



(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 I745390 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 11 月 11 日

(21)申請案號：106121752

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 06 月 29 日

(51)Int. Cl. : **H01L21/3065(2006.01)**

(30)優先權：2016/09/15	美國	62/395,212
2017/01/27	美國	15/418,190
2017/01/27	世界智慧財產權組織	PCT/US17/15348

(71)申請人：美商應用材料股份有限公司(美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)
美國

(72)發明人：燕 春 YAN, CHUN (US)；鮑新宇 BAO, XINYU (CN)；仲 華 CHUNG, HUA (US)；諸 紹芳 CHU, SCHUBERT S. (US)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

TW 200737346A	TW 201344779A
TW 201523694A	

審查人員：于若天

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：4 共 43 頁

(54)名稱

減少晶圓釋氣的整合方法

(57)摘要

本文所揭示的實施例與控制基板釋氣的方法有關。在一個實施例中，所述方法可包括下列步驟：於電感耦合電漿腔室中，從基板的被暴露表面移除氧化物；於磊晶沉積腔室中，在基板的被暴露表面上形成磊晶層；以及藉由以下步驟進行基板之釋氣控制：於電感耦合電漿腔室中，在第一腔室壓力下使基板經受第一電漿，第一電漿形成自第一蝕刻前驅物，其中第一蝕刻前驅物包含有含氫前驅物、含氯前驅物及惰性氣體；以及於電感耦合電漿腔室中，在高於第一腔室壓力之第二腔室壓力下，使基板經受第二電漿，第二電漿形成自第二蝕刻前驅物，其中第二蝕刻前驅物包含有含氫前驅物及惰性氣體。

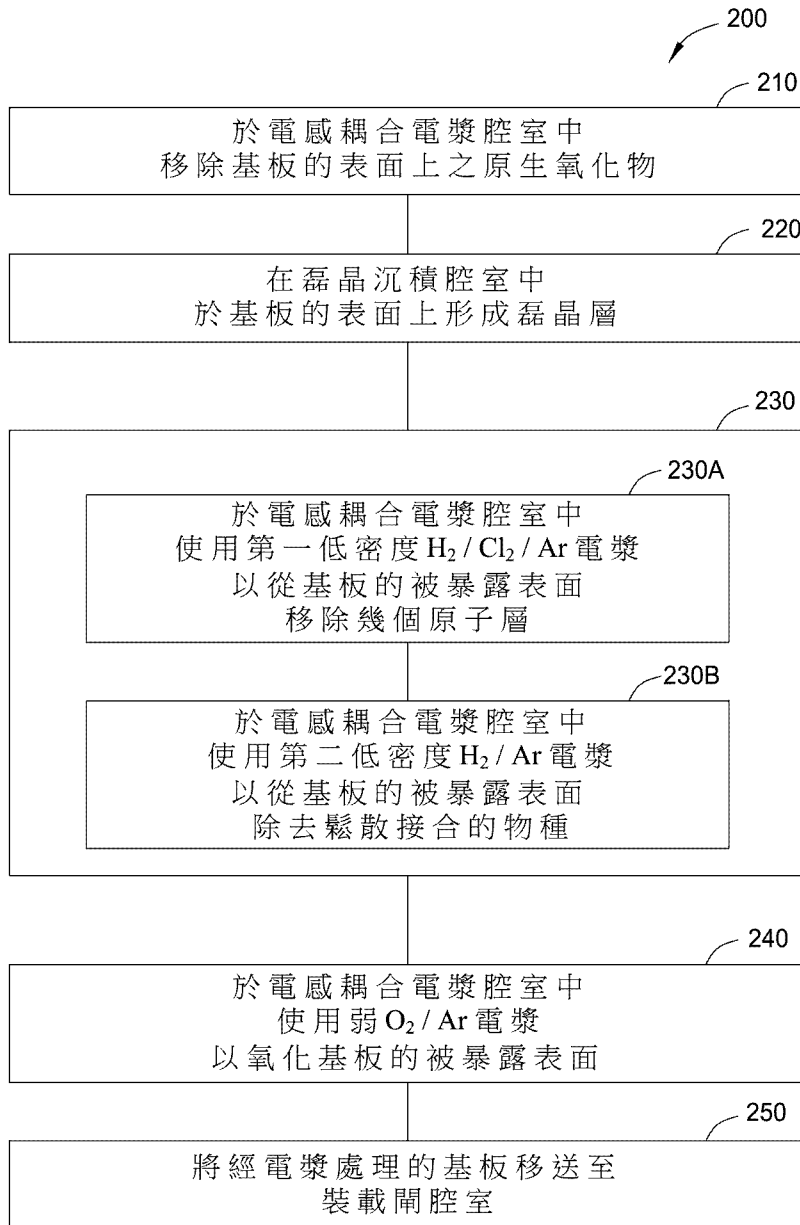
Implementations disclosed herein relate to methods for controlling substrate outgassing. In one implementation, the method includes removing oxides from an exposed surface of a substrate in an inductively coupled plasma chamber, forming an epitaxial layer on the exposed surface of the substrate in an epitaxial deposition chamber, and performing an outgassing control of the substrate by subjecting the substrate to a first plasma formed from a first etch precursor in the inductively coupled plasma chamber at a first chamber pressure, wherein the first etch precursor comprises a hydrogen-containing precursor, a chlorine-containing precursor, and an inert gas, and subjecting the substrate to a second plasma formed from a second etch precursor in the inductively coupled plasma chamber at a second chamber pressure that is higher than the first chamber pressure, wherein the second etch precursor comprises a hydrogen-containing precursor and an inert gas.

指定代表圖：

符號簡單說明：

200 . . . 處理程序

210~250 . . . 操作



第 2 圖



I745390

【發明摘要】

【中文發明名稱】減少晶圓釋氣的整合方法

【英文發明名稱】AN INTEGRATED METHOD FOR WAFER OUTGASSING

REDUCTION

【中文】

本文所揭示的實施例與控制基板釋氣的方法有關。在一個實施例中，所述方法可包括下列步驟：於電感耦合電漿腔室中，從基板的被暴露表面移除氧化物；於磊晶沉積腔室中，在基板的被暴露表面上形成磊晶層；以及藉由以下步驟進行基板之釋氣控制：於電感耦合電漿腔室中，在第一腔室壓力下使基板經受第一電漿，第一電漿形成自第一蝕刻前驅物，其中第一蝕刻前驅物包含有含氫前驅物、含氟前驅物及惰性氣體；以及於電感耦合電漿腔室中，在高於第一腔室壓力之第二腔室壓力下，使基板經受第二電漿，第二電漿形成自第二蝕刻前驅物，其中第二蝕刻前驅物包含有含氫前驅物及惰性氣體。

【英文】

Implementations disclosed herein relate to methods for controlling substrate outgassing. In one implementation, the method includes removing oxides from an exposed surface of a substrate in an inductively coupled plasma chamber, forming an epitaxial layer on the exposed surface of the substrate in an epitaxial deposition chamber, and performing an outgassing control of the substrate by subjecting the substrate to a first plasma formed from a first etch precursor in the inductively coupled plasma chamber at a first chamber pressure, wherein the first etch precursor comprises

a hydrogen-containing precursor, a chlorine-containing precursor, and an inert gas, and subjecting the substrate to a second plasma formed from a second etch precursor in the inductively coupled plasma chamber at a second chamber pressure that is higher than the first chamber pressure, wherein the second etch precursor comprises a hydrogen-containing precursor and an inert gas.

【指定代表圖】第（ 2 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

2 0 0 處 理 程 序

2 1 0 ~ 2 5 0 操 作

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】減少晶圓釋氣的整合方法

【英文發明名稱】AN INTEGRATED METHOD FOR WAFER OUTGASSING
REDUCTION

【技術領域】

【0001】 本揭示內容的實施例大致上關於積體電路之製造。更具體而言，本文揭示之實施例關於控制基板釋氣的方法。

【先前技術】

【0002】 離子佈植係用於在半導體基板中引入化學雜質以形成場效應或雙極電晶體製造所必需的 p - n 接面的方法。這些雜質可包含如硼、鋁、鎵、鉍、鎂及鋅等 P - 型摻質，以及如磷、砷、銻、鉍、硒及碲等 N - 型摻質。化學雜質之離子佈植在植入之範圍內破壞半導體基板之結晶度。在低能量下，基板發生相當小的損害。然而，植入的摻質不會停留在基板中的電活性位點 (electrically active site) 上。因此，需要對基板進行退火，以恢復基板之結晶度，並驅使植入的摻質至電活性晶體位點上。

【0003】 在例如 RTP 腔室中進行基板處理期間，基板可能傾向於釋出植入其中的雜質。這些釋出的雜質可為摻質材料、衍生自摻質材料的材料或者在退火製程期間可能逸出基板的任何其它材料 (例如矽昇華)。釋出的雜質可能沉積在較冷的壁上及在腔室之反射板上。此沉積可能干擾

溫度高溫計讀數，也干擾基板上的輻射分佈場，此舉又影響基板退火的溫度。釋出的雜質之沉積亦可能導致不想要的顆粒出現在基板上，且亦可能在基板上產生滑移線 (slip line)。取決於沉積物之化學組成，將腔室離線以進行濕式清潔製程。

【0004】此外，最大的挑戰之一涉及在經砷摻雜之矽製程 (Si:As) 之後，來自基板的砷釋氣。在如此經砷摻雜之矽製程 (Si:As) 中來自基板的砷釋氣，高於 III-V 族磊晶生長製程及 / 或蝕刻清潔製程 (如，CMOS、FinFET、TFET 製程) 後來自基板的砷釋氣。先前就 III-V 族磊晶生長製程及 / 或蝕刻清潔製程所開發的循環淨化方式對於 Si:As 處理後的基板無效。已對先前已知的 III-V 族方法和設備進行測試，且結果顯示，在十個抽取 / 淨化循環後，仍可偵測到約 2.0 十億分率 (ppb) 的砷釋氣，因此釋氣水平並未改變。

