

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：97123555

※ 申請日期：97.6.24

※IPC 分類：H01L 21/265

H01J 37/317

(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

電漿摻雜設備與共形電漿摻雜方法

PLASMA DOPING APPARATUS AND METHOD OF
CONFORMAL PLASMA DOPING

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

瓦里安半導體設備公司

VARIAN SEMICONDUCTOR EQUIPMENT ASSOCIATES, INC.

代表人：(中文/英文) 大衛 L.克羅斯/ DAVID L., CROSS

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國麻薩諸塞州 09130 格洛斯特郡都利路 35 號

35 DORY ROAD, GLOUCESTER, MA 01930 USA

國 籍：(中文/英文) 美國/US

三、發明人：(共 1 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 沃特 史帝文 雷蒙德/ WALTHER, STEVEN RAYMOND

國 籍：(中文/英文) 1.美國/US

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.美國；2007/07/07；11/774,587

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

一種電漿摻雜設備包括電漿源，所述電漿源產生脈衝的電漿。壓板接近電漿源而支撐基板以供電漿摻雜。結構吸附薄膜，所述薄膜在被解吸附時提供多個中性粒子。偏壓電源產生偏壓波形，所述偏壓波形具有將電漿中之離子吸引至基板以供電漿摻雜的負電位。輻射源照射吸附在結構上之薄膜，藉此解吸附薄膜且產生多個中性粒子，所述多個中性粒子在來自電漿之離子被吸引至基板時使離子散射，藉此執行共形電漿摻雜。

六、英文發明摘要：

A plasma doping apparatus includes a plasma source that generates a pulsed plasma. A platen supports a substrate proximate to the plasma source for plasma doping. A structure absorbs a film which provides a plurality of neutrals when desorbed. A bias voltage power supply generates a bias voltage waveform having a negative potential that attracts ions in the plasma to the substrate for plasma doping. A radiation source irradiates the film absorbed on the structure, thereby desorbing the film and generating a plurality of neutrals that scatter ions from the plasma while the ions are being attracted to the substrate, thereby performing conformal plasma doping.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖（1）。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 100：電漿摻雜系統
- 101：感應耦合式電漿源
- 102：電漿腔室
- 104：外部氣體源
- 106：比例閥
- 108：壓力計
- 110：排氣口
- 112：真空泵
- 114：排氣閥
- 116：氣體壓力控制器
- 118：腔室頂部
- 120：腔室頂部第一部分
- 122：腔室頂部第二部分
- 124：腔室頂部蓋
- 125：襯套
- 126：平面線圈 RF 天線
- 127：溫度控制器
- 128：螺旋線圈 RF 天線
- 129：電容器
- 130：RF 源
- 132：阻抗匹配網路

- 134：介電層
- 136：法拉第屏蔽件
- 138：電漿點火器
- 140：儲集器
- 142：猝發閥
- 144：壓板
- 146：基板
- 146'：薄膜層
- 148：偏壓電源
- 150：溫度控制器
- 151：電夾板
- 152：輻射源
- 154：結構
- 156：第二外部氣體源
- 158：噴嘴
- 160：閥

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是關於用於半導體製造之電漿植入製程。

【先前技術】

近幾十年來，電漿處理 (plasma processing) 已廣泛用於半導體以及其他工業中。電漿處理用於諸如清洗 (cleaning)、蝕刻 (etching)、研磨 (milling) 以及沈積 (deposition) 之任務。近年來，電漿處理已用於摻雜。電漿摻雜有時稱作 PLAD 或電漿浸沒離子植入 (plasma immersion ion implantation, PIII)。已對電漿摻雜系統 (plasma doping system) 進行開發，以便滿足一些現代電子以及光學裝置之摻雜要求。

電漿摻雜系統與習知射束線離子植入系統在根本上不同，所述習知射束線離子植入系統用電場來加速離子，且接著根據離子之質荷比 (mass-to-charge ratio) 對離子進行過濾，以便選擇所要離子以供植入。反之，電漿摻雜系統將靶材浸沒於含有摻雜劑離子之電漿中，且用一系列負電壓脈衝來偏壓靶材。本文中將術語“靶材”定義為正進行植入之工件，諸如，正進行離子植入之基板或晶圓。靶材上之負偏壓將電子排斥出靶材表面，藉此形成正離子鞘。電漿鞘內之電場將離子朝向靶材加速，藉此將離子植入至靶材表面中。

本發明是關於共形電漿摻雜。本文中將術語“共形摻雜”定義為以大體上保留表面特徵之角度的方式來摻雜平

坦以及非平坦表面特徵。在文獻中，共形摻雜有時指代用令平坦特徵以及非平坦特徵上皆具有均一摻雜輪廓之方式來摻雜平坦特徵以及非平坦特徵。然而，如本文中所定義之共形摻雜可（但未必）在基板之平坦特徵以及非平坦特徵上皆具有均一摻雜輪廓。

【發明內容】

根據上述描述，本發明提供一種電漿摻雜設備，包括電漿源、壓板、吸附結構、偏壓電源以及輻射源。電漿源產生脈衝電漿。壓板接近電漿源而支撐基板以供電漿摻雜。吸附結構吸附薄膜，所述薄膜在被解吸附時產生多個中性粒子。偏壓電源具有電連接至壓板之輸出，所述偏壓電源產生偏壓波形，所述偏壓波形具有將電漿中之離子吸引至基板以供電漿摻雜的負電位。輻射源照射吸附在結構上之薄膜，以便解吸附經吸附之薄膜且產生多個中性粒子，所述多個中性粒子在來自電漿之離子被吸引至基板時使離子散射，藉此執行共形電漿摻雜。

另外，本發明進一步提供一種共形電漿摻雜方法。所述方法包括：將基板定位在壓板上；將薄膜吸附在經定位以接近壓板之結構上；接近壓板而產生電漿；將結構上之經吸附之薄膜解吸附，藉此產生多個中性粒子；以及用偏壓波形來偏壓壓板，所述偏壓波形具有將電漿中之離子吸引至基板以供電漿摻雜的負電位，所述多個中性粒子在來自電漿之離子被吸引至基板時使離子散射，藉此執行共形電漿摻雜。

此外，本發明提供一種共形摻雜設備。所述設備包括用於將薄膜吸附在經定位以接近壓板之結構上的構件，所述壓板支撐基板；用於產生含有摻雜劑物質之離子的構件；用於將結構上之經吸附之薄膜解吸附以產生多個中性粒子的構件，所述多個中性粒子使含有摻雜劑物質之離子散射，藉此執行共形摻雜。

