

(21)申請案號：101104554

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 02 月 13 日

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

(30)優先權：2011/02/25 美國 61/446,891

2011/07/27 美國 13/192,034

(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：諾里阿提夫 NOORI, ATIF (US)；瑪哈賈尼梅翠伊 MAHAJANI, MAITREYEE

(US)；劉帕特里夏 M LIU, PATRICIA M. (US)；洪史帝芬 HUNG, STEVEN

(TW)；佐藤達也 E SATO, TATSUYA E. (JP)；張鎂 CHANG, MEI (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：6 共 50 頁

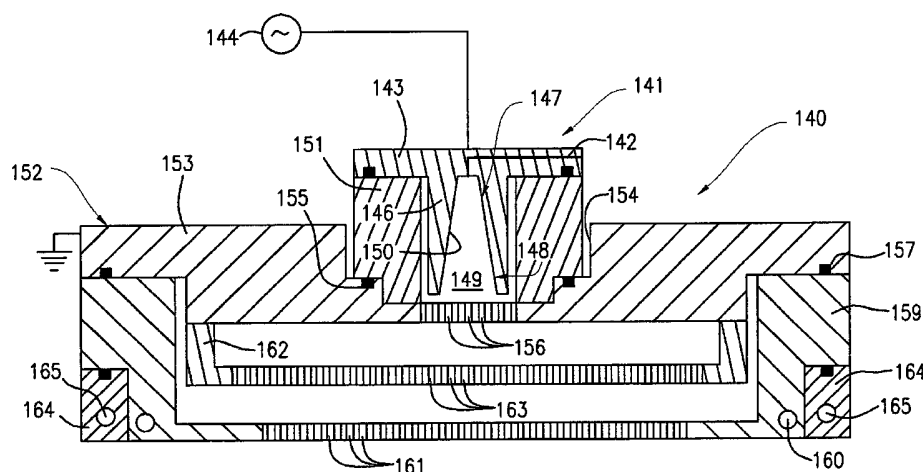
(54)名稱

用於閘極堆疊製備之乾式化學清潔法

DRY CHEMICAL CLEANING FOR GATE STACK PREPARATION

(57)摘要

本發明揭示一種沉積製程，該沉積製程包括乾式蝕刻製程、繼之以高介電常數介電質之沉積製程。該乾式蝕刻製程涉及將待清潔基板放入處理腔室中以移除表面氧化物。激勵氣體混合物以形成與該基板上之氧化物反應而形成薄膜之反應性氣體之電漿。加熱該基板以氣化該薄膜且曝露基板表面。該基板表面實質上不含氧化物。隨後使用沉積以在該基板表面上形成一層。



140：蓋總成

141：第一電極

142：氣體入口

143：上段

144：電源

146：膨脹段

147：上部

148：下部

149：電漿腔

150：內徑

152：電極

153：頂板

155：彈性 O 型環

156：穿孔

157：O 型環式密封件

159：環形安裝凸緣

160：通道

161：穿孔

162：阻隔板

163：穿孔

164：蓋沿

165：通道

(21)申請案號：101104554

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 02 月 13 日

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

(30)優先權：2011/02/25 美國 61/446,891

2011/07/27 美國 13/192,034

(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：諾里阿提夫 NOORI, ATIF (US)；瑪哈賈尼梅翠伊 MAHAJANI, MAITREYEE

(US)；劉帕特里夏 M LIU, PATRICIA M. (US)；洪史帝芬 HUNG, STEVEN

(TW)；佐藤達也 E SATO, TATSUYA E. (JP)；張鎂 CHANG, MEI (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：6 共 50 頁

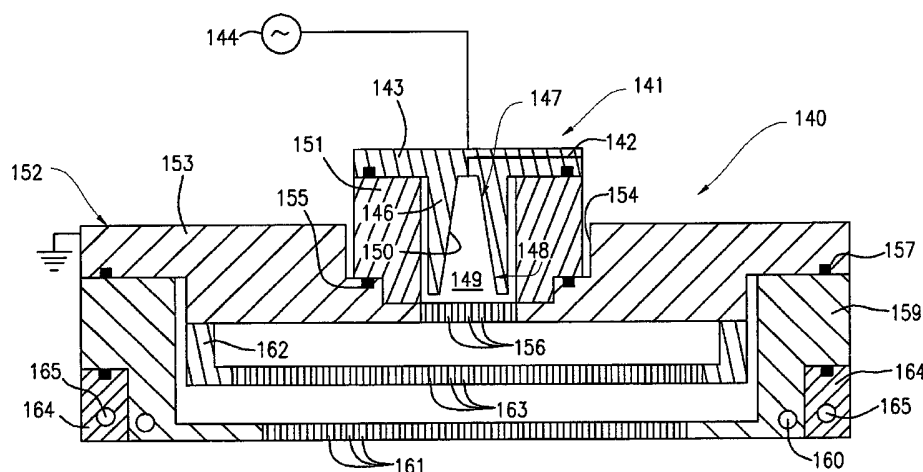
(54)名稱

用於閘極堆疊製備之乾式化學清潔法

DRY CHEMICAL CLEANING FOR GATE STACK PREPARATION

(57)摘要

本發明揭示一種沉積製程，該沉積製程包括乾式蝕刻製程、繼之以高介電常數介電質之沉積製程。該乾式蝕刻製程涉及將待清潔基板放入處理腔室中以移除表面氧化物。激勵氣體混合物以形成與該基板上之氧化物反應而形成薄膜之反應性氣體之電漿。加熱該基板以氣化該薄膜且曝露基板表面。該基板表面實質上不含氧化物。隨後使用沉積以在該基板表面上形成一層。



140：蓋總成

141：第一電極

142：氣體入口

143：上段

144：電源

146：膨脹段

147：上部

148：下部

149：電漿腔

150：內徑

152：電極

153：頂板

155：彈性 O 型環

156：穿孔

157：O 型環式密封件

159：環形安裝凸緣

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明之實施例係關於用於在基板上形成閘極堆疊之方法、系統及設備。特定言之，本發明揭示涉及用於在閘極堆疊形成之前移除表面氧化物之清潔製程之沉積方法、系統及設備。

【先前技術】

在用於形成邏輯裝置及記憶體裝置中之電晶體閘極堆疊之典型處理流程中，閘極堆疊處理流程由預清潔繼之以熱氧化構成。舉例而言，使用在此項技術中可被稱為氫預烘焙之技術，可在氫氣氛中在超過 1000°C 之溫度下使基板退火。然而，就熱預算而言，此種高溫處理係昂貴的。

在更先進之裝置中，可引入諸如高介電常數沉積、去耦電漿氧化、濕式化學處理及退火之後續步驟。已藉由將晶圓浸入濕式化學物中以移除原生氧化物而進行流程中之首要步驟——預清潔步驟。此步驟通常可以尤其 HF、SC1 進行。此外，在熱氧化物之後，可存在另一濕式化學處理步驟來使界面層變薄。

更詳言之，通常在將基板裝載入沉積腔室之前執行場外濕式稀釋氫氟（HF）酸蝕刻。此製程有時在此項技術中被稱為 HF-最後（HF-last）。基板可在沖洗之後乾燥且用氫鈍化，對矽基板而言，該鈍化用使原生氧化物生長

變慢之 Si-H 鍵填充基板表面，該原生氧化物生長可在當晶圓在自濕式 HF 蝕刻站轉移至沉積腔室的同時曝露在環境空氣下時發生。由於仍會發生之輕微氧化（假定環境曝露保持在最小值），可在原位進行相對較輕之氫預烘焙，諸如在小於 900°C 之溫度下歷時 30 秒至 120 秒。在預烘焙步驟之後，可進行沉積製程。

儘管 HF-最後預清潔步驟對自基板表面移除原生氧化物有效，但該 HF-最後預清潔步驟對製造程序引入一定複雜性。由於該 HF-最後預清潔步驟為濕式製程，HF-最後強加了在濕式清潔站與諸如沉積腔室之後續處理腔室之間的固有佇列時間。

基板表面之氧化可在（例如）當基板在各種製造站之間輸送時曝露在環境空氣下時發生。此可在隨後的閘極堆疊之形成中造成各種問題。因此，將需要提供在閘極堆疊形成之前清潔基板表面之替代方法。

【發明內容】

本發明之實施例係關於閘極堆疊處理流程中之乾式化學清潔/處理。可被稱為「Siconi」製程之乾式清潔製程相對於濕式清潔技術可潛在地改良裝置之電特性，以及提供產生更可縮放裝置之途徑以允許進一步小型化微電子組件。

在一或多個實施例中，閘極氧化物係在閘極堆疊之形成期間（例如在 MOSFET、MOS CAP 等之形成期間）形

成於經清潔之基板表面上。在一些實施例中，閘極氧化物包含二氧化矽。二氧化矽已作為閘極氧化物材料使用多年。然而，由於特徵大小已減小，二氧化矽閘極介電質厚度已經減小以增加閘極電容以驅動電流及裝置效能。在其他實施例中，閘極氧化物包含具有超過 3.9 之介電常數之高介電常數介電質。下文提供實例。

閘極氧化物及閘極堆疊可藉由任何適合沉積製程或材料層形成製程執行，例如物理氣相沉積及化學氣相沉積。由於裝置變得較小，原子層沉積（ALD）正變得更常用來製造具有較小特徵大小之裝置。在典型 ALD 製程中，順序地將反應物氣體引入至含有基板之處理腔室中。通常，第一反應物係引入至處理腔室中且吸附於基板表面上。第二反應物係隨後引入至處理腔室中且與第一反應物反應以形成沉積材料。可在各反應物氣體之輸送之間進行淨化步驟以確保發生之反應僅係在基板表面上。淨化步驟可係用載氣之連續淨化或反應物氣體之輸送之間的脈衝淨化。

