I834675

(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 I834675 B**

(45)公告日： 中華民國 113 (2024) 年 03 月 11 日

(21)申請案號：108120017 (22)申請日： 中華民國 108 (2019) 年 06 月 11 日

(51)Int. Cl.： ***H01L21/02 (2006.01)*** ***H01L21/306 (2006.01)***
H01L21/324 (2006.01)

(30)優先權：2018/06/13 美國 62/684,415

(71)申請人：美商蘭姆研究公司 (美國) LAM RESEARCH CORPORATION (US)
美國

(72)發明人：朱濟 ZHU, JI (CN) ；川口 馬克 KAWAGUCHI, MARK (US) ；馬塞爾懷特 那森 MUSSELWHITE, NATHAN (US)

(74)代理人：許峻榮

(56)參考文獻：

US 8187486B1

審查人員：林弘恩

申請專利範圍項數：16 項 圖式數：7 共 28 頁

(54)名稱

高深寬比結構之有效率的清潔和蝕刻

(57)摘要

一種基板處理方法包含將一基板設置於處理腔室中。將汽化溶劑及包含該溶劑的氣體混合物之其中至少一者供應至該處理腔室，以在基板之暴露表面上形成該溶劑之保形液體層。將該汽化溶劑及該氣體混合物之其中該至少一者從該處理腔室中移除。將包含鹵素物種之反應性氣體供應至該處理腔室。該保形液體層吸附該反應性氣體以形成一反應性液體層，該反應性液體層對基板之暴露表面進行蝕刻。

A method for treating a substrate includes arranging a substrate in a processing chamber. At least one of a vaporized solvent and a gas mixture including the solvent is supplied to the processing chamber to form a conformal liquid layer of the solvent on exposed surfaces of the substrate. The at least one of the vaporized solvent and the gas mixture is removed from the processing chamber. A reactive gas including a halogen species is supplied to the processing chamber. The conformal liquid layer adsorbs the reactive gas to form a reactive liquid layer that etches the exposed surfaces of the substrate.

指定代表圖：

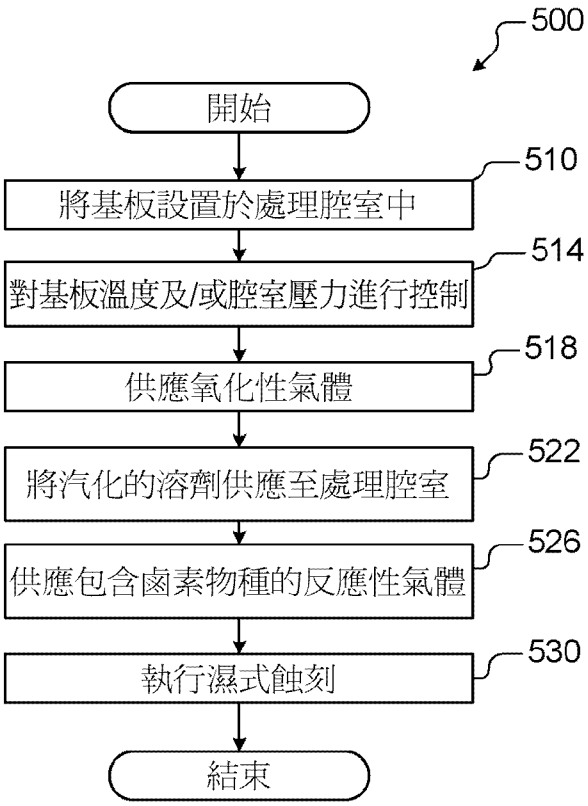


圖 5

符號簡單說明：

500:方法

510:步驟

514:步驟

518:步驟

522:步驟

526:步驟

530:步驟

公告本

I834675

【發明摘要】

【中文發明名稱】高深寬比結構之有效率的清潔和蝕刻

【英文發明名稱】EFFICIENT CLEANING AND ETCHING OF HIGH ASPECT RATIO STRUCTURES

【中文】

一種基板處理方法包含將一基板設置於處理腔室中。將汽化溶劑及包含該溶劑的氣體混合物之其中至少一者供應至該處理腔室，以在基板之暴露表面上形成該溶劑之保形液體層。將該汽化溶劑及該氣體混合物之其中該至少一者從該處理腔室中移除。將包含鹵素物種之反應性氣體供應至該處理腔室。該保形液體層吸附該反應性氣體以形成一反應性液體層，該反應性液體層對基板之暴露表面進行蝕刻。

【英文】

A method for treating a substrate includes arranging a substrate in a processing chamber. At least one of a vaporized solvent and a gas mixture including the solvent is supplied to the processing chamber to form a conformal liquid layer of the solvent on exposed surfaces of the substrate. The at least one of the vaporized solvent and the gas mixture is removed from the processing chamber. A reactive gas including a halogen species is supplied to the processing chamber. The conformal liquid layer adsorbs the reactive gas to form a reactive liquid layer that etches the exposed surfaces of the substrate.

【指定代表圖】　　圖5

【代表圖之符號簡單說明】

500…方法

510…步驟

514…步驟

518…步驟

522…步驟

526…步驟

530…步驟

【發明說明書】

【中文發明名稱】高深寬比結構之有效率的清潔和蝕刻

【英文發明名稱】EFFICIENT CLEANING AND ETCHING OF HIGH ASPECT RATIO STRUCTURES

【技術領域】

[相關申請案的交互參照]

【0001】 本申請案主張2018年6月13日提交的美國臨時專利申請案第62/684,415號的權益。在此將上述申請案的全部揭示內容引入以供參照。

【0002】 本發明係關於基板處理方法，具體而言，係關於有效率地清潔和蝕刻包含高深寬比(HAR)結構之基板的方法。

【先前技術】

【0003】 此處所提供之先前技術描述係為了大體上介紹本發明之背景。在此先前技術章節中所敘述之範圍內之本案列名之發明人的成果、以及在申請時不適格作為先前技術之說明書的實施態樣，皆非有意地或暗示地被承認為對抗本發明之先前技術。

【0004】 諸如半導體晶圓之基板的製造通常需要複數處理步驟，其可包含材料沉積、平坦化、特徵部圖案化、特徵部蝕刻、及/或特徵部清潔。通常在基板處理期間重複進行該等處理步驟一或多次。隨著半導體元件持續縮小至更小的特徵尺寸，越來越需要諸如介層窗及渠溝之高深寬比(HAR)結構以實現期望的元件性能目標。由於在幾何上受限的空間中之擴散減少及表面電荷層重疊，HAR

結構為濕式清潔及濕式蝕刻效率構成挑戰。

【發明內容】

【0005】 一種基板處理方法包含：(a)將一基板設置於處理腔室中；(b)將汽化溶劑及氣體混合物之其中至少一者供應至該處理腔室，以在該基板之暴露表面上形成一保形液體層；(c)將該汽化溶劑及該氣體混合物之其中該至少一者從該處理腔室中移除；以及(d)將包含鹵素物種之反應性氣體供應至該處理腔室。該保形液體層吸附該反應性氣體以形成一反應性液體層，該反應性液體層對該基板之該等暴露表面進行蝕刻。。