【實施方式】

在本說明書中提到“一個實施例”或“一實施例”時是指結合所述實施例而描述的特定特徵、結構或特性包括在本發明之至少一個實施例中。在本說明書中各處出現之短語“在一個實施例中”未必全部指代同一實施例。

應瞭解，只要本發明仍可操作，可以任何次序本發明方法之各個步驟及/或同時執行本發明方法之各個步驟。此外，應瞭解，只要本發明仍可操作，本發明之設備以及方法可包括任何數目或全部所描述之實施例。

現在將參照隨附圖式中所繪示之本發明例示性實施例來更詳細地描述本發明之教示。雖然結合各種實施例以及實例來描述本發明之教示，但並不希望本發明之教示限於此等實施例。反之，熟習此項技術者應瞭解，本發明之教示涵蓋各種替代、修改以及等效物。熟習此項技術者在閱讀本文中之教示後應認識到額外實施方案、修改及實施例以及其他使用領域，所述各者在如本文中所描述之本揭露案的範疇內。舉例而言，雖然結合電漿摻雜來描述本發明，但亦可將用於產生使離子散射之中性粒子（neutral）以增

強共形摻雜的方法以及設備應用於習知射束線離子植入系統。

現在人們正在開發三維裝置結構，以便增加 ULSI 電路之可用表面積，且將裝置規模擴展至 65 奈米以下之技術節點。舉例而言，人們正在研究實驗室中開發在 DRAM 中使用之三維溝槽電容器以及使用垂直通道電晶體之許多類型裝置〔諸如，FinFET（雙閘極或三閘極）〕以及凹入通道陣列電晶體（recessed channel array transistor, RCAT）。這些三維裝置中之許多裝置要求共形摻雜裝置上之不同特徵。另外，許多其他類型之現代電子及光學裝置以及奈米技術微結構要求共形摻雜。

很難用已知離子植入方法來達成共形以及三維植入。特定而言，難以在具有高密度、高間距及/或大的垂直縱橫比的裝置上達成共形或三維植入，所述各種裝置要求很小範圍內之植入角度。

執行共形離子植入之許多已知方法使用多個成角的射束線離子植入步驟來獲得三維植入覆蓋。在此等已知方法中，將靶材以物理形式相對於離子束成多個角度而定位達預定時間，以便執行多個成角植入。執行多個射束線成角植入可顯著減小植入產量，減小倍數等於離子植入之數目。已經成功地將這種共形摻雜方法用於為了研究以及開發目的而製造之一些低密度結構，但用來製造大多數裝置不太實際。

電漿摻雜良好地適用於共形以及三維植入。在電漿摻

雜設備中，正離子鞘在鞘邊界與靶材表面之間產生電場。此電場將離子朝向靶材加速且將離子植入至靶材表面中。共形電漿摻雜可得以實現，這是因為，當鞘厚度小於或等於表面中之波動尺寸時，鞘邊界良好地貼合靶材的表面特徵，所述波動是因離子相對於區域表面構形以直角入射角擊打表面而引起。此現象可用於使用電漿浸沒摻雜來共形地植入大靶材的方法中。然而，使用此現象之方法對於具有密集及/或高縱橫比結構之小靶材並不奏效。

亦可藉由形成使離子/中性粒子在電漿中散射之條件來執行共形電漿摻雜，所述條件導致電漿中離子角度的特定所要分佈。然而，藉由使用離子/中性粒子散射，目前僅可在電漿摻雜系統中形成有限範圍內之離子角度。因為在電漿中發生不當放電（諸如，電弧放電以及微放電）的機率隨著電漿中中性粒子密度的增加而增加，所以離子/中性粒子散射是有限的。另外，隨著中性粒子密度的增加，總的電漿均一性降低。因此，當離子/中性粒子散射達到特定程度時，將存在不當放電以及相對不良之均一性，而所述兩者對於大多數電漿摻雜製程而言將是不可接受的。

藉由使用處於電漿外部之中性粒子源來使離子散射以供離子植入，達成本發明之共形摻雜。在一個實施例中，外部中性粒子源包括吸附劑薄膜層，所述吸附劑薄膜層經定位以與電漿中之離子相互作用，以便使離子散射以供植入。舉例而言，可在正進行植入之靶材上沈積吸附劑薄膜層。又，可在接近靶材之結構上或在處理腔室中之某處沈

積吸附劑薄膜層。

圖 1 說明執行根據本發明之共形摻雜之電漿摻雜系統 100 的示意圖。應瞭解，所述電漿摻雜系統 100 僅是可執行根據本發明之共形摻雜之電漿摻雜系統的許多可能設計中的一種。電漿摻雜系統 100 包括感應耦合式電漿源 101，所述感應耦合式電漿源 101 具有平面 RF 線圈以及螺旋 RF 線圈兩者，且亦具有傳導頂部部分。2004 年 12 月 20 日申請之名為“具有感應頂部部分之 RF 電漿源 (RF Plasma Source with Conductive Top Section)”的美國專利申請案第 10/905,172 號中描述了類似之 RF 感應耦合式電漿源，該案已讓與給本發明之受讓人。美國專利申請案第 10/905,172 號之完整說明書以引用方式併入本文中。電漿摻雜系統 100 中所繪示之電漿源 101 非常適用於電漿摻雜應用，因為所述電漿源 101 可提供高度均一之離子通量，且所述電漿源亦有效地耗散由二次電子發射 (secondary electron emission) 所產生之熱量。

更具體而言，電漿摻雜系統 100 包括電漿腔室 (plasma chamber) 102，所述電漿腔室 102 含有由外部氣體源 (external gas source) 104 所供應的處理氣體 (process gas)。處理氣體通常含有在稀釋氣體中進行稀釋的摻雜劑物質。經由比例閥 (proportional valve) 106 耦接至電漿腔室 102 的外部氣體源 104 將處理氣體供應至腔室 102。在一些實施例中，使用氣體導流板 (gas baffle) 將氣體分散至電漿源 101 中。使用壓力計 (pressure gauge) 108 來量

測腔室 102 內部的壓力。腔室 102 中的排氣口(exhaust port) 110 耦接至真空泵(vacuum pump) 112，所述真空泵 112 將腔室 102 排空。排氣閥(exhaust valve) 114 控制通過排氣口 110 的排氣流導(exhaust conductance)。