根據一或多個實施例，可根據本文所述之技術而製造具有較小特徵大小（例如 45 nm 及更小及 32 nm 及更小）之裝置。

【實施方式】

在描述本發明之若干例示性實施例之前，應瞭解，本發明不限於在以下描述中陳述之建構或處理步驟之細

節。本發明能具有其他實施例及可以各種方式實踐或實行。

本發明之態樣係關於用於將膜沉積至基板上之系統、設備及方法。如熟習此項技術者應瞭解，在下文中不詳細描述熟知之半導體處理裝備及與沉積有關之技術以便不使本發明不必要地難以理解。熟習此項技術者將易瞭解製程參數值將視特定環境、基板類型等而顯著變化。因此，由於一旦已知本發明之原理即可判定此類值，所以可能值及條件之詳盡清單係既不實用又無必要的。

本發明之實施例係關於在沉積之前使用經激勵之氣體清潔基板（例如矽）。本發明之態樣可在叢集工具中實行。通常，叢集工具係包含多個腔室之模組化系統，該多個腔室執行包括基板定中心及定向、除氣、退火、沉積及/或蝕刻之各種功能。根據本發明之實施例，叢集工具包括經組態以執行本發明氧化物生長製程之氧化腔室。叢集工具之多個腔室係安裝於中心轉移腔室，該中心轉移腔室容納經調適以使基板在腔室之間穿梭之機器人。轉移腔室通常係維持在真空條件下且提供中間級，該中間級用於使基板自一腔室穿梭至另一者及/或至定位於叢集工具之前端之裝載鎖定腔室。可經調適用於本發明之兩個熟知之叢集工具係 Centura®及 Endura®，兩者均可自應用材料公司（美國加州聖克拉拉市）獲得。一此種分級式真空基板處理系統之細節揭示於名為「分級式真空晶圓處理系統及方法（Staged-Vacuum Wafer

Processing System and Method)」之於 1993 年 2 月 16 日頒予 Tepman 等人的美國專利第 5,186,718 號中，該案以引用的方式併入本文中。然而，腔室之精確配置及組合可為了執行包括本清潔製程之製造程序之特定步驟而改變。

圖 1 圖示根據本發明之一態樣之叢集工具或多腔室處理系統 10 之實例。處理系統 10 可包括一或多個裝載鎖定腔室 12、14，用於將基板轉移至系統 10 之內及之外。通常，由於系統 10 係處於真空下，裝載鎖定腔室 12、14 可對引入至系統 10 中之基板「抽空」。第一機器人 20 可在裝載鎖定腔室 12、14 及一或多個基板處理腔室 32、34、36、38 之第一組之間轉移基板。各處理腔室 32、34、36、38 可經組態以執行多個基板處理操作。特定言之，處理腔室 32 係乾式蝕刻處理器，經設計以實行下文所述之乾式蝕刻製程，且處理腔室 34 係沉積反應器。處理腔室 36、38 可經組態以進一步提供（例如）循環層沉積（CLD）、原子層沉積（ALD）、化學氣相沉積（CVD）、物理氣相沉積（PVD）、蝕刻、預清潔、除氣、定向及其他基板製程。

第一機器人 20 亦可將基板轉移至一或多個轉移腔室 42、44 或自一或多個轉移腔室 42、44 轉移基板。轉移腔室 42、44 可用來維持超高真空條件，同時允許基板在系統 10 內轉移。第二機器人 50 可在轉移腔室 42、44 及一或多個處理腔室 62、64、66、68 之第二組之間轉移

基板。類似於處理腔室 32、34、36、38，處理腔室 62、64、66、68 可經組態以執行各種基板處理操作，該等基板處理操作除循環層沉積 (CLD)、原子層沉積 (ALD)、化學氣相沉積 (CVD)、物理氣相沉積 (PVD)、沉積、蝕刻、預清潔、除氣及定向之外，還包括下文所述之乾式蝕刻製程。若不需要，基板處理腔室 32、34、36、38、62、64、66、68 中之任一者可自系統 10 中移除。

現參照圖 2A 至 2C，沉積製程之實例包括自基板 70 移除表面氧化物 72 (有時被稱為原生氧化物) 之乾式預清潔步驟，繼之以沉積製程。為此目的，在執行沉積製程之前，首先將待處理基板 70 裝載入乾式蝕刻處理器 100 中以經歷移除表面氧化物 72 之溫和乾式蝕刻製程。如圖 2B 中所示，此乾式清潔製程曝露基板 70 上的基板表面 74，該表面適於維持層之後續生長。在乾式清潔製程已完成之後，藉由機器人 20 將基板 70 自乾式蝕刻處理器 100 轉移至沉積反應器 34 中。由於整個系統 10 係裝載鎖定的，故基板 70 在轉移時未曝露在環境空氣下，且因而在實質上不含氧化物之基板表面 74 上不經歷原生氧化物生長。因而，當隨後執行沉積製程時，不需要廣泛的氫預烘焙，或者，僅可利用具有非常有限持續時間之氫預烘焙。儘管在此描述中具體參照矽，但應瞭解，基板表面 74 可為適於支援沉積 (諸如但不限於) 矽鍺、摻雜矽及所有其他 IV 族、III-V 族及 II-VI 族半導體及合金之任何表面。

沉積製程可藉由在沉積反應器 34 內(諸如在自應用材料公司(美國加州聖克拉拉市)獲得之 EPI CENTURA 反應器內)執行之化學氣相沉積而進行,以在基板表面 74 上形成層 76。基板 70 之基板表面 74 可曝露在(例如)包含矽之沉積氣體混合物(例如 SiCl_4 、 SiHCl_3 、 SiH_2Cl_2 、 SiH_3Cl 、 Si_2H_6 或 SiH_4)形式之矽及載氣(諸如 N_2 及/或 H_2)下。若基板 70 之期望用途要求層 76 包括摻雜劑,則含矽氣體亦可包括適合的含有摻雜劑之氣體,諸如砷(AsH_3)、磷(PH_3)及/或二硼烷(B_2H_6)。

若使用 SiH_2Cl_2 ,則沉積反應器 34 內之壓力在沉積期間可係約 500 托至約 760 托。另一方面,若使用 SiH_4 或另一 IV 族氫化物,則沉積反應器 34 壓力應在 100 托以下。使用 SiHCl_3 之沉積可在大氣壓力下進行。若沉積反應器 34 及乾式蝕刻處理器 100 不連接至相同裝載鎖定系統而是個別單元(其中在環境條件下裝載及提取基板 70),則在大氣壓力下使用 SiHCl_3 之沉積可為較佳的。應瞭解,若基板表面 74 係因此暴露在環境空氣下,則可需要在沉積製程之前首先在沉積反應器 34 中執行輕微氫預烘焙以將任何生成原生氧化物自基板表面 74 移除。術語「環境空氣」通常意謂製造室內之空氣。然而,環境空氣亦可包括具有足夠氧以導致基板表面 74 之氧化足以及在隨後的沉積製程中產生缺陷或缺點之環境,自製程品質控制觀點來看,該等缺陷或缺點係不可接受的。

在 CVD 沉積製程期間,基板表面 74 之溫度係較佳維

持在足以防止含矽氣體將多晶矽沉積至基板表面 74 上之溫度下。基板表面 74 在沉積期間之溫度可在（例如）約 1150°C 至約 450°C 之間。

在 ALD 沉積製程中，基板之表面之溫度可視發生之表面反應而變化。由於多數裝置具有基於任何沉積在基板上之先前層的固有熱預算，故使溫度儘可能接近室溫通常係有用的。

一旦具有所要厚度之層 76 已形成在基板表面 74 上，則沉積反應器 34 可用惰性氣體、H₂ 或以上之組合加以淨化。基板 70 隨後可經冷卻，亦即，至小於 700°C 之溫度，且隨後自沉積反應器 34 中移除以進行後續處理。

圖 3 為圖示說明性處理腔室 100 之部分橫截面圖。處理腔室 100 可包括腔室主體 101、蓋總成 140 及支撐總成 120。蓋總成 140 係安置於腔室主體 101 之上端處，且支撐總成 120 係至少部分地安置於腔室主體 101 內。腔室主體 101 可包括形成在腔室主體 101 之側壁中以提供進出處理腔室 100 之內部空間之通路的狹縫閥開口 111。狹縫閥開口 111 係藉由第一機器人 20 選擇性地打開及關閉以允許進出腔室主體 101 之內部空間。

腔室主體 101 可包括形成在腔室主體 101 中之用於使熱轉移流體流動穿過腔室主體 101 之溝槽 102。熱轉移流體可為加熱流體或冷卻劑且可在處理及基板轉移期間用來控制腔室主體 101 之溫度。例示性熱轉移流體包括水、乙二醇或以上之混合物。例示性熱轉移流體亦可包

括氮氣。

腔室主體 101 可進一步包括圍繞支撐總成 102 之襯層 108。襯層 108 較佳係可移除的以用於維修及清潔。襯層 108 可由諸如鋁之金屬或陶瓷材料製成。然而，襯層 108 可為任何製程相容材料。襯層 108 可經珠粒噴擊以增加沉積於襯層 108 上之任何材料之黏著力，從而防止導致處理腔室 100 之污染的材料剝落。襯層 108 可包括一或多個穿孔 109 及形成於襯層 108 中之與真空系統流體連通之抽汲溝槽 106。穿孔 109 為氣體提供進入抽汲溝槽 106 之流動路徑，該抽汲溝槽為處理腔室 100 中之氣體提供出口。

真空系統可包括真空泵 104 及用來調節穿過處理腔室 100 之氣體流之節流閥 105。真空泵 104 係耦接至安置於腔室主體 101 上之真空口 107 且因此與形成於襯層 108 內之抽汲溝槽 106 流體連通。

穿孔 109 允許抽汲溝槽 106 與在腔室主體 101 內的處理區域 110 流體連通。處理區域 110 係藉由蓋總成 140 之下表面及支撐總成 120 之上表面界定，且被襯層 108 圍繞。穿孔 109 可一致地設定大小且圍繞襯層 108 均勻地隔開。然而，可使用穿孔之任一數目、位置、大小或形狀，且彼等設計參數之每一者可如下文更詳細論述般視跨越基板接收表面之氣體的所要流動模式而變化。此外，穿孔 109 之大小、數目及位置係經組態以達成退出處理腔室 100 之氣體的均勻流動。而且，穿孔大小及位