【0005】由於砷的毒性，通常期望砷殘留物的絕對零十億分率 (ppb) 釋氣。為了在基板之後續操作及處理期間最小化來自砷釋氣的毒性，需要用於經 Si:As 處理之基板的控制基板釋氣的改良方法及設備。

【發明內容】

【0006】本文所揭示的實施例有關於控制基板釋氣的方法，使得可在基板上進行 Si:As 製程之後，且在額外處理之前，從基板的表面去除有害氣體。在一個實施例中，所述方法可包括下列步驟：於電感耦合電漿腔室中，從基

板的被暴露表面移除氧化物；於磊晶沉積腔室中，在基板的被暴露表面上形成磊晶層；以及藉由以下步驟進行基板之釋氣控制：於電感耦合電漿腔室中，在第一腔室壓力下使基板經受形成自第一蝕刻前驅物的第一電漿，其中第一蝕刻前驅物包含有含氫前驅物、含氟前驅物及惰性氣體；以及於電感耦合電漿腔室中，在高於第一腔室壓力之第二腔室壓力下，使基板經受形成自第二蝕刻前驅物的第二電漿，其中第二蝕刻前驅物包含有含氫前驅物及惰性氣體。

【0007】 在另一實施例中，所述方法可包括下列步驟：於電感耦合電漿腔室中，從基板的被暴露表面移除氧化物；於磊晶沉積腔室中，在基板的被暴露表面上形成磊晶層；以及藉由以下步驟進行基板之釋氣控制：於電感耦合電漿腔室中，在第一腔室壓力下使基板經受形成自第一蝕刻前驅物的第一電漿，其中第一蝕刻前驅物包含有含氫前驅物、含氟前驅物及惰性氣體；以及於電感耦合電漿腔室中，在高於第一腔室壓力之第二腔室壓力下，使基板經受形成自第二蝕刻前驅物的第二電漿，其中第二蝕刻前驅物包含有含氫前驅物及惰性氣體，其中在釋氣控制期間將RF偏壓施加至基板。

【0008】 在又一實施例中，所述方法可包括下列步驟：移送基板進入電漿腔室之基板處理區域內，其中基板具有被暴露含矽表面；藉由使用第一電漿蝕刻製程，從被暴露含矽表面移除氧化物，包含下列步驟：於施加電漿功率的同時，將含氟前驅物及惰性氣體流入基板處理區域內，以

形成氟離子及惰性氣體離子；以及於施加偏壓至基板的同时，以氟離子及惰性氣體離子蝕刻含矽表面，以形成經蝕刻含矽表面；從電漿腔室移送基板至磊晶沉積腔室；在基板的被暴露表面上形成磊晶層，該磊晶層包含砷；從磊晶沉積腔室移送基板回到電漿腔室；以及於該電漿腔室中，藉由以下步驟進行基板之釋氣控制：在第一腔室壓力下，使用形成自第一蝕刻前驅物的第一電漿移除受困在基板的幾個頂部原子層上之含砷物種，而不顯著蝕刻基板，其中第一蝕刻前驅物包含有含氫前驅物、含氯前驅物及惰性氣體；以及在高於第一腔室壓力之第二腔室壓力下，使用形成自第二蝕刻前驅物的第二電漿從基板的被暴露表面去除鬆散接合的(loosely bound)砷物種，其中第二蝕刻前驅物包含有含氫前驅物及惰性氣體。

【圖式簡單說明】

【0009】 為能詳細瞭解本揭示內容以上記載的特徵，可參閱多個實施例閱讀以上扼要整理之本揭示內容的更具體說明內容，且部分實施例圖示於附圖中。然而應注意，該等附圖僅示出本揭示內容的典型實施例，因此不應被視為本揭示內容之範圍的限制，因為本揭示內容可允許其它等效實施例。

【0010】 第 1 A 及 1 B 圖描繪半導體結構的剖面視圖，可利用第 2 圖描繪之方法處理該半導體結構。

【0011】 第 2 圖繪示處理程序，根據本揭示內容的實施例，可使用該處理程序來處理第 1 圖的半導體結構。

【0012】 第 3 圖描繪處理腔室的一個示例的剖面視圖，可使用該處理腔室來進行本文所述之實施例。

【0013】 第 4 圖描繪處理系統的頂視圖，根據本文描述的實施例，可使用該處理系統來完成第 2 圖繪示的處理程序。

【0014】 為了促進瞭解，已儘可能使用相同的元件符號來指稱圖式中共用的相同元件。可預期一個實施例中揭示的元件可有益地利用於其它實施例，而無需特別詳述。

【實施方式】

【0015】 第 1A 及 1B 圖描繪半導體結構 100 的剖面視圖，可利用第 2 圖所描繪之方法來處理半導體結構 100。半導體結構 100 可形成電路元件的一部分。在第 1A 圖所示的一個實施例中，半導體結構 100 可包括基板 102 和複數個鰭結構 104（僅顯示一個），鰭結構 104 自基板 102 向上延伸。源極區域 106 和汲極區域 108 以大致鄰近鰭結構 104 的方式形成在鰭結構 104 的相對側上。鰭結構 104、源極區域 106 和汲極區域 108 被介電材料 110 圍繞。就 PMOS 電晶體元件而言，源極區域 106 和汲極區域 108 通常摻雜有 P-型雜質（如，硼）。就 NMOS 電晶體元件而言，源極區域 106 和汲極區域 108 通常摻雜有 N-型雜質（如，砷或磷）。

【0016】 基板 102 可以是諸如晶體矽（如， $\text{Si}\langle 100 \rangle$ 或 $\text{Si}\langle 111 \rangle$ ）、氧化矽、應變矽、矽鍺、經摻雜或未經摻雜的多晶矽、經摻雜或未經摻雜的矽晶圓、經圖案化或

未經圖案化的絕緣體上矽(SOI)晶圓、經碳摻雜的氧化矽、氮化矽、經摻雜的矽、鍺、砷化鎵、玻璃及藍寶石等材料。基板 102 可具有各種尺寸，如 200 mm 或 300 mm 直徑的晶圓，也可以是矩形或方形面板。除非另外註明，本文所描述之實施例和範例是在具有 300 mm 直徑的基板上進行。在一個實施例中，基板 102 可為晶體矽基板(如，單晶矽或多晶矽)。在第 1 圖所示的實施例中，基板 102 是塊體矽(bulk silicon)或絕緣體上矽(SOI)。

【0017】 鰭結構 104 可包括與基板 102 相同或相異的材料。在所示的實施例中，以相同的材料形成鰭結構 104 和基板 102。介電材料 110 可形成隔離區域，如淺溝槽隔離(STI)區域，且可包括 SiO、SiN、SiCN 或任何適合的介電材料。

【0018】 在製造電路元件的後期階段中，鰭結構 104 可被應用來形成用於 FinFET 電晶體的通道(channel)。鰭結構 104 可包括第一部分 104a 和第二部分 104b，第二部分 104b 從第一部分 104a 向上突出。第一部分 104a 可具有第一表面 105，第一表面 105 與源極區域 106 的頂表面 107 及汲極區域 108 的頂表面 109 共面。第二部分 104b 具有第二表面 111，第二表面 111 位在與頂表面 107、109 不同的高度處。在某些實施例中，第二部分 104b 的一部分可作為源極或汲極區域。可在鰭結構 104 的第二表面 111 上方形成閘極介電

質 112 (如, 氮化矽、二氧化矽、經碳摻雜的氧化矽、氧化矽鍍或高-k 介電材料等)。

【0019】 當暴露於典型的晶圓製造設施環境條件時, 源極區域 106 和汲極區域 108 的被暴露表面, 例如, 源極區域 106 的頂表面 107 和汲極區域 108 的頂表面 109, 對諸如原生氧化物及 / 或含碳物種等污染敏感。舉例而言, 在磊晶層的沉積之前, 原生氧化物層 114 可能形成在頂表面 107、109 上。源極區域 106 和汲極區域 108 的被暴露表面上之原生氧化物層或污染物的存在, 會對後續形成在頂表面 107 和頂表面 109 上之磊晶層的品质有負面影響。

【0020】 第 2 圖繪示處理程序 200, 根據本揭示內容之實施例, 處理程序 200 可用來處理第 1 圖的半導體結構。於操作 210, 進行氧化物移除或「氧化物突破 (oxide breakthrough)」製程。於操作 210, 藉由清潔製程移除基板 (如對應第 1A 圖於上文討論之半導體結構 100 的基板 102) 的表面上之原生氧化物。

【0021】 可使用能從基板移除氧化物及 / 或含碳物種而不會顯著損壞基板的任何合適之清潔製程。合適的清潔製程可包括濺射蝕刻製程、基於電漿之氧化物蝕刻製程或前述製程的組合。示例性基於電漿之氧化物蝕刻製程可包括電感耦合電漿製程。在一個實施例中, 清潔製程為基於電漿之氧化物蝕刻製程。在一個實施例中, 基於電漿之氧化物蝕刻製程為電感耦合電漿製程。在這樣的例子中, 可使