氣體壓力控制器(gas pressure controller) 116 電連接至比例閥 106、壓力計 108 以及排氣閥 114。氣體壓力控制器 116 通過在回應於壓力計 108 之反饋迴路中控制排氣流導以及處理氣體流率電漿腔室 102 中維持所要壓力。用排氣閥 114 來控制排氣流導。用比例閥 106 來控制處理氣體流率。

腔室 102 具有腔室頂部(chamber top) 118，所述腔室頂部 118 包括由在大體水平的方向上延伸之介電材料(dielectric material)形成的第一部分 120。腔室頂部 118 之第二部分 122 由在大體垂直的方向上自第一部分 120 延伸某一高度的介電材料形成。在本文中，將第一部分 120 以及第二部分 122 統稱作介電窗。應瞭解，腔室頂部 118 有許多變化形式。舉例而言，如美國專利申請案第 10/905,172 號中所描述，第一部分 120 可由在大體彎曲的方向上延伸之介電材料形成，以使得第一部分 120 與第二部分 122 並不正交，該案以引用方式併入本文中。在其他實施例中，腔室頂部 118 僅包括平坦表面。

為了達成特定效能，可選擇第一部分 120 以及第二部分 122 的形狀以及尺寸。舉例而言，熟習此項技術者將瞭解，可選擇腔室頂部 118 之第一部分 120 以及第二部分 122

的尺寸，以便改良電漿之均一性。在一個實施例中，調整第二部分 122 在垂直方向上之高度相對於第二部分 122 在水平方向上之長度的比例，以便達成更均一之電漿。舉例而言，在一個特定實施例中，第二部分 122 在垂直方向上之高度相對於第二部分 122 在水平方向上之長度的比例在 1.5 至 5.5 之範圍內。

第一部分 120 以及第二部分 122 中之介電材料提供用於將 RF 功率自 RF 天線轉移至腔室 102 內部之電漿的介質。在一個實施例中，用於形成第一部分 120 以及第二部分 122 之介電材料是高純度陶瓷材料，所述高純度陶瓷材料可抵抗處理氣體之化學腐蝕且具有良好熱性質。舉例而言，在一些實施例中，介電材料是 99.6% 的 Al_2O_3 或 AlN 。在其他實施例中，介電材料是 Yittria（氧化釔）以及 YAG（釔鋁石榴石）。

腔室頂部 118 之蓋 124 由在水平方向上延伸第二部分 122 之長度的傳導材料形成。在許多實施例中，用以形成蓋 124 之材料的傳導性足夠高，從而可耗散熱負載（heat load）且將二次電子發射所引起之充電效應減到最小。通常，用以形成蓋 124 之傳導材料可抵抗處理氣體之化學腐蝕。在一些實施例中，傳導材料是鋁（aluminum）或矽（silicon）。

可用由氟碳聚合物形成的抗鹵素 O 形環（諸如，由 Chemrz 及/或 Kalrex 材料形成的 O 形環）來將蓋 124 耦接至第二部分 122。通常用令第二部分 122 上之壓縮減到最

小、但提供足以將蓋 124 密封至第二部分之壓縮的方式，將蓋 124 安裝至第二部分 122。在一些操作模式中，蓋 124 以 RF 以及 DC 形式接地，如圖 1 中所繪示。另外，在一些實施例中，蓋 124 包括冷卻系統 (cooling system)，所述冷卻系統調節蓋 124 以及周圍區域的溫度，以便耗散在處理期間所產生的熱負載。冷卻系統可以是流體冷卻系統，所述流體冷卻系統包括蓋 124 中之用於使來自冷卻劑源之液體冷卻劑循環的冷卻通路。

在一些實施例中，腔室 102 包括襯套 125，所述襯套 125 經定位以藉由以下方式防止或顯著地減少金屬污染：對電漿腔室 102 內部提供直線對傳 (line-of-site) 式屏蔽，以免受電漿中之離子擊打電漿腔室 102 之內部金屬壁而濺鍍之金屬的污染。在 2007 年 1 月 16 日申請之名為“具有用於減少金屬污染之襯套的電漿源 (Plasma Source with Liner for Reducing Metal Contamination)”的美國專利申請案第 11,623,739 號中描述了此種襯套，該案已讓與給本發明之受讓人。美國專利申請案第 11,623,739 號之完整說明書以引用方式併入本文中。

在一些實施例中，電漿腔室襯套 125 包括溫度控制器 (temperature controller) 127。溫度控制器 127 足以將襯套之溫度維持在足以吸附薄膜層的相對低之溫度，所述薄膜層根據本發明而在薄膜解吸附期間產生中性粒子。

RF 天線經定位以接近腔室頂部 118 之第一部分 120 以及第二部分 122 中的至少一者。圖 1 中之電漿源 101 說

明彼此電絕緣的兩個獨立 RF 天線。然而，在其他實施例中，所述兩個獨立 RF 天線電連接。在圖 1 中所繪示之實施例中，具有多匝之平面線圈 RF 天線 126（有時稱作平面天線或水平天線）經定位以相鄰於腔室頂部 118 之第一部分 120。另外，具有多匝之螺旋線圈 RF 天線 128（有時稱作螺旋天線或垂直天線）圍繞腔室頂部 118 之第二部分 122。

在一些實施例中，平面線圈 RF 天線 126 以及螺旋線圈 RF 天線 128 中的至少一者以電容器 129 為端點，所述電容器 129 用於減小有效天線線圈電壓（effective antenna coil voltage）。本文中定義之術語“有效天線線圈電壓”是指代 RF 天線 126、128 兩端的電壓降。換言之，有效線圈電壓是“離子所經歷的”電壓或等同於電漿中之離子所經歷的電壓。

又，在一些實施例中，平面線圈 RF 天線 126 以及螺旋線圈 RF 天線 128 中的至少一者包括介電層（dielectric layer）134，所述介電層 134 之介電常數與 Al_2O_3 介電窗材料的介電常數（dielectric constant）相比相對較低。相對較低之介電常數的介電層 134 有效地形成電容分壓器（capacitive voltage divider），所述電容分壓器亦減小有效天線線圈電壓。另外，在一些實施例中，平面線圈 RF 天線 126 以及螺旋線圈 RF 天線 128 中的至少一者包括法拉第（Faraday）屏蔽件 136，所述法拉第屏蔽件 136 亦減小有效天線線圈電壓。