【0006】 在其他特徵中，該反應性液體層與該基板之該等暴露表面進行反應以產生一氣體產物。該基板之該等暴露表面受蝕刻而不會形成殘餘物。該汽化溶劑及該氣體混合物之其中該至少一者係選自由下列各者所組成之群組：極性溶劑、水、過氧化物、異丙醇、丙酮、四氯化碳、己烷、甲醇、及乙醇。

【0007】 在其他特徵中，該反應性氣體係選自由下列各者所組成之群組：氟化氫氣體、氯化氫氣體、及溴化氫氣體。該基板包含複數高深寬比(HAR)特徵部，其具有大於或等於5:1的深度對寬度比例。

【0008】 在其他特徵中，在將該汽化溶劑及該氣體混合物之其中該至少一者供應至該處理腔室之前，將該處理腔室中之壓力設定至由1 Torr至10 Torr的壓力範圍。在將該汽化溶劑及該氣體混合物之其中該至少一者供應至該處理腔室之前，將該處理腔室中之處理溫度設定至由0ºC至400ºC的溫度範圍。在將該汽化溶劑及該氣體混合物之其中該至少一者供應至該處理腔室之前，將該處理腔室中之處理溫度設定至由150ºC至400ºC的溫度範圍。

【0009】 在其他特徵中，該反應性液體層以在10埃/min至100埃/min之範圍內的蝕刻速率對該等暴露表面進行蝕刻。在其他特徵中，該方法包含執行包含步驟(a)至(d)的複數循環。

【0010】 在其他特徵中，該反應性液體層在該複數循環之每一循環期間對該等暴露表面蝕刻0.2埃至1埃。在其他特徵中，該方法包含：在步驟(b)之前，將一氧化性氣體供應至該處理腔室達一預定時段，並將該氧化性氣體排空。

【0011】 在其他特徵中，該氧化性氣體包含選自由下列各者所組成之群組的氣體：分子氧、臭氧、過氧化氫、氧化亞氮、及二氧化氮。該氧化性氣體係藉由遠程電漿而供應。在100ºC至400ºC之範圍內的處理溫度下供應該氧化性氣體。

【0012】 在其他特徵中，該方法包含在步驟(d)之後執行該基板之濕式清潔。該反應性液體層與該基板之該等暴露表面進行反應以產生一氣體產物。該基板之該等暴露表面受蝕刻而不會形成殘餘物。在其他特徵中，在感應耦合式電漿(ICP)腔室中執行步驟(a)至(d)。

【0013】 本發明之進一步的可應用領域將從實施方式、發明申請專利範圍及圖式中變得明顯。詳細說明及具體範例係意圖為僅供說明的目的，而非意欲限制本揭示內容的範圍。

【圖式簡單說明】

【0014】 本揭示內容從實施方式及隨附圖式可更完全了解，其中：

【0015】 圖1為包含高深寬比(HAR)結構之基板之範例的側視橫剖面圖；

【0016】 依據本揭示內容，圖2A及2B為基板清潔或蝕刻期間之基板之範例的側視橫剖面圖；

【0017】 依據本揭示內容，圖3為基板之清潔或蝕刻方法之範例的流程圖；

【0018】 依據本揭示內容，圖4A至4C為基板清潔或蝕刻期間之基板的側視橫剖面圖；

【0019】 依據本揭示內容，圖5為基板之清潔或蝕刻方法之範例的流程圖；

【0020】 依據本揭示內容，圖6A及6B為處理腔室之功能方塊圖；以及

【0021】 依據本揭示內容，圖7為至少包含用於清潔及蝕刻的一處理腔室之基板處理工具之功能方塊圖。

【0022】 在圖式中，元件符號可被再次使用以辨別相似及/或相同的元件。

【實施方式】

【0023】 隨著特徵部在先進製程節點中縮小，高深寬比(HAR)結構變得更為普遍。如本文所使用，HAR結構指涉具有大於5:1、10:1、或20:1之深寬比的特徵部。由於在幾何上受限的空間中之擴散減少及表面電荷層重疊，HAR結構為濕式清潔及濕式蝕刻效率構成挑戰。依據本揭示內容之方法利用氣相或蒸氣相預處理以產生吸附液體層來克服此挑戰，該吸附液體層保形地塗佈HAR結構並改善後續的清潔及移除效率。

【0024】 相較於液相，材料在氣相或蒸氣相中擴散得快許多(大約快 $x10^4$)。本文所述方法在HAR結構上從氣相或蒸氣相形成吸附的反應性物種之液體層。歸因於吸附液體層，化學反應得以將基板表面上之下伏的殘餘物或薄膜改質，並改善殘餘物之清潔效率或薄膜之蝕刻效率。

【0025】在一些範例中，該處理係在真空腔室中於真空下加以執行，伴隨在預定溫度下之受控的蒸氣暴露。在一些範例中，壓力係在1T至10T之範圍內。在一些範例中，在蝕刻或清潔期間將基板溫度維持於0ºC至400ºC之範圍內。在一些範例中，在蝕刻或清潔期間將基板溫度維持於150ºC至400ºC之範圍內。在其他範例中，在處理腔室中於大氣壓力下執行該處理。是否使用真空腔室可由以下者決定：在清潔或蝕刻步驟期間所使用之不同處理溫度及/或壓力下之溶劑的揮發性。若溶劑在大氣壓力下不具揮發性，則可使用真空腔室。

【0026】依據本揭示內容之方法與原子層蝕刻(ALE)相似，在於反應物係以氣相或蒸氣相導入。然而，在ALE中，吸附層主要為單層，且蝕刻停止於單層反應。因此，蝕刻速率係緩慢的，例如每循環約0.2 A至1 A的材料。此外，ALE處理並未解決清潔效率之問題。依據本揭示內容之方法提供較高的蝕刻速率。在一些範例中，蝕刻速率約為10 A/min至100A/min。與濕式清潔化學方法相比，依據本揭示內容之方法的另一優點在於固有的高選擇性。凝結的液體層有效地進行作用，如同濕式清潔化學方法中的液體。

【0027】現參照圖1，基板100包含第一層110及沉積於第一層110上的第二層114。基板100包含複數高深寬比(HAR)結構108，其係界定於第一層110及第二層114中。例如，在先前的處理步驟之後，微粒或殘餘物120可能位在HAR結構108的底部處且可能需要加以移除。歸因於HAR結構的深度，微粒或殘餘物120可能難以在清潔期間移除。

【0028】現參照圖2A及2B，在清潔及/或蝕刻處理期間，使基板100暴露於一氣體混合物或汽化的溶劑A(g)，其中A為該溶劑。例如，可相對於處理腔室中之其他元件而將基板100控制於不同的溫度(例如，將基板100維持於一較低溫

