



(21)申請案號：106138259

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 11 月 06 日

(51)Int. Cl. : H01L21/02 (2006.01)

H01L21/033 (2006.01)

H01L21/3105(2006.01)

H01L21/311 (2006.01)

(30)優先權：2016/11/11 美國

15/349,746

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

美國

(72)發明人：拉芙依 艾里恩 LAVOIE, ADRIEN (US)

(74)代理人：許峻榮

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：25 項 圖式數：7 共 64 頁

(54)名稱

以原子層沉積間隙填充間隔件遮罩進行的自對準多重圖案化製程流程

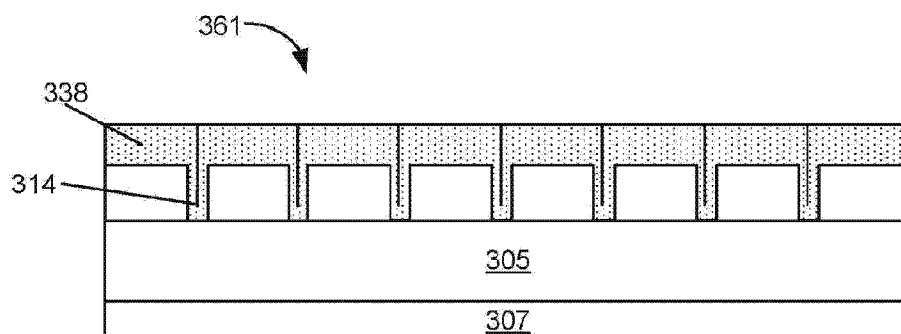
SELF-ALIGNED MULTI-PATTERNING PROCESS FLOW WITH ALD GAPFILL SPACER MASK

(57)摘要

本文中描述了針對自對準多重圖案化處理形成對稱的間隔件之方法及設備。方法包含：藉由原子層沉積而在圖案化的一基板上沉積間隙填充材料，該基板包含芯材及目標層；將該基板平坦化；及對該芯材進行蝕刻以形成對稱的間隔件。填充材料可進行沉積達一持續時間，該持續時間係不足以將特徵部完全填充，使得特徵部係加以部分填充。

Methods and apparatuses for forming symmetrical spacers for self-aligned multiple patterning processes are described herein. Methods include depositing gapfill material by atomic layer deposition over a patterned substrate including core material and a target layer, planarizing substrate, and etching the core material to form symmetrical spacers. Gapfill material may be deposited for a duration insufficient to completely fill features such that features are underfilled.

指定代表圖：



符號簡單說明：

305 . . . 目標層

307 . . . 底層

314 . . . 圖案化之芯

338 . . . 間隙填充材料

361 . . . 接縫

圖 3L

【發明說明書】

【中文發明名稱】

以原子層沉積間隙填充間隔件遮罩進行的自對準多重圖案化製程流程

【英文發明名稱】

SELF-ALIGNED MULTI-PATTERNING PROCESS FLOW WITH ALD GAPFILL
SPACER MASK

【技術領域】

【0001】 本發明係關於處理基板的方法及設備。

【先前技術】

【0002】 先進積體電路的製造通常涉及在半導體的大量製造中之小特徵部的圖案化。多重圖案化技術可允許基於微影技術(例如，193 nm浸潤式微影術)的特徵部尺寸縮放。自對準雙重圖案化係多重圖案化技術的一個範例。

【發明內容】

【0003】 本文中提供了處理基板(例如，半導體基板)的方法。一實施態樣係涉及一種處理基板的方法，該方法包含：提供具有一芯材及一目標層的該基板，該芯材係圖案化以形成複數間隙；在該芯材上保形地沉積間隙填充材料，使得該間隙填充材料係沉積於該基板上的該等間隙中；將該基板平坦化以形成包含該間隙填充材料及該芯材的一平坦表面；及選擇性地蝕刻該芯材以形成形狀對稱的複數間隔件，該等間隔件係做為用以蝕刻該目標層的一遮罩。

【0004】 在各種的實施例中，該間隙填充材料係藉由原子層沉積加以沉積。在一些實施例中，該間隙填充材料係藉由原子層沉積而沉積達一持續時間，該持續時間係不足以將該等間隙完全填充。

【0005】 在一些實施例中，該等間隙具有小於約 x nm之開口，且該間隙填充材料係沉積達一持續時間，該持續時間係足以將該間隙填充材料沉積至在約 $0.4 \times x$ nm 與約 $0.5 \times x$ nm之間的一厚度。在一些實施例中， x 為50。在一些實施例中， x 小於50。

【0006】 在一些實施例中，間隙填充材料為矽氧化物、矽氮化物、矽碳化物、及鈦氧化物其中任何一者。

【0007】 在一些實施例中，該遮罩中之形狀對稱的間隔件之間的臨界尺寸小於約50 nm。形狀對稱的該等間隔件可用於多重圖案化技術。在一些實施例中，沉積間隙填充材料並將基板平坦化減少了節距擺動。在各種的實施例中，形狀對稱的該等間隔件包含該間隙填充材料。

【0008】 該方法亦可包含在沉積該間隙填充材料之前，於該基板上沉積另一保形膜並對該另一保形膜進行方向性蝕刻以在該芯材之側壁上形成側壁間隔件。在各種的實施例中，選擇性地蝕刻該基板以形成形狀對稱的該等間隔件之步驟包含相對於該等側壁間隔件而選擇性地移除該芯材及該間隙填充材料。選擇性地蝕刻該基板以形成形狀對稱的該等間隔件之步驟可包含相對於該間隙填充材料而選擇性地移除該芯材。

【0009】 在各種的實施例中，該芯材包含碳。該芯材可為旋塗碳、類鑽碳、及/或間隙填充可灰化硬遮罩其中任何一者。

【0010】 在各種的實施例中，沉積該間隙填充材料包含使該基板暴露於一含矽前驅物及一氧化電漿之交替脈衝。

【0011】 另一實施態樣涉及了一方法，該方法包含：提供包含複數間隔件的一基板，該等間隔件形成一遮罩，每一間隔件包含與該間隔件之頂部表面垂直的複數側壁，該等間隔件係藉由將間隙填充材料保形地沉積在一芯材的複數間隙中而形成；將該間隙填充材料及該芯材平坦化以形成一平坦表面；選擇性地移除該芯材；及使用該等間隔件作為遮罩而蝕刻一目標層。 在各種的實施例中，該遮罩具有小於約50 nm之節距。

【0012】 在各種的實施例中，該間隙填充材料係藉由原子層沉積而沉積。 在一些實施例中，該間隙填充材料係藉由原子層沉積而沉積達一持續時間，該持續時間係不足以將該等間隙完全填充。

【0013】 在一些實施例中，該間隙填充材料係選自於由矽氧化物、矽氮化物、矽碳化合物、及鈦氧化物所組成之群組。

【0014】 形狀對稱的該等間隔件可用於多重圖案化技術。 在一些實施例中，沉積該間隙填充材料並將基板平坦化之操作減少了節距擺動。 在各種的實施例中，形狀對稱的該等間隔件包含該間隙填充材料。

【0015】 在各種的實施例中，該芯材包含碳。該芯材可為旋塗碳、類鑽碳、及/或間隙填充可灰化硬遮罩中任何一者。

【0016】 在各種的實施例中，沉積該間隙填充材料包含使該基板暴露於一含矽前驅物及一氧化電漿之交替脈衝。

【0017】 另一實施態樣涉及了一方法，該方法包含：提供包含複數間隔件的一基板，該等間隔件形成一遮罩，每一間隔件包含以 $90^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 之角度與該間隔件

之頂部表面相交會的複數側壁，該等間隔件係藉由將間隙填充材料保形地沉積在一芯材的複數間隙中而形成；將該間隙填充材料及該芯材平坦化以形成一平坦表面；選擇性地移除該芯材；及使用該等間隔件作為遮罩而蝕刻一目標層。

【0018】 在各種的實施例中，該間隙填充材料係藉由原子層沉積而沉積。在一些實施例中，該間隙填充材料係藉由原子層沉積而沉積達一持續時間，該持續時間係不足以將該等間隙完全填充。

【0019】 在一些實施例中，該間隙填充材料為矽氧化物、矽氮化物、矽碳化合物、及鈦氧化物其中任何一者。

【0020】 形狀對稱的該等間隔件可用於多重圖案化技術。在一些實施例中，沉積該間隙填充材料並將基板平坦化減少了節距擺動。在各種的實施例中，形狀對稱的該等間隔件包含該間隙填充材料。

【0021】 在各種的實施例中，該芯材包含碳。該芯材可為旋塗碳、類鑽碳、及/或間隙填充可灰化硬遮罩中任何一者。

【0022】 在各種的實施例中，沉積該間隙填充材料包含使該基板暴露於一含矽前驅物及氧化電漿之交替脈衝。

【0023】 另一實施態樣涉及一種將基板圖案化的設備，該設備包含：一或更多處理腔室；進入該一或更多處理腔室的一或更多氣體入口、及相關聯的流量控制硬體；一低頻射頻(LFRF)產生器；一高頻射頻(HFRF)產生器；及一控制器，具有至少一處理器及一記憶體，其中該至少一處理器及該記憶體係彼此通信連接，該至少一處理器係至少與該流量控制硬體、該LFRF產生器、及該HFRF產生器在操作上連接，且該記憶體儲存用以控制該至少一處理器的複數電腦可執行指令，用以至少控制該流量控制硬體、該HFRF產生器、及該LFRF產生器以：