置可經組態以提供快速或大容量抽汲以促進氣體自腔室 100 之快速排氣。舉例而言，與真空口 107 接近之穿孔 109 之數目及大小可小於經定位而較遠離真空口 107 之穿孔 109 之大小。

詳細考慮蓋總成 140，圖 4 圖示可安置於腔室主體 101 之上端之蓋總成 140 之放大橫截面圖。參照圖 3 及圖 4，蓋總成 140 包括堆疊於彼此之頂上以在其間形成電漿區域或電漿腔之若干組件。蓋總成 140 可包括垂直地安置於第二電極 152 (「下電極」) 上方之第一電極 141 (「上電極」)，從而將電漿體積或電漿腔 149 限制於該等電極之間。第一電極 141 連接至諸如 RF 電源供應器之電源 144，且第二電極 152 接地，從而在該兩個電極 141、152 之間形成電容。

蓋總成 140 可包括至少部分地形成於第一電極 141 之上段 143 內之一或多個氣體入口 142 (僅圖示一個)。一或多種處理氣體經由該一或多個氣體入口 142 進入蓋總成 140。該一或多個氣體入口 142 在第一端與電漿腔 149 流體連通，且在第二段耦接至一或多個上游氣體源及/或諸如氣體混合器之其他氣體輸送組件。該一或多個氣體入口 142 之第一端可在膨脹段 146 之內徑 150 之最高點處通向電漿腔 149。類似地，該一或多個氣體入口 142 之第一端可在沿著膨脹段 146 之內徑 150 之任一高度間隔處通向電漿腔 149。儘管未圖示，兩個氣體入口 142 可安置於膨脹段 146 之相對側處以產生有助於在電漿腔

149 內混合氣體之旋轉流動模式或流入膨脹段 146 之「渦流」。

第一電極 141 可具有容納電漿腔 149 之膨脹段 146。該膨脹段 146 可如上文所述般與氣體入口 142 流體連通。膨脹段 146 可為環形構件，該環形構件具有自上部 147 逐漸向下部 148 增加之內表面或內徑 150。因而，第一電極 141 與第二電極 152 之間的距離係可變的。該變化的距離有助於控制在電漿腔 149 內產生之電漿之形成及穩定性。

膨脹段 146 可類似於如圖 3 及圖 4 所示之圓錐體或「漏斗」。膨脹段 146 之內表面 150 可自膨脹段 146 之上部 147 向下部 148 逐漸傾斜。內徑 150 之斜率或角度可視製程需求及/或製程限制而變化。膨脹段 146 之長度或高度亦可視特定製程需求及/或限制而變化。內徑 150 之斜率或膨脹段 146 之高度或該兩者可視處理所需之電漿之體積而變化。

不希望受到理論之束縛，據信，兩個電極 141、152 之間的距離之變化允許形成於電漿腔 149 中之電漿獲得必要的功率位準以在電漿腔 149 之一些部分內（若非在整個電漿腔 149 中）維持該電漿。電漿腔 149 內之電漿因此較少依賴於壓力，從而允許在較寬之操作窗內產生及維持電漿。因而，可在蓋總成 140 內形成更可重複及可靠之電漿。

舉例而言，第一電極 141 可由任何製程相容材料建

構，諸如鋁、陽極化鋁、鍍鎳鋁、鍍鎳鋁 6061-T6、不鏽鋼以及以上之組合及合金。在一或多個實施例中，整個第一電極 141 或該第一電極之部分係用鎳塗覆以減少不當之粒子形成。較佳地，至少膨脹段 146 之內表面 150 係鍍鎳的。

第二電極 152 可包括一或多個堆疊板。當需要兩個或兩個以上板時，該等板應彼此電連通。該等板中之每一者應包括用以允許來自電漿腔 149 的該一或多種氣體流過之複數個穿孔或氣體通道。

蓋總成 140 可進一步包括絕緣體環 151 以使第一電極 141 與第二電極 152 電隔離。絕緣體環 151 可由氧化鋁或任何其他絕緣的製程相容材料製成。較佳地，絕緣體環 151 至少圍繞或實質上圍繞膨脹段 146。

第二電極 152 可包括頂板 153、分配板 158 及使處理腔室中之基板與電漿腔分離之阻隔板 162。頂板 153、分配板 158 及阻隔板 162 係如圖 3 所示般堆疊及安置於連接至腔室主體 101 之蓋沿 164 上。如此項技術中已知，可使用鉸鏈總成（未圖示）來將蓋沿 164 耦接至腔室主體 101。蓋沿 164 可包括用於容納熱轉移介質之嵌入式溝槽或通道 165。熱轉移介質視製程需求可用來加熱、冷卻或該兩者。

頂板 153 可包括形成於電漿腔 149 之下以允許來自電漿腔 149 的氣體流動經過之複數個氣體通道或穿孔 156。頂板 153 可包括經調適以容納第一電極 141 之至少

一部分之凹入部分 154。在一或多個實施例中，穿孔 156 係穿過在凹入部分 154 下之頂板 153 之橫截面。頂板 153 之凹入部分 154 可為如圖 4 所示之階梯式以在第一電極 141 與凹入部分 154 之間提供較好密封配合。此外，頂板 153 之外徑可如圖 4 所示般經設計以安裝或停置於分配板 158 之外徑上。O 型環 (o-ring) 式密封件，諸如彈性 O 型環 155，可至少部分地安置於頂板 153 之凹入部分 154 內以確保與第一電極 141 之不透流體 (fluid-tight) 之接觸。同樣，可用 O 型環式密封件 157 來提供頂板 153 與分配板 158 之外周邊之間的不透流體接觸。

分配板 158 實質上係碟形的且包括用來將氣體流分配經過之複數個穿孔 161 或通道。穿孔 161 可經定大小且圍繞分配板 158 定位以為待處理基板 70 所位於之處理區域 110 提供受控及均勻的流分配。此外，穿孔 161 藉由使流動氣體之速度剖面變慢及轉向以及均勻地分配氣體流以提供跨越基板 70 之表面之氣體的均勻分配來防止氣體直接碰撞基板 70 表面。

分配板 158 亦可包括形成於分配板 158 外周邊處之環形安裝凸緣 159。該安裝凸緣 159 可經定大小以停置於蓋沿 164 之上表面上。諸如彈性 O 型環之 O 型環式密封件可至少部分地安置於環形安裝凸緣 159 內以確保與蓋沿 164 之不透流體接觸。

分配板 158 可包括用於容納加熱器或加熱流體以提供蓋總成 140 之溫度控制之一或多個嵌入式溝槽或通道

160。電阻式加熱元件可插入於通道 160 內以加熱分配板 158。熱電偶可連接至分配板 158 以調節溫度。如此項技術中已知，熱電偶可用於反饋迴路中以控制施加於加熱元件之電流。

或者，可使熱轉移介質通過通道 160。一或多個通道 160 可含有冷卻介質（若需要）以視腔室主體 101 內之製程需求而更好地控制分配板 158 之溫度。如上所述，舉例而言，可使用任何熱轉移介質，諸如氮、水、乙二醇或以上之混合物。

可用一或多個加熱燈（未圖示）加熱蓋總成 140。通常，加熱燈係在分配板 158 之上表面周圍配置以藉由輻射來加熱包括分配板 158 之蓋總成 140 之組件。

阻隔板 162 係可選的且可安置於頂板 153 與分配板 158 之間。較佳地，阻隔板 162 係可移除地安裝至頂板 153 之下表面。阻隔板 162 應與頂板 153 良好熱及電接觸。阻隔板 162 可用螺栓或相似緊固件耦接至頂板 153。阻隔板 162 亦可螺紋連接或擰至頂板 153 之外徑上。

阻隔板 162 包括複數個穿孔 163 以提供自頂板 153 至分配板 158 之複數個氣體通道。穿孔 163 可經定大小且在阻隔板 162 周圍定位以為分配板 158 提供受控及均勻的流分配。

圖 5 圖示說明性支撐總成 120 之部分橫截面圖。支撐總成 120 可至少部分地安置於腔室主體 101 內。支撐總成 120 可包括用來支撐基板 70（未在此視圖中示出）以

在腔室主體 101 中進行處理之支撐構件 122。支撐構件 122 可經由延伸穿過形成於腔室主體 101 之底表面中之居中開口 103 之軸 126 而耦接至舉升機構 131。舉升機構 131 可藉由防止真空自軸 126 周圍洩漏之波紋管 132 而可撓地密封至腔室主體 101。舉升機構 131 允許支撐構件 122 在腔室主體 101 內在處理位置及較低轉移位置之間垂直地移動。該轉移位置略微低於形成於腔室主體 101 之側壁中之狹縫閥 111 之開口。

在一或多個實施例中，基板 70（未在圖 5 中示出）可使用真空夾盤固定至支撐總成 120。頂板 123 可包括與形成於支撐構件 122 中之一或多個凹槽 127 流體連通之複數個洞 124。該等凹槽 127 係經由安置於軸 126 及支撐構件 122 內之真空導管 125 來與真空泵（未圖示）流體連通。在一定條件下，當基板 70 未安置於支撐構件 122 上時，可用真空導管 125 來為支撐構件 122 之表面供應淨化氣體。真空導管 125 亦可在處理期間傳遞淨化氣體以防止反應性氣體或副產品接觸基板 70 之背側。

支撐構件 122 可包括穿過支撐構件 122 形成以容納舉升銷 130 之一或多個孔 129。各舉升銷 130 通常係由陶瓷材料或含有陶瓷之材料構成，且係用於基板處置及傳遞。各舉升銷 130 係可滑動地安裝於孔 129 中。舉升銷 130 藉由嚙合安置於腔室主體 101 內之環形舉升環 128 而可在舉升銷 130 之各別孔 129 中移動。舉升環 128 可移動以使得當舉升環 128 處於上部位置時，舉升銷 130