度)。可以氣體混合物的型態將溶劑100導入處理腔室中，該氣體混合物在基板100上凝結成液體。或者，可將氣體蒸氣供應至處理腔室。

【0029】 在圖2A中，氣體或蒸氣在第二層114上凝結並形成一保形液體層210(其吸附於第二層114的暴露表面上，如圖所示)。在一些範例中，溶劑係選自由下列各者所組成之群組：極性溶劑、水(H_2O)、過氧化物(H_2O_2)、異丙醇(C_3H_8O或IPA)、丙酮($(CH_3)_2CO$)、四氯化碳(CCl_4)、己烷(C_6H_{14})、甲醇(CH_3OH或MeOH)、乙醇(C_2H_6O或EtOH)、及/或其他合適的溶劑。在一些範例中，所使用之溶劑係基於待清潔或蝕刻之第二層114的膜材料而選擇。

【0030】 隨後，使基板100暴露於反應性氣體B(g)，其中B包含諸如氟(F)、氯(Cl)、或溴(Br)之鹵素物種，如圖2B中所示。在一些範例中，反應性氣體包含氟化氫(HF)氣體、氯化氫(HCl)氣體、或溴化氫(HBr)氣體。反應性物種係由液體層210所吸附，以產生包含反應性物種的反應性液體層220。在蝕刻時段或清潔時段期間，反應性液體層220對第二層114進行清潔或蝕刻。所形成之反應副產物係處於氣相，且在不形成任何殘餘物之情況下離開HAR，如氣體C(g)所示。

【0031】 在一些範例中，例如在清潔操作期間，可在暴露於反應性液體層220中的反應性物種之後執行一濕式清潔步驟。在一些範例中，濕式清潔步驟利用溫和的化學品。在一些範例中，濕式清潔步驟包含利用去離子水(DIW)或臭氧溶解的去離子水(DIO_3)以沖洗基板。

【0032】 現參照圖3，顯示用於基板清潔或蝕刻的方法300。在310，將基板設置於一處理腔室中。在314，對基板溫度及/或腔室壓力進行控制。在318將氣體混合物及/或汽化的溶劑供應至處理腔室達第一預定時段。氣體混合物及/或汽化的溶劑吸附於第二層114之暴露表面上而作為一液體層。在322，將反應性

氣體供應至處理腔室達第二預定時段。在一些範例中，反應性氣體包含鹵素物種。使基板暴露於包含反應性物種的液體層，達足以進行清潔及/或蝕刻的第三預定時段。在326，可在清潔或蝕刻步驟之後選用性地執行一濕式蝕刻步驟。該處理可重複進行一或多次。

【0033】 現參照圖4A至4C，可利用另一處理對圖1之基板100進行清潔或蝕刻。在圖4A中，使基板100暴露於一氧化性氣體混合物，其使第二層114之暴露表面氧化，如在410處所示。在圖4B中，使基板100在暴露於反應性氣體B(g)之前選用性地暴露於一氣體混合物或汽化的溶劑A(g)。氣體混合物或汽化的溶劑在第二層114上凝結而產生保形液體層420。在一些範例中，溶劑係選自由下列各者所組成之群組：極性溶劑、水(H_2O)、過氧化物(H_2O_2)、異丙醇(C_3H_8O或IPA)、丙酮($(CH_3)_2CO$)、四氯化碳(CCl_4)、己烷(C_6H_{14})、甲醇(CH_3OH或MeOH)、及/或乙醇(C_2H_6O或EtOH)。

【0034】 隨後，使基板100暴露於反應性氣體B(g)，其中B包含諸如氟(F)、氯(Cl)、或溴(Br)之鹵素物種，如圖4C中所示。反應性物種係由液體層420所吸附，以產生包含反應性物種的液體層430。液體層430分別在清潔時段或蝕刻時段期間對第二層114進行清潔或蝕刻。所形成之反應副產物係處於氣相，且在不形成任何殘餘物之情況下離開HAR，如氣體C(g)所示。

【0035】 在一些範例中，例如在清潔操作期間，可在暴露於反應性物種(在液體層430中)之後利用溫和的化學品(與諸如硫酸過氧化氫混合物(SPM)之其他清潔步驟相比)以執行單純的濕式清潔步驟。在一些範例中，單純的濕式清潔步驟可包含利用去離子水(DIW)或臭氧溶解的去離子水(DIO_3)以沖洗基板。

【0036】 現參照圖5，顯示用於基板清潔或蝕刻的方法500。在510，將基板設置於一處理腔室中。在514，對基板溫度及/或腔室壓力進行控制。在518，在第一預定時段期間將氧化性氣體供應至處理腔室。在一些範例中，氧化性氣體包含分子氧(O_2)、臭氧(O_3)、過氧化物(H_2O_2)、氧化亞氮(N_2O)、二氧化氮(NO_2)，但亦可使用其他氧化性氣體。氧化性氣體可藉由使用遠程電漿源(RPS)的遠程電漿而供應、或在升高的處理腔室溫度下利用熱反應而供應。在一些範例中，提升的處理腔室溫度係在100ºC至400ºC之範圍內。在一些範例中，針對O_2、O_3、及H_2O_2，提升的溫度係在50ºC至250ºC之範圍內。在一些範例中，針對N_2O及NO_2，提升的溫度係在200ºC至400ºC之範圍內。

【0037】 在選用性的步驟522，將氣體及/或汽化的溶劑供應至處理腔室達第二預定時段。氣體及/或汽化的溶劑吸附於第二層114之暴露表面上而作為一液體層。在526，將反應性氣體供應至處理腔室達第三預定時段。反應性氣體包含鹵素物種。使基板暴露於包含反應性物種的液體層，達足以進行清潔及/或蝕刻的第四預定時段。在530，可選用性地執行一濕式蝕刻步驟。該處理可根據需要而重複進行一或多次。

【0038】 在一範例中，圖5之方法用以選擇性地蝕刻TiN/TiSiN膜。在此範例中，利用熱氧化(O_3或O_2/N_2)或遠程感應耦合式電漿(ICP) (O_2或O_2/N_2)以供應氧化氣體。氧化步驟產生一TiO_2層。溶劑包含醇類，例如IPA、MeOH、或EtOH。反應性氣體包含HCl、HF、或HBr。TiO_2被轉化為$TiCl_x$、TiF_y、或$TiBr_z$(其中x、y、及z為整數)，其為揮發性的。

【0039】 圖5所述方法之優點包含較高的清潔效率。氣體擴散比液體擴散高約~10^4，且無德拜長度(Debye length)限制。該處理係由氧化厚度所限制，其提供均勻度控制。額外的厚度可藉由循環進行該處理一或多次而加以移除。

【0040】 現參照圖6A，顯示用於在真空下執行蝕刻或清潔之基板處理腔室600的範例。雖然顯示及描述特定的基板處理腔室，但可使用其他類型的基板處理系統實行方法。例如，可使用操作於大氣壓力下的基板處理系統。基板處理腔室600包含下腔室區域602及上腔室區域604。下腔室區域602由腔室側壁表面608、腔室底部表面610、及氣體分配裝置614的下表面所界定。

【0041】 上腔室區域604由氣體分配裝置614的上表面及圓頂618的內表面所界定。在一些範例中，圓頂618置於第一環形支座621上。在一些範例中，第一環形支座621包含用以將處理氣體輸送至上腔室區域604的一或更多間隔開的孔623。在一些範例中，處理氣體係藉由一或更多間隔開的孔623在向上方向上、以相對於包含氣體分配裝置614之平面的銳角輸送，然而亦可使用其他的角度/方向。在一些範例中，第一環形支座621中的氣流通道634將氣體供應至一或更多間隔開的孔623。