將間隙填充材料前驅物導入以在一基板的一芯材上保形地沉積間隙填充材料，該基板包含一目標層，該芯材係圖案化而形成複數間隙，使得該間隙填充材料係沉積在該基板上的該等間隙中；將該基板平坦化以形成包含該間隙填充材料及該芯材的一平坦表面；及對該芯材進行選擇性蝕刻以形成形狀對稱的複數間隔件，該等間隔件係做為用以蝕刻該目標層的一遮罩。

【0024】另一實施態樣涉及一種將基板圖案化的設備，該設備包含：一或更多處理腔室；進入該一或更多處理腔室的一或更多氣體入口、及相關聯的流量控制硬體；一低頻射頻(LFRF)產生器；一高頻射頻(HFRF)產生器；及一控制器，具有至少一處理器及一記憶體，其中該至少一處理器及該記憶體係彼此通信連接，該至少一處理器係至少與該流量控制硬體、該LFRF產生器、及該HFRF產生器在操作上連接，且該記憶體儲存用以控制該至少一處理器的複數電腦可執行指令，用以至少控制該流量控制硬體、該HFRF產生器、及該LFRF產生器以：將一基板傳遞至該一或更多處理腔室中，該基板包含形成一遮罩的複數間隔件，每一間隔件包含垂直於該間隔件之頂部表面的複數側壁，該等間隔件係藉由將間隙填充材料保形地沉積在一芯材的複數間隙中而形成；將該間隙填充材料及該芯材平坦化以形成一平坦表面；將該芯材選擇性移除；及藉由使用該等間隔件作為遮罩而蝕刻一目標層。在各種的實施例中，遮罩具有小於約50 nm之節距。

【0025】另一實施態樣涉及一種將基板圖案化的設備，該設備包含：一或更多處理腔室；進入該一或更多處理腔室的一或更多氣體入口、及相關聯的流量控制硬體；一低頻射頻(LFRF)產生器；一高頻射頻(HFRF)產生器；及一控制器，具有至少一處理器及一記憶體，其中該至少一處理器及該記憶體係彼此通

信連接，該至少一處理器係至少與該流量控制硬體、該LFRF產生器、及該HFRF產生器在操作上連接，且該記憶體儲存用以控制該至少一處理器的複數電腦可執行指令，用以至少控制該流量控制硬體、該HFRF產生器、及該LFRF產生器以：將一基板傳遞至該一或更多處理腔室中，該基板包含形成一遮罩的複數間隔件，每一間隔件包含與該間隔件之頂部表面以 $90^{\circ}\pm 5^{\circ}$ 之角度相交會的複數側壁，該等間隔件係藉由將間隙填充材料保形地沉積在一芯材的複數間隙中而形成；將該間隙填充材料及該芯材平坦化以形成一平坦表面；將該芯材選擇性移除；及導致藉由使用該等間隔件作為遮罩而蝕刻一目標層。

【0026】 以下參照圖式進一步描述這些及其他實施態樣。

【圖式簡單說明】

【0027】 圖1A-1J為四重圖案化方案之範例中的基板之示意圖。

【0028】 圖2為一處理流程圖，其描繪了根據特定所揭露實施例而執行的方法之操作。

【0029】 圖3A-3G為根據特定所揭露實施例而執行的圖案化方案之範例中的基板之示意圖。

【0030】 圖3H及3I為根據特定所揭露實施例而對特徵部進行部分填充(underfilling)之範例性方案中的基板之示意圖。

【0031】 圖3J-3O為根據特定所揭露實施例而執行的圖案化方案之範例中的基板之示意圖。

【0032】 圖3P-3R為為根據特定所揭露實施例而對特徵部進行部分填充之範例性方案中的基板之示意圖。

【0033】圖4及6為用以執行特定所揭露實施例的範例性處理腔室之示意圖。

【0034】圖5及7為用以執行特定所揭露實施例的範例性處理工具之示意圖。

【實施方式】

【0035】為了透徹理解本發明的實施例，在以下的敘述中說明眾多具體細節。所揭示的實施例可以不具有某些或全部這些具體細節而加以實施。另一方面，未詳細說明眾所周知的製程操作，以不要不必要地模糊所揭示的實施例。雖然所揭示的實施例將結合具體的實施例加以描述，但可理解其係非意圖限制所揭示的實施例。

【0036】圖案化方法係用於許多半導體製造製程中。具體而言，多重圖案化已用以使微影技術延伸超出其光學極限。雙重圖案化及四重圖案化為用以使微影技術延伸超出其光學極限的範例性技術，且雙重圖案化現在在業界中係廣泛地用於小於約80 nm之節距。目前的雙重圖案化技術通常使用側壁間隔件以兩個遮罩步驟來圖案化溝槽。雙重圖案化之方法(尤其是線圖案化)在正型及負型雙重圖案化製程兩者中已涉及間隔件及遮罩之使用。間隔件可藉由電漿增強原子層沉積(PEALD)而沉積在圖案化的芯上，且可用以產生更小節距的圖案。隨著元件縮小且節距減少，像間隔件傾斜、線彎曲、及圖案化間隔件崩塌這樣的問題出現，而這些問題可因此導致元件失效。具體而言，吾人於對芯層進行烘烤及移除時觀察到因間隔件傾斜所造成的節距擺動(pitch walking)。

【0037】圖1A-1J為產生節距擺動的四重圖案化方案中之基板的範例性示意圖。圖1A顯示了一基板，其具有微影界定或圖案化的第一芯101，該第一芯101係在第二芯103、目標層105、及底層107上。在此技術領域中具有通常技術者會理解，適用於本文中所述之半導體處理的多層堆疊亦可包含其他的層，例如蝕刻停止層、頂蓋層、及其他底層。

【0038】圖案化的第一芯101可為光阻，或可包含非晶碳或非晶矽材料。圖案化的第一芯101可藉由任何合適的沉積技術(例如，電漿增強化學汽相沉積(PECVD))而沉積在第二芯103上，且該沉積技術可涉及在沉積腔室中從包含烴前驅物之沉積氣體產生電漿。該烴前驅物可由化學式 C_xH_y 加以定義，其中x係在2與10之間的整數，且y係在2與24之間的整數。範例包含了甲烷(CH_4)、乙炔(C_2H_2)、乙烯(C_2H_4)、丙烯(C_3H_6)、丁烷(C_4H_{10})、環己烷(C_6H_{12})、苯(C_6H_6)、及甲苯(C_7H_8)。可使用包含高頻(HF)功率及低頻(LF)功率的雙射頻(RF)電漿來源。

【0039】在第二芯103下方為目標層105。目標層105可為最終要圖案化的層。舉例而言，目標層105可為半導體、介電質、或其他層，且其可由矽(Si)、矽氧化物(SiO_2)、矽氮化物(SiN)、或鈦氮化物(TiN)所製成。目標層105可藉由原子層沉積(ALD)、PEALD、化學汽相沉積(CVD)、或其他合適之沉積技術而沉積。

【0040】在圖1B中，將第一保形膜109沉積在圖案化的第一芯101上方。在一些實施例中，第一保形膜109可藉由ALD或PEALD而沉積。如圖1C中所示，對第一保形膜109進行方向性蝕刻以形成第一間隔件119。該第一間隔件119可為氧化物(例如，矽氧化物(SiO_2)、或鈦氧化物(TiO_2))，或者可為氮化物(例如，矽氮化物(SiN))。第一間隔件119之圖案係用以對後續的層進行圖案化。吾人應理解，本文中所使用之術語「間隔件」係意指與芯材相鄰的遮罩材料。

【0041】在圖1D中，選擇性地蝕刻圖案化的第一芯101，從而在基板上留下獨立的第一間隔件119。本文中所使用的選擇性移除或選擇蝕刻係定義為相對另一材料而選擇性地蝕刻一材料。舉例而言，在圖1D中，圖案化的第一芯係相對於第一間隔件119而加以選擇性地蝕刻。吾人應理解，在一些實施例中，若相對第二材料而選擇性地蝕刻第一材料，則第一材料之蝕刻率係較第二材料之蝕刻率更快，使得針對給定的持續時間而言，第一材料係較第二材料被蝕刻得更多。

【0042】第一間隔件119之圖案可具有約50 nm的節距。由於關鍵尺寸係相當大的，因此在這些較大的關鍵尺寸上節距擺動的風險很小。

【0043】在圖1E中，藉由使用圖案化之間隔件119作為遮罩而對第二芯層103進行蝕刻，從而將圖案轉移至第二芯層103以形成圖案化的第二芯113。可藉由使用一化學品而蝕刻圖案化的第二芯113，該化學品係適用於蝕刻第二芯層103但不適用於蝕刻圖案化之間隔件119。圖案化的第二芯113可為非晶碳層、非晶矽層、或光阻(例如，聚(甲基丙烯酸甲酯)、或聚(甲基戊二醯亞胺) (PMGI)、或苯酚甲醛樹脂)。

【0044】在圖1F中，選擇性地移除第一間隔件119以留下圖案化的第二芯113。在一範例中，可藉由流動 CHF_3 、及/或 CF_4 而移除間隔件。

【0045】在圖1G中，將第二保形膜120沉積在圖案化的第二芯113上。第二保形膜120可為藉由ALD或PEALD沉積的介電材料。舉例而言，在一些實施例中，第二保形膜120可為矽氧化物。在一些實施例中，第二保形膜120可具有與第一保形膜109相同或相似的成份。