之上表面可位於支撐構件 122 之基板支撐表面之上。相反地，當舉升環 128 處於下部位置時，舉升銷 130 之上表面位於支撐構件 122 之基板支撐表面之下。因此，當舉升環 128 自下部位置移動至上部位置時，各舉升銷 130 之部分穿過舉升銷 130 之在支撐構件 122 中的各別孔 129。

當被啟動時，舉升銷 130 推擠基板 70 之下表面，將基板 70 自支撐構件 122 舉離。相反地，舉升銷 130 可被撤銷啟動以降低基板 70，從而將基板 70 停置於支撐構件 122 上。

支撐總成 120 可包括安置於支撐構件 122 周圍之邊緣環 121。該邊緣環 121 為環形構件，經調適以覆蓋支撐構件 122 之外周邊及保護支撐構件 122。邊緣環 121 可經定位於支撐構件 122 上或鄰近支撐構件 122 處以在支撐構件 122 之外徑與邊緣環 121 之內徑之間形成環形淨化氣體溝槽 133。環形淨化氣體溝槽 133 可與穿過支撐構件 122 及軸 126 形成之淨化氣體導管 134 流體連通。較佳地，淨化氣體導管 134 與淨化氣源（未圖示）流體連通以為淨化氣體溝槽 133 提供淨化氣體。在操作中，淨化氣體流經導管 134 進入淨化氣體溝槽 133，且在安置於支撐構件 122 上之基板之邊緣周圍。因此，與邊緣環 121 協作工作之淨化氣體防止在基板之邊緣及/或背側處之沉積。

支撐總成 120 之溫度係藉由流體而控制，該流體係經

由嵌入在支撐構件 122 之主體中之流體溝槽 135 而循環。流體溝槽 135 可與穿過支撐總成 120 之軸 126 安置之熱轉移導管 136 流體連通。流體溝槽 135 可定位於支撐構件 122 周圍以為支撐構件 122 之基板接收表面提供均勻熱轉移。流體溝槽 135 及熱轉移導管 136 可使熱轉移流體流動以加熱抑或冷卻支撐構件 122。支撐總成 120 可進一步包括用於監視支撐構件 122 之支撐表面之溫度的嵌入式熱電偶（未圖示）。

在操作中，支撐構件 122 可經提昇以緊密接近蓋總成 140 以控制正被處理之基板 70 之溫度。因而，可經由自分配板 158 發射之輻射來加熱基板 70，該分配板係由加熱元件 474 控制。或者，可用由舉升環 128 啟動之舉升銷 130 自支撐構件 122 舉離基板 70 以緊密接近經加熱之蓋總成 140。

現將描述在處理腔室 100 中進行之使用氨（ NH_3 ）及三氟化氮（ NF_3 ）氣體混合物移除氧化矽之例示性乾式蝕刻製程。參照圖 3 及圖 5，乾式蝕刻製程藉由將基板 70 放入處理區域 110 中而開始。基板 70 通常係經由狹縫閥開口 111 而放入腔室主體 101 中且安置在支撐構件 122 之上表面上。基板 70 被夾至支撐構件 122 之上表面上，且經由溝槽 133 傳遞邊緣淨化。基板 70 可藉由經由洞 124 與凹槽 127 抽真空而夾至支撐構件 122 之上表面，該等洞 124 及該等凹槽 127 係經由導管 125 與真空泵流體連通。若尚未在處理位置中，則支撐構件 122 隨

後被舉升至腔室主體 101 內之處理位置。腔室主體 101 可維持在 50°C 與 80°C 之間的溫度下，更佳係在約 65°C 下。藉由使熱轉移介質穿過流體溝槽 102 來維持腔室主體 101 之此溫度。

藉由使熱轉移介質或冷卻劑穿過形成在支撐總成 120 中之流體溝槽 135 而將基板 70 冷卻至低於 65°C，諸如在 15°C 與 50°C 之間。在一實施例中，基板 70 係維持為低於室溫。在另一實施例中，基板 70 係維持在 22°C 與 40°C 之間的溫度下。通常，支撐構件 122 係維持為低於約 22°C 以達到以上指定之所要基板溫度。為了冷卻支撐構件 122，使冷卻劑穿過流體溝槽 135。冷卻劑之連續流係較佳的以更好地控制支撐構件 122 之溫度。

隨後將氮及三氟化氮氣體引入至腔室 100 中以形成清潔氣體混合物。引入至腔室中之各氣體之量係可變的且可經調整以容納（例如）待移除氧化物層 72 之厚度、正經清潔之基板 70 之幾何形狀、電漿之體積容量、腔室主體 101 之體積容量以及耦接至腔室主體 101 之真空系統之能力。在一態樣中，添加氣體以提供具有氮與三氟化氮之至少為 1:1 的莫耳比率之氣體混合物。在另一態樣中，氣體混合物之莫耳比率係至少約 3 比 1（氮比三氟化氮）。較佳地，以 5:1（氮比三氟化氮）至 30:1 之莫耳比率將氣體引入至腔室 100 中。更佳地，氣體混合物之莫耳比率係約 5 比 1（氮比三氟化氮）至約 10 比 1。氣體混合物之莫耳比率亦可在約 10:1（氮比三氟化氮）至

約 20:1 之間。

淨化氣體或載氣亦可添加至氣體混合物。舉例而言，可使用任何適合淨化氣體/載氣，諸如氫、氮、氬、氦或以上之混合物。通常，總氣體混合物係以氮與三氟化氮之體積計在約 0.05%至約 20%；剩餘物為載氣。在一實施例中，淨化氣體或載氣係在反應性氣體之前首先引入至腔室主體 101 中以使腔室主體 101 內之壓力穩定。

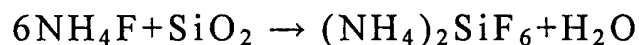
腔室主體 101 內之操作壓力可為可變的。通常，壓力係維持在約 500 毫托與約 30 托之間。較佳地，壓力係維持在約 1 托與約 10 托之間。更佳地，腔室主體 101 內之操作壓力係維持在約 3 托與約 6 托之間。

將約 5 瓦特至約 600 瓦特之 RF 功率施加至第一電極 141 以點燃電漿腔 149 內之氣體混合物之電漿。較佳地，RF 功率小於 100 瓦特。更佳地，施加功率之頻率相對較低，諸如小於 100 kHz。較佳地，頻率範圍係在約 50 kHz 至約 90 kHz。由於下電極 153、阻隔板 162 及分配板 158，在電漿腔 149 內點燃之電漿不接觸處理區域 110 內之基板 70，而是仍困在電漿腔 149 中。因此相對於處理區域 110 在電漿腔 149 中遠端地產生電漿。亦即，處理腔室 100 提供兩個不同區：電漿腔 149 及處理區域 110。該等區就形成在電漿腔 149 中之電漿而言不與彼此連通，但就形成於電漿腔 149 中之反應性物質而言彼此連通。詳言之，因電漿而產生之反應性物質可經由穿孔 156 退出電漿腔 149，穿過阻隔板 162 之穿孔 163，且經由分配板

158 之穿孔 161 進入處理區域 110。

電漿能量將氮及三氟化氮氣體解離為反應性物質，該等反應性物質組合以形成氣相的高反應性氟化胺 (NH_4F) 化合物及/或氟化氫胺 ($\text{NH}_4\text{F}\cdot\text{HF}$)。此等分子流經穿孔 156、163 及 161 以與基板 70 之氧化物層 72 反應。在一實施例中，載氣係首先引入至腔室 100 中，在電漿腔 149 中產生載氣之電漿，且隨後將反應性氣體、氮及三氟化氮添加至電漿。如上所述，在電漿腔 149 中形成之電漿不達到安置於處理區或區域 110 內之基板 70。

不希望受到理論之束縛，據信，蝕刻劑氣體 (NH_4F 及/或 $\text{NH}_4\text{F}\cdot\text{HF}$) 與氧化矽表面 72 反應以形成六氟矽酸銨 $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ 、 NH_3 及 H_2O 產物。 NH_3 及 H_2O 在處理條件下係蒸氣且藉由真空泵 104 自腔室 100 中移除。特定言之，在氣體經由真空口 107 退出腔室 100 進入真空泵 104 之前，揮發性氣體流經形成於襯層 108 中之穿孔 109 進入抽汲溝槽 106。 $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ 之薄膜被留在基板 70 之表面上。此反應機制可總結如下：



在薄膜形成於基板表面上之後，具有支撐於支撐構件 122 上之基板 70 之該支撐構件 122 被提昇至緊密接近經加熱之分配板 158 之退火位置。自分配板 158 輻射之熱

應足以將 $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ 之薄膜解離或昇華成揮發性 SiF_4 、 NH_3 及 HF 產物。隨後如上所述藉由真空泵104自腔室32移除此等揮發性產物。實際上，自基板70蒸煮或氣化掉薄膜，留下經曝露之基板表面74。通常，用 75°C 或更高之溫度來有效地將薄膜自基板70昇華及移除。較佳地，使用 100°C 或更高之溫度，諸如在約 115°C 與約 200°C 之間。

將 $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ 之薄膜解離成揮發性組份之熱能係藉由分配板158來對流或輻射。如上所述，加熱元件160可直接耦接至分配板158，且可經啟動以將分配板158及與分配板158熱接觸之組件加熱至約 75°C 與 250°C 之間的溫度。在一態樣中，分配板158係加熱至在 100°C 與 200°C 之間的溫度，諸如約 120°C 。

舉升機構131可朝向分配板158之下表面提昇支撐構件122。在此舉升步驟期間，基板70係（諸如）藉由真空夾盤或靜電夾盤而固定至支撐構件122。或者，可藉由經由舉升環128提昇舉升銷130而自支撐構件122舉離基板70且將基板70放置成為緊密接近經加熱之分配板158。

上面具有薄膜之基板70之上表面與分配板158之間的距離係不重要的且係常規實驗之內容。一般熟習此項技術者可易判定在不損傷底層基板70之情況下高效及有效地氣化薄膜所需的間距。然而，據信，約 0.254 mm （10密耳）與 5.08 mm （200密耳）之間的間距係有效的。