RF 源 (RF source) 130 [諸如 , RF 電源 (RF power supply)] 電連接至平面線圈 RF 天線 126 以及螺旋線圈 RF 天線 128 中的至少一者。在許多實施例中, RF 源 130 藉由阻抗匹配網路 (impedance matching network) 132 而耦接至 RF 天線 126、128, 所述阻抗匹配網路使 RF 源 130 之輸出阻抗與 RF 天線 126、128 之阻抗匹配, 以便最大化自 RF 源 130 轉移至 RF 天線 126、128 的功率。繪示自阻抗匹配網路 132 之輸出至平面線圈 RF 天線 126 以及螺旋線圈 RF 天線 128 的虛線, 用以指示可自阻抗匹配網路 132 之輸出至平面線圈 RF 天線 126 以及螺旋線圈 RF 天線 128 中的任一者或兩者進行的電連接。

在一些實施例中, 平面線圈 RF 天線 126 以及螺旋線圈 RF 天線 128 中的至少一者以可用液體冷卻之形式形成。藉由冷卻平面線圈 RF 天線 126 以及螺旋線圈 RF 天線 128 中的至少一者, 可減小 RF 功率在 RF 天線 126、128 中傳播所引起的溫度梯度。螺旋線圈 RF 天線 128 可包括分流器 129, 所述分流器 129 可減少線圈匝數。

在一些實施例中, 電漿源 101 包括電漿點火器 (plasma igniter) 138。許多類型之電漿點火器皆可與電漿源 101 一起使用。在一個實施例中, 電漿點火器 138 包括擊打氣體 (strike gas) 之儲集器 140, 所述擊打氣體是諸如氬 (argon, Ar) 的高度離子化氣體, 所述高度離子化氣體輔助電漿的點火。儲集器 140 藉由高流導氣體連接而耦接至電漿腔室 102。猝發閥 (burst valve) 142 將儲集器 140 與處理腔室

102 隔離。在另一實施例中，藉由使用低流導氣體連接，直接將擊打氣體源接至猝發閥 142。在一些實施例中，藉由有限流導孔或計量閥來分離儲集器 140 之一部分，所述有限流導孔或計量閥在初始高流率猝發之後提供穩定流率之擊打氣體。

壓板 144 定位於處理腔室 102 中在電漿源 101 之頂部部分 118 下方的某高度處。壓板 144 固持靶材（所述靶材在本文中稱作基板 146）以供電漿摻雜。在圖 1 中所繪示之實施例中，壓板 144 與電漿源 101 平行。然而，壓板 144 亦可相對於電漿源 101 而傾斜。在一些實施例中，壓板 144 以機械方式耦接至可移動平台（movable stage），所述可移動平台在至少一個方向上平移、掃描或振盪基板 146。在一個實施例中，可移動平台是用於抖動或振盪基板 146 之抖動產生器或振盪器。平移、抖動及/或振盪運動可減小或消除遮蔽效應，且可改良用於撞擊基板 146 之表面之離子束通量的均一性以及共形性。

在許多實施例中，基板 146 電連接至壓板 144。偏壓電源（bias voltage power supply）148 電連接至壓板 144。偏壓電源 148 產生用於偏壓壓板 144 以及基板 146 之偏壓，以便可自電漿提取電漿中之摻雜劑離子，且使所述摻雜劑離子撞擊基板 146。偏壓電源 148 可以是 DC 電源（DC power supply）、脈衝電源（pulsed power supply）或 RF 電源。

在本發明之一個實施例中，電漿摻雜系統 100 包括溫

度控制器 150，所述溫度控制器 150 用來控制壓板 144 之溫度以及基板 146 之溫度。基板 146 經定位以與壓板 144 保持良好熱接觸。又，在一個實施例中，使用冷卻式電夾板（Eclamp）151 來將基板 146 緊固至壓板 144，且亦使用電夾板 151 來控制基板 146 之溫度。溫度控制器 150 及/或冷卻式電夾板 151 經設計以將基板 146 之溫度維持在足以吸附薄膜層 146' 的相對低之溫度，所述薄膜層 146' 根據本發明而在薄膜解吸附期間產生中性粒子。

在一些實施例中，將結構 154 而非靶材或基板 146 用作中性粒子源。可使用許多類型之結構。舉例而言，結構 154 可以是如下結構：所述結構由溫度控制器 150（或另一溫度控制器）冷卻，且具有經設計以在每單位面積內吸附相對大量原子或分子的表面特徵。舉例而言，結構 154 可具有用於將薄膜吸附在垂直表面以及水平表面兩者上的多個高縱橫比特徵。在一個實施例中，結構 154 圍繞靶材或基板 146。

又，在一個實施例中，在相對於由偏壓電源 148 所產生之偏壓脈衝的預定時間，將受控量之氣體（其用於吸附薄膜層 146'）導向基板 146，以便增強薄膜層 146' 在基板 146 上之再吸附。在各種實施例中，所述氣體可以是與用於電漿摻雜之氣體源 104 中之氣體相同的氣體（其包括摻雜劑物質以及稀釋氣體），或者，所述氣體可以是不同氣體。在一個具體實施例中，由第二外部氣體源 156 以及朝向基板 146 及/或結構 154 導向之噴嘴 158 來供應獨立的吸

附氣體。閥 160 控制通過噴嘴 158 釋放吸附氣體的流率以及時序。

在各種實施例中，噴嘴 158 可以是單個噴嘴或一群噴嘴。另外，可使用具有獨立氣體源之多個噴嘴。可自多個噴嘴分配一種以上類型之氣體。噴嘴 158 亦可位於相對於基板 146 或結構 154 的多個位置。舉例而言，在一個實施例中，噴嘴 158 位於基板 146 或結構 154 的正上方。又，在一些實施例中，氣體導流板經定位以接近基板 146 或結構 154，以便在接近基板 146 或結構 154 處局部地增加吸附氣體之部分壓力。又，在一些實施例中，噴嘴 158 位於提供用於電漿之電接地的陽極中。