【0046】在圖1H中，對第二保形膜120進行方向性蝕刻以形成位於圖案化之第二芯113側面的第二間隔件121。在圖1I中，選擇性地移除圖案化的第二芯113以留下獨立的第二間隔件121。在這裡，可使用與圖1D中用以蝕刻圖案化之第一芯101相同或類似的化學品來蝕刻圖案化的第二芯113。

【0047】在圖1J中，當第二間隔件121的圖案轉移至目標層105時，圖案化之目標層115包含變化的臨界尺寸 α 、 β 、及 γ ，其可全部為不同的值。間隔件121的不對稱性導致不均勻的蝕刻來形成目標層，從而導致了節距擺動。使用不對稱的間隔件121蝕刻目標層105導致了會造成目標層之傾斜蝕刻的蝕刻物種之離子角分佈(ion angular distribution)。該處理會導致節距擺動在某種程度上是由於在移除圖案化芯材期間的乾蝕刻條件導致了陰影效應(shadowing effect)。

【0048】目前的圖案化方案及技術係不足以形成可用以蝕刻目標層而不會有節距擺動的間隔件。本文中提供了藉由使用原子層沉積間隙填充技術來形成對稱的間隔件的方法及設備。對稱的間隔件提供了改良的頂部輪廓，使得使用間隔件作為遮罩來蝕刻目標層不會導致節距擺動、及/或減少了節距擺動。對稱的間隔件包含了以約 $90^\circ \pm 5^\circ$ 之點交會的尖銳邊角。所揭露之實施例形成了具有與間隔件之頂部表面垂直或實質上垂直之側壁的間隔件。實質上垂直在本文中係定義為具有 $90^\circ \pm 5^\circ$ 的角度。該等方法係關於使用ALD在圖案化基板上填充或部分填充特徵部而在基板上形成覆蓋層(overburden)，並將基板平坦化並移除間隙填充材料與芯材以形成對稱的間隔件。「對稱」在本文中係定義為在移除芯材而留下獨立的間隔件之後於間隔件的各側上具有實質上相同的形狀。舉例而言，對稱的間隔件可具有平坦的頂部輪廓，而間隔件的垂直表面係以 90° 或約 90° 從間隔件的頂部水平表面定向。

【0049】圖2為一處理流程圖，其描繪了根據特定所揭露實施例而執行的一方法之操作。可在各種的實施例中執行圖2之操作其中一或更多者。在一些實施例中，僅執行圖2中所述的該等操作其中一者。舉例而言，在一些實施例中，提供一基板，該基板包含了形成作為遮罩的對稱間隔件，且僅執行操作215以藉由使用該遮罩而蝕刻目標層。在另一範例中，提供一基板，且僅使用操作211來移除芯材並形成對稱的間隔件做為遮罩。吾人應理解，可藉由使用參照圖2所述之該等操作其中任何一或更多者而執行這些及其他實施例。

【0050】在操作201中，提供具有圖案化之芯材、及目標層的基板。該圖案化之芯材可為光阻，或可由非晶碳材料或非晶矽材料所製成。在一些實施例中，芯材可為透明的。芯材係藉由一沉積技術(例如，電漿增強化學汽相沉積(PECVD))而沉積，且該沉積技術可涉及在容納該基板之沉積腔室中從包含烴前驅物的沉積氣體產生電漿。烴前驅物可由化學式 C_aH_b 加以定義，其中a係在2與10之間的整數，而b係在2與24之間的整數。範例包含了甲烷(CH_4)、乙炔(C_2H_2)、乙烯(C_2H_4)、丙烯(C_3H_6)、丁烷(C_4H_{10})、環己烷(C_6H_{12})、苯(C_6H_6)、及甲苯(C_7H_8)。可使用包含高頻(HF)功率及低頻(LF)功率的雙射頻(RF)電漿來源。芯材係於進行圖案化之前沉積在目標層上。目標層可為最終欲圖案化的層。舉例而言，目標層可為半導體、介電質、或其他層，且其可由矽(Si)、矽氧化物(SiO_2)、矽氮化物(SiN)、或鈦氮化物(TiN)所製成。目標層可藉由原子層沉積(ALD)、電漿增強ALD (PEALD)、化學汽相沉積(CVD)、或其他合適之沉積技術而沉積。

【0051】在操作203中，將包含間隔件材料的保形膜沉積在圖案化的芯材上，並對保形膜進行方向性蝕刻以在圖案化芯材的側壁上形成垂直的間隔件。圖3A提供了範例性基板之示意圖，該基板包含底層307、目標層305、圖案化的

芯材313、及間隔件321。這是在執行圖2的操作203之後於基板上的圖案之範例。注意，操作203在例如以下參照圖3J-3O所述的一些實施例中可為可選性的。

【0052】 回到圖2，在操作205中，藉由ALD而在基板上沉積一間隙填充材料。該間隙填充材料可為含矽材料，或在一些實施例中為含鈦材料。範例包含了矽氧化物、矽氮化物、矽碳化物、及鈦氧化物。間隙填充材料可以任何合適的溫度加以沉積，例如在約50°C與約400°C之間，或低於約100°C(例如，約50°C)。間隙填充材料可使用任何合適的前驅物進行沉積，例如雙二乙基胺基矽烷、雙叔丁基胺基矽烷、及二異丙基胺基矽烷。其他前驅物係於下面加以描述。

【0053】 該間隙填充材料係藉由使用ALD而保形地沉積。ALD為藉由使用依序之自限性反應來沉積材料的薄層之技術。ALD製程使用表面介導的沉積反應以循環地逐層沉積膜。作為範例，ALD循環可包含以下操作：(i) 前驅物的輸送/吸附，(ii) 從腔室吹淨前驅物，(iii) 第二反應物之輸送及可選性地點燃電漿，及(iv) 從腔室吹淨副產物。用以在基板表面上形成膜之在第二反應物與吸附的前驅物之間的反應影響了膜之成份及特性，例如非均勻性、應力、濕蝕速率、乾蝕速率、電特性(例如崩潰電壓及漏電流)等。

【0054】 在ALD製程的一範例中，包含一群表面活性部位的基板表面係曝露於提供至容納基板之腔室的一給劑中的第一前驅物(例如，含矽前驅物)之氣相分佈。此第一前驅物的分子被吸附至基板表面之上，其中包含了第一前驅物的化學吸附物種、及/或物理吸附分子。吾人應理解，當一化合物係如本文中所述般吸附至基板表面之上時，所吸附的層可包含該化合物及該化合物之衍生物。舉例而言，含矽前驅物之吸附層可包括含該矽前驅物、及該含矽前驅物之衍生物。在第一前驅物給劑之後，接著將腔室抽空以移除大部分或所有以氣相殘留

之第一前驅物，俾使主要是或僅留下吸附之物種。在一些實行例中，可能未將腔室完全抽空。舉例而言，反應器可加以抽空，使得氣相之第一前驅物的分壓係足夠低以使反應緩和。將第二反應物(例如，含氧氣體)導入至腔室，使得這些分子的其中一些與吸附在表面上的第一前驅物反應。在一些製程中，第二反應物立即與吸附的第一前驅物反應。在其他實施例中，第二反應物僅在暫時性施加一活化來源(例如，電漿)之後進行反應。可接著再次將腔室抽空以移除未受束縛的第二反應物分子。如上所述，在一些實施例中，可能未將腔室完全抽空。可使用額外的ALD循環以積累膜厚度。

【0055】 在一些實施例中，ALD方法包含了電漿活化。如本文中所述，本文中所述之ALD方法及設備可為保形膜沉積(CFD，conformal film deposition)方法及設備，該等方法及設備係大致描述於 2011年4月11日提申且發明名稱爲「PLASMA ACTIVATED CONFORMAL FILM DEPOSITION」的美國專利申請案第13/084,399號(現爲美國專利第8,728,956號)、及2011年4月11日提申且發明名稱爲「SILICON NITRIDE FILMS AND METHODS」的美國專利申請案第13/084,305號中，上述專利申請案之內容係藉由參照而完整納入本文中。

【0056】 為了沉積矽氧化物間隙填充材料，可使基板暴露於下述循環。導入含矽前驅物以使該含矽前驅物吸附至基板表面上。根據所揭露之實施例，適用的含矽前驅物包含了聚矽烷($\text{H}_3\text{Si}-(\text{SiH}_2)_n-\text{SiH}_3$)，其中 $n \geq 0$ 。矽烷的範例爲矽烷(SiH_4)、二矽烷(Si_2H_6)、及有機矽烷(例如，甲矽烷、乙矽烷、異丙基矽烷、叔丁基矽烷、二甲基矽烷、二乙基矽烷、二叔丁基矽烷、烯丙基矽烷、二級丁基矽烷、叔己基矽烷、異戊基矽烷、叔丁基二矽烷、二叔丁基二矽烷等)。