一旦已自基板 70 移除膜，基板表面 74 就已曝露且基板 70 為隨後的沉積製程作好準備。乾式蝕刻處理器 32 經淨化且抽空。藉由將基板 70 降低至轉移位置、解夾基板 70，且經由狹縫閥開口 111 轉移基板 70 而自腔室主體 101 中移除經清潔之基板 70。第一機器人 20 將基板 70 自乾式蝕刻處理器 32 轉移至沉積反應器 34。由於基板 70 仍保留在裝載鎖定系統 10 中，所以基板 70 在此轉移過程期間不曝露在任何環境空氣下。亦即，電漿腔 149、處理區域 110 及沉積反應器 34 彼此真空密閉連通，防止不當之氧進入該等區域中之任一者。基板表面 74 因此不受到氧化物之污染，且當基板 70 被裝載入沉積反應器 34 中時仍保持清潔地曝露。因此可如前所述般立即在基板表面 74 上生長層 76。

藉由用上述乾式清潔工序取代 HF-最後濕式清潔步驟，在單一裝載鎖定系統 10 中執行整個沉積製程係可能的。佇列時間因此減少。而且，據信，上述乾式清潔製程具有比關於氧化物-氮化物-矽基板之 HF 濕式蝕刻少的歸因於氧化物之橫向蝕刻的底切問題。然而，應瞭解，無論何時改變處理步驟，特別係緊接在沉積之前的清潔步驟，存在表面可不適用於沉積的危險。諸如氧、氟、氯或氮之某些元素之較高含量可不利地影響沉積製程。

據信，除上述彼等者之外的反應性物質可能用於乾式蝕刻步驟；舉例而言，氫電漿之添加可有助於減少殘餘元素之含量。亦即，其他類型之氣體可被引入至氣體輸

送系統 220 且形成為遠離基板 70 之電漿。如此形成之電漿可形成隨後行進至且與基板 70 上之氧化物表面 72 反應之反應性物質以借此曝露基板表面 74。可按需要加熱或冷卻基板 70 以支援氧化物層 72 之移除。

本發明之詳細實施例係針對清潔基板及減少經沉積（或生長）之氧化物層（例如 SiO_2 、 HfO_2 ）之厚度的方法。氣體混合物經引入至電漿腔中。氣體混合物經激勵以在腔中形成反應性氣體之電漿。反應性氣體經引入至第一處理腔室以與處理腔室內的基板表面上之氧化物之一部分反應以減少基板表面上之氧化物之厚度或消除氧化物。氧化物可存在於基板之表面上或可生長或沉積於基板之表面上。在一些實施例中，在沉積高介電常數介電膜之前預清潔基板之氧化物。在一些實施例中，基板有意地具有氧化層且層之厚度被減少。基板係用反應性氣體加以處理以移除基板表面上之氧化物之至少一部分。閘極介電質堆疊形成於基板上。閘極介電質堆疊包含高介電常數介電質層。

閘極介電質堆疊可由一或多個個別層組成。在特定實施例中，閘極介電質堆疊係包含高介電常數介電質之單層。在詳細實施例中，高介電常數介電質係介電常數比純二氧化矽之介電常數大或大於 3.9 之材料或材料之組合。在特定實施例中，高介電常數介電質係介電常數比純氮氧化矽之介電常數大或大於 7.8 之材料或材料之組合。詳細實施例中之高介電常數介電質包括鉛、鋇、氧

化鉛、氧化鋅、矽酸鉛及矽酸鋅中之一或多者。

在詳細實施例中，當將反應性氣體引入至處理腔室時，基板表面係維持在低於約 65°C 之溫度下。在反應性氣體已與基板表面上之氧化物反應之後，將基板表面之溫度增加至在約 100°C 至約 1000°C 之範圍中之溫度。增加溫度允許形成於基板表面上之膜昇華，留下實質上清潔之表面。如用於此說明書及附加之申請專利範圍中，術語「實質上清潔」意謂剩餘有少於約 10% 之最初氧化物層。在特定實施例中，剩餘有少於約 5%、4%、3%、2% 或 1% 之最初氧化物層。在詳細實施例中，基板表面之溫度係增加至在約 100°C 至約 750°C 之範圍中，或在約 100°C 至約 500°C 之範圍中，或在約 100°C 至約 400°C 之範圍中，或在約 100°C 至約 300°C 之範圍中，或在約 100°C 至約 200°C 之範圍中之溫度。在各種實施例中，基板表面在該清潔之昇華部分期間之最大溫度小於約 1000°C、900°C、800°C、700°C、600°C、500°C、400°C、300°C 或 200°C。

僅需改變基板之表面溫度以使反應發生。雖然不必使塊體基板溫度改變，但不排除該種情況。基板之表面之溫度可藉由使基板朝著熱元件移動或遠離熱元件而改變。熱元件可為任何適合熱元件，包括（但不限於）電阻式加熱器、輻射加熱器及冷卻板。舉例而言，若熱元件為加熱器，則基板（且因此基板表面）可更靠近加熱器以增加溫度。在詳細實施例中，熱元件係整合在氣體

分配板中。

在一些實施例中，基板表面上之氧化物為原生氧化物塗層。此原生氧化物塗層之移除產生所述之實質上清潔之表面。在詳細實施例中，在形成閘極介電質堆疊之前，用反應性氣體處理基板會清潔基板表面。

在一些實施例中，氧化物為基板上之生長氧化物。此生長氧化物可為（例如）介電質或高介電常數介電材料，該介電質或高介電常數介電材料係閘極堆疊之部分。在該等實施例中，藉由與電漿之反應產生的膜之昇華可引起介電膜之厚度之降低。在特定實施例中，氧化物為高介電常數介電材料之生長氧化物，且該處理導致高介電常數介電材料之厚度自生長厚度降低至經減少之厚度。

在詳細實施例中，第一處理腔室為包括裝載鎖定腔室及至少一第二處理腔室之叢集工具之部分。如關於圖 1 所述，裝載鎖定腔室可包含至少一機器人，該機器人經組態以使基板在裝載鎖定腔室、第一處理腔室及至少一第二處理腔室之間移動。在特定實施例中，至少一第二處理腔室係選自由以下各腔室組成之群：原子層沉積腔室、物理氣相沉積腔室、化學氣相沉積腔室、快速熱處理腔室及以上之組合。本發明之一或多個實施例包括：在沉積高介電常數介電膜之前，將基板自第一處理腔室移至第二處理腔室，該移動在不將基板表面曝露在空氣下的情況下進行。在特定實施例中，形成高介電常數介電膜係藉由原子層沉積而執行。根據詳細實施例，該方

法進一步包含將至少一導電層沉積於閘極介電質堆疊上。

本發明之一或多個實施例係針對包含將基板引入至第一處理腔室中之沉積方法。基板具有上面有原生氧化物之表面。氣體混合物經引入至電漿腔中且經激勵以在該腔中形成反應性氣體之電漿。反應性氣體經引入至第一處理腔室中以與基板表面上之原生氧化物反應。基板表面係用反應性氣體加以處理以將原生氧化物自表面移除以提供實質上清潔之表面。閘極介電質堆疊隨後形成於實質上清潔之表面上。閘極介電質堆疊之形成可發生在第一處理腔室或不同處理腔室中。

詳細實施例進一步包含藉由將氣體混合物引入至電漿腔中及激勵氣體混合物以在該腔中形成反應性氣體之電漿來減少閘極介電質堆疊之厚度。反應性氣體隨後經引入至處理腔室中以與閘極介電質堆疊反應以減少閘極介電質堆疊之厚度。

本發明之一些實施例係針對包含將在表面上具有原生氧化物之基板引入至處理腔室中之沉積方法。基板之表面係維持在低於約 65°C 之溫度下。反應性物質之電漿經產生且與原生氧化物反應以在基板表面上形成膜。基板之表面之溫度係增加至約 100°C 至約 1000°C 之範圍中以使膜昇華且產生實質上清潔之表面。閘極介電質堆疊係形成在基板上，該閘極介電質堆疊包括高介電常數介電質層。

圖 6 圖示數個 MOSCAP 裝置及用熟習此項技術者已知之 SC1 清潔製程形成之裝置的作為有效氧化物厚度 (EOT) 之函數的閘極漏電流之曲線圖，該等 MOSCAP 裝置係由藉由所述乾式清潔方法而清潔之基板上之高介電常數介電質而形成。除預清潔步驟之外，所有裝置係使用相同製程來製備。可自此曲線圖瞭解，在給定 EOT (在曲線圖中以 8 表示) 下，形成在用乾式清潔方法清潔之基板上之裝置具有比 SC1 製備之裝置小一個完整數量級以上之閘極漏電流。假定兩種方法均產生清潔表面，非常令人吃驚的係乾式清潔製程引起經觀察之閘極漏電流中之此種大差異。一般熟習此項技術者中之一者將不會預期看到此種劇烈減少之閘極漏電流。在本發明之詳細實施例中，閘極堆疊為金屬氧化物半導體電容器 (MOSCAP) 之部分，該金屬氧化物半導體電容器具有小於產生在藉由 SC1 製程清潔之基板上之類似 MOSCAP 之漏電流之約 $1/10$ 之漏電流。在各種實施例中，漏電流小於由 SC1 預清潔製成之類似裝置之漏電流之約 $1/20$ 、 $1/30$ 、 $1/40$ 、 $1/50$ 、 $1/60$ 、 $1/70$ 、 $1/80$ 、 $1/90$ 及 $1/100$ 。

在詳細實施例中，沉積方法進一步包含產生反應性物質之電漿。基板之表面係維持在低於約 65°C 之溫度下。將高介電常數介電質層與反應性物質反應以在高介電常數介電質上形成膜。將基板表面之溫度增加至約 100°C 至約 1000°C 之範圍內以使膜昇華且引起高介電常數介電質之厚度減少。