在一些實施例中，偏壓電源 148 之控制輸出電連接至閥 160 之控制輸入，以使得由偏壓電源 148 所產生之脈衝與閥 160 之操作在時間上同步。在其他實施例中，控制器用來控制偏壓電源 148 以及閥 160 兩者之操作，以便在再吸附時間期間在接近基板 146 或結構 154 處噴射吸附氣體。通常在電漿摻雜終止時執行再吸附。然而，亦可在電漿摻雜期間執行再吸附。

在本發明之一個實施例中，電漿摻雜系統包括輻射源 (radiation source) 152，所述輻射源 152 提供用於快速地解吸附經吸附之薄膜 146' 的輻射猝發或脈衝。可使用許多類型之輻射源。舉例而言，在各種實施例中，輻射源 152 可以是光學源，諸如，閃光燈、雷射或發光二極體。又，輻射源 152 可以是電子束源或 X 射線源。在一些實施例中，

電漿本身產生輻射。

熟習此項技術者將瞭解，存在可與本發明之特徵一起使用的電漿源 101 之許多不同之可能變化。舉例而言，請參看 2005 年 4 月 25 日申請之名為“傾斜電漿摻雜 (Tilted Plasma Doping)”的美國專利申請案第 10/908,009 號中對電漿源之描述。亦請參看 2005 年 10 月 13 日申請之名為“共形摻雜設備以及方法 (Conformal Doping Apparatus and Method)”的美國專利申請案第 11/163,303 號中對電漿源之描述。亦請參看 2005 年 10 月 13 日申請之名為“共形摻雜設備以及方法 (Conformal Doping Apparatus and Method)”的美國專利申請案第 11/163,307 號中對電漿源之描述。另外，請參看 2006 年 12 月 4 日申請之名為“具有電可控制式植入角度之電漿摻雜 (Plasma Doping with Electronically Controllable implant Angle)”的美國專利申請案第 11/566,418 號中對電漿源之描述。美國專利申請案第 10/908,009 號、第 11/163,303 號、第 11/163,307 號以及第 11/566,418 號之完整說明書以引用方式併入本文中。

在操作中，RF 源 130 產生在 RF 天線 126 以及 128 中的至少一者中傳播的 RF 電流。亦即，平面線圈 RF 天線 126 以及螺旋線圈 RF 天線 128 中的至少一者是有源天線 (active antenna)。本文中將術語“有源天線”定義為由電源直接驅動之天線。在本發明之電漿摻雜設備之一些實施例中，RF 源 130 以脈衝模式操作。然而，RF 源亦可以連續模式操作。

在一些實施例中，平面線圈天線 126 以及螺旋線圈天線 128 中的一者是寄生天線 (parasitic antenna)。本文中將術語“寄生天線”定義為與有源天線電磁通信、但不直接連接至電源之天線。換言之，寄生天線不由電源直接激發，而是由經定位以與寄生天線電磁通信之有源天線激發。在圖 1 中所繪示之實施例中，有源天線是平面線圈天線 126 以及螺旋線圈天線 128 中由 RF 源 130 驅動的天線。在本發明之一些實施例中，寄生天線的一端電連接至接地電位，以便提供天線調諧能力。在此實施例中，寄生天線包括線圈調整器 129，所述線圈調整器 129 用以改變寄生天線線圈之有效匝數。可使用許多不同類型之線圈調整器，諸如，金屬短桿 (metal short)。

RF 天線 126、128 中之 RF 電流接著將 RF 電流誘導至腔室 102 中。腔室 102 中之 RF 電流激發並離子化處理氣體，以便在腔室 102 中產生電漿。電漿腔室襯套 125 屏蔽由電漿中之離子所濺鍍之金屬以免所述金屬到達基板 146。

偏壓電源 148 用負電壓來偏壓基板 146，所述負電壓將電漿中之離子朝向基板 146 吸引。在負電壓脈衝期間，電漿鞘內之電場將離子朝向基板 146 加速，藉此將離子植入至基板 146 之表面中。

使用如下製程來增強電漿摻雜之共形性：吸附薄膜層且接著快速地解吸附所述薄膜層，借此產生使離子散射之中性粒子以供離子植入。可使用許多不同類型之外部中性

粒子源。在一個實施例中，基板 146 本身是中性粒子源。在此實施例中，由溫度控制器 150 將基板 146 冷卻至吸附一層 146' 原子或分子之溫度。舉例而言，可由溫度控制器 150 冷卻基板 146，以使所述基板 146 吸附一層摻雜劑物質或一層稀釋氣體中的至少一者，所述摻雜劑物質或所述稀釋氣體存在於由外部氣體源 104 所供應之處理氣體中。舉例而言，使用諸如 AsH_3 或 B_2H_6 之摻雜劑物質。

或者，可在將基板 146 裝載至電漿摻雜系統 100 中之前預冷卻基板 146，以使得基板 146 吸附氣體分子。然而，若在裝載之前預冷卻基板 146，則必須注意以確保僅吸附不干擾摻雜製程之原子以及分子。在一個實施例中，在存在用於離子植入之摻雜劑物質或稀釋氣體之情況下預冷卻基板 146，以便在基板 146 之表面上僅吸附一層摻雜劑物質及/或一層稀釋氣體。

在其他實施例中，將結構 154 而非靶材或基板 146 用作中性粒子源。可使用許多類型之結構。舉例而言，結構 154 可以是如下結構：具有經設計以在每單位面積內吸附相對大量原子或分子的表面特徵。在一些實施例中，由溫度控制器 150 冷卻結構 154。或者，可使用獨立溫度控制器。在其他實施例中，在將結構 154 插入電漿摻雜系統 100 中之前預冷卻結構 154。在此等實施例中，在僅吸附不干擾摻雜製程之原子以及分子之環境下預冷卻結構 154。舉例而言，可在存在用於離子植入之摻雜劑物質或稀釋氣體之情況下預冷卻結構 154，以便在基板 146 之表面上僅吸

附一層摻雜劑物質及/或一層稀釋氣體。

在一些實施例中，將吸附氣體自噴嘴 158 噴射至腔室 102 中且導向基板 146，以便增強薄膜層 146' 在基板 146 上之再吸附。吸附氣體可以是與用於電漿摻雜之氣體源 104 中之摻雜劑氣體相同的氣體，或者可以是當暴露至由輻射源 152 所產生之輻射時產生中性粒子且不干擾電漿摻雜製程的另一氣體。