【0057】 鹵矽烷包含至少一鹵基團，且可包含或可不包含氫及/或碳基團。

鹵矽烷之範例為碘矽烷、溴矽烷、氯矽烷、及氟矽烷。雖然鹵矽烷(尤其是氟矽烷)於觸發電漿時可形成可蝕刻矽材料的反應性鹵化物物種，但在一些實施例中，當觸發電漿時，鹵矽烷可能不會被引至腔室，所以可減輕來自鹵矽烷之反應性鹵化物物種之形成。具體的氯矽烷係四氯矽烷、三氯矽烷、二氯矽烷、一氯矽烷、氯烯丙基矽烷、氯甲基矽烷、二氯甲基矽烷、氯二甲基矽烷、氯乙基矽烷、叔丁基氯矽烷、二叔丁基氯矽烷、氯異丙基矽烷、氯二級丁基矽烷、叔丁基二甲基氯矽烷、叔己基二甲基氯矽烷等。

【0058】 胺基矽烷包含了鍵結至矽原子的至少一氮原子，但亦可包含氫、氧、鹵素、及碳。胺基矽烷之範例為一、二、三、及四-胺基矽烷(分別是 $\text{H}_3\text{Si}(\text{NH}_2)$ 、 $\text{H}_2\text{Si}(\text{NH}_2)_2$ 、 $\text{HSi}(\text{NH}_2)_3$ 、及 $\text{Si}(\text{NH}_2)_4$)，及取代的一、二、三、及四-胺基矽烷，例如：叔丁基胺基矽烷、甲基胺基矽烷、叔丁基矽烷胺、雙(叔丁基胺基)矽烷($\text{SiH}_2(\text{NHC}(\text{CH}_3)_3)_2$ (BTBAS))、矽基胺甲酸叔丁酯(*tert*-butyl silylcarbamate)、 $\text{SiH}(\text{CH}_3)-(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_2$ 、 $\text{SiHCl}-(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_2$ 、 $(\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{NH})_3$ 等。胺基矽烷之進一步範例為三矽基胺($(\text{N}(\text{SiH}_3)_3)$)。

【0059】 可對容納了正在處理之基板的腔室進行吹淨以移除未吸附至基板表面上的前驅物。將腔室吹淨可涉及使吹淨氣體或吹掃氣體流動，該吹淨氣體或吹掃氣體可為其他操作中所使用的載體氣體，或可為不同的氣體。範例性吹淨氣體包含氫、氮、氫、及氦。在各種的實施例中，吹淨氣體為惰性氣體。範例性惰性氣體包含氫、氮、及氦。在一些實施例中，吹淨可涉及將腔室排空。在一些實施例中，吹淨可包含用以將處理腔室排空的一或更多的排空之子階段。或者，吾人會理解，在一些實施例中可將吹淨省略。

【0060】 使包含含矽前驅物之吸附層的基板暴露於氧化劑，並在使用氧化電漿將吸附的前驅物轉化為矽氧化物之條件下點燃電漿。範例性氧化劑包含氧氣、水、二氧化碳、一氧化二氮、及其組合。在各種的實施例中，於電漿點燃時，基板係同時暴露於氧化劑及惰性氣體。舉例而言，在一實施例中，於電漿點燃的同時，將氧及氫的混合物導入至基板。接著可再次將腔室吹淨以移除未反應的氧化劑、及/或來自用以形成矽氧化物之反應的副產物。可在多個循環中重複這些給劑、吹淨、轉化、吹淨之操作，以逐層將間隙填充材料保形地沉積在基板上。

【0061】 圖3B顯示了在基板上保形地沉積的間隙填充材料395之範例性示意圖。隨著執行更多的循環，該等間隔件321之間的特徵部係加以填充，且接縫360可在側壁上沉積材料相交會處形成(如圖3C中所示)。圖3C包含間隙填充材料396，該間隙填充材料396係沉積成包含在圖案化芯材313之頂部表面上方的覆蓋層。注意，在一些實施例中，圖2之操作205中的沉積間隙填充材料可執行若干週期，以部分填充(underfill)特徵部或進行沉積達不足以完全填充該等間隙的一持續時間。以下參照圖3H及圖3I而進一步描述部分填充。在一些實施例中，操作205中所沉積之間隙填充材料係做為用以形成對稱間隔件之材料(如以下針對完整填充及部分填充之實施例而參照圖3J-3O所述)。

【0062】 回到圖2，在操作207中，對間隙填充材料進行回蝕以形成平坦表面。可藉由使用濕式蝕刻處理、乾式蝕刻處理、或化學機械平坦化(CMP)而執行回蝕或平坦化。在各種的實施例中，操作207更包含進行平坦化以形成跨越間隙填充材料、間隔件材料、及圖案化之芯的一平坦表面。圖3D中提供了一範例，

其中經蝕刻的間隙填充材料399、間隔件材料325、及芯材313已被平坦化。注意，在經蝕刻之間隙填充材料399中可留下小的接縫360。

【0063】 在一替代性實施例中，執行圖2之操作205以沉積間隙填充材料，使得基板上的特徵部係加以部分填充。舉例而言，可使ALD的沉積循環重複若干循環，俾使在沉積於該等側壁上的膜之間的空間中的距離係在約5 nm與約50 nm之間。一範例係顯示於圖3H中，該圖3H可針對部分填充之實施例而接在圖3B之後。間隙填充材料係藉由ALD而保形地沉積在圖3B中之基板上直到基板係加以部分填充(如圖3H中所示)，其中特徵部的中央保留了小間隙380。應沉積的間隙填充材料之量係取決於用以至少在側壁上提供足夠之厚度的沉積量。在一些實施例中，該等特徵部具有小於約x nm的特徵開口，且間隙填充材料係沉積達足以將間隙填充材料沉積至在約 $0.4 \times x$ nm 與約 $0.5 \times x$ nm之間的一厚度之持續時間。在一些實施例中，該等特徵部具有小於約5 nm的特徵開口，且間隙填充材料係沉積達足以將間隙填充材料沉積至在約2 nm與約2.5 nm之間的一厚度之持續時間。舉例而言，對於具有約50 nm之特徵開口的特徵部而言，可將間隙填充材料沉積至在約20 nm與約30 nm之間的厚度。取代將特徵部完全填充而形成接縫(如圖3C所示)，可在操作207中將基板回蝕以形成仍然具有小間隙360的經蝕刻間隙填充材料398。然而，由於間隙填充材料為用以形成對稱之間隔件325的犧牲層，因此操作205中之間隙填充材料在一些實施例中可能係部分填充而非完全填充。

【0064】 回到圖2，在操作209中，選擇性地移除間隙填充材料以在基板上留下圖案化之芯材及間隔件材料。圖3E中提供了一範例。如圖所示，將間隙填

充材料移除以在目標層305上產生芯材313及側壁間隔件325。注意，在間隙填充材料係用以形成對稱間隔件的實施例中，不執行此操作。

【0065】 回到圖2，在操作211中，選擇性地蝕刻芯材以形成對稱的間隔件作為遮罩。圖3F中提供了一範例。如圖所示，相較於圖1I中所示的間隔件121，間隔件325為對稱的且沒有傾斜。

【0066】 回到圖2，在操作215中，使用對稱的間隔件作為遮罩而蝕刻目標層。圖3G中提供了一範例，與圖1J中所產生之變化的臨界尺寸相較，經蝕刻之目標層315具有一致的臨界尺寸 α 。

【0067】 圖3J-3R提供了用以執行特定所揭露實施例的替代性實施例。例如，圖3J-3O係涉及藉由將間隙填充材料直接沉積在基板上而使用間隙填充材料形成獨立的對稱間隔件，因此不執行圖2的操作203。圖3P-3R呈現了與部分填充有關的另一實施例之範例，其中不執行圖2之操作203，並將部分填充的間隙填充材料做為間隔件而對目標層進行圖案化。下面進一步對這些實施例進行詳述。

【0068】 在圖3J中，提供一基板，該基板包含底層307、目標層305、及圖案化之芯314。在圖3K中，藉由使用原子層沉積而在基板上保形地沉積間隙填充材料337。可使用之範例性間隙填充材料、及可使用之沉積技術係於上面參照圖2之操作205加以描述。在圖3L中，間隙填充材料338已沉積直到圖案化的芯314之間的特徵部或間隙係完全填充，從而導致該等側壁上之沉積材料相會處形成接縫361。注意，在一些實施例中，可執行部分填充以在特徵部的中間留下一個小間隙(如以下參照圖3P-3R所述)。

【0069】 在圖3M中，將基板平坦化以產生一平坦表面，該平坦表面包含了現在已平坦化的芯317、及平坦化的間隙填充材料339。注意，接縫361仍然可存

在於間隙填充材料339中。可根據上面參照圖2所述之操作207來執行平坦化。在圖3N中，選擇性地蝕刻經平坦化之芯材317以留下獨立的對稱間隔件339，該等間隔件339其中每一者仍可包含接縫361。可如上面參照圖2之操作211所述般將芯材移除。在圖3O中，使用對稱的間隔件做為遮罩而蝕刻目標層305，並接著移除遮罩以產生圖案化的目標層335。注意，用以蝕刻目標材料的蝕刻物種之離子角分佈可有效地蝕刻目標層而產生具有一致之臨界尺寸 β 的圖案。

【0070】 圖3P-3R提供了對特徵部進行部分填充且同時使用間隙填充材料作為對稱的間隔件遮罩之替代性實施例。舉例而言，圖3P中之基板可經歷原子層沉積的多個循環以部分地填充特徵部，從而在特徵部中留下間隙365。可按照圖2之操作207將基板平坦化以產生圖3P中所示之具有平坦化表面的基板，其中間隙填充材料378之場區域係與芯材313之場區域齊平。在圖3Q中，按照圖2之操作211選擇性地移除芯材以產生獨立的對稱間隔件378，該等間隔件378其中每一者仍可包含對特徵部進行部分填充所產生的間隙365。間隔件378可用以對目標層305進行圖案化，且由於間隔件378為對稱的，因此用以蝕刻目標層305的蝕刻物種之離子角分佈不會導致有角度性的蝕刻，從而形成了具有一致之臨界尺寸 β 的圖案化目標層345。