【0042】 第一環形支座621可置於第二環形支座625上，該第二環形支座625界定用於將來自氣流通道629的處理氣體輸送至下腔室區域602之一或更多間隔開的孔627。在一些範例中，氣體分配裝置614中的孔631與孔627對準。在其他範例中，氣體分配裝置614具有較小的直徑且不需要孔631。在一些範例中，處理氣體係藉由一或更多間隔開的孔627在向下方向上、以相對於包含氣體分配裝置614之平面的銳角朝基板輸送，然而亦可使用其他的角度/方向。

【0043】在其他範例中，上腔室區域604係具有平坦之頂表面的圓柱形，且可使用一或更多平坦的感應線圈。在又其他範例中，單一腔室可與配置在噴淋頭與基板支座之間的間隔件一起使用。

【0044】基板支座622配置在下腔室區域602中。在一些範例中，基板支座622包含靜電卡盤(ESC)，然而亦可使用其他類型的基板支座。基板626在蝕刻期間配置在基板支座622的上表面上。在一些範例中，基板626的溫度可藉由加熱器板617、選用性之具有流體通道的冷卻板、及一或更多感測器(未圖示)加以控制，然而亦可使用任何其他適合的基板支座溫度控制系統。

【0045】在一些範例中，氣體分配裝置614包含噴淋頭(例如具有複數間隔開的孔635之板件633)。該複數間隔開的孔635自板件633的上表面延伸至板件633的下表面。在一些範例中，間隔開的孔635具有在從0.1”至0.75”之範圍內的直徑。在一些範例中，噴淋頭由導電材料(諸如鋁)或非導電材料(諸如具有由導電材料製成之嵌入式電極的陶瓷)製成。

【0046】一或更多感應線圈640圍繞圓頂618的外部部分配置。當通電時，一或更多感應線圈640在圓頂618的內部產生電磁場。在一些範例中，使用上線圈及下線圈。氣體注射器642噴射來自氣體輸送系統650-1的一或更多氣體混合物。

【0047】在一些範例中，氣體輸送系統650-1包含一或更多氣體源652、一或更多閥654、一或更多質流控制器(MFC)656、及一混合歧管658，然而亦可使用其他類型的氣體輸送系統。蒸氣輸送系統659將包含載氣及另一氣體的蒸氣輸送至處理腔室。

【0048】 可使用氣體分流器(未圖示)以改變氣體混合物的流率。可使用另一氣體輸送系統650-2以將蝕刻氣體、或蝕刻氣體混合物供應至氣流通道629及/或634(在來自氣體注射器642的蝕刻氣體之外額外供應，或取代來自氣體注射器642的蝕刻氣體而供應)。

【0049】 合適的氣體輸送系統係在2015年12月4日提交的案名為「Gas Delivery System」之共同受讓的美國專利申請案第14/945,680號中加以顯示及描述，在此將其全文引入以供參照。合適的單或雙氣體注射器及其他氣體注射位置係在2016年1月7日提交的案名為「Substrate Processing System with Multiple Injection Points and Dual Injector」之共同受讓的美國臨時專利申請案第62/275,837號中加以顯示及描述，在此將其全文引入以供參照。

【0050】 在一些範例中，氣體注射器642包含以向下方向引導氣體的中央注射位置、及以相對於該向下方向之一角度注入氣體的一或更多側注射位置。在一些範例中，氣體輸送系統650-1以第一流率將氣體混合物的第一部分輸送至氣體注射器642的中央注射位置，並以第二流率將氣體混合物的第二部分輸送至氣體注射器642的側注射位置。在其他範例中，藉由氣體注射器642輸送不同的氣體混合物。在一些範例中，氣體輸送系統650-1將調節氣體輸送至氣流通道629和634、及/或輸送至將於以下描述之處理腔室中的其他位置。

【0051】 電漿產生器670可用以產生輸出至一或更多感應線圈640的RF功率。電漿690在上腔室區域604中產生。在一些範例中，電漿產生器670包含RF來源672及匹配網路674。匹配網路674將RF來源672的阻抗與一或更多感應線圈640的阻抗相匹配。在一些範例中，氣體分配裝置614連接至諸如接地的參考電

位。閥678及泵浦680可用以控制下腔室區域602及上腔室區域604之內部的壓力並抽空反應物。

【0052】 控制器676與氣體輸送系統650-1和650-2、閥678、泵浦680、及/或電漿產生器670通訊以控制處理氣體、沖洗氣體的流量、RF電漿及腔室壓力。在一些範例中，藉由一或更多感應線圈640將電漿維持在圓頂618的內部。使用氣體注射器642(及/或孔623)自腔室的頂部部分引入一或更多氣體混合物，並使用氣體分配裝置614將電漿限制在圓頂618之內。

【0053】 在一些範例中，設置RF偏壓產生器684且其包含RF來源686及選用性的匹配網路688。RF偏壓功率可用以在氣體分配裝置614與基板支座之間產生電漿、或用以在基板626上產生自偏壓而吸引離子。控制器676可用以控制RF偏壓功率。

【0054】 現參照圖6B，蒸氣輸送系統659可包含起泡器或安瓿。蒸氣輸送系統659包含載氣源692，其係經由閥V1而連接至質量流量控制器694。蒸氣輸送系統659更包含閥V2、V3、V4、V5、及V6，其係配置以防止流動、或控制載氣或載氣與溶劑之混合物的流動。溫度感測器697及加熱器698係用以控制安瓿696中之溶劑的溫度。載氣可藉由開啟閥V1、V2、V4、V5、及V6而加以供應。載氣及溶劑可藉由開啟閥V1、V2、V3、V5、及V6並關閉閥V4而加以供應。

【0055】 現參照圖7，顯示依據本揭示內容之基板處理工具710。基板處理工具710包含設置於中心位置的機器人712。機器人712可在真空或大氣壓力下操作。基板處理工具710包含設置於機器人712周圍的複數工作站716-1、716-2、…、及716-S(統稱為工作站716) (其中S為大於一的整數)。工作站716可圍繞基板處理工具710之中心以相等或不規則的角度偏移加以設置。工作站716之範例可包含

沉積、蝕刻、預清潔、後清潔、旋轉清潔等。最初基板可位於卡匣734中。大致標示於738的機器人及負載鎖可用以將基板從卡匣734移動至基板處理工具710。當處理完成時，機器人及負載鎖738可將基板送回至卡匣734及/或另一卡匣739。

【0056】在一些範例中，複數工作站716中之一者執行沉積或蝕刻。複數工作站716中之另一者執行上述之清潔或蝕刻。複數工作站716中之另一者(例如旋轉清潔腔室)執行上述之單純濕式清潔步驟。在一些範例中，藉由機器人712而移動基板，從沉積或蝕刻工作站至清潔或蝕刻工作站，並接著至單純濕式清潔工作站。