本發明之一或多個實施例係針對包含將基板引入至第一處理腔室中之沉積方法。具有生長厚度之閘極介電質層在基板之表面上。氣體混合物經引入至電漿腔中且經激勵以在該腔中形成反應性氣體之電漿。反應性氣體經引入至第一處理腔室中以與基板表面上之閘極介電質反應。基板係用反應性氣體加以處理以將閘極介電質層之生長厚度降低至經減少之厚度。將至少一額外層形成在閘極介電質上。該至少一額外層可為（例如）另一介電質層或導電層。

本發明之詳細實施例係針對用於自基板表面移除氧化矽之方法。包含氧化矽表面之基板係支撐在與耦接至腔室之氣體分配板間隔第一距離之第一位置中。反應性物質之電漿係自處理腔室中的氣體混合物產生。氣體混合物包含氮、三氟化氮及載氣，且氣體混合物包含在約 0.05% 至約 20% 之範圍中之氮與三氟化氮之總體積。基板在處理腔室中經冷卻至小於約 65°C 之第一溫度。在基板上形成膜的同時，經冷卻基板上之氧化矽表面係曝露在反應性物質下。基板被移至在處理腔室中的第二位置，該第二位置與氣體分配板間隔第二距離，該第二距離小於第一距離。基板在處理腔室中經加熱至約 100°C 或更高之第二溫度以使膜昇華及產生清潔基板表面。高介電常數介電膜係沉積於清潔基板表面上。

詳細實施例係針對用於自處理腔室中的基板表面移除氧化矽之方法。自處理腔室中的氣體混合物產生反應性

物質之電漿，該電漿包含氟化銨或氟化氫銨。在形成包含六氟矽酸銨之膜的同時，位於第一位置之基板上之氧化矽表面係在小於約 65°C 之第一溫度下曝露在電漿下，該第一位置與耦接至腔室之氣體分配板間隔第一距離。氣體分配板係在處理腔室中被加熱。將基板定位於第二位置中，該第二位置與氣體分配板間隔第二距離，該第二距離小於第一距離且在距氣體分配板約 10 密耳至約 200 密耳之範圍中。基板係在處理腔室中在第二位置處經加熱約 100°C 或更高之溫度下以使膜昇華及產生清潔基板表面。高介電常數介電質沉積於清潔基板表面上。

本發明之詳細實施例係針對用於自基板表面移除氧化矽之方法。包含經曝露之氧化矽之基板定位於處理腔室中之第一位置。該第一位置與耦接至腔室之氣體分配板間隔第一距離。自處理腔室中的氣體混合物產生反應性物質之電漿。在小於約 65°C 之第一溫度下在基板上形成膜的同時，使基板上之經曝露之氧化矽與反應性物質接觸。將基板移至處理腔室中的第二位置。該第二位置與氣體分配板間隔第二距離，該第二距離小於第一距離。基板係在處理腔室中在第二位置處經加熱至約 100°C 或更高之第二溫度以使膜昇華及產生清潔基板表面。高介電常數介電質沉積於清潔基板表面上。

一些實施例係針對包含在處理腔室中將基板支撐在第一位置中之沉積方法。基板具有上面有氧化物之表面。第一位置係與熱元件間隔第一距離。反應性物質之電漿

係自處理腔室中的氣體混合物產生。基板表面係在處理腔室中冷卻至，或維持在小於約 65°C 之第一溫度下。氧化物經曝露在反應性物質下以在基板表面上形成膜。將基板移至與熱元件間隔第二距離之第二位置，該第二距離小於第一距離。基板表面係在處理腔室中經加熱至在約 100°C 至約 1000°C 之範圍中之第二溫度以使膜昇華及產生清潔基板表面。高介電常數介電膜沉積於清潔基板表面上。

一些實施例係針對包含自處理腔室中的氣體混合物產生反應性物質之電漿之沉積方法。位於第一位置中之基板之氧化物表面係在小於約 65°C 之第一溫度下曝露在電漿下以形成膜，該第一位置與熱元件間隔第一距離。熱元件在處理腔室中經加熱。將基板定位於第二位置，該第二位置與熱元件間隔第二距離，該第二距離小於第一距離。基板表面係在處理腔室中在第二位置處經加熱至在約 100°C 至約 1000°C 之範圍中之第二溫度以使膜昇華及產生清潔基板表面。高介電常數介電膜沉積於。

本發明之一些實施例係針對包含將包含氧化物之基板表面定位在處理腔室中之第一位置中之沉積方法，該第一位置與氣體分配板間隔第一距離。反應性物質之電漿係自處理腔室中的氣體混合物產生。將基板表面上之經曝露之氧化物與反應性物質接觸以在小於約 65°C 之第一溫度下在基板上形成膜。將基板移至處理腔室內之第二位置，該第二位置位於距氣體分配板第二距離處；該第

二距離小於第一距離。基板表面係在第二位置處經加熱至在約 100°C 至約 1000°C 之範圍中之第二溫度以使膜昇華及產生清潔基板表面。高介電常數介電膜沉積於清潔基板表面上。

儘管已參考特定實施例來描述本文之發明，但應瞭解，該等實施例僅為本發明之原理及應用之說明。熟習此項技術者將顯而易見，在不偏離本發明之精神及範疇的情況下，可對本發明之方法及設備進行各種修改及變更。因此，意欲本發明包括附加之申請專利範圍及申請專利範圍均等物之範疇內之修改及變更。

【圖式簡單說明】

圖 1 圖示根據本發明之一態樣之多腔室處理系統；

圖 2A 至 2C 圖示根據本發明之實施例正被處理之基板；

圖 3 為圖示乾式蝕刻處理腔室之一實施例之部分橫截面圖；

圖 4 圖示圖 3 中所示之蓋總成之放大橫截面圖；

圖 5 圖示圖 3 中所示之支撐總成之部分橫截面圖；及

圖 6 圖示各種裝置之作為有效氧化物厚度之函數的閘極漏電流之曲線圖。

【主要元件符號說明】

10：處理腔室

12：鎖定腔室

- 14：鎖定腔室
- 20：機器人
- 32：處理腔室
- 34：處理腔室
- 36：處理腔室
- 38：處理腔室
- 42：轉移腔室
- 44：轉移腔室
- 62：處理腔室
- 64：處理腔室
- 66：處理腔室
- 68：處理腔室
- 70：基板
- 72：表面氧化物
- 74：基板表面
- 76：層
- 100：處理腔室
- 101：腔室主體
- 102：溝槽
- 104：真空泵
- 105：節流閥
- 106：抽汲溝槽
- 107：真空口
- 108：襯層

- 109：穿孔
- 110：處理區域
- 111：閥開口
- 120：支撐總成
- 121：邊緣環
- 122：支撐構件
- 123：頂板
- 124：洞
- 125：真空導管
- 126：軸
- 127：凹槽
- 128：舉升環
- 129：孔
- 130：舉升銷
- 131：舉升機構
- 132：波紋管
- 133：氣體溝槽
- 134：氣體導管
- 135：流體溝槽
- 140：蓋總成
- 141：第一電極
- 142：氣體入口
- 143：上段
- 144：電源

- 146：膨脹段
- 147：上部
- 148：下部
- 149：電漿腔
- 150：內徑
- 152：電極
- 153：頂板
- 156：穿孔
- 158：分配板
- 160：通道
- 162：阻隔板
- 163：穿孔
- 220：輸送系統
- 474：加熱元件

發明專利說明書

(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：101104554

※ 申請日期：2012 年 2 月 13 日

※IPC 分類：

H01L 21/3065

(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於閘極堆疊製備之乾式化學清潔法

DRY CHEMICAL CLEANING FOR GATE STACK PREPARATION

二、中文發明摘要：

本發明揭示一種沉積製程，該沉積製程包括乾式蝕刻製程、繼之以高介電常數介電質之沉積製程。該乾式蝕刻製程涉及將待清潔基板放入處理腔室中以移除表面氧化物。激勵氣體混合物以形成與該基板上之氧化物反應而形成薄膜之反應性氣體之電漿。加熱該基板以氣化該薄膜且曝露基板表面。該基板表面實質上不含氧化物。隨後使用沉積以在該基板表面上形成一層。

三、英文發明摘要：

A deposition process including a dry etch process, followed by a deposition process of a high-k dielectric is disclosed. The dry etch process involves placing a substrate to be cleaned into a processing chamber to remove surface oxides. A gas mixture is energized to form a plasma of reactive gas which reacts with an oxide on the substrate, forming a thin film. The substrate is heated to vaporize the thin film and expose a substrate surface. The substrate surface is substantially free of oxides. Deposition

201246359

is then used to form a layer on the substrate surface.

七、申請專利範圍：

1. 一種沉積方法，該方法包含以下步驟：

將一氣體混合物引入至一電漿腔中；

激勵該氣體混合物以在該腔中形成反應性氣體之一電漿；

將反應性氣體之該電漿引入至一第一處理腔室中以在該處理腔室中與一基板表面上之一氧化物反應；

用該反應性氣體處理該基板以移除該基板表面上之該氧化物之至少一部分；及

在該基板上形成一包含一高介電常數介電質之一閘極介電質堆疊。

2. 如請求項 1 所述之沉積方法，該方法進一步包含以下步驟：當該反應性氣體被引入至該處理腔室中時，將該基板表面維持在一低於約 65°C 之溫度下；及在該反應性氣體已與該基板表面上之該氧化物反應後，將該基板表面之該溫度增加至一在約 100°C 至約 1000°C 之範圍中之溫度。