【0071】 特定所揭露實施例係適用於間隙填充材料係沉積至現有特徵部(其具有在約2 nm與約200 nm之間的臨界尺寸)中的應用方式。所揭露之實施例係適用於在小於20 nm之節點的應用方式。所揭露之實施例亦適用於形成圖案化之基板，其中間隙填充材料係沉積至深寬比大於約20:1之現有特徵部中。

〔設備〕

【0072】圖4描繪了原子層沉積(ALD)處理站400之實施例的示意圖，該處理站400具有一處理腔室402。處理腔室402可用以維持低壓環境。共同的低壓處理工具環境中可包含複數ALD處理站400。舉例而言，圖5描繪了多站式處理工具500之實施例。在一些實施例中，可藉由一或更多電腦控制器450而程式化地調整ALD處理站400的一或更多硬體參數(包含以下所詳述之參數)。

【0073】ALD處理站400與反應物輸送系統401a流體連通，該反應物輸送系統401a係用以將處理氣體輸送至配送噴淋頭406。反應物輸送系統401a包含混合容器404，該混合容器404係用於混合及/或調整處理氣體(例如，含矽氣體、或含氧氣體)以輸送至噴淋頭406。一或更多混合容器入口閥420可控制處理氣體至混合容器404之導入。

【0074】如一範例，圖4之實施例包含一汽化點403，用以將欲供應至混合容器404的液體反應物汽化。在一些實施例中，汽化點403可為加熱的汽化器。從這樣的汽化器產生之飽和的反應物蒸汽可能在下游輸送管路內凝結。不相容之氣體曝露於凝結的反應物可能產生小微粒。這些小微粒可能堵塞管路、妨礙閥操作、污染基板等。解決這些問題的一些手段係涉及吹淨及/或抽空輸送管路以移除殘留的反應物。然而，對輸送管路進行吹淨可能增加處理站的循環時間、降低處理站的產量。因此，在一些實施例中，在汽化點403下游的輸送管路可為伴熱的(heat traced)。在一些範例中，混合容器404亦可為伴熱的。在一非限制性的範例中，在汽化點403下游的管路具有從大約100°C延伸至在混合容器404處大約150°C的漸增溫度分布。

【0075】在一些實施例中，液體前驅物或液體反應物可在液體注射器(未顯示)加以汽化。舉例而言，液體注射器可將液體反應物的脈衝注入至在混合容器

404上游的一載體氣體流內。在一實施例中，液體注射器可藉由使液體從高壓通至低壓加以驟沸而將反應物汽化。在另一實施例中，液體注射器可將液體霧化成分散的微滴，其隨後在加熱的輸送管內加以汽化。較小的液滴可比較大的液滴更快汽化，從而縮短了液體注入和完全汽化之間的延遲。較快的汽化可降低自汽化點403往下游之管路的長度。在一情況下，液體注射器可直接裝設至混合容器404。在另一情況下，液體注射器可直接裝設至噴淋頭406。

【0076】 在一些實施例中，可設置在汽化點403上游的液體流量控制器(LFC)，以控制用以汽化及輸送至處理腔室402之液體的質量流量。舉例而言，LFC可包含位在LFC下游的熱質量流量計(MFM)。LFC的柱塞閥可接著回應反饋控制訊號而進行調整，該反饋控制訊號係由與MFM電連通的一比例-積分-微分(PID，proportional-integral-derivative)控制器加以提供。然而，使用反饋控制來穩定液體流量可能需要一秒或更長時間。這可能延長將液體反應物進行給劑的時間。因此，在一些實施例中，LFC可在反饋控制模式與直接控制模式之間動態切換。在一些實施例中，這可藉由停用PID控制器及LFC的感應管而執行。

【0077】 噴淋頭406將處理氣體配送向基板412。在圖4中所顯示之實施例中，基板412係位於噴淋頭406下方，且係顯示為安置在底座408上。噴淋頭406可具有任何適合的形狀，且可具有任何適合數量及配置的埠，該等埠係用以將處理氣體配送至基板412。

【0078】 一些實施例中，底座408可加以升高或降低，以將基板412曝露於基板412與噴淋頭406之間的容積。在一些實施例中，可透過加熱器410對底座408進行溫度控制。在用以執行各種的所揭露實施例之操作期間內，可將底座408設

置至任何合適的溫度(例如，在約25°C與約650°C之間)。吾人應理解，在一些實施例中，可藉由合適的電腦控制器450而程式化地調整底座高度。

【0079】 在另一情況下，調整底座408的高度可容許電漿密度於特定所揭露實施例中執行的電漿活化循環期間進行改變。在製程階段結束時，底座408在另一基板傳送階段期間降低，以容許自底座408移除基板412。

【0080】 在一些實施例中，噴淋頭406的位置可相對於底座408而調整，以改變在基板412與噴淋頭406之間的容積。此外，吾人應理解，底座408及/或噴淋頭406之垂直位置可藉由在本揭露內容範圍內之任何適合的機構加以變化。在一些實施例中，底座408可包含用以旋轉基板412之方向的旋轉軸。吾人應理解，一些實施例中，這些範例性調整其中一或更多者可藉由一或更多適合的電腦控制器450而程式化地加以執行。電腦控制器450可包含以下參照圖5之控制器550所述之任何特徵。

【0081】 在電漿可如上所述般使用的一些實施例中，噴淋頭406及底座408係與用以對電漿供電的射頻(RF)電源供應器414及匹配網路416電連通。在一些實施例中，可藉由控制處理站壓力、氣體濃度、RF來源功率、RF來源頻率、及電漿功率脈衝時序其中一或更多者而控制電漿能量。舉例而言，RF電源供應器414及匹配網路416可以任何適合的功率進行操作，以形成具有期望之自由基物種成分的電漿。同樣地，RF電源供應器414可提供任何適合頻率的RF功率。在一些實施例中，RF電源供應器414可配置成彼此獨立地控制高頻及低頻RF功率源。範例性低頻RF頻率可包含(但不限於)在0 kHz與500 kHz之間的頻率。範例性高頻RF頻率可包含(但不限於)在1.8 MHz與2.45 GHz之間、或大於約13.56 MHz、或大

於27 MHz、或大於40 MHz、或大於60 MHz的頻率。吾人應理解，任何適合的參數可不連續地或連續地加以調整，以提供用於表面反應的電漿能量。

【0082】 在一些實施例中，可藉由一或更多電漿監控器而對電漿進行原位監控。在一情況下，可藉由一或更多電壓、電流感測器(例如，VI探針)來監控電漿功率。在另一情況下，可藉由一或更多光學放射光譜感測器(OES)來測量電漿密度、及/或處理氣體濃度。在一些實施例中，可基於來自這樣的原位電漿監控器之量測結果而程式化地調整一或更多電漿參數。舉例而言，可在反饋迴路中使用OES感測器以提供電漿功率之程式化控制。吾人應理解，在一些實施例中，可使用其他監控器來監控電漿及其他製程特性。這樣的監控器可包含(但不限於)紅外線(IR)監控器、音訊監控器、及壓力換能器。

【0083】 在一些實施例中，控制器450的指令可透過輸入/輸出控制(I/O)序列指令加以提供。在一範例中，用以設定製程階段之條件的指令可被包含於製程配方之相對應的配方階段中。在某些實例中，製程配方階段可依序地加以排列，使得製程階段的所有指令係與該製程階段同時執行。在一些實施例中，用以設定一或更多反應器參數的指令可被包含於一配方階段中。舉例而言，第一配方階段可包含用以設定惰性氣體及/或反應物氣體(例如，像含矽前驅物這樣的第二前驅物)之流率的指令、用以設定載體氣體(例如，氬)之流率的指令、及該第一配方階段的時間延遲指令。第二、後續的配方階段可包含用以調製或停止惰性氣體及/或反應物氣體之流率的指令、用以調製載體氣體或吹淨氣體之流率的指令、及該第二配方階段的時間延遲指令。第三配方階段可包含用以調製第二反應物氣體(例如，氧)之流率的指令、用以調製載體氣體或吹淨氣體之流率的指令、用以點燃具有高電漿能量之電漿的指令、及該第三配方階段的時間延

遲指令。第四、後續的配方階段可包含用以調製或停止惰性氣體及/或反應物氣體之流率的指令、及用以調製載體氣體或吹淨氣體之流率的指令、及該第四配方階段的時間延遲指令。這樣的配方可用以在圖案化基板上沉積間隙填充材料以隨後形成對稱的間隔件。一些配方可用以用間隙填充材料對圖案化之基板進行部分填充。吾人應理解，在本揭露內容之範圍內，這些配方階段可以任何合適的方式進一步加以細分及/或重複。

【0084】此外，在一些實施例中，處理站400之壓力控制可藉由蝶形閥418加以提供。如圖4之實施例所示，蝶形閥418對下游真空泵浦(未顯示)所提供的真空進行調節。然而，在一些實施例中，處理站400之壓力控制亦可藉由改變被導入處理站400的一或更多氣體之流率而進行調整。