在一些實施例中，偏壓電源 148 將電信號發送至閥 160，所述電信號使閥 160 之操作與偏壓脈衝之產生在時間上同步。在其他實施例中，控制器將電信號發送至閥 160 與偏壓電源 148 兩者，所述電信號使閥 160 之操作與偏壓脈衝之產生在時間上同步。舉例而言，控制器或偏壓電源 148 可將用於打開閥 160 之信號發送至閥 160，以使得當電漿摻雜終止時之再吸附時間期間，在接近基板 146 或結構 154 處噴射吸附氣體。

接著藉由暴露至輻射源 152 而解吸附經吸附之薄膜層 146'。在許多實施例中，快速地解吸附經吸附之薄膜 146'。在一個實施例中，藉由暴露至光學輻射源（諸如，閃光燈、雷射及/或發光二極體）而解吸附經吸附之薄膜層 146'。舉例而言，可使用用於發射可見光及/或紫外光的閃光燈來快速地解吸附經吸附之薄膜層 146'。在一些實施例中，由電漿源 101 所產生之電漿是輻射源。在此等實施例中，藉由暴露至由電漿源 101 所產生之電漿而解吸附經吸附之薄膜層 146'。舉例而言，電漿源 101 可產生脈衝電漿，所述脈

衝電漿具有經選擇以快速地解吸附經吸附之薄膜層 146' 的參數。

接著，所得經解吸附之氣體原子及/或分子提供局部高中性粒子密度，所述局部高中性粒子密度使由電漿所產生之被吸引至基板 146 之離子散射，以便達成更共形之植入。引入局部高中性粒子密度將不會顯著增加電漿源 101 中之整體壓力，且因此將不會引入任何顯著之不當放電，且/或將不會引起電漿摻雜均一性之顯著降低。

在其他實施例中，使用其他類型之輻射源來解吸附經吸附之薄膜層 146'。舉例而言，在本發明之一個實施例中，使用電子束源來產生電子束，所述電子束導向經吸附之薄膜層 146'。電子束快速地解吸附經吸附之薄膜層 146'。接著，經解吸附之氣體原子及/或分子提供局部高中性粒子密度，所述局部高中性粒子密度使來自電漿之被吸引至基板 146 之離子散射，以便達成更共形之離子植入。

在本發明之又一實施例中，使用 X 射線源來產生 X 射線束，所述 X 射線束導向經吸附之薄膜層 146'。X 射線束快速地解吸附經吸附之薄膜層 146'。接著，經解吸附之氣體原子及/或分子提供局部高中性粒子密度，所述局部高中性粒子密度使來自電漿之被吸引至基板 146 之離子散射，以便達成更共形之植入。

圖 2A 至圖 2C 呈現時序圖，所述時序圖說明電漿之產生以及自外部源（即，除電漿以外之源）產生中性粒子，以供執行根據本發明之共形電漿摻雜。在本發明之一個實

施例中，在共形電漿摻雜期間，電漿源 101 以脈衝操作模式操作。圖 2A 說明適用於根據本發明之電漿摻雜的脈衝 RF 波形 200。在 RF 脈衝 202 起始之前，脈衝 RF 波形 200 處於接地電位。RF 脈衝 202 具有等於 P_{RF} 204 之功率位準，所述功率位準經選擇以適用於電漿摻雜。在脈衝週期 T_P 206 之後，RF 脈衝 202 終止，且接著返回至接地電位。脈衝 RF 波形 200 接著以某一工作週期週期性地重複，所述工作週期取決於所要電漿製程參數以及用以產生中性粒子之經吸附之薄膜層 146' 的再吸附率。

圖 2B 說明由偏壓源 (bias voltage supply) 148 產生之偏壓波形 (bias voltage waveform) 250，所述偏壓源 148 在偏壓週期 T_{Bias} 256 期間將具有電壓 254 之負電壓脈衝 252 施加至基板 146 以便執行電漿摻雜。負電壓 254 將電漿中之離子吸引至基板 146。偏壓週期 T_{Bias} 256 可與脈衝 RF 波形 200 之脈衝週期 T_P 206 同步，以便僅在偏壓週期 T_{Bias} 256 期間激勵電漿。偏壓波形 250 接著以某一工作週期週期性地重複，所述工作週期取決於所要電漿製程參數以及用以產生中性粒子之經吸附之薄膜層 146' 的再吸附率。

在各種實施例中，選擇偏壓波形 250 之脈衝頻率以及工作週期兩者，以便存在足夠時間在基板 146 或結構 154 上發生薄膜 146' 的再吸附。舉例而言，在一個實施例中，選擇偏壓波形 250 之脈衝頻率以及工作週期，以便在各個脈衝之間發生足夠再吸附。在其他實施例中，偏壓波形 250

包括具有預定數目之脈衝的脈衝串，以及脈衝串之間的具有預定時間之延遲，其中所述延遲足夠用於在基板 146 或結構 154 上發生薄膜 146' 的再吸附。舉例而言，在一個實施例中，偏壓波形 250 具有包括 100 至 1,000 個脈衝的脈衝串以及脈衝串之間的在毫秒範圍內的延遲，使用所述偏壓波形 250 來產生足夠中性粒子以供共形電漿摻雜。

圖 2C 說明根據本發明之輻射源 152 之強度 I_{282} 之波形 280，所述輻射源 152 解吸附經吸附之薄膜層 146' 以產生中性粒子。在圖 2C 中所繪示之實施例中，在 RF 脈衝 202 之波至時間 (onset)，快速地脈衝啟動輻射源 152 之強度 I_{282} 。應瞭解，在各種其他實施例中，可較緩慢地起始輻射源 152 之強度 I_{282} 。又，在圖 2C 中所繪示之實施例中，輻射週期 T_R 284 是脈衝週期 T_P 206 以及偏壓週期 T_{Bias} 256 之一部分。亦應瞭解，在各種實施例中，輻射週期 T_R 284 之長度可與脈衝週期 T_P 206 及/或偏壓週期 T_{Bias} 256 相同，乃至比 T_P 206 及/或偏壓週期 T_{Bias} 256 長。輻射週期 T_R 284 之所要長度與薄膜 146' 之再吸附率相關且與強度 I_{282} 相關。

輻射源 152 可與偏壓電源 148 同步，所述偏壓電源 148 用負電壓脈衝 252 來偏壓基板 146，所述負電壓脈衝 252 將電漿中之離子朝向基板 146 吸引。舉例而言，輻射源 152 可與偏壓電源 148 同步，以使得輻射源恰好在負電壓脈衝 252 之前或與負電壓脈衝 252 同時提供輻射猝發，所述負電壓脈衝 252 將離子吸引至基板 146 以供共形電漿摻雜。

