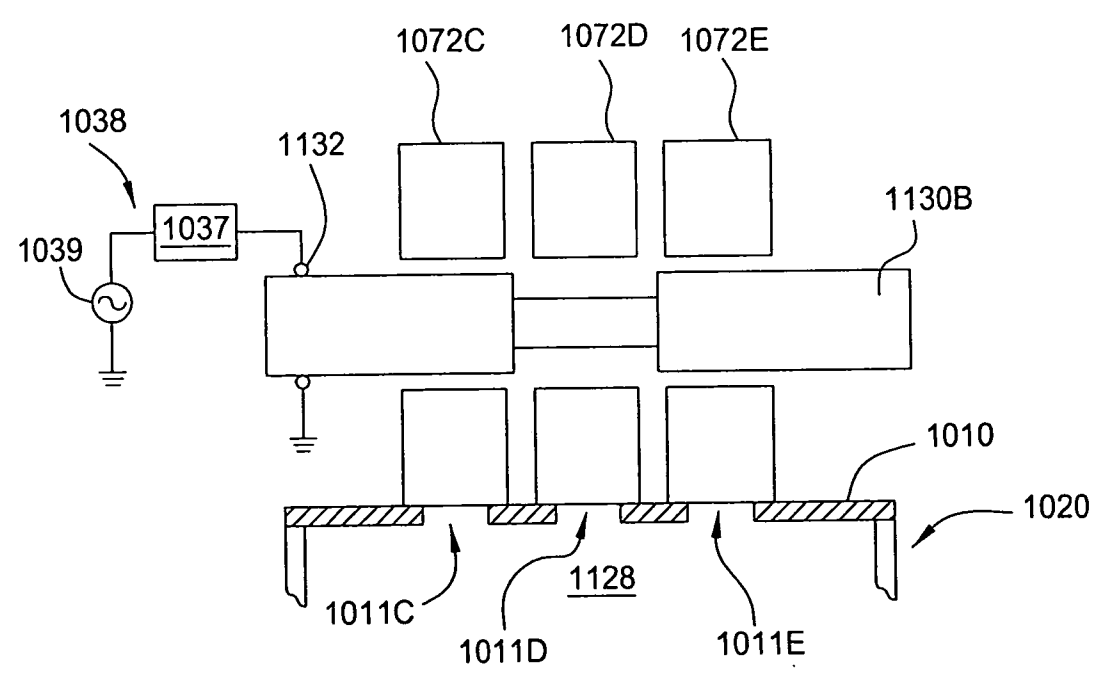
第4圖



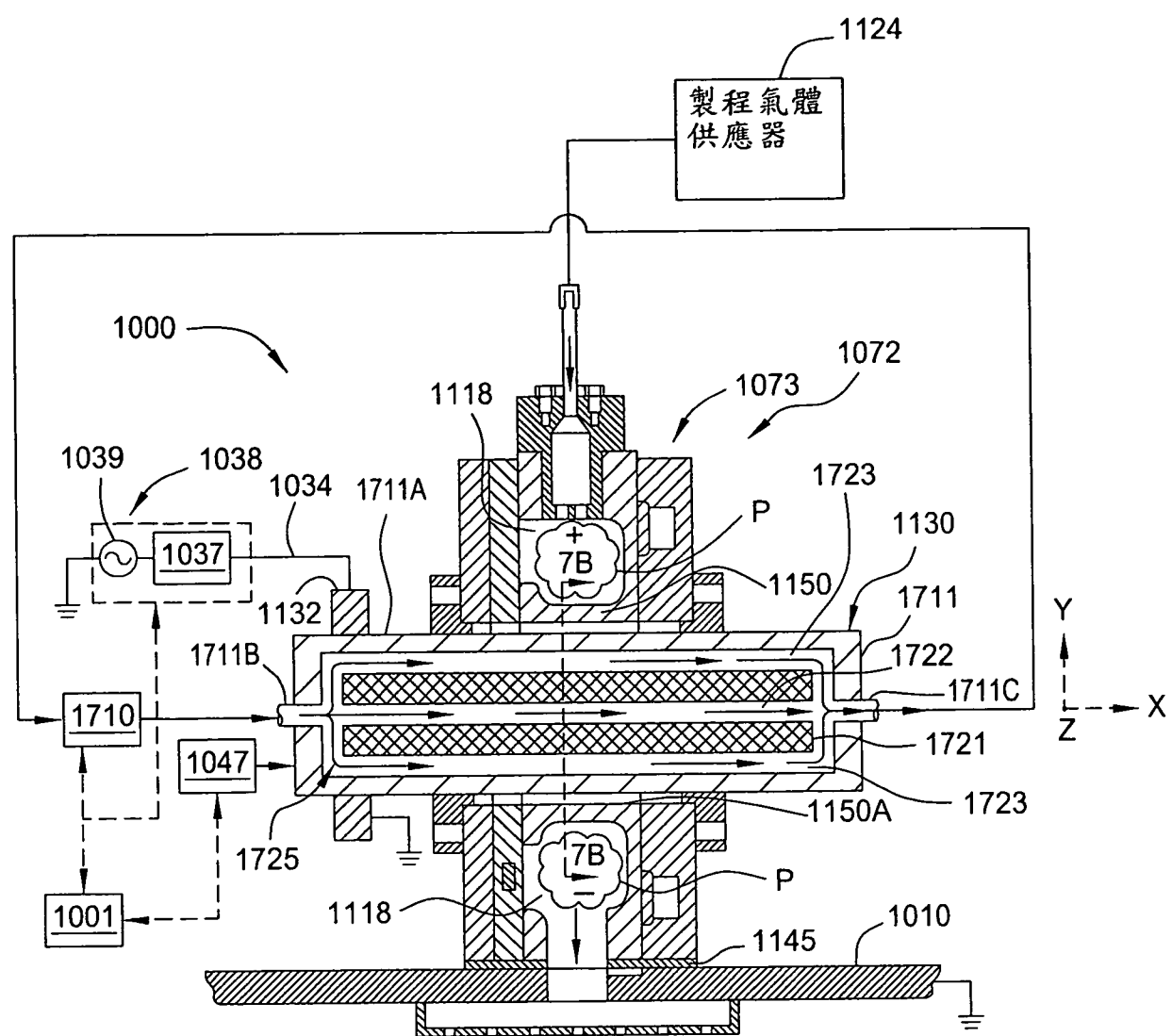
第5圖



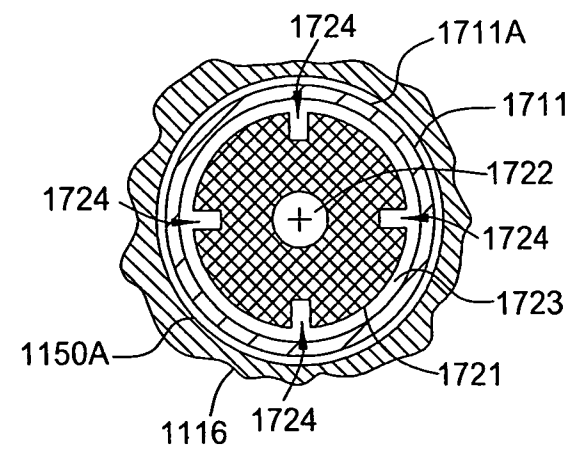
第6A圖



第6B圖



第7A圖



第7B圖