用電感耦合電漿腔室(如對應第 3 圖而於下文討論之電漿腔室)來進行基於電漿之氧化物蝕刻製程。

【0022】 基板的表面可包括被暴露表面，如第 1A 圖所示之源極區域 106 的頂表面 107 和汲極區域 108 的頂表面 109。基板可包括含矽材料，而表面可包括諸如矽(Si)、鍺(Ge)或矽鍺合金(SiGe)等材料。在某些實施例中，Si、Ge 或 SiGe 表面可具有氧化物層，如原生氧化物層，設置於所述表面上。基板可為半導體基板，有元件形成於所述半導體基板上。

【0023】 在一個實施例中，基於電漿之氧化物蝕刻製程涉及在施加偏壓至基板的同時，使基板同步暴露於含氟前驅物和重惰性氣體的電漿流出物。基於電漿之氧化物蝕刻製程可為電容耦合電漿製程，或電感耦合電漿製程。可以原位方式或以遠端方式形成電漿。

【0024】 在一個實施例中，基於電漿之氧化物蝕刻製程包括：將三氟化氮(NF₃)之流導入處理區域。可使用其它氟源來增強或取代三氟化氮。一般而言，可將含氟前驅物流入處理區域，且含氟前驅物可包含選自二原子氟(F₂)、單原子氟(F)、三氟化氮(NF₃)、五氟化氮(NF₅)、六氟化硫(SF₆)、二氟化氙(XeF₂)、四氟化碳(CF₄)、八氟環丁烷(C₄F₈)、三氟甲烷(CHF₃)、氟化氫(HF)及前述含氟前驅物之組合所構成之群組中的至少一種前驅物。

【0025】 基於電漿之氧化物蝕刻製程可進一步包括：將相對重之惰性氣體的流導入處理區域，所述相對重之惰性氣體與三氟化氮一起在電漿中同步激發。惰性氣體可為重惰性氣體。如本文所描述，重惰性氣體可包括氬(Ar)、氪(Kr)、氙(Xe)及前述氣體之組合。

【0026】 基於電漿之氧化物蝕刻製程可涉及氣流比例(重惰性氣體:含氟前驅物)的維持，以達到期望之氧化物的蝕刻選擇性。在一個實施例中，可使用介於80:1與150:1之間(如，80:1至100:1；110:1至130:1；120:1)的氣流比例(Ar:NF₃)。可調整不同氣體的流速和比例，以控制蝕刻速率和蝕刻選擇性。

【0027】 在若干實施例中，可在介於約1 sccm(每分鐘標準立方公分)與25 sccm之間的流速下供應含氟前驅物(如，NF₃)，且可在介於約0 slm(每分鐘標準公升)與4 slm之間的流速下供應重惰性氣體(如，Ar)。本案所屬技術領域中之習知技藝者可認知到，可取決於包括處理腔室配置、基板尺寸、幾何形狀及特徵的佈局(layout)等數種因子，而使用其它氣體及/或流。在所揭示的實施例中，可在介於約1 sccm與約25 sccm之間、介於約2 sccm與約20 sccm之間、介於約4 sccm與約15 sccm之間，或介於約5 sccm與約12 sccm之間等的流速下供應含氟前驅物(如，NF₃)。可在介於約1 slm與約3 slm之間、介於約1 slm與約2 slm之間，

或介於約 2 s1m 與 3 s1m 之間等的流速下供應重惰性氣體(如, Ar)。

【0028】 在一個實施例中, 重惰性氣體/含氟前驅物混合物中之含氟前驅物(如, NF_3)的體積濃度可低於約 10%, 或, 更進一步低於約 5%, 或甚至低於約 1%。在若干實施例中, 含氟前驅物的體積濃度介於約 0.1% 與約 10% 之間(如, 介於約 0.1% 與約 1% 之間, 或介於約 1% 與約 5% 之間)。

【0029】 在一個實施例中, 重惰性氣體/含氟前驅物混合物中之重惰性氣體(如, Ar)的體積濃度可高於約 90%, 或更進一步高於約 95%, 或甚至高於約 99%。在若干實施例中, 重惰性氣體的體積濃度介於約 90% 與約 99.9% 之間(如, 介於約 90% 與約 95% 之間, 或介於約 95% 與約 99.9% 之間)。

【0030】 於操作 210 期間, 基板的溫度可介於約攝氏 0 度與約攝氏 200 度之間。在某些實施例中, 在氧化物移除製程期間之基板的溫度可為大於或等於約攝氏 20 度、大於或等於約攝氏 30 度、大於或等於約攝氏 40 度、大於或等於約攝氏 60 度、大於或等於約攝氏 80 度, 或大於或等於約攝氏 100 度。在所揭示的實施例中, 基板溫度可低於或等於約攝氏 120 度、低於或等於約攝氏 100 度、低於或等於約攝氏 80 度、低於或等於約攝氏 50 度, 且可介於約攝氏 30 度與約攝氏 50 度之間。

【0031】 操作 210 也包括在重惰性氣體和含氟前驅物位於遠端電漿區域或處理區域內的同時，施加能量至重惰性氣體和含氟前驅物，以生成電漿流出物。本案所屬技術領域中之習知技藝者可理解，電漿可包括數種帶電和中性物種，包括自由基和離子。可使用已知技術(如，射頻激發、電容耦合功率、電感耦合功率等)來生成電漿。在本揭示內容的實施例中，電漿源功率可介於約 10 瓦與約 3,000 瓦之間(如，介於約 10 瓦與約 1,000 瓦之間、介於約 200 瓦與約 2,500 瓦之間、介於約 300 瓦與約 2,000 瓦之間，或介於約 500 瓦與約 1,500 瓦之間)。

【0032】 於操作 210 期間，基板-處理區域內的壓力可低於或為約 10 托(Torr)、低於或為約 5 托、低於或為約 1 托、低於或為約 0.7 托、低於或為約 0.5 托、或低於或為約 0.1 托。在本揭示內容的實施例中，壓力可能高於或為約 0.5 毫托、高於或為約 0.01 托、約 0.1 托、高於或為約 0.5 托、高於或為約 0.7 托或高於或為約 1 托。在某些實施例中，基板處理區域中的壓力可介於約 0.5 毫托(mTorr)與約 700 毫托之間(如，介於約 2 毫托與約 200 毫托之間；或介於約 5 毫托與約 100 毫托之間；或介於約 10 毫托與約 50 毫托之間；或介於約 5 毫托與約 80 毫托之間)。

【0033】 於操作 210 期間，可以 RF 功率供應器透過基板支撐件施加 RF 偏壓至基板。施加至基板支撐件的功率可在基板的上表面上產生負電壓(negative voltage)

形式的基板偏壓。此負電壓可用於將來自電漿的離子吸引至基板的上表面，所述電漿形成於處理區域中。RF 偏壓可具有在自約 50 W 至約 800 W 之範圍內的功率位準。在一個實施例中，RF 偏壓可具有在自約 200 W 至 400 W 之範圍內的功率位準。舉例而言，RF 偏壓可具有 100 W、200 W、300 W 或 400 W 之功率位準。在某些實施例中，RF 偏壓的頻率將小於耦接至腔室的線圈之 RF 功率源的頻率。舉例而言，在某些實施例中，RF 偏壓頻率可為 2 MHz，而 RF 功率源頻率可為 13.56 MHz。在另一實施例中，RF 偏壓頻率可為約 13.56 MHz，且 RF 功率源頻率可為約 60 MHz。

【0034】於操作 220，將半導體結構 100 移送至磊晶沉積腔室，以在基板的表面（如，與源極和汲極區域 106、108、鰭結構 104 和閘極介電質 112 相鄰之被暴露表面）上沉積磊晶層。可使用任何合適的磊晶沉積製程。既然基板的表面因操作 210 的清潔製程之故而無汙染，後續形成於基板的表面上之磊晶層的品質得到改善。磊晶沉積可為選擇性磊晶沉積製程。磊晶層可為經摻雜或未經摻雜的含 IV 族材料，如 Si、Ge、Si:P、SiGe、SiC、SiAs、SiGe:B、Si:CP、任何合適的半導體材料或化合物半導體材料。

【0035】在一個實施例中，如第 1B 圖所示，磊晶沉積製程可在源極區域 106、汲極區域 108 及可選的鰭結構 104 之被暴露表面上，選擇性地且共形地生長第一經摻雜

矽層 116。視情況，如第 1B 圖所示，可在第一經摻雜矽層 116 上生長第二經摻雜矽層 118。第一經摻雜矽層 116 可為經 n-型摻雜的矽層，例如，經砷摻雜的矽層 (Si:As)。第二經摻雜矽層 118 可為經 n-型摻雜的矽，例如，經磷摻雜的矽層 (Si:P)。

【0036】 可在低於攝氏 800 度的溫度下進行磊晶沉積製程。在這樣的示例中，為了限制用於精細特徵的晶圓熱預算(若過度加熱的話，精細特徵可能會變形或擴散)，可設定溫度使其不超過攝氏 800 度。在一個實施例中，可使用高溫化學氣相沉積 (CVD) 製程來沉積磊晶層。在此熱-CVD 製程中，可使用諸如二氯矽烷、矽烷、二矽烷、鍍烷、含磷氣體、含砷氣體、氯化氫或前述氣體之組合等處理氣體來沉積磊晶層。處理壓力可介於 5 托與 600 托之間。

【0037】 於操作 230，將半導體結構 100 移送至電漿腔室進行釋氣控制。釋氣控制是一種製程，其可在移送基板進行下游處理之前，降低及/或去除來自基板之殘留氣體排放物(例如，砷)。在本揭示內容的多個實施例中，可藉由電漿移除被吸收或受困在基板的幾個原子層中之物種，來進行釋氣控制，而不會顯著損壞或蝕刻基板。舉例而言，若第一經摻雜矽層 116 為經砷摻雜的矽層 (Si:As)，則可使用自第一化學物形成之第一電漿來移除被吸收或受困在基板表面(如，磊晶層 116、118、閘極介電質 112 及/或介電材料 110 的表面)的幾個頂部原子