3. 如請求項 2 所述之沉積方法，其中藉由使該基板更接近一熱元件而改變該基板表面之該溫度。

4. 如請求項 2 所述之沉積方法，其中該基板表面之該溫度係增加至一在約 100°C 至約 750°C 之範圍中之溫度。

5. 如請求項 1 所述之沉積方法，其中該氧化物為一在該基板表面上之原生氧化物。

6. 如請求項 5 所述之沉積方法，其中在形成該閘極介電質堆疊之前，用該反應性氣體處理該基板來清潔該基板表面。
7. 如請求項 1 所述之沉積方法，其中該氧化物為一在該基板上具有一生長厚度之生長氧化物。
8. 如請求項 7 所述之沉積方法，其中該生長氧化物為該閘極介電質堆疊之該高介電常數介電質。
9. 如請求項 7 所述之沉積方法，其中用該反應性氣體處理該基板使該生長厚度降低至一經減少之厚度。
10. 如請求項 1 所述之沉積方法，其中該高介電常數介電質具有一大於約 3.9 之介電常數。
11. 如請求項 1 所述之沉積方法，其中該高介電常數介電質包含鉛及鋇中之一或多者。
12. 如請求項 1 所述之沉積方法，其中該氣體混合物包含在一載氣中之氮及三氟化氮。
13. 如請求項 12 所述之沉積方法，其中該氮及三氟化氮組合地以在約 0.05 體積%至約 20 體積%之範圍中之量存在。
14. 如請求項 12 所述之沉積方法，其中該氧化物為氧化矽且該反應性氣體形成六氟矽酸銨之一層。
15. 如請求項 1 所述之沉積方法，該方法進一步包含以下步驟：在沉積該高介電常數介電膜之前，將該基板自該第一處理腔室移至一第二處理腔室，在不將該基板表面曝露於空氣的情況下進行該移動。

16.如請求項 1 所述之沉積方法，其中形成該高介電常數介電膜係藉由原子層沉積而執行。

17.如請求項 1 所述之方法，該方法進一步包含以下步驟：
將至少一導電層沉積在該閘極介電質堆疊上。

18.如請求項 1 所述之沉積方法，該方法進一步包含藉由以下步驟減少該閘極介電質堆疊之厚度：

將一氣體混合物引入至一電漿腔中；

激勵該氣體混合物以在該腔中形成反應性氣體之一電漿；及

將反應性氣體之該電漿引入至該第一處理腔室中以與該閘極介電質堆疊反應以減少該閘極介電質堆疊之厚度。

19.如請求項 1 所述之沉積方法，其中該閘極堆疊為一金屬氧化物半導體電容器（MOSCAP）之部分，該金屬氧化物半導體電容器具有一小於一在一藉由一 SC1 製程清潔之基板上產生之類似 MOSCAP 之漏電流之約 1/10 之漏電流。