【0085】如上面所述，多站式處理工具中可包含一或更多的處理站。圖5顯示一多站式處理工具500之實施例的示意圖，該多站式處理工具具有入站裝載鎖定部502及出站裝載鎖定部504，該入站裝載鎖定部及出站裝載鎖定部其中任一者或兩者皆可包含遠距電漿來源(未顯示)。處於大氣壓力的機器人506係用以將晶圓從卡匣(透過晶圓盒(pod) 508裝載)經由大氣壓埠510移動至入站裝載鎖定部502中。藉由機器人506將晶圓(未顯示)放置在入站裝載鎖定部502中的底座512上，關閉大氣壓埠510，並將入站裝載鎖定部502抽空。若入站裝載鎖定部502包含一遠距電漿來源，則晶圓可在被導入處理腔室514之前於入站裝載鎖定部502中暴露於遠距電漿處理。此外，晶圓亦可在入站裝載鎖定部502中被加熱(舉例而言，用以移除濕氣及吸附的氣體)。接著，開啟通往處理腔室514的腔室傳輸埠516，且另一機器人(未顯示)將晶圓放置至反應器中，在該反應器中顯示的第一

站之底座上進行處理。雖然圖5中描繪的實施例包含裝載鎖定部，但吾人應理解，在一些實施例中，晶圓可直接進入處理站中。

【0086】描繪的處理腔室514包含四個處理站，在圖5所顯示的實施例中編號為1至4。每一站具有加熱的底座(對站1而言顯示於518)、及氣體管線入口。吾人應理解，在一些實施例中，每一處理站可具有不同或多重的目的。例如，在一些實施例中，一處理站可在ALD模式及電漿增強ALD處理模式之間切換。在一些實施例中，暴露於沉積前驅物及暴露於第二反應物與電漿係在相同的站之中加以執行。額外或替代性地，在一些實施例中，處理腔室514可包含一或更多對相匹配的ALD及電漿增強ALD處理站。雖然描繪的處理腔室514包含四站，但吾人應了解根據本揭露內容之處理腔室可具有任何合適數量之站。舉例而言，在一些實施例中，處理腔室可具有五或更多的站，然而在其他實施例中，處理腔室可具有三或更少的站。

【0087】圖5描繪了用以在處理腔室514內傳遞晶圓的晶圓搬運系統590之實施例。在一些實施例中，晶圓搬運系統590可在各種處理站之間、及/或在處理站與裝載鎖定部之間傳遞晶圓。吾人應理解，可使用任何合適的晶圓搬運系統。非限制性的範例包含晶圓旋轉料架及晶圓搬運機器人。圖5亦描繪一系統控制器550之實施例，該系統控制器550係用以控制處理工具500的處理條件及硬體狀態。系統控制器550可包含一或更多記憶體元件556、一或更多大量儲存裝置554、及一或更多處理器552。處理器552可包含CPU或電腦、類比及/或數位輸入/輸出連接、步進馬達控制板等。

【0088】在一些實施例中，系統控制器550控制處理工具500的全部活動。系統控制器550執行系統控制軟體558，其中該系統控制軟體558係被儲存於大量

儲存裝置554中、載入記憶體元件556中、並在處理器552上執行。或者，控制邏輯可硬編碼在系統控制器550中。針對這樣的目的，可使用特殊應用積體電路、可程式化邏輯裝置(例如，場可程式化閘陣列，亦即FPGA)等。在下面的討論中，無論何處使用「軟體」或「程式碼」，可使用功能性相當的硬編碼邏輯來取代。系統控制軟體558可包含複數指令，用以控制時序、氣體之混合、氣體流率、腔室及/或站壓力、腔室及/或站溫度、晶圓溫度、目標功率位準、RF功率位準、基板底座、卡盤、及/或基座的位置、及由處理工具500執行的特定處理之其他參數。系統控制軟體558可以任何合適的方式加以配置。舉例而言，可撰寫各種處理工具元件子程式或控制物件，以對用以實行各種處理工具製程的處理工具元件之操作進行控制。可以任何合適的電腦可讀程式語言對系統控制軟體558進行編碼。

【0089】 在一些實施例中，系統控制軟體558可包含輸入/輸出控制(IOC)序列指令，用以控制上述的各種參數。在一些實施例中，可使用儲存在與系統控制器550相關聯之大量儲存裝置554及/或記憶體元件556上的其他電腦軟體及/或程式。用於此目的之程式或程式片段之範例包含基板定位程式、處理氣體控制程式、壓力控制程式、加熱器控制程式、及電漿控制程式。

【0090】 基板定位程式可包含用於處理工具元件之程式碼，該等處理工具元件係用以將基板裝載至底座518及控制基板與處理工具500的其他零件之間的間隔。

【0091】 處理氣體控制程式可包含程式碼，用以控制氣體成分(例如，如本文中所述之含矽氣體、含氧氣體、及吹淨氣體)與流率、及可選性地用以在沉積前使氣體流入一或更多處理站中以穩定處理站內的壓力。壓力控制程式可包含

程式碼，用以藉由調節例如處理站之排氣系統中的節流閥、進入處理站中的氣體流量等而控制處理站中的壓力。

【0092】 加熱器控制程式可包含程式碼，用以控制至用以加熱基板之加熱單元的電流。或者，加熱器控制程式可控制熱傳氣體(例如氦)至基板之輸送。

【0093】 電漿控制程式可包含程式碼，用以根據本文中之實施例而設定施加至一或更多處理站中之處理電極的RF功率位準。

【0094】 壓力控制程式可包含程式碼，用以根據本文中之實施例而維持反應腔室內的壓力。

【0095】 在一些實施例中，可能有與系統控制器550相關聯的使用者介面。該使用者介面可包含顯示螢幕、設備及/或製程條件的圖形軟體顯示器、及使用者輸入裝置(例如，指向裝置、鍵盤、觸控螢幕、麥克風等)。

【0096】 在一些實施例中，由系統控制器550調整的參數可與製程條件有關。非限制性之範例包含了處理氣體成分及流率、溫度、壓力、電漿條件(例如，RF偏壓功率位準)等。這些參數可以配方的形式提供給使用者，而該配方可利用使用者介面而輸入。

【0097】 用以監控製程的訊號可由系統控制器550的類比及/或數位輸入連接件而從各種處理工具感測器加以提供。用以控制製程的訊號可在處理工具500的類比及數位輸出連接件上加以輸出。可加以監控之處理工具感測器之非限制性範例包含質量流量控制器、壓力感測器(例如壓力計)、熱電偶等。適當程式化的反饋及控制演算法可與來自這些感測器的數據一起使用以維持製程條件。

【0098】 系統控制器550可提供用以執行上述沉積製程的程式指令。該等程式指令可控制各種製程參數，例如：DC功率位準、RF偏壓功率位準、壓力、

溫度等。該等指令可控制參數以根據此處描述的各种實施例操作膜堆疊的原位沉積。

【0099】系統控制器550一般包含一或更多記憶體元件及一或更多處理器，配置以執行指令使得該設備執行根據所揭示的實施例之方法。包含用以根據所揭示的實施例控制製程操作之指令的機器可讀媒體可連接至系統控制器550。

【0100】在一些實施方式中，系統控制器550係一系統的一部分，其可為上述範例的一部分。這樣的系統可包含半導體處理設備，其包含一或更多處理工具、一或更多腔室、用於處理的一或更多平臺、及/或特定處理元件(晶圓底座、氣流系統等)。這些系統可與電子設備整合，以在半導體晶圓或基板的處理之前、期間、及之後控制這些系統的操作。可將該等電子設備稱為「控制器」，其可控制該一或更多系統的各種元件或子部分。依據系統的處理條件及/或類型，系統控制器550可加以程式化以控制本文中所揭露的任何製程，包含：處理氣體的輸送、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、流率設定、流體輸送設定、位置及操作設定、出入一工具和其他傳遞工具及/或與特定系統連接或介接之裝載鎖定部的晶圓傳遞。

【0101】廣義而言，系統控制器550可定義為具有各樣用以接收指令、發出指令、控制操作、使清洗操作得以進行、使終點測量得以進行、及達成類似功能的積體電路、邏輯、記憶體、及/或軟體之電子設備。積體電路可包含儲存程式指令之韌體形式的晶片、數位信號處理器(DSP)、定義為特定應用積體電路(ASIC)之晶片、及/或一或更多微處理器、或執行程式指令(例如，軟體)之微控制

器。程式指令可為以各種單獨設定(或程式檔案)之形式傳遞至系統控制器550的指令，該等指令定義了用以在半導體基板上、或對半導體基板、或對系統實行特定處理的操作參數。在一些實施例中，操作參數可為由製程工程師所定義以在晶圓之一或更多層、材料、金屬、氧化物、矽、二氧化矽、表面、電路、及/或晶粒的製造期間內完成一或更多處理步驟的配方的一部分。