層中之含砷物種(如，砷)，而不會顯著損壞或蝕刻第一經摻雜矽層 116 或基板。其後，可使用自第二化學物形成之第二電漿來去除基板的前側與後側表面上之鬆散接合的含砷物種，以朝向零 ppb 的水平進一步降低釋氣。

【0038】 電漿腔室可為使用電漿或電漿輔助技術之任何合適的腔室。在一個實施例中，可在相同的電漿腔室(如對應第 3 圖而於下文討論之電感耦合電漿腔室)中進行操作 210 及操作 230。

【0039】 操作 230 的釋氣控制可包括兩個子操作 230A 及 230B。如將於下文中詳細討論的，子操作 230A 可使用以脈衝模式(pulsing mode)運行之第一低密度電漿，以從基板的被暴露表面移除幾個原子層，而不會損壞基板的晶體結構。子操作 230B 可在高壓下，使用以反向模式(reverse mode)運行的第二低密度脈衝式電漿，以從基板的被暴露表面去除鬆散接合的物種，以朝向零 ppb 的水平進一步降低釋氣。可反轉子操作 230A 及 230B 的順序。在某些實施例中，操作 230 可能僅包括子操作 230A 及 230B 中之一者。或者，可重複子操作 230A 及 230B 中之任一者。

【0040】 於操作 230A，可藉由將半導體結構 100 暴露於第一蝕刻製程氣體，而在電感耦合電漿腔室中進行釋氣控制。第一蝕刻製程氣體可包括一或多種蝕刻前驅物。

在一個實施例中，蝕刻前驅物可包括含氫前驅物、含氯前驅物及惰性氣體。含氫前驅物可包括原子氫(H)、二原子氫(H₂)、氨(NH₃)、碳氫化合物、不完全鹵素取代的碳氫化合物、前述含氫前驅物之任何組合等。含氯前驅物可包括氯氣(Cl₂)或三氟化氯(ClF₃)。惰性氣體可包括氬(Ar)、氦(He)、氖(Ne)、氙(Xe)、氮(N₂)等中之至少一者。在一個示例中，釋氣控制涉及使基板同步暴露於二原子氫前驅物、氯氣及氬的電漿流出物。

【0041】 此揭示內容中的術語「前驅物(precursor)」是用來指稱參與從表面移除材料或將材料沉積至表面上的反應之任何製程氣體。「電漿流出物(plasma effluents)」處於「激發態(excited state)」，其中至少某些氣體分子處於振動激發態、解離態及/或離子化態。

【0042】 在某些實施例中，基板-處理區域可基本上由Cl₂、氬及惰性氣體；Cl₂及氬；Cl₂及惰性氣體；或Cl₂、氬及氬所構成。術語「基本上(essentially)」的含意允許其它元素濃度，此濃度可能是無法避免地存在於典型處理系統中，也可能是不會對釋氣製程產生不利影響的低濃度。

【0043】 在下文討論之子操作 230A 或 230B 任一者中，可經由前驅物/氣體入口將蝕刻前驅物輸送進入基板處理區域。在某些實施例中，可在將蝕刻前驅物導入基板處理區域之前混合蝕刻前驅物。在某些實施例中，可將蝕

刻前驅物分別導入基板處理區域。可藉由電感耦合電漿激發蝕刻前驅物，其中藉由將交流(AC)電施加至一或多個天線線圈來產生電感耦合電漿。可以原位方式或以遠端方式形成電漿。

【0044】 在一個實施例中，氣流比例(惰性氣體:含氫前驅物)可介於 1.5:1 與 50:1 之間(如，1.5:1 至 3:1；3:1 至 5:1；5:1 至 10:1；10:1 至 20:1；20:1 至 30:1；30:1 至 40:1；40:1 至 50:1)。氣流比例(含氫前驅物:含氯前驅物)可介於 0.6:1 與 10:1 之間(如，0.6:1 至 0.8:1；0.8:1 至 1.5:1；1.5:1 至 3:1；3:1 至 6:1；6:1 至 8:1；8:1 至 10:1)。可調整不同氣體的流速和比例，以控制蝕刻速率和蝕刻選擇性。

【0045】 就 300 mm 的基板而言，可在介於約 50 sccm (每分鐘標準立方公分)與 800 sccm 之間(如約 100 sccm 至約 300 sccm，例如，約 200 sccm)的流速下供應含氫前驅物(如， H_2)。可在介於約 30 sccm 與 600 sccm 之間(如約 50 sccm 至約 300 sccm，例如約 250 sccm)的流速下供應含氯前驅物(如， Cl_2)。可在介於約 120 sccm 與 1000 sccm 之間(如約 200 sccm 至約 450 sccm，例如約 300 sccm)的流速下供應惰性氣體(如，Ar)。本案所屬技術領域中之習知技藝者可認知到，可取決於包括處理腔室配置、基板尺寸、幾何形狀及特徵的佈局(layout)等數種因子，而使用其它氣體及/或流。

【0046】於子操作 230A 期間，基板的溫度可介於約攝氏 0 度與約攝氏 80 度之間。在某些實施例中，釋氣控制期間之基板的溫度可大於或等於約攝氏 20 度、大於或等於約攝氏 30 度、大於或等於約攝氏 40 度、大於或等於約攝氏 50 度、大於或等於約攝氏 60 度、大於或等於約攝氏 70 度，或大於或等於約攝氏 80 度。在一個示例中，基板溫度為約攝氏 50 度。電漿腔室內的壓力可介於約 0.5 毫托與約 200 毫托之間，例如，介於約 2 毫托與約 10 毫托之間、介於約 10 毫托與約 20 毫托之間、介於約 20 毫托與約 50 毫托之間、介於約 50 毫托與約 80 毫托之間、介於約 80 毫托與約 100 毫托之間、介於約 100 毫托與約 120 毫托之間、介於約 120 毫托與約 150 毫托之間、介於約 150 毫托與約 180 毫托之間，或介於約 180 毫托與約 200 毫托之間。

【0047】當惰性氣體、含氫前驅物及含氯前驅物位在遠端電漿區域中時，將能量施加至惰性氣體、含氫前驅物及含氯前驅物，以生成電漿流出物。本案所屬技術領域中之習知技藝者可理解，電漿可包括數種帶電和中性物種，包括自由基和離子。在使用電感耦合功率生成電漿的例子中，可藉由一組線圈天線（如第 3 圖所示之內線圈天線 340 及中間線圈天線 350）將電漿源功率電感耦合至遠端電漿區域內或處理區域內。

【0048】於子操作 230A 期間，可使用低密度電漿而只移除被吸收或受困在基板的幾個原子層中之不想要的

物種，而不會顯著損壞基板(如，在每分鐘少於 0.5 個原子層的 Si 移除速率下)。電感耦合電漿可使用以標準模式 (standard mode) 運作的脈衝源功率(即，使用相同的 RF 頻率，且流經內線圈天線 340 和中間線圈天線 350 的電流同相(in-phase))。在一個實施例中，源功率可介於約 10 瓦與約 2,500 瓦之間(如，介於約 50 瓦與約 1,000 瓦之間、介於約 100 瓦與約 800 瓦之間、介於約 200 瓦與約 600 瓦之間，或介於約 300 瓦與約 500 瓦之間)。可以脈衝模式(pulsed mode)或連續模式(continuous mode)施加源功率。在實施例中，所施加的 RF 頻率可為低於約 200 kHz 之低 RF 頻率、介於約 10 MHz 與約 15 MHz 之間的高 RF 頻率，或大於或等於約 1 GHz 的微波頻率。

【0049】 在某些實施例中，可以 RF 功率供應器透過基板支撐件施加 RF 偏壓至基板。施加至基板支撐件的功率可在基板的上表面上產生負電壓形式的基板偏壓。此負電壓可用於將來自電漿的離子吸引至基板的上表面，所述電漿形成於處理區域中。RF 偏壓可具有在自約 50 W 至約 800 W 之範圍內的功率位準。在一個實施例中，RF 偏壓可具有在自約 200 W 至 400 W 之範圍內的功率位準。舉例而言，RF 偏壓可具有 100 W、200 W、300 W 或 400 W 之功率位準。在某些實施例中，RF 偏壓的頻率將小於耦接至電漿腔室的線圈天線之 RF 功率源的頻率。舉例而言，在某些實施例中，RF 偏壓頻率可為 2

MHz，而 RF 功率源頻率可為 13.56 MHz。在另一實施例中，RF 偏壓頻率可為約 13.56 MHz，且 RF 功率源頻率可為約 60 MHz。

【0050】 儘管低密度電漿(如， $H_2/Cl_2/Ar$ 電漿)適於僅移除基板的幾個頂部原子層，但可控制子操作 230A 之釋氣的處理時間，以防止過度蝕刻基板表面。可進行釋氣控制達約 80 秒或更短，例如約 60 秒或更短，如約 5 秒至約 60 秒、約 10 秒至約 50 秒，或約 20 秒至約 40 秒。

【0051】 於操作 230B，將半導體結構 100 暴露於第二蝕刻製程氣體。相似地，第二蝕刻製程氣體可含有一或多種蝕刻前驅物。在一個實施例中，第二蝕刻前驅物可包括含氫前驅物及惰性氣體。含氫前驅物及惰性氣體可類似於那些在操作 230A 所使用的含氫前驅物及惰性氣體。在一個示例中，釋氣控制涉及使基板同步暴露於二原子氫前驅物和氫的電漿流出物。