20.如請求項 1 所述之沉積方法，該方法進一步包含以下步驟：在形成該閘極介電質之前，自該基板之該表面清潔一原生氧化物層，清潔該基板包含以下步驟：

將一氣體混合物引入至該電漿腔中；

激勵該氣體混合物以在該腔中形成反應性氣體之一電漿；

將反應性氣體之該電漿引入至該第一處理腔室中以與

該基板上之該原生氧化物反應；及

用該反應性氣體處理該基板以自該基板之該表面移除
該原生氧化物以提供一實質上經清潔之表面。

八、圖式：

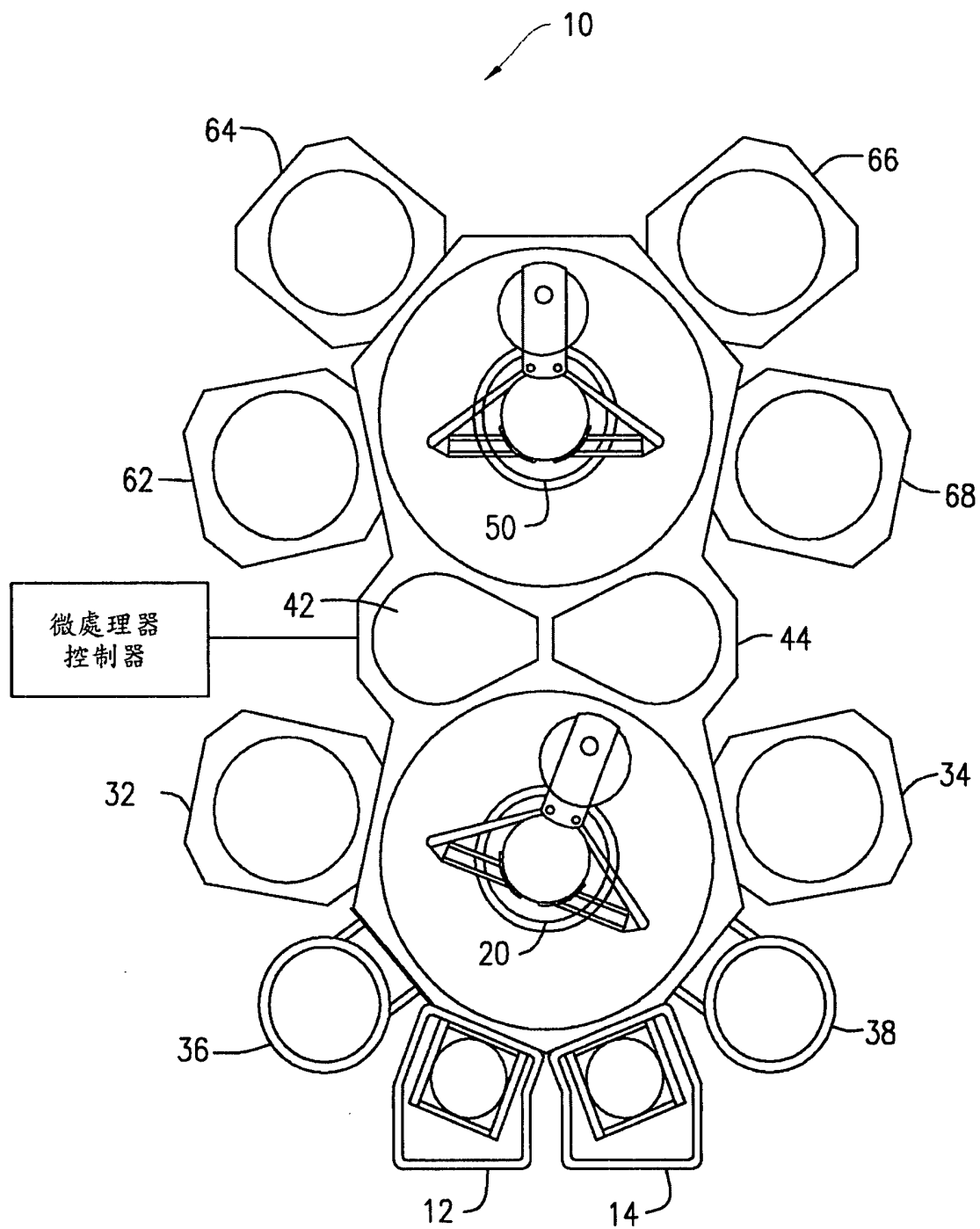


圖1

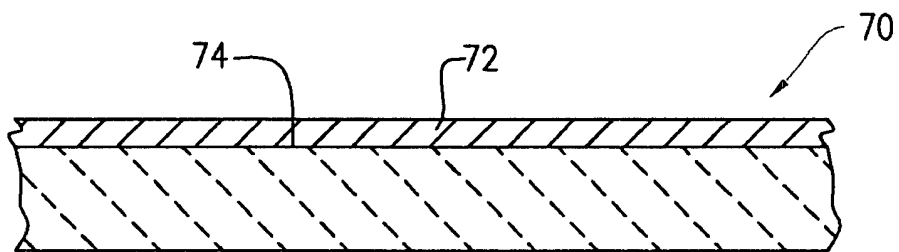


圖 2A

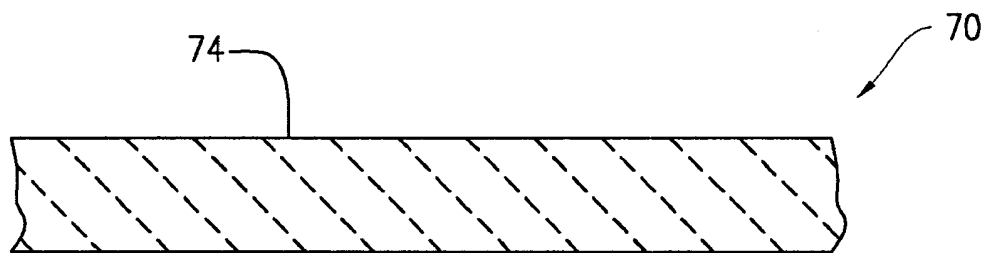


圖 2B

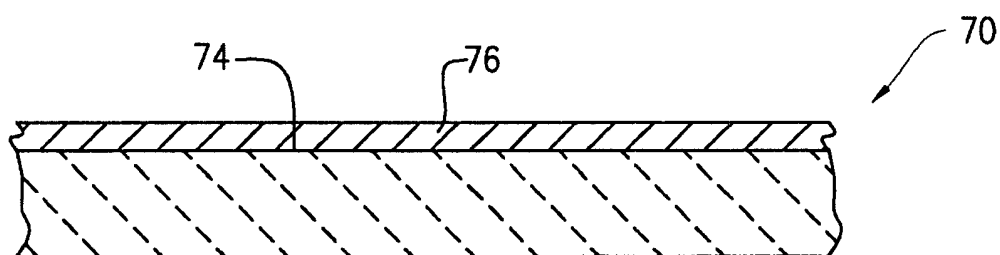


圖 2C

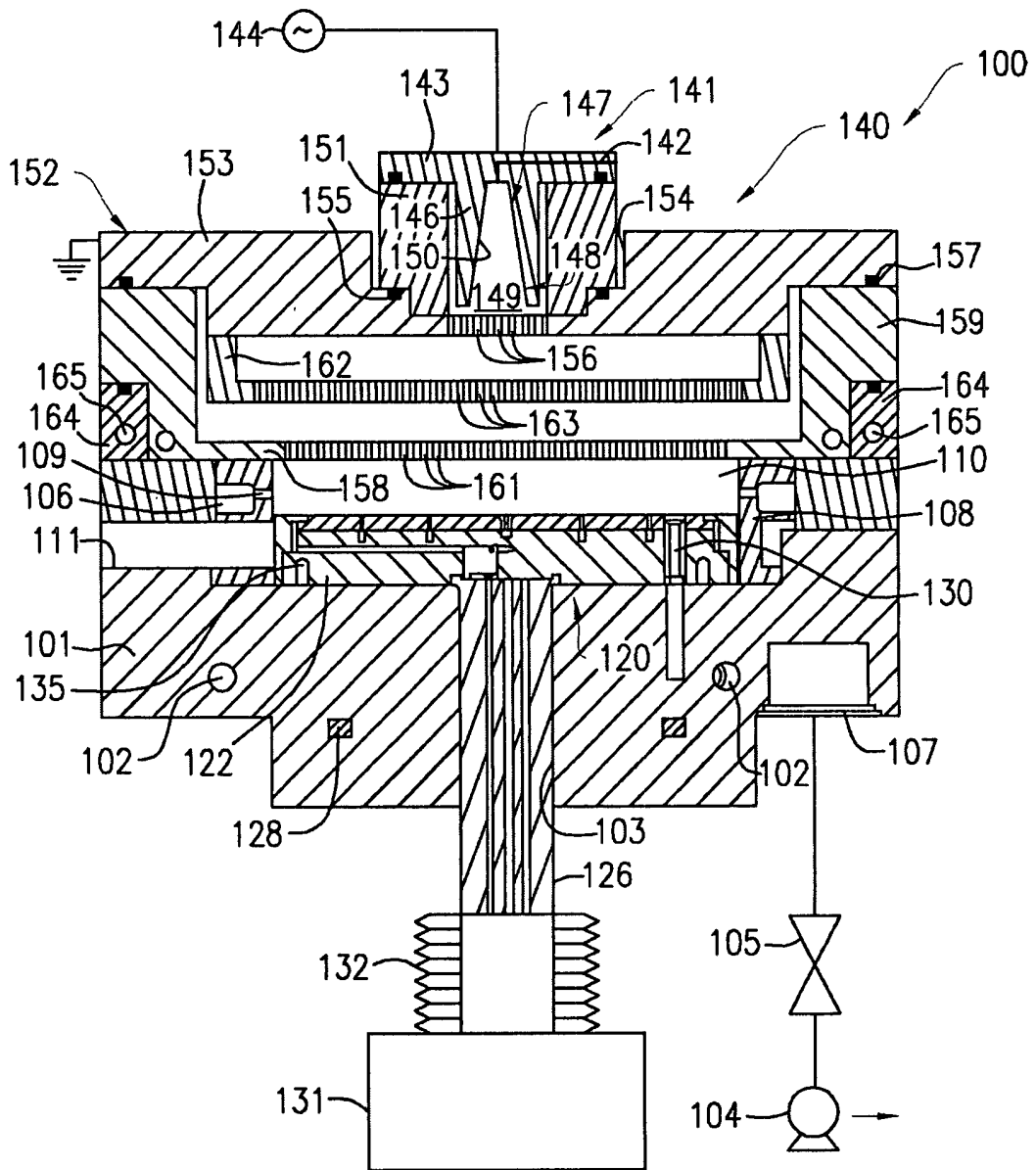
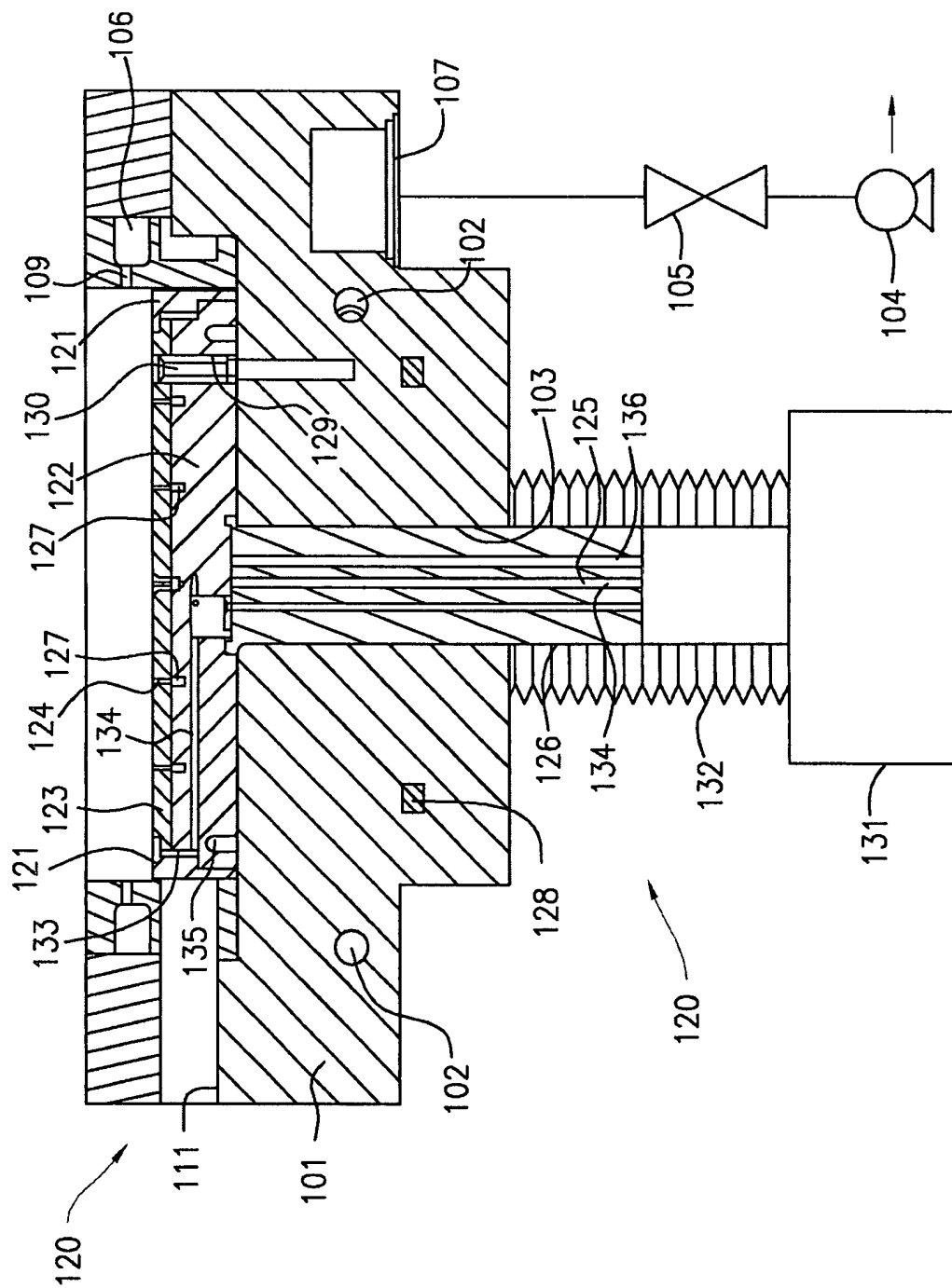


圖3



5回

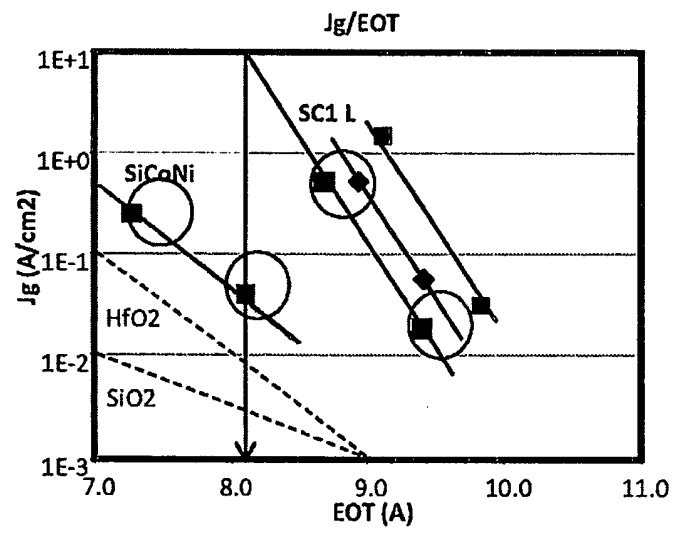


圖6

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(4)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

140：蓋總成	141：第一電極
142：氣體入口	143：上段
144：電源	146：膨脹段
147：上部	148：下部
149：電漿腔	150：內徑
152：電極	153：頂板
155：彈性O型環	156：穿孔
157：O型環式密封件	159：環形安裝凸緣
160：通道	161：穿孔
162：阻隔板	163：穿孔
164：蓋沿	165：通道

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

係自處理腔室中的氣體混合物產生。基板表面係在處理腔室中冷卻至，或維持在小於約 65°C 之第一溫度下。氧化物經曝露在反應性物質下以在基板表面上形成膜。將基板移至與熱元件間隔第二距離之第二位置，該第二距離小於第一距離。基板表面係在處理腔室中經加熱至在約 100°C 至約 1000°C 之範圍中之第二溫度以使膜昇華及產生清潔基板表面。高介電常數介電膜沉積於清潔基板表面上。

一些實施例係針對包含自處理腔室中的氣體混合物產生反應性物質之電漿之沉積方法。位於第一位置中之基板之氧化物表面係在小於約 65°C 之第一溫度下曝露在電漿下以形成膜，該第一位置與熱元件間隔第一距離。熱元件在處理腔室中經加熱。將基板定位於第二位置，該第二位置與熱元件間隔第二距離，該第二距離小於第一距離。基板表面係在處理腔室中在第二位置處經加熱至在約 100°C 至約 1000°C 之範圍中之第二溫度以使膜昇華及產生清潔基板表面。

本發明之一些實施例係針對包含將包含氧化物之基板表面定位在處理腔室中之第一位置中之沉積方法，該第一位置與氣體分配板間隔第一距離。反應性物質之電漿係自處理腔室中的氣體混合物產生。將基板表面上之經曝露之氧化物與反應性物質接觸以在小於約 65°C 之第一溫度下在基板上形成膜。將基板移至處理腔室內之第二位置，該第二位置位於距氣體分配板第二距離處；該第