【0057】以上敘述在本質上僅為說明性的，而非意圖限制本揭露內容、其應用、或用途。本揭露內容之廣泛指示可以各種形式實行。因此，雖本揭露內容包含特定例子，但由於當研究圖式、說明書、及以下申請專利範圍時，其他變化將更顯清楚，故本揭露內容之真實範疇不應如此受限。吾人應理解，在不改變本揭露內容之原理的情況下，可以不同次序(或同時)執行方法中之一或更多步驟。再者，雖實施例之各者係於以上描述為具有某些特徵，但關於本揭露內容之任何實施例所述之任一或更多該等特徵可在任何其他實施例中實行，及/或與任何其他實施例之特徵組合(即使並未詳細敘述該組合)。換句話說，所述之實施例並非互相排斥，且一或更多實施例彼此之間的置換維持於本揭露內容之範疇內。

【0058】元件(例如，在模組、電路元件、半導體層等)之間的空間及功能上之關係係使用各種用語所敘述，該等用語包含「連接」、「接合」、「耦合」、「鄰近」、「在...旁邊」、「在...之上」、「上面」、「下面」、以及「設置」。

除非明確敘述為「直接」之情形下，否則當於上述揭露內容中描述第一與第二元件之間的關係時，該關係可係在第一與第二元件之間不存在其它中介元件之直接關係，但亦可係在第一與第二元件之間存在一或更多中介元件(空間上或功能上)的間接關係。如本文所使用的，詞組「A、B、及C其中至少一者」應解釋為意指使用非排除性邏輯OR之邏輯(A OR B OR C)，且不應解釋為意指「A之至少一者、B之至少一者、及C之至少一者」。

【0059】 在一些實施例中，控制器為系統的一部分，該系統可為上述例子的一部分。此系統可包含半導體處理設備，該半導體處理設備包含(複數)處理工具、(複數)腔室、(複數)處理用平台、及/或特定的處理元件(晶圓基座、氣體流動系統等)。該等系統可與電子設備整合，以在半導體晶圓或基板之處理之前、期間、以及之後，控制其運作。電子設備可被稱為「控制器」，其可控制(複數)系統的各種元件或子部件。取決於處理需求及/或系統類型，可將控制器程式設計成控制本文所揭露之任何處理，包含處理氣體的傳送、溫度設定(例如，加熱及/或冷卻)、壓力設定、真空設定、功率設定、射頻(RF)產生器設定、RF匹配電路設定、頻率設定、流速設定、流體傳送設定、位置和操作設定、晶圓轉移(進出與特定系統連接或接合之工具及其他轉移工具、及/或負載鎖)。

【0060】 廣泛來說，可將控制器定義為具有接收指令、發佈指令、控制運作、啟動清洗操作、啟動終點量測等之許多積體電路、邏輯、記憶體、及/或軟體的電子設備。積體電路可包含：儲存程式指令之韌體形式的晶片、數位訊號處理器(DSPs)、定義為特殊應用積體電路(ASICs)的晶片、及/或一或更多微處理器、或執行程式指令(例如，軟體)的微控制器。程式指令可為以不同的單獨設定(或程式檔案)之形式而傳達至控制器或系統的指令，該單獨設定(或程式檔案)為

實行特定處理(在半導體晶圓上，或是對半導體晶圓)定義操作參數。在一些實施例中，操作參數可係由製程工程師所定義之配方的一部分，俾在一或更多以下者(包含：覆層、材料、金屬、氧化物、矽、二氧化矽、表面、電路、及/或基板的晶粒)的製造期間實現一或更多處理步驟。

【0061】在一些實施例中，控制器可為電腦的一部分，或耦接至電腦，該電腦係與系統整合、耦接至系統、或以網路連接至系統、或以其組合之方式連接至系統。例如，控制器可在能容許遠端存取晶圓處理之「雲端」或廠房主機電腦系統的全部或部分中。電腦可使系統能夠遠端存取，以監控製造運作的當前進度、檢查過去製造運作的歷史、由複數之製造運作而檢查趨勢或效能指標，以改變當前處理的參數、設定當前處理之後的處理步驟、或開始新的製程。在一些例子中，遠端電腦(例如，伺服器)可通過網路提供製程配方至系統，該網路可包含局域網路或網際網路。遠端電腦可包含使用者介面，其可達成參數及/或設定的接取、或對參數及/或設定進行程式化，接著將該參數及/或該設定由遠端電腦傳達至系統。在一些例子中，控制器以資料的形式接收指令，該指令為將於一或更多操作期間執行之每個處理步驟指定參數。吾人應理解，參數可特定地針對將執行之製程的類型及將控制器設定以接合或控制之工具的類型。因此，如上所述，控制器可為分散式，例如藉由包含以網路的方式連接彼此且朝向共同目的(例如，本文所敘述的製程及控制)而運作的一或更多分離的控制器。用於此目的之分散式控制器的範例將係在腔室上、與位於遠端的一或更多積體電路(例如，在作業平臺位準處、或作為遠端電腦的一部分)進行通訊的一或更多積體電路，兩者結合以控制腔室上的製程。

【0062】範例系統可包含但不限於以下各者：電漿蝕刻腔室或模組、沉積

腔室或模組、旋轉淋洗腔室或模組、金屬電鍍腔室或模組、清洗腔室或模組、斜角緣部蝕刻腔室或模組、物理氣相沉積(PVD)腔室或模組、化學氣相沉積(CVD)腔室或模組、原子層沉積(ALD)腔室或模組、原子層蝕刻(ALE)腔室或模組、離子植入腔室或模組、軌道腔室或模組、以及可在半導體晶圓的製造及/或加工中相關聯、或使用的任何其他半導體處理系統。

【0063】 如以上所提及，取決於將藉由工具執行之(複數)處理步驟，控制器可與半導體製造工廠中之一或更多的以下各者進行通訊：其他工具電路或模組、其他工具元件、群集工具、其他工具介面、鄰近之工具、相鄰之工具、遍布工廠的工具、主電腦、另一控制器、或材料運輸中所使用之工具，該材料運輸中所使用之工具將晶圓容器輸送往返於工具位置及/或裝載埠。

【符號說明】

【0064】

100…基板

108…高深寬比(HAR)結構

110…第一層

114…第二層

120…微粒或殘餘物

210…液體層

220…反應性液體層

300…方法

310…步驟

314…步驟

318…步驟

322…步驟

326…步驟

410…位置

420…液體層

430…液體層

500…方法

510…步驟

514…步驟

518…步驟

522…步驟

526…步驟

530…步驟

600…基板處理腔室

602…下腔室區域

604…上腔室區域

608…腔室側壁表面

610…腔室底部表面

614…氣體分配裝置

617…加熱器板

618…圓頂

621…第一環形支座

622…基板支座

623…孔

625…第二環形支座

626…基板

627…孔

629…氣流通道

631…孔

633…板件

634…氣流通道

635…間隔開的孔

640…一或更多感應線圈

642…氣體注射器

650-1…氣體輸送系統

650-2…氣體輸送系統

652…一或更多氣體源

654…一或更多閥

656…一或更多質流控制器(MFC)