【0102】 在一些實施方式中，系統控制器550可為電腦的一部分或連接至電腦，該電腦係與系統整合、連接至系統、以其他方式網路連至系統、或以上方式組合。舉例而言，系統控制器550可為在「雲端」、或為晶圓廠主機電腦系統的整體或部分，其可允許晶圓處理的遠端存取。該電腦可允許針對系統的遠端存取以監控製造操作的當前進度、檢查過往製造操作的歷史、檢查來自複數個製造操作的趨勢或效能指標，以改變當前處理的參數、以設定當前操作之後的處理步驟、或啟動新的製程。在一些範例中，遠端電腦(例如，伺服器)可經由網路而提供製程配方至系統，該網路可包含區域網路或網際網路。遠端電腦可包含使用者介面，其允許參數及/或設定之輸入或程式化，這些參數及/或設定係接著從遠端電腦被傳遞至系統。在一些範例中，系統控制器550接收數據形式的指令，該數據載明了欲於一或更多操作期間執行之各個處理步驟的參數。吾人應理解，該等參數可專門用於待執行的處理類型、及系統控制器550與其界接或對其進行控制之工具類型。因此，如上所述，系統控制器550可為分散式的，例如藉由包含一或更多分散的控制器，其由網路連在一起且朝共同的目的(例如本文中所述之製程及控制)作業。用於這樣目標的分散式控制器的一範例會是腔室中的一或更多積體電路，該一或更多積體電路與位於遠端(例如，在平台等級或

做為遠端電腦的一部分)的一或更多積體電路通信並相結合以控制腔室中的處理。

【0103】 不受限制地，範例性系統可包含電漿蝕刻腔室或模組、沉積腔室或模組、旋轉-潤洗腔室或模組、金屬電鍍腔室或模組、清潔腔室或模組、斜邊蝕刻腔室或模組、物理汽相沉積(PVD)腔室或模組、化學汽相沉積(CVD)腔室或模組、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、及任何其他可在半導體晶圓之加工及/或製造中使用或相關聯之半導體處理系統。

【0104】 如上面所述，依據該工具欲執行的處理操作或複數處理操作，系統控制器550可與下述工具其中一或更多者通信：其他工具電路或模組、其它工具元件、群集工具、其它工具介面、鄰接的工具、鄰近的工具、在工廠各處的工具、主電腦、另一控制器、或用於材料運送的工具，該等用於材料運送的工具將晶圓之容器運送至半導體製造工廠中之裝載埠及/或工具的位置、或從半導體製造工廠中之裝載埠及/或工具位置取出晶圓。

【0105】 用以執行本文中所揭露之方法的適當設備係進一步在下列美國專利申請案中加以討論及描述：於2011年4月11日提申之美國專利申請案第13/084,399號(現為美國專利第8,728,956號)，其發明名稱為「PLASMA ACTIVATED CONFORMAL FILM DEPOSITION」；及於2011年4月11日提申之美國專利申請案第13/084,305號，其發明名稱為「SILICON NITRIDE FILMS AND METHODS」，其中每一者之內容係完整納入本文中。

【0106】 本文所述之設備/製程可結合微影圖案化的工具或製程(例如，半導體元件、顯示器、LED、太陽光電板等的製造或生產)加以使用。一般而言，

雖然不是必然，但這樣的工具/製程會在共同的製造設施內一起使用或執行。膜的微影圖案化一般包含一些或全部下列操作，各操作以幾個可能的工具達成：(1)工作件(換言之，基板)上光阻的塗佈，使用旋塗式或噴塗式的工具；(2)光阻的固化，使用熱板或加熱爐或UV固化工具；(3)以像晶圓步進機這樣的工具將光阻曝露於可見光或UV或x射線光；(4)將光阻顯影以選擇性地移除光阻並從而使其圖案化，使用例如濕式清洗台的工具；(5)藉由使用乾式或電漿輔助蝕刻工具將光阻圖案轉移至下面的膜或工作件中；及(6)使用像RF或微波電漿光阻剝除器這樣的工具移除光阻。

【0107】本文中所述之蝕刻操作(例如，用以相對於間隔件材料而選擇性地蝕刻芯材)可在任何合適的處理腔室中執行。在一些實施例中，基板可在感應耦合電漿(ICP)反應器(如以下參照圖6所述)中進行蝕刻。

【0108】現在描述在某些實施例中可適用於蝕刻操作的感應耦合電漿(ICP)反應器。這樣的ICP反應器亦已在2013年12月10日提申之美國專利公開案第2014/0150853號中加以描述，該美國專利申請案的發明名稱為「IMAGE REVERSAL WITH AHM GAP FILL FOR MULTIPLE PATTERNING」，其完整內容係藉由參照而納入本文中且用於所有目的。雖然本文中係描述ICP反應器，但在一些實施例中，吾人應理解亦可使用電容耦合電漿反應器。

【0109】圖6示意性地顯示了適用於實行本文中某些實施例之感應耦合電漿整合蝕刻及沉積設備600的橫剖面圖，該設備的一範例為Kiyo™反應器，其係由加州Fremont的Lam Research Corp.所製造。該感應耦合電漿設備600包含了結構上由腔室壁601及窗611所定義的整體處理腔室。腔室壁601可由不銹鋼或鋁所製造。窗611可由石英或其他介電材料所製造。可選性的內部電漿格柵650將整

體處理腔室分割成上子腔室602及下子腔室603。在大部分的實施例中，電漿格柵650可加以移除，從而使用由子腔室602和603構成的腔室空間。卡盤617係位在下子腔室603內而靠近底部內表面。卡盤617係配置成接收及固持半導體晶圓619，蝕刻及沉積製程係在該半導體晶圓619上執行。卡盤617可為靜電卡盤，用以當晶圓619存在時支撐晶圓619。在一些實施例中，邊緣環(未顯示)環繞卡盤617，且當晶圓619存在卡盤617上時，該邊緣環具有與晶圓619的頂部表面大致平齊的上表面。卡盤617亦包含用以夾持及解除夾持晶圓的靜電電極。可為此目的而設置濾波器及DC箝位電源供應器(DC clamp power supply) (未顯示)。用以抬升晶圓619遠離卡盤617的其他控制系統亦可加以提供。可使用RF電源供應器623使卡盤617帶電荷。RF電源供應器623係藉由連接件627連接至匹配電路621。該匹配電路621係透過連接件625連接至卡盤617。以此方式，RF電源供應器623係連接至卡盤617。

【0110】 用於電漿產生的元件包含位在窗611上方的線圈633。在一些實施例中，線圈並未用於所揭露之實施例中。線圈633係由導電材料所製成，且包含至少一整圈。在圖6中顯示之線圈633的範例包含三圈。線圈633的橫剖面係以符號加以表示：具有「X」的線圈旋轉延伸進入頁面，而具有「●」的線圈旋轉延伸出頁面。用於電漿產生的元件亦包含RF電源供應器641，其配置成將RF功率供應至線圈633。通常，RF電源供應器641係透過連接件645連接至匹配電路639。該匹配電路639係透過連接件643連接至線圈633。以此方式，RF電源供應器641係連接至線圈633。可選性的法拉第屏蔽649係位在線圈633與窗611之間。法拉第屏蔽649相對於線圈633係維持為間隔開的關係。法拉第屏蔽649係配置在窗

611的正上方。線圈633、法拉第屏蔽649、及窗611係各自配置成實質上彼此平行。法拉第屏蔽649可防止金屬或其他物種沉積在電漿腔室的介電窗上。

【0111】 處理氣體可透過位在上腔室的一或更多主要氣體流入口660及/或透過一或更多側面氣體流入口670流入至處理腔室。同樣地，雖然未明確顯示，但類似的氣體流入口可用以將處理氣體供應至電容耦合電漿處理腔室。真空泵浦(例如，一或二階段機械乾式泵浦及/或渦輪分子泵浦640)可用以將處理氣體泵出處理腔室601，且在處理腔室601之內維持壓力。舉例而言，泵浦可用以抽空處理腔室601。閥控制的導管可用以將真空泵浦加以流體連接至處理腔室，以選擇性地控制由真空泵浦提供的真空環境之施加。這可藉由在操作之電漿處理期間使用閉路控制的流量限制裝置(例如，節流閥(未顯示)或鐘擺閥(未顯示))而完成。同樣地，亦可使用連接至電容耦合電漿處理腔室的真空泵浦及閥控制流體連接件。

【0112】 在設備之操作期間，可透過氣體流入口660及/或670供應一或更多處理氣體。在某些實施例中，處理氣體可僅透過主要氣體流入口660，或僅透過側面氣體流入口670加以供應。在一些實例中，可以更複雜的氣體流入口(例如，一或更多噴淋頭)取代圖中所示之氣體流入口。法拉第屏蔽649及/或可選性的格柵650可包含容許將處理氣體輸送至腔室的內部通道及孔洞。法拉第屏蔽649及可選性的格柵650之其中一者或兩者可作為用以輸送處理氣體的噴淋頭。在一些實施例中，液體汽化及輸送系統可位於處理腔室601的上游，使得一旦液體反應物係加以汽化，汽化的反應物係經由氣體流入口660及/或670導入至腔室。

【0113】 射頻功率係從RF電源供應器641供應至線圈633，以使RF電流流過線圈633。流過線圈633的RF電流在線圈633周圍產生電磁場。該電磁場在上子

腔室602內產生感應電流。各種產生的離子及自由基與晶圓619的物理及化學交互作用在晶圓上選擇性地蝕刻特徵部及沉積層。

【0114】 若使用電漿格柵而使得有上子腔室602及下子腔室603二者，則感應電流對上子腔室602中存在之氣體產生作用以在上子腔室602中產生電子-離子電漿。可選性的內部電漿格柵650限制了下子腔室603中之熱電子的量。在一些實施例中，設備係加以設計及操作，使得下子腔室603中存在的電漿係離子-離子電漿。