選擇脈衝 RF 波形 200 之工作週期，以使得經吸附之薄膜層 146' 在負電壓脈衝 252 之間充分地再吸附。

熟習此項技術者將瞭解，用於共形摻雜之本發明亦可與習知射束線離子植入系統一起使用。射束線離子植入系統在此項技術中是眾所周知的。可使用此等系統中之靶材或基板來如本文中所描述而吸附薄膜。或者，可使用一結構（諸如，結合圖 1 而描述之結構 154）來根據本發明而吸附薄膜。可接著使用輻射源來解吸附經吸附之薄膜以如本文中所描述而產生中性粒子。所述中性粒子使來自離子束之離子散射，藉此植入更共形之離子植入輪廓。

等效物

雖然結合各種實施例以及實例來描述本發明之教示，但並不希望本發明之教示限於此等實施例。相反，熟習此項技術者應瞭解，本發明之教示涵蓋在不脫離本發明之精神以及範疇的情況下可對本發明進行的各種替代、修改以及等效物。

【圖式簡單說明】

圖 1 說明執行根據本發明實施例之共形摻雜之電漿摻雜系統的示意圖。

圖 2A 說明適用於根據本發明實施例之電漿摻雜的脈衝 RF 波形。

圖 2B 說明由偏壓源產生之偏壓波形，所述偏壓源在偏壓週期期間將負電壓施加至基板以便執行電漿摻雜。

圖 2C 說明由輻射源產生之強度波形，所述輻射源根

據本發明實施例而解吸附經吸附之薄膜層以產生中性粒子。

【主要元件符號說明】

- 100：電漿摻雜系統
- 101：感應耦合式電漿源
- 102：電漿腔室
- 104：外部氣體源
- 106：比例閥
- 108：壓力計
- 110：排氣口
- 112：真空泵
- 114：排氣閥
- 116：氣體壓力控制器
- 118：腔室頂部
- 120：腔室頂部第一部分
- 122：腔室頂部第二部分
- 124：腔室頂部蓋
- 125：襯套
- 126：平面線圈 RF 天線
- 127：溫度控制器
- 128：螺旋線圈 RF 天線
- 129：電容器
- 130：RF 源
- 132：阻抗匹配網路

- 134：介電層
- 136：法拉第屏蔽件
- 138：電漿點火器
- 140：儲集器
- 142：猝發閥
- 144：壓板
- 146：基板
- 146'：薄膜層
- 148：偏壓電源
- 150：溫度控制器
- 151：電夾板
- 152：輻射源
- 154：結構
- 156：第二外部氣體源
- 158：噴嘴
- 160：閥
- 200：脈衝 RF 波形
- 202：RF 脈衝
- 204： P_{RF}
- 206：脈衝週期 T_P
- 250：偏壓波形
- 252：負電壓脈衝
- 254：電壓（負電壓）
- 256：偏壓週期 T_{Bias}

280：強度 I 282 之波形

282：強度 I

284：輻射週期 T_R

十、申請專利範圍：

1.一種電漿摻雜設備，包括：

a.電漿源，其產生脈衝電漿；

b.壓板，其接近所述電漿源而支撐基板以供電漿摻雜；

c.薄膜，所述薄膜形成在所述基板以及在被解吸附時產生多個中性粒子；

d.偏壓電源，其具有電連接至所述壓板之輸出，所述偏壓電源產生偏壓波形，在偏壓週期的期間所述偏壓波形具有負電位以將所述電漿中之離子吸引至所述基板以供電漿摻雜；以及

e.光學輻射源，除了所述脈衝電漿以外，所述光學輻射源朝向形成在所述基板上之所述薄膜，以在輻射週期的期間從所述光學輻射源用光學輻射照射所述薄膜，解吸附所述薄膜，且產生在所述薄膜中含有至少一物質的所述多個中性粒子，其中所述偏壓週期長於所述輻射週期，使得所述輻射週期是所述偏壓週期之一部分，且在來自所述電漿之所述離子被吸引至所述基板時，所述多個中性粒子使所述離子散射，藉此執行共形電漿摻雜。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之電漿摻雜設備，更包括溫度控制器，所述溫度控制器將所述基板之溫度改變至增強所述薄膜之形成的溫度。

3.如申請專利範圍第 1 項所述之電漿摻雜設備，更包括噴嘴，所述噴嘴接近所述基板而噴射氣體。

4.如申請專利範圍第 1 項所述之電漿摻雜設備，其中

所述光學輻射源包括閃光燈、雷射以及發光二極體中的至少一者。

5.如申請專利範圍第 1 項所述之電漿摻雜設備，其中所述光學輻射源包括 X 射線光學輻射源。

6.如申請專利範圍第 1 項所述之電漿摻雜設備，其中所述光學輻射源產生輻射猝發，所述輻射猝發快速地解吸附所述薄膜。

7.如申請專利範圍第 1 項所述之電漿摻雜設備，其中藉由解吸附所述薄膜而產生之所述中性粒子接近所述基板而提供局部高中性粒子密度，所述局部高中性粒子密度不會顯著地降低摻雜均一性。

8.一種共形電漿摻雜方法，包括：

a.將基板定位在壓板上；

b.將薄膜形成在所述基板上；

c.接近所述壓板而產生電漿；

d.除了所述電漿以外，將光學輻射源引導朝向形成在所述基板上之所述薄膜，並且在輻射週期的期間從所述光學輻射源用光學輻射照射所述薄膜，解吸附所述基板上之所述薄膜，且產生在所述薄膜中含有至少一物質的多個中性粒子；

e.在偏壓週期的期間用偏壓波形來偏壓所述壓板，所述偏壓波形具有將所述電漿中之離子吸引至所述基板以供電漿摻雜的負電位，其中所述偏壓週期長於所述輻射週期，使得所述輻射週期是所述偏壓週期之一部分；以及