【0052】 在一個實施例中，氣流比例(惰性氣體:含氫前驅物)可介於 1.5:1 與 50:1 之間(如，1.5:1 至 3:1；3:1 至 5:1；5:1 至 10:1；10:1 至 20:1；20:1 至 30:1；30:1 至 40:1；40:1 至 50:1)。可調整不同氣體的流速和比例，以控制蝕刻速率和蝕刻選擇性。就 300 mm 的基板而言，含氫前驅物(如， H_2)的流速及惰性氣體(如，Ar)的流速可類似於上文在子操作 230A 討論的那些流速。本案所屬技術領域中之習知技藝者可認知到，可取決

於包括處理腔室配置、基板尺寸、幾何形狀及特徵的佈局 (l a y o u t) 等數種因子，而使用其它氣體及 / 或流。類似地，基板的溫度可介於約攝氏 0 度與約攝氏 80 度之間，如上文在子操作 230 A 討論的那些基板的溫度。

【0053】電漿腔室內的壓力可高於子操作 230 A 所用的壓力，如介於約 10 毫托與約 700 毫托之間，例如，介於約 10 毫托與約 30 毫托之間、介於約 30 毫托與約 60 毫托之間、介於約 60 毫托與約 90 毫托之間、介於約 90 毫托與約 120 毫托之間、介於約 120 毫托與約 150 毫托之間、介於約 150 毫托與約 180 毫托之間、介於約 180 毫托與約 210 毫托之間、介於約 210 毫托與約 250 毫托之間、介於約 250 毫托與約 300 毫托之間、介於約 300 毫托與約 350 毫托之間、介於約 350 毫托與約 400 毫托之間、介於約 400 毫托與約 450 毫托之間、介於約 450 毫托與約 500 毫托之間、介於約 500 毫托與約 550 毫托之間、介於約 550 毫托與約 600 毫托之間、介於約 600 毫托與約 650 毫托之間，或介於約 650 毫托與約 700 毫托之間。

【0054】於子操作 230 B 期間，可使用非常低的電漿密度 (比子操作 230 A 所用之電漿的密度低約 10 至 50 倍)，以去除受困在基板的被暴露表面上之鬆散接合的物種，而不會顯著損壞基板。可藉由以反向模式 (r e v e r s e m o d e) 運作電感耦合電漿來達成此低密度電漿。亦即，電流以不同相流動，致使第一線圈天

線(如，內線圈天線 340)相較於第二線圈天線(如，中間線圈天線 350)具有增加的電漿密度。此低密度的第二電漿遠弱於子操作 230A 所使用的第一電漿，儘管第二電漿的 RF 功率設定可高於第一電漿。由於第二電漿是在反向模式下運作，而不是在第一電漿所用的標準模式下運作，第二電漿的淨功率遠低於第一電漿。在一個實施例中，電漿源功率可介於約 10 瓦與約 2,500 瓦之間(如，介於約 50 瓦與約 1,000 瓦之間、介於約 100 瓦與約 800 瓦之間、介於約 200 瓦與約 600 瓦之間，或介於約 300 瓦與約 500 瓦之間)。可以脈衝模式或連續模式施加電漿源功率。在實施例中，就本文所描述之局部(local)或遠端電漿所施加的 RF 頻率可為低於約 200 kHz 之低 RF 頻率、介於約 10 MHz 與約 15 MHz 之間的高 RF 頻率，或大於或等於約 1 GHz 的微波頻率。在一個示例性的實例中，可藉由使用 13.56 MHz 之 RF 頻率，以 20% 的工作週期(duty cycle)施加處於反向模式的脈衝源功率，來生成電漿。

【0055】 類似地，如上文在子操作 230A 所討論，在釋氣控制期間，可施加偏壓功率至半導體結構 100 或基板。可控制子操作 230B 之釋氣的處理時間，以防止過度蝕刻基板表面。可進行釋氣控制達約 80 秒或更短，例如，約 60 秒或更短，如，約 5 秒至約 60 秒、約 10 秒至約 50 秒或約 20 秒至約 40 秒。

【0056】 在子操作 230A 及 230B 期間，可在電漿腔室內部，將半導體結構 100 升高離開基板支撐件(如基板支撐件 315)的基板支撐表面，使得電漿可以圍繞基板，以更佳地去除基板前表面及後側表面上之含砷物種。可藉由舉升銷將半導體結構 100 舉升於基板支撐表面上方達期望高度，如自基板支撐表面 321 計算約 1 mm 至約 10 mm，其中舉升銷延伸穿過基板支撐件 315 且位在基板支撐表面上方。

【0057】 在電感耦合電漿腔室中，使基板暴露於低密度脈衝式 $H_2/Cl_2/Ar$ 電漿(標準模式)，接著暴露於密度較 $H_2/Cl_2/Ar$ 電漿低 10 至 50 倍的低密度脈衝式 H_2/Ar 電漿(反向模式)，可容許將諸如砷等毒性氣體的釋氣降低至安全水平。特別是，氫自由基僅與被吸收或受困在基板表面的最上方之含砷殘留物或物種(AsH_x 或 TBA)反應，並將這些含砷殘留物或物種轉變成能迅速蒸發的揮發性物種。低電漿密度和低能量離子可以受控制的方式(如，在每分鐘少於 0.5 個原子層的 Si 移除速率下)移除大部分的砷，以適度將砷減量，同時在矽表面上沒有觀察到明顯的表面損傷。已觀察到，在整合的清潔製程和釋氣降低製程後，矽表面粗糙度為約 1.5 Å。

【0058】 可考慮到，在操作 230 初步完成後，可重複子操作 230A 及 230B 至少一個額外循環，致使朝向零 ppb 的水平進一步降低釋氣。在某些實施例中，可重複操作 230，直到釋氣水平掉到零 ppb 為止。已完成測試，

且結果顯示，在 Si:As/Si:P 磊晶製程後，於電感耦合電漿腔室中暴露半導體結構，可將釋氣降低至接近零 ppb 。

【0059】於操作 240，在子操作 230A 及 230B（如， $\text{H}_2/\text{Cl}_2/\text{Ar}$ 及 H_2/Ar 電漿處理）之後，可視情況在電漿腔室（如對應第 3 圖而於下文描述之電漿腔室）中形成弱 O_2/Ar 電漿，以氧化基板的表面，從而形成釋氣阻障層 120，如第 1B 圖所示，釋氣阻障層 120 可密封基板的表面之至少一部分。在第一經摻雜矽層 116 為經砷摻雜之矽層的一個實施例中，弱 O_2/Ar 電漿可氧化並形成釋氣阻障層 120 於 Si:As 表面上。可藉由將反向模式的電漿以電感方式耦合至處在含氧前驅物和氬氣氛中之基板處理區域，以形成弱 O_2/Ar 電漿。在一個實施例中，氣流比例（含氧前驅物：氬）可介於 1:1 與 30:1 之間（如，1:1 至 3:1；3:1 至 5:1；5:1 至 10:1；10:1 至 20:1；20:1 至 30:1）。可調整不同氣體的流速和比例，以控制蝕刻速率和蝕刻選擇性。儘管本文討論的是氧，但可考慮使用其它含氧前驅物，如臭氧（ O_3 ）氣體、氧化亞氮（ N_2O ）、一氧化氮（ NO ）、一氧化碳（ CO ）、二氧化碳（ CO_2 ）、水蒸氣（ H_2O ）、或前述含氧前驅物的任何組合。

【0060】於操作 250，如將於第 4 圖討論的，在操作 230 的釋氣控制之後，可將基本上沒有砷釋氣的基板移送至裝載閘腔室（load-lock chamber）或一或多個處理

腔室，以進一步處理基板。可同時清潔電漿腔室，以供下一次磊晶前清潔(*pre-epi clean*)所用。

【0061】第3圖為電漿腔室300的剖面視圖，電漿腔室300可用來實作本文所描述之實施例。可在電漿腔室300中進行操作210、操作230及操作240中之至少一者。第3圖描繪的電漿腔室300可包括上方部分328及下方部分330。電漿腔室300可具有側壁305及蓋組件310。側壁305可具有軸向對稱的形狀，如圓柱狀。側壁305可包括軸向對稱的(如，圓柱狀)介電側窗306及腔室襯裡307，腔室襯裡307可由金屬製成。位在電漿腔室300內部的基板支撐件315可包括基座320和支柱325，基座320可具有基板支撐表面321面對蓋組件310，基板支撐表面321用於固持基板322，而支柱325可支撐基座320。蓋組件310、基座320及側壁305界定電漿腔室300之處理區域301的界線。基座320可包括絕緣的內部電極324。視情況，可經由延伸通過支柱325的電纜332將靜電夾持(*electrostatic chucking*; *ESC*)電壓及/或RF電漿偏壓功率供應至絕緣的內部電極324。電纜332可耦接至RF偏壓功率源(如RF阻抗匹配網路及/或RF功率產生器)以作為RF偏壓饋入絕緣的內部電極324。電纜332可被提供作為可能是剛性的(或撓性的)同軸傳輸線，或作為撓性的同軸電纜。

【0062】可藉由一組線圈天線(包括內線圈天線340、中間線圈天線350及可選的外或側邊線圈天線360)，將電漿源功率電感耦接至處理區域301內，全部所述線圈天線以彼此同心的方式設置，且與側壁305的對稱軸線同軸。蓋組件310可包括碟形介電窗，內線圈天線340及中間線圈天線350透過所述介電窗將RF電漿源功率電感耦合至處理區域301。碟形介電窗312與側壁305同軸，並具有與基板支撐表面321的平面平行的碟平面(disk-plane)。側邊線圈天線360可透過圓柱狀介電側窗306將RF電漿源功率電感耦合至處理區域301內。介電窗306及312可統稱為窗組件。