658…混合歧管

659…蒸氣輸送系統

670…電漿產生器

672…RF 來源

674…匹配網路

676…控制器

678…閥

680…泵浦

684…RF 偏壓產生器

686…RF 來源

688…匹配網路

690…電漿

692…載氣源

694…質量流量控制器

696…安瓿

697…溫度感測器

698…加熱器

710…基板處理工具

712…機器人

716-1…工作站

716-2…工作站

716-S…工作站

734…卡匣

738…機器人及負載鎖

739…卡匣

V1…閥

V2…閥

V3…閥

V4…閥

V5…閥

V6…閥

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種基板處理方法，包含：

(a) 將該基板設置於處理腔室中；及

(b) 同時將汽化溶劑及包含鹵素物種之反應性氣體供應至該處理腔室，以在該基板之暴露表面上形成一保形液體層；

其中該保形液體層吸附該反應性氣體以形成一反應性液體層，該反應性液體層對該基板之該等暴露表面進行蝕刻，在不形成殘餘物的情況下形成氣體副產物。

【第2項】 如申請專利範圍第1項之基板處理方法，其中該反應性液體層與該基板之該等暴露表面進行反應以產生一氣體產物。

【第3項】 如申請專利範圍第1項之基板處理方法，其中該反應性氣體係選自由下列各者所組成之群組：氟化氫氣體、氯化氫氣體、及溴化氫氣體。

【第4項】 如申請專利範圍第1項之基板處理方法，其中該基板包含複數高深寬比(HAR)特徵部，其具有大於或等於5:1的深度對寬度比例。

【第5項】 如申請專利範圍第1項之基板處理方法，更包含：在將該汽化溶劑及該反應性氣體供應至該處理腔室之前，將該處理腔室中之壓力設定至由1 Torr至10 Torr的壓力範圍。

【第6項】 如申請專利範圍第1項之基板處理方法，更包含：在將該汽化溶劑及該反應性氣體供應至該處理腔室之前，將該處理腔室中之處理溫度設定至由0ºC至400ºC的溫度範圍。

【第7項】 如申請專利範圍第1項之基板處理方法，其中該反應性液體層以在10埃/min至100埃/min之範圍內的蝕刻速率對該等暴露表面進行蝕刻。

【第8項】 如申請專利範圍第1項之基板處理方法，更包含執行包含步驟(a)及(b)的複數循環。

【第9項】 如申請專利範圍第8項之基板處理方法，其中該反應性液體層在該複數循環之每一循環期間對該等暴露表面蝕刻0.2埃至1埃。

【第10項】 如申請專利範圍第1項之基板處理方法，更包含：

在步驟(b)之前：

將一氧化性氣體供應至該處理腔室達一預定時段；以及

將該氧化性氣體排空。

【第11項】 如申請專利範圍第10項之基板處理方法，其中該氧化性氣體包含選自由下列各者所組成之群組的氣體：分子氧、臭氧、過氧化氫、氧化亞氮、及二氧化氮。

【第12項】 如申請專利範圍第10項之基板處理方法，其中該氧化性氣體係藉由遠程電漿而供應。

【第13項】 如申請專利範圍第10項之基板處理方法，其中在100℃至400℃之範圍內的處理溫度下供應該氧化性氣體。

【第14項】 如申請專利範圍第10項之基板處理方法，更包含：在步驟(b)之後執行該基板之濕式清潔。

【第15項】 如申請專利範圍第1項之基板處理方法，其中在感應耦合式電漿(ICP)腔室中執行步驟(a)至(b)。

【第16項】 如申請專利範圍第1項之基板處理方法，更包含：相對於該處理腔室中之其他元件而將該基板之溫度控制於不同的溫度。

【發明圖式】

圖 1

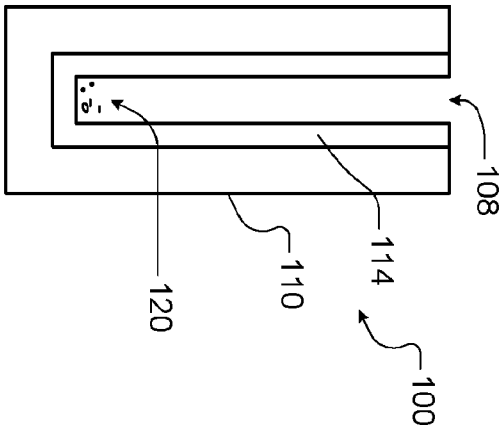


圖 2A

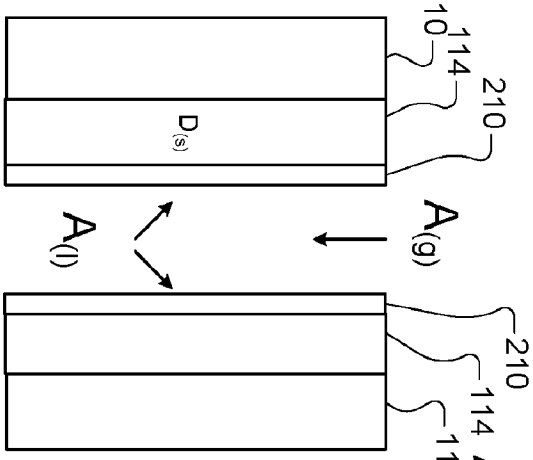


圖 2B

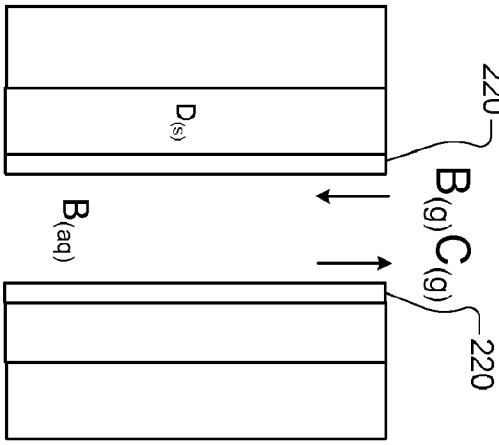
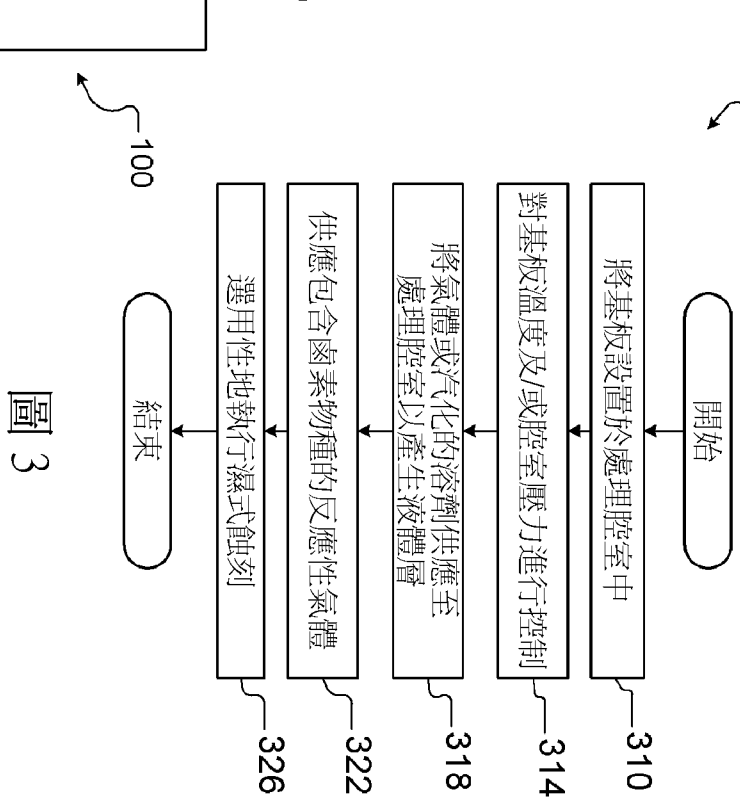