f.在來自所述電漿之所述離子被吸引至所述基板時，使所述離子隨著所述多個中性粒子而散射，且執行共形電漿摻雜。

9.如申請專利範圍第 8 項所述之共形電漿摻雜方法，其中照射所述基板上之所述薄膜的步驟包括產生輻射猝發，所述輻射猝發快速地解吸附所述薄膜。

10.如申請專利範圍第 8 項所述之共形電漿摻雜方法，其中所述照射所述基板上之所述薄膜包括用 X 射線輻射來照射所述薄膜。

11.如申請專利範圍第 8 項所述之共形電漿摻雜方法，其中解吸附所述薄膜以及用具有所述負電位之所述偏壓波形來偏壓所述壓板在時間上實質上同時地發生。

12.如申請專利範圍第 8 項所述之共形電漿摻雜方法，其中解吸附所述薄膜以及用具有所述負電位之所述偏壓波形來偏壓所述壓板在時間上同步。

13.如申請專利範圍第 8 項所述之共形電漿摻雜方法，其中將所述薄膜形成在所述基板上的步驟包括將所述基板之溫度控制至增強所述薄膜的形成的溫度。

14.如申請專利範圍第 8 項所述之共形電漿摻雜方法，其中將所述薄膜形成在所述基板上的步驟包括在將所述基板定位在所述壓板上之前將所述薄膜形成在所述基板上。

15.如申請專利範圍第 8 項所述之共形電漿摻雜方法，其中將所述薄膜形成在所述基板上的步驟包括接近所

述基板而噴射氣體。

16.如申請專利範圍第 8 項所述之共形電漿摻雜方法，其中產生所述多個中性粒子的步驟包括接近所述基板而提供局部高中性粒子密度，所述局部高中性粒子密度不會顯著地降低摻雜均一性。

17.如申請專利範圍第 8 項所述之共形電漿摻雜方法，其中從所述光學輻射源用所述光學輻射照射所述薄膜的步驟包括用光學輻射脈衝照射所述薄膜，其中用具有所述負電位的所述偏壓波形來偏壓所述壓板的步驟包括用負電位脈衝偏壓所述壓板，以及其中在施加所述負電位脈衝至所述壓板時施加所述光學輻射脈衝。

18.如申請專利範圍第 17 項所述之共形電漿摻雜方法，其中所述光學輻射脈衝具有光學輻射脈衝寬度，其中所述負電位脈衝具有負電位脈衝寬度，以及其中所述負電位脈衝寬度大於所述光學輻射脈衝寬度。

19.如申請專利範圍第 8 項所述之共形電漿摻雜方法，更包括：

在所述基板的附近提供氣體，以在所述基板上形成所述薄膜，其中所述氣體包含選自包含摻雜物質和惰性物質的集合中的至少一物質，且其中所述薄膜包括選自包含摻雜物質和惰性物質的所述集合中的至少一物質。

20.如申請專利範圍第 8 項所述之共形電漿摻雜方法，其中在脈衝週期的期間執行產生所述電漿的步驟，以及其中電漿產生週期長於所述輻射週期。

21.如申請專利範圍第 8 項所述之共形電漿摻雜方法，其中所述偏壓週期和所述輻射週期同步，使得所述偏壓週期之前開始所述輻射週期。

22.如申請專利範圍第 8 項所述之共形電漿摻雜方法，其中所述偏壓週期和所述輻射週期同步，使得所述輻射週期和所述偏壓週期同時地開始。

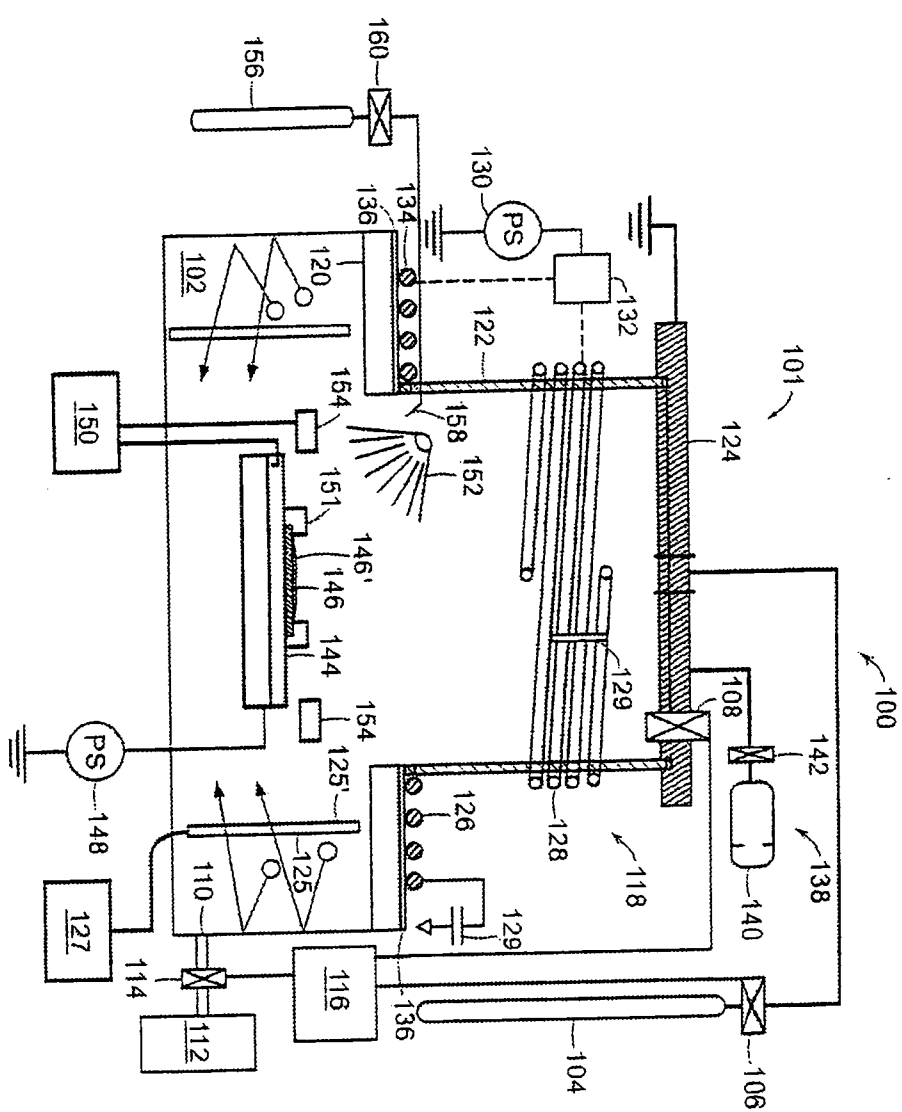


圖 1