【0063】腔室襯裡307被包圍在下腔室本體370內，下腔室本體370包括圓柱狀下腔室本體側壁375及下腔室本體底板380。下腔室本體側壁375和下腔室本體底板380包圍抽氣區域381。真空泵390設置於下腔室本體底板380中的真空泵開口395中，且相對於下腔室本體側壁375的對稱軸線置中。圍阻壁(containment wall)396與基板支撐件315同軸，且撓性波紋管(bellows)397延伸於基座320與圍阻壁396之間，而將基板支撐件315包圍在內部中央空間398中。內部中央空間398可與由真空泵390抽空的容積(包括抽氣區域381及處理區域301)隔離。

【0064】可從共用RF源或從不同RF源供應功率，所述不同RF源如RF匹配(RF阻抗匹配網路)342及

344。可應用具有雙輸出的 RF 阻抗匹配網路，以用第一 RF 產生器驅動所述線圈天線中的兩個線圈天線，而第二 RF 產生器及第二 RF 阻抗匹配網路可驅動第三線圈天線。或者，三個 RF 產生器可透過三個相應的 RF 阻抗匹配網路分別驅動三個線圈天線。在又一個實施例中，單一 RF 功率產生器可透過具有三個輸出的 RF 阻抗匹配網路來驅動所有三個線圈天線。在以上實施例的某些實施例中，可獨立調整施加至不同線圈天線的 RF 功率位準，以控制電漿離子密度的徑向分佈。儘管所述的實施例包括三個線圈天線 340、350 及 360，但其它實施例可僅包括所述三個線圈天線 340、350 及 360 中的一個或兩個線圈天線。

【0065】第 4 圖為處理系統的頂視圖，根據本文所述的實施例，可使用該處理系統來完成第 2 圖所繪示的處理程序。處理系統 400 的一個示例為可購自美國加州聖大克勞拉市的應用材料公司之 CENTURA[®] 系統。任何便捷型的移送機器人 404 可設置於處理系統 400 的移送腔室 402 中。具有兩個裝載間腔室 406A、406B 的裝載間 406 耦接至移送腔室 402。複數個處理腔室 408、410、412、414 及 416 也耦接至移送腔室 402。複數個處理腔室 408、410、412、414 及 416 可包括清潔腔室、蝕刻腔室、氧化腔室及沉積腔室(如磊晶沉積腔室)中之至少一者。

【0066】處理腔室 408 可為電漿腔室，經配置以進行氧化物移除(操作 210)、釋氣控制(操作 230)及釋氣阻障層形成(操作 240)中的任何操作。處理腔室 408 可為與第 3 圖所描繪之電漿腔室 300 類似的電感耦合電漿腔室。

【0067】處理腔室 416 也可為電漿腔室，經配置以進行氧化物移除(操作 210)、釋氣控制(操作 230)或釋氣阻障層形成(操作 240)中的任何操作。處理腔室 416 可為與第 3 圖所描繪之電漿腔室 300 類似的電感耦合電漿腔室。在某些實施例中，氧化物移除(操作 210)、釋氣控制(操作 230)及釋氣阻障層形成(操作 240)可全部在電感耦合電漿腔室(如處理腔室 408 或處理腔室 416)中進行。在一個實施例中，可在處理腔室 408 中進行操作 210 及操作 230，且可在處理腔室 416 中進行操作 240。處理腔室 410、412 及 414 可為材料沉積腔室，如能進行選擇性磊晶生長製程(操作 220)的磊晶沉積腔室。

【0068】可使用處理系統 400 進行上文所描述的處理程序 200。在處理期間，在莢艙(pod)(未繪示)中的待處理基板可抵達處理系統 400。可藉由工廠介面機器人(未繪示)將基板從莢艙移送至真空相容性裝載閘 406A、406B。接著藉由移送腔室 402 中的移送機器人 404 操作基板，移送腔室 402 通常保持真空狀態。移送機器人 404 接著將基板裝載至處理腔室 408 或處理腔室

416 內，以如操作 210 所描述般進行清潔。在操作 210 於處理腔室 408 中進行的實施例中，移送機器人 404 接著從處理腔室 408 拾取基板，並將基板裝載至處理腔室 410、412 及 414 內，以進行基板處理(以可進行者為準)，以沉積材料。可如操作 220 所描述，於處理腔室 410、412 或 414 中，在經清潔的基板上生長磊晶層。移送機器人 404 接著自處理腔室 410、412 或 414 中之一者拾取基板，並將基板裝載至處理腔室 408 或處理腔室 416 內，以如操作 230 所描述般進行釋氣控制。視情況，可如操作 240 所描述般原位進行釋氣阻障層形成製程，或者移送機器人 404 可將基板移送至處理腔室 408 或處理腔室 416 進行釋氣阻障層形成製程。移送機器人 404 接著從處理腔室 408 或處理腔室 416 拾取基板，並將基板裝載至裝載閘 406 內。

【0069】 綜上所述，本文所揭示的實施例有關於控制基板釋氣的方法，使得可在基板上進行 Si:As 製程之後，且在額外處理之前，從基板的表面去除有害氣體。本揭示內容的部分優點包括：在基板的表面上進行磊晶沉積之前，改善電漿腔室中之基板的表面之清潔。對基板表面的這種改善的清潔導致後續形成之磊晶沉積層的質量之改進。此外，在進一步處理之前，可在相同的電漿腔室中去除受困在基板表面中的含砷物種和殘留的砷釋放氣體，從而減少腔室佔地(footprint)和相關花費。

【0070】 儘管前文是針對本揭示內容之實施例，但在不脫離本揭示內容之基本範疇下，可設計本揭示內容之其它和進一步實施例，且本揭示內容之範疇由以下的申請專利範圍所決定。

【符號說明】

【0071】

100 半導體結構

102 基板

104 鰭結構

104a 第一部分

104b 第二部分

105 第一表面

106 源極區域

107、109 頂表面

108 汲極區域

110 介電材料

111 第二表面

112 閘極介電質

114 原生氧化物層

116 第一經摻雜矽層

118 第二經摻雜矽層

120 釋氣阻障層

200 處理程序

210~250 操作

- 3 0 0 電漿腔室
- 3 0 1 處理區域
- 3 0 5 側壁
- 3 0 6、3 1 2 介電窗
- 3 0 7 腔室襯裡
- 3 1 0 蓋組件
- 3 1 5 基板支撐件
- 3 2 0 基座
- 3 2 1 基板支撐表面
- 3 2 2 基板
- 3 2 4 內部電極
- 3 2 5 支柱
- 3 2 8 上方部分
- 3 3 0 下方部分
- 3 3 2 電纜
- 3 4 0 內線圈天線
- 3 4 2、3 4 4 R F 匹配
- 3 5 0 中間線圈天線
- 3 6 0 外或側邊線圈天線
- 3 7 0 下腔室本體
- 3 7 5 下腔室本體側壁
- 3 8 0 下腔室本體底板
- 3 8 1 抽氣區域
- 3 9 0 真空泵

3 9 5 真 空 泵 開 口

3 9 6 圍 阻 壁

3 9 7 撓 性 波 紋 管

3 9 8 內 部 中 央 空 間

4 0 0 處 理 系 統

4 0 2 移 送 腔 室

4 0 4 移 送 機 器 人

4 0 6 裝 載 閘

4 0 6 A 、 4 0 6 B 裝 載 閘 腔 室

4 0 8 、 4 1 0 、 4 1 2 、 4 1 4 、 4 1 6 處 理 腔 室

【生物材料寄存】

【 0 0 7 2 】 國 內 寄 存 資 訊 (請 依 寄 存 機 構 、 日 期 、 號 碼 順 序 註 記)

無

【 0 0 7 3 】 國 外 寄 存 資 訊 (請 依 寄 存 國 家 、 機 構 、 日 期 、 號 碼 順 序 註 記)

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種處理一基板之方法，包含下列步驟：

於一電感耦合電漿腔室中，從一基板的一被暴露表面移除氧化物；

於一磊晶沉積腔室中，在該基板的該被暴露表面上形成一磊晶層；以及

藉由以下步驟進行該基板之釋氣控制：

於該電感耦合電漿腔室中，在一第一腔室壓力下使該基板經受一第一電漿，該第一電漿形成自一第一蝕刻前驅物，其中該第一蝕刻前驅物包含一含氫前驅物、一含氯前驅物及一惰性氣體；以及

於該電感耦合電漿腔室中，在高於該第一腔室壓力之一第二腔室壓力下，使該基板經受一第二電漿，該第二電漿形成自一第二蝕刻前驅物，其中該第二蝕刻前驅物包含一含氫前驅物及一惰性氣體。