圖 3



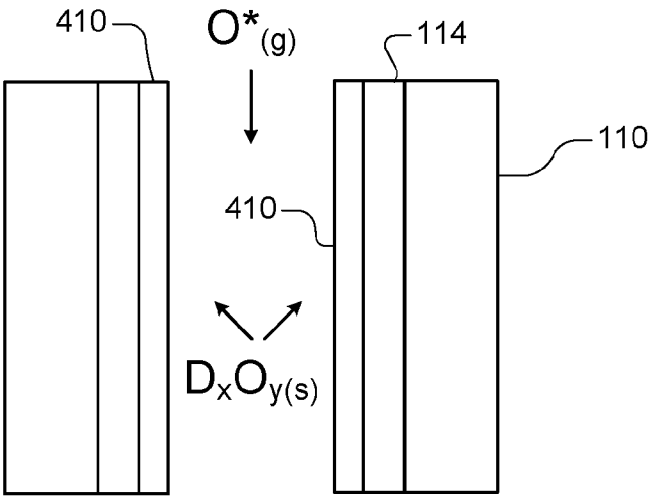


圖 4A

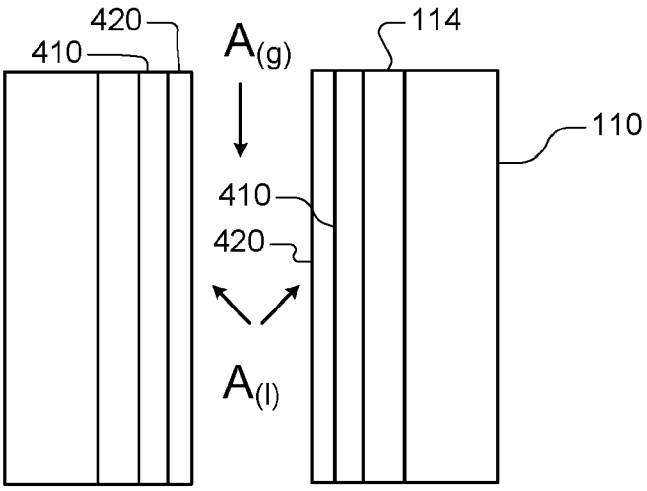


圖 4B

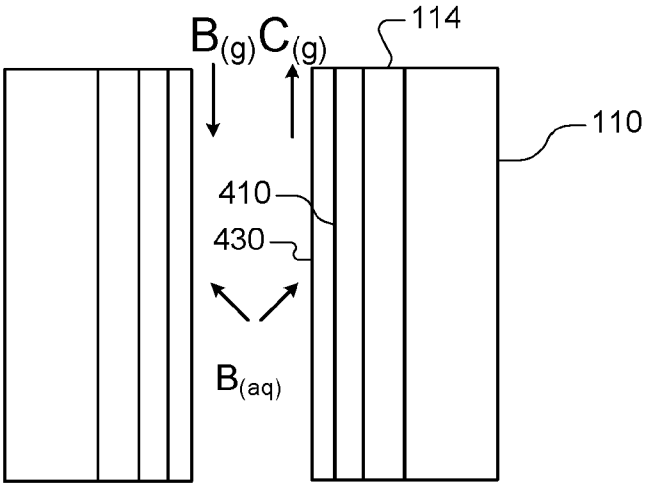


圖 4C

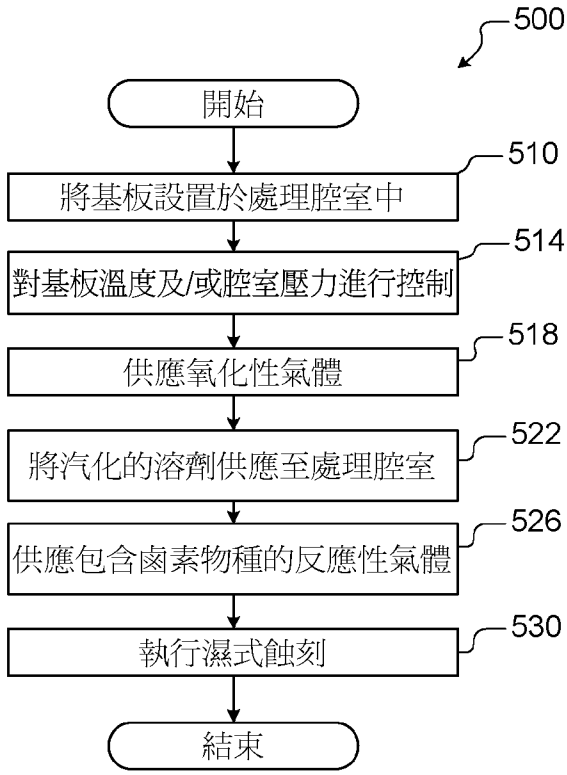
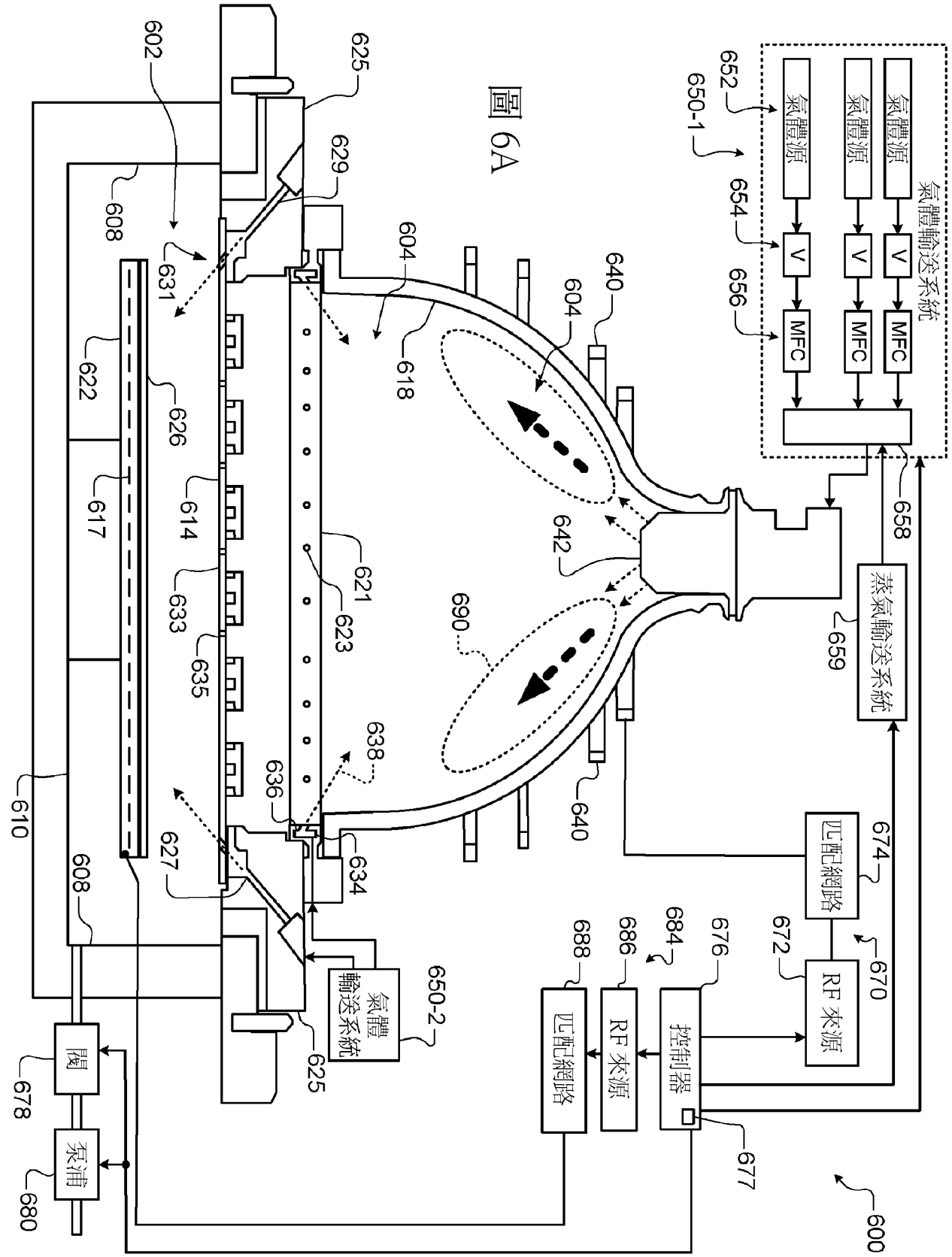