【第2項】 如請求項1所述之方法，其中該第二電漿的密度比該第一電漿的密度低約10倍至約50倍。

【第3項】 如請求項1所述之方法，其中該第一電漿係以標準模式(standard mode)運行之低密度電漿。

【第4項】 如請求項1所述之方法，其中以一源功率生成該第一電漿，該源功率以脈衝模式(pulsed

mode) 運作。

- 【第5項】 如請求項 1 所述之方法，其中該第二電漿係以反向模式(reverse mode) 運行之一低密度電漿。
- 【第6項】 如請求項 5 所述之方法，其中以一源功率生成該第二電漿，該源功率使用 13.56 MHz 之一 RF 頻率，並以 20% 的工作週期(duty cycle) 施加該源功率。
- 【第7項】 如請求項 1 所述之方法，其中該含氫前驅物包含原子氫(H)、二原子氫(H₂)、氨(NH₃)、碳氫化合物、不完全鹵素取代的碳氫化合物或前述含氫前驅物之任何組合。
- 【第8項】 如請求項 1 所述之方法，其中該含氯前驅物包含氯氣(Cl₂)或三氟化氯(ClF₃)。
- 【第9項】 如請求項 1 所述之方法，其中該第一蝕刻前驅物包含 H₂、Cl₂ 及 Ar，且該第二蝕刻前驅物包含 H₂ 及 Ar。
- 【第10項】 如請求項 1 所述之方法，其中該含氫前驅物及該含氯前驅物係在介於 0.6:1 與 10:1 之間的一氣流比例(含氫前驅物:含氯前驅物)下流入該電感耦合電漿腔室。
- 【第11項】 如請求項 1 所述之方法，其中該第一蝕刻

前驅物及該第二蝕刻前驅物之該惰性氣體及該含氫前驅物係在一氣流比例(惰性氣體:含氫前驅物)下流入該電感耦合電漿腔室，該氣流比例可介於 1.5:1 與 50:1 之間。

【第12項】 如請求項 1 所述之方法，其中該第一腔室壓力係介於約 0.5 毫托與約 200 毫托之間，且該第二腔室壓力係介於約 10 毫托與約 700 毫托之間。

【第13項】 一種處理一基板之方法，包含下列步驟：

於一電感耦合電漿腔室中，從一基板的一被暴露表面移除氧化物；

於一磊晶沉積腔室中，在該基板的該被暴露表面上形成一磊晶層；以及

藉由以下步驟進行該基板之釋氣控制：

於該電感耦合電漿腔室中，在一第一腔室壓力下使該基板經受一第一電漿，該第一電漿形成自一第一蝕刻前驅物，其中該第一蝕刻前驅物包含一含氫前驅物、一含氯前驅物及一惰性氣體；以及

於該電感耦合電漿腔室中，在高於該第一腔室壓力之一第二腔室壓力下，使該基板經受一第二電漿，該第二電漿形成自一第二蝕刻前驅物，其中該第二蝕刻前驅物包含一含氫前驅物及一惰性氣體，

且該第二電漿的密度比該第一電漿的密度低約 10 倍至約 50 倍。

【第 14 項】 如請求項 13 所述之方法，進一步包含下列步驟：

在釋氣控制期間，升高該基板離開一基板支撐件的一基板支撐表面，該基板支撐件設置於該電感耦合電漿腔室內，且該基板經升高而位於與該基板支撐表面相距約 1 mm 至約 10 mm 之距離處。

【第 15 項】 如請求項 13 所述之方法，進一步包含下列步驟：

於釋氣控制期間，施加一 RF 偏壓至該基板；以及使該基板經受一 O_2/Ar 電漿，以氧化該基板的該被暴露表面，且該氧及氬係在介於 1:1 與 30:1 之間的一流比例 ($O_2:Ar$) 下流入該電感耦合電漿腔室。

【第 16 項】 一種處理一基板之方法，包含下列步驟：

移送一基板進入一電漿腔室之一基板處理區域內，其中該基板具有一被暴露含矽表面；

藉由使用一第一電漿蝕刻製程，從該被暴露含矽表面移除氧化物，包含下列步驟：

於施加一電漿功率的同時，將一含氟前驅物及一惰性氣體流入該基板處理區域內，以形成氟離子及惰性氣體離子；以及

於施加一偏壓至該基板的同時，以該等氟離子及惰性氣體離子蝕刻含矽表面，以形成一經蝕刻含矽表面；

從該電漿腔室移送該基板至一磊晶沉積腔室；

在該基板的該經蝕刻含矽表面上形成一磊晶層，該磊晶層包含砷；

從該磊晶沉積腔室移送該基板回到該電漿腔室；以及

於該電漿腔室中，藉由以下步驟進行該基板之釋氣控制：

在一第一腔室壓力下，使用一第一電漿移除受困在該基板的幾個頂部原子層上之含砷物種，而不顯著蝕刻該基板，該第一電漿形成自一第一蝕刻前驅物，其中該第一蝕刻前驅物包含一含氫前驅物、一含氯前驅物及一惰性氣體；以及

在高於該第一腔室壓力之一第二腔室壓力下，使用一第二電漿從該基板的被暴露表面去除鬆散接合的砷物種，該第二電漿形成自一第二蝕刻前驅物，其中該第二蝕刻前驅物包含一含氫前驅物及一惰性氣體。

【第17項】 如請求項16所述之方法，其中該第二電漿的密度比該第一電漿的密度低約10倍至約50倍。

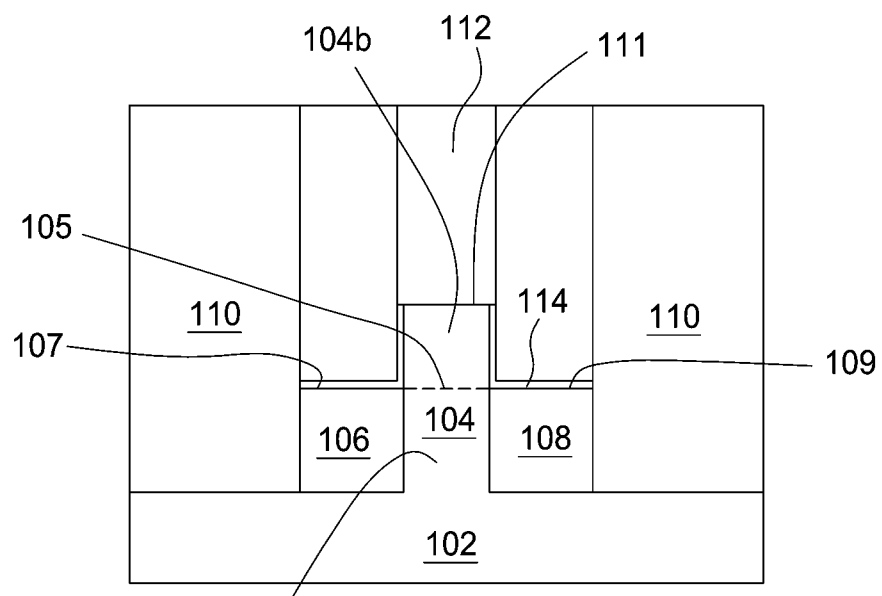
【第18項】 如請求項16所述之方法，其中該第一電漿係以標準模式(standard mode)運行之低密度電漿，且該第二電漿係以反向模式(reverse mode)運行之低密度電漿。