圖 5



氣體輸送系統
氣體源
氣體源
氣體源
V
V
V
MFC
MFC
MFC
蒸氣輸送系統
匹配網路
RF 來源
控制器
RF 來源
匹配網路
氣體輸送系統
閥
泵浦
600
602
604
604
608
610
614
617
618
621
622
623
625
625
626
627
629
631
633
634
635
636
638
640
640
642
650-1
650-2
652
654
656
658
659
670
672
674
676
677
678
680
684
686
688
690

圖 6A

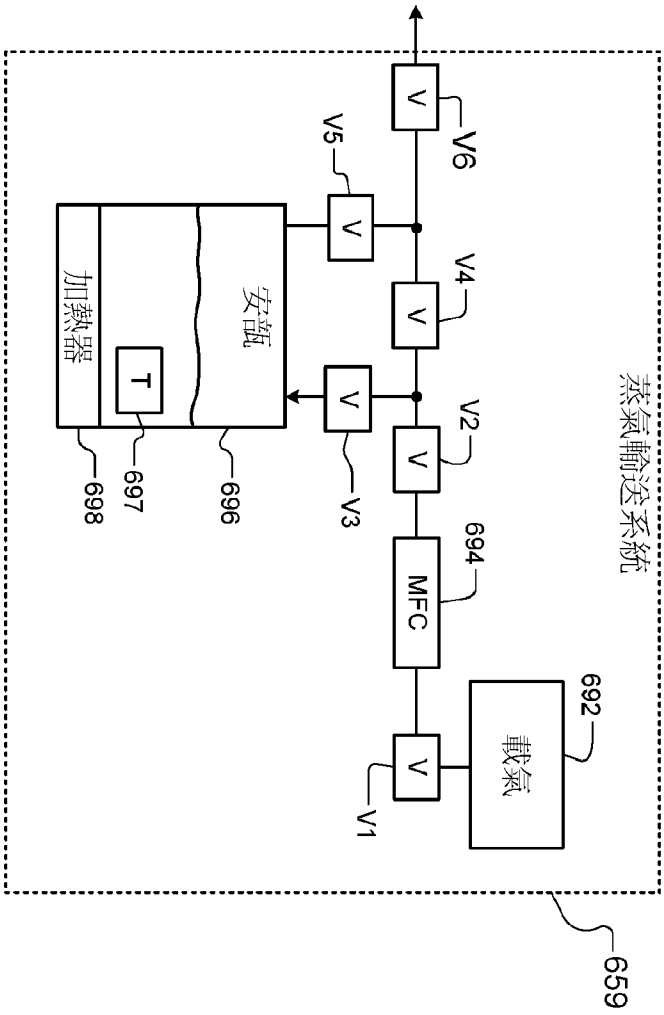

蒸氣輸送系統
V
V6
V5
V4
V2
V3
V1
安瓿
加熱器
T
697
698
696
694
MFC
692
載氣
659

圖 6B

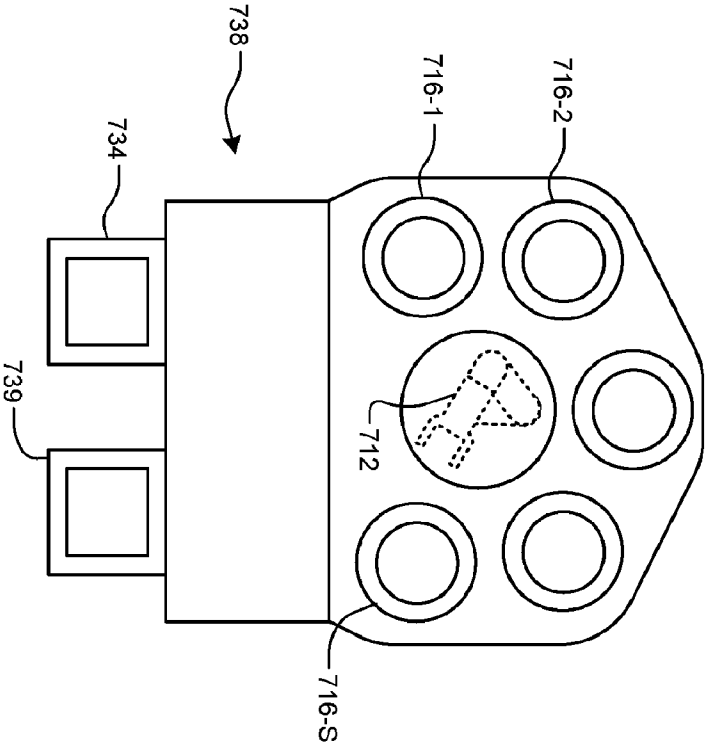

738
734
739
716-1
716-2
712
716-S

圖 7