【第19項】 如請求項16所述之方法，其中該第一蝕刻前驅物包含 H_2 、 Cl_2 及 Ar，且該第二蝕刻前驅物包含 H_2 及 Ar。

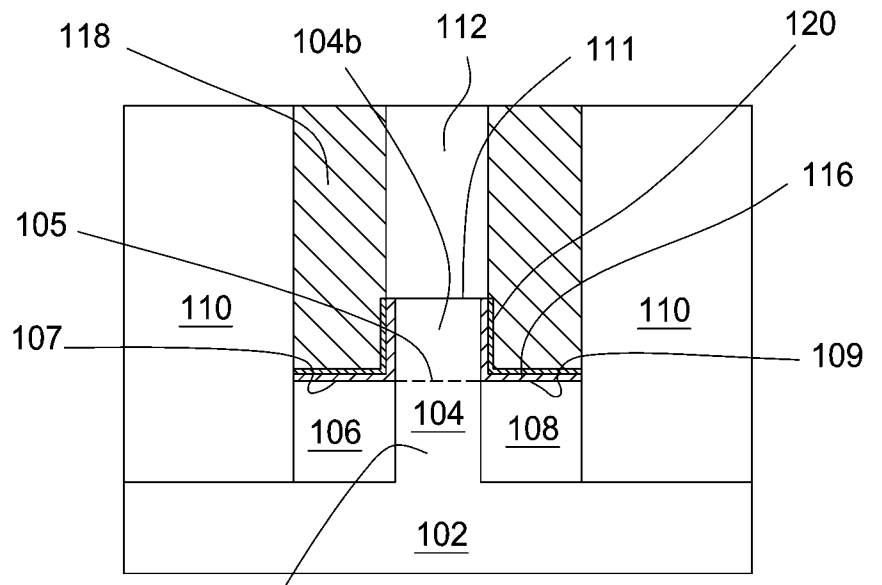
【第20項】 如請求項16所述之方法，進一步包含下列步驟：

於釋氣控制期間，施加一 RF 偏壓至該基板；以及使該基板經受一 O_2 /Ar 電漿，以氧化該基板的該被暴露表面。

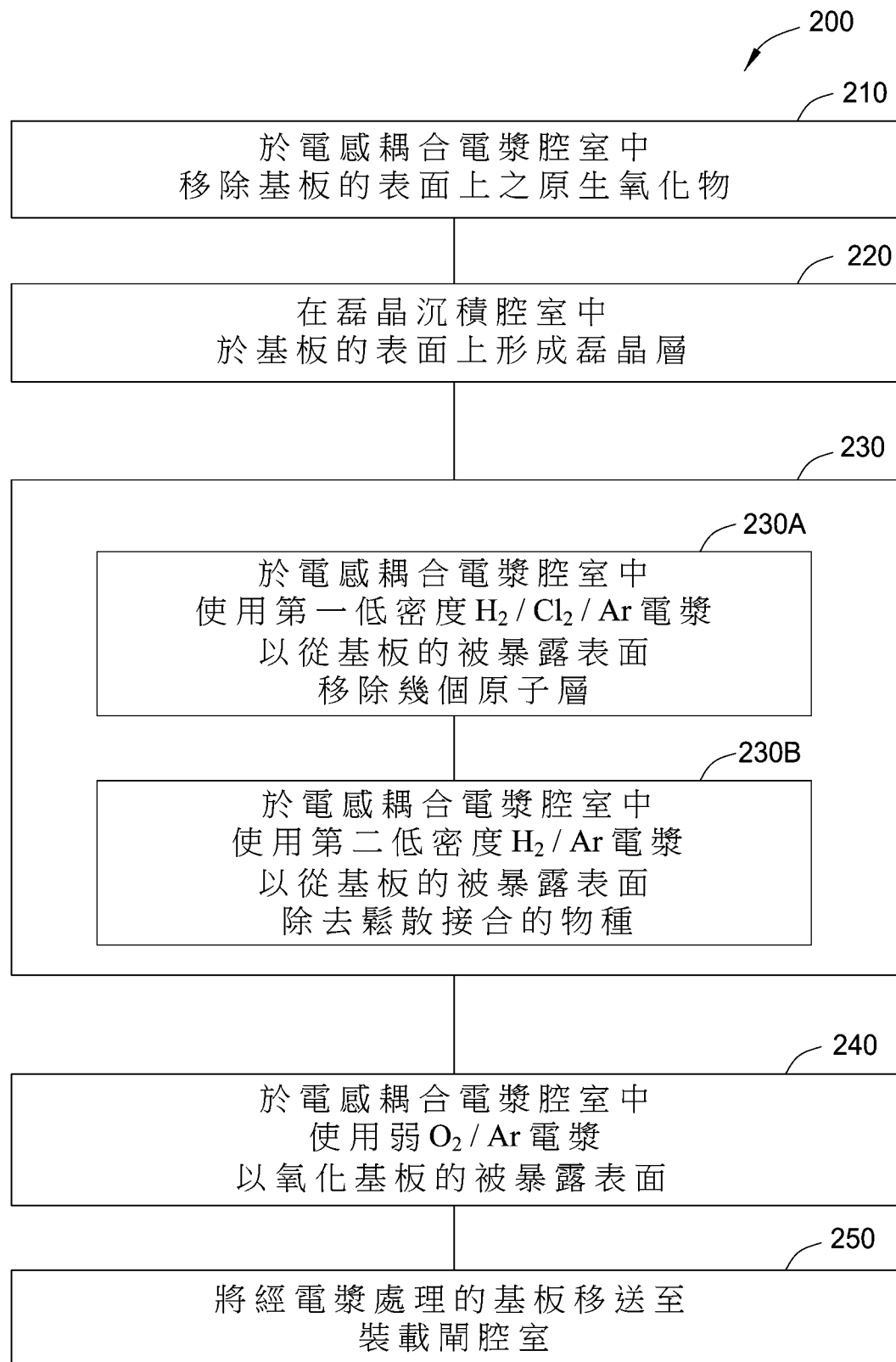
【發明圖式】



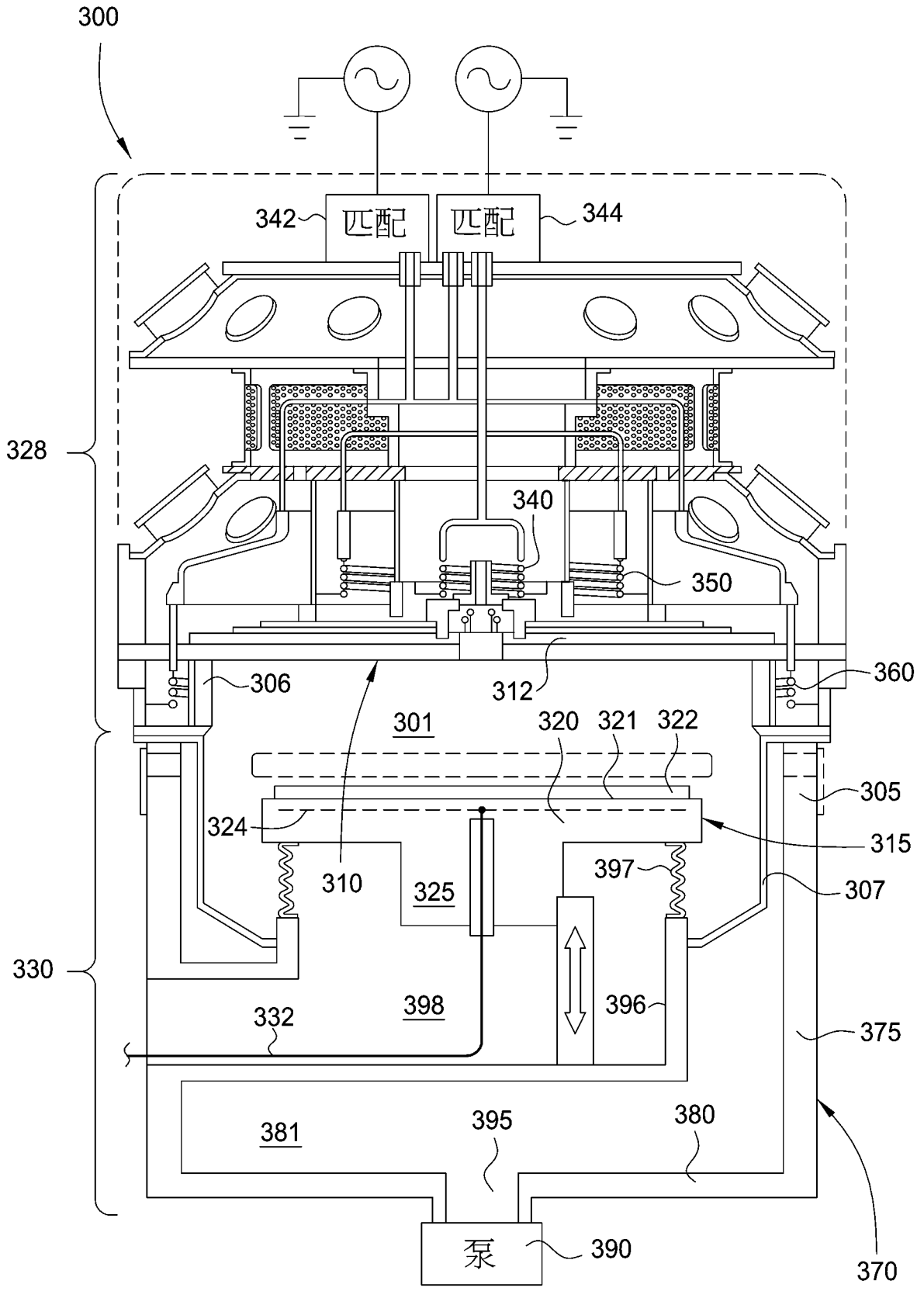
104a 第 1A 圖



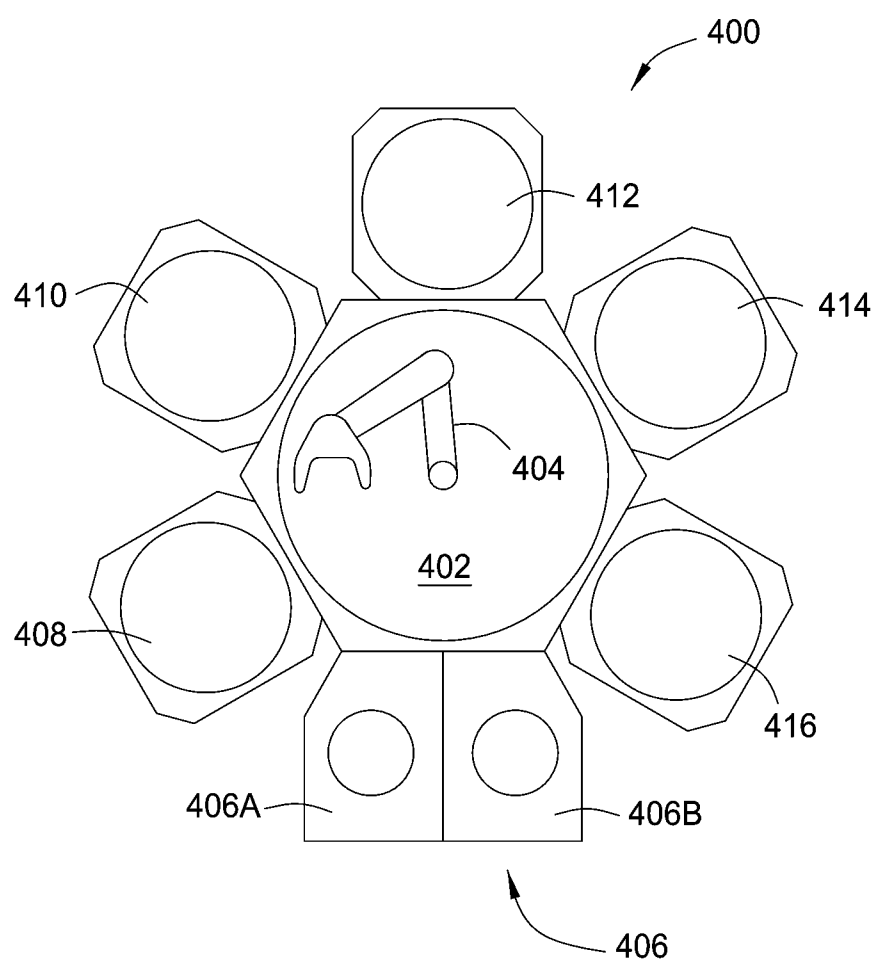
104a 第 1B 圖



第 2 圖



第 3 圖



第 4 圖