【0115】 上面的電子-離子電漿、及下面的離子-離子電漿兩者皆可包含正及負離子，但是離子-離子電漿會具有較大的負離子對正離子比率。揮發性的蝕刻及/或沉積副產物可透過埠622而從下子腔室603移除。本文中所揭露之卡盤617可以在介於約10°C與約850°C之間的升高之溫度加以操作。該溫度會取決於製程操作及特定的配方。

【0116】 腔室601可連接至安裝於無塵室或製造設施中的設施(未顯示)。設施包含提供處理氣體、真空、溫度控制、及環境微粒控制的管路。當這些設施係安裝在目標製造設施中時，該等設施係連接至腔室601。此外，腔室601可連接至傳遞腔室，該傳遞腔室允許機器人使用典型自動化技術將半導體晶圓傳送進出腔室601。

【0117】 在一些實施例中，系統控制器630(其可包含一或更多物理或邏輯控制器)控制處理腔室的一些或全部操作。系統控制器630可包含以上參照電腦控制器550所述的任何一個以上特徵。

【0118】 圖7描繪具有各種模組的半導體製程群集架構，該等模組係與一真空傳遞模組738(VTM)介接。在多個儲存設施及處理模組之間「傳遞」晶圓的

傳遞模組之配置可稱為「群集工具架構」系統。氣匣730(亦稱為裝載鎖定部或傳遞模組)係顯示於VTM 738中，該VTM具有四處理模組720a-720d，該等處理模組可各別最佳化以執行各種的製造處理。舉例而言，可實行處理模組720a、720b、720c、及720d以執行基板蝕刻、沉積、離子佈植、晶圓清潔、濺射、及/或其他半導體處理。在一些實施例中，ALD及選擇性蝕刻係在相同的模組中加以執行。在一些實施例中，ALD及選擇性蝕刻係在相同工具的不同模組內加以執行。該等基板蝕刻處理模組其中一或更多者(720a-720d其中任何者)可如本文中所揭露加以實行，即，用以沉積保形膜、藉由ALD選擇性地沉積膜、蝕刻圖案、及其他根據所揭露的實施例之適合的功能。氣匣730及處理模組720可被稱為「工作站」。每個工作站具有將該工作站介接至VTM 738的面部(facet)736。在每一面部的內部，感測器1-18係用以於晶圓726在個別的工作站之間移動時偵測其通過。

【0119】 機器人722在站之間傳遞晶圓726。在一實施例中，機器人722具有一手臂，而在另一實施方例中，機器人722具有二手臂，其中每一手臂具有一末端執行器724以拾取晶圓(例如晶圓726)以供傳輸。在大氣傳遞模組(ATM) 740中的前端機器人732係用以將晶圓726由裝載埠模組(LPM) 742中的卡匣或前開式晶圓傳遞盒(Front Opening Unified Pod, FOUP)734傳遞至氣匣730。在處理模組720中的模組中心728係用以放置晶圓726的一個位置。在ATM 740中的對準器744係用以對準晶圓。

【0120】 在示例性的處理方法中，晶圓係放置於LPM 742中的該等FOUP 734其中一者內。前端機器人732將晶圓由FOUP 734傳遞至對準器744，該對準器744使得晶圓726得以在其被蝕刻或處理之前正確地置中。在經過對準之後，晶圓726係藉由前端機器人732移動進入氣匣730中。由於氣匣模組具有使ATM 與

VTM 之間的環境相匹配的能力，因此晶圓726係能夠在不受損傷的情況下於二種壓力環境之間移動。從氣匣730，晶圓726係藉由機器人722而透過VTM 738移動進入處理模組720a-720d其中一者中。為達成此晶圓移動，機器人722使用在其每一手臂上的末端執行器724。一旦晶圓726已進行處理，其係藉由機器人722從處理模組720a-720d移動至氣匣730。從那裡，晶圓726可由前端機器人732移動至FOUP 734其中一者或至對準器744。

【0121】 吾人應注意，控制晶圓移動的電腦對於群集結構可為本地的，或可位於群集結構之外而在生產車間(manufacturing floor)中，或位於遠端位置中並經由網路連接至群集結構。上面參照圖5所述之控制器可與圖7中的工具一起實行。

〔實驗〕

【0122】 進行一實驗，以在基板上的圖案化芯材上方將間隙填充矽氧化物材料沉積至具有4：1之深寬比、及30 nm與更大之開口的間隙中。針對三片基板其中每一者執行下述操作的多個沉積循環：含矽前驅物給劑、吹淨、伴隨著電漿的氧/氬、吹淨。第一基板係以50°C進行沉積，第二基板係以200°C進行沉積，且第三基板係以400°C進行沉積。全部三片基板皆在對應的溫度表現出良好的填充能力，而這意味著使用間隙填充材料具有廣泛的適用性。膜密度在不同溫度下變化，而在較高的沉積溫度下膜密度較高。

〔結論〕

【0123】雖然上述實施例為了清楚理解的目的已以一些細節加以描述，但顯然地，某些改變與修飾可在隨附申請專利範圍之範疇內加以實施。應注意有許多替代方式可執行本實施例的製程、系統、及裝置。因此，本發明實施例應被視為說明性而非限制性，且本發明之實施例不受限於本文中所提供的細節。

【符號說明】

【0124】

- 101 第一芯
- 103 第二芯
- 105 目標層
- 107 底層
- 109 第一保形膜
- 113 第二芯
- 115 目標層
- 119 第一間隔件
- 120 第二保形膜
- 121 第二間隔件
- α 臨界尺寸
- β 臨界尺寸
- γ 臨界尺寸
- 201 操作
- 203 操作

- 205 操作
- 207 操作
- 209 操作
- 211 操作
- 215 操作
- 305 目標層
- 307 底層
- 313 芯材
- 314 圖案化之芯
- 315 目標層
- 317 芯材
- 321 間隔件
- 325 間隔件材料
- 335 目標層
- 337 間隙填充材料
- 338 間隙填充材料
- 339 間隙填充材料
- 345 目標層
- 360 接縫
- 361 接縫
- 365 間隙
- 378 間隙填充材料

- 380 間隙
- 395 間隙填充材料
- 396 間隙填充材料
- 398 間隙填充材料
- 399 間隙填充材料
- 400 處理站
- 401a 反應物輸送系統
- 402 處理腔室
- 403 汽化點
- 404 混合容器
- 406 噴淋頭
- 408 底座
- 410 加熱器
- 412 基板
- 414 射頻(RF)電源供應器
- 416 匹配網路
- 418 蝶形閥
- 420 混合容器入口閥
- 450 控制器
- 500 多站式處理工具
- 502 入站裝載鎖定部
- 504 出站裝載鎖定部

- 506 機器人
- 508 晶圓盒
- 510 大氣壓埠
- 512 底座
- 514 處理腔室
- 516 腔室傳輸埠
- 518 底座
- 550 系統控制器
- 552 處理器
- 554 大量儲存裝置
- 556 記憶體元件
- 558 系統控制軟體
- 590 基板搬運系統
- 600 設備
- 601 腔室壁
- 602 上子腔室
- 603 下子腔室
- 611 窗
- 617 卡盤
- 619 晶圓
- 621 匹配電路
- 622 埠

- 623 RF電源供應器
- 624 處理腔室
- 625 連接件
- 627 連接件
- 630 系統控制器
- 633 線圈
- 639 匹配電路
- 640 真空泵浦
- 641 RF電源供應器
- 643 連接件
- 645 連接件
- 649 法拉第屏蔽
- 650 格柵
- 660 氣體流入口
- 670 側面氣體流入口
- 720a 處理模組
- 720b 處理模組
- 720c 處理模組
- 720d 處理模組
- 722 機器人
- 724 末端執行器
- 726 晶圓

- 728 模組中心
- 730 氣匣
- 732 前端機器人
- 734 前開式晶圓傳遞盒
- 736 面部
- 738 真空傳遞模組
- 740 大氣傳遞模組
- 742 裝載埠模組
- 744 對準器



201833992

【發明摘要】

【中文發明名稱】

以原子層沉積間隙填充間隔件遮罩進行的自對準多重圖案化製程流程

【英文發明名稱】

SELF-ALIGNED MULTI-PATTERNING PROCESS FLOW WITH ALD GAPFILL
SPACER MASK

【中文】

本文中描述了針對自對準多重圖案化處理形成對稱的間隔件之方法及設備。方法包含：藉由原子層沉積而在圖案化的一基板上沉積間隙填充材料，該基板包含芯材及目標層；將該基板平坦化；及對該芯材進行蝕刻以形成對稱的間隔件。填充材料可進行沉積達一持續時間，該持續時間係不足以將特徵部完全填充，使得特徵部係加以部分填充。

【英文】

Methods and apparatuses for forming symmetrical spacers for self-aligned multiple patterning processes are described herein. Methods include depositing gapfill material by atomic layer deposition over a patterned substrate including core material and a target layer, planarizing substrate, and etching the core material to form symmetrical spacers. Gapfill material may be deposited for a duration insufficient to completely fill features such that features are underfilled.

【指定代表圖】 圖 3L

【代表圖之符號簡單說明】

305 目標層

307 底層

314 圖案化之芯

338 間隙填充材料

361 接縫

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種處理基板的方法，該方法包含：

提供具有一芯材及一目標層的該基板，該芯材係圖案化以形成複數間隙；

在該芯材上保形地沉積間隙填充材料，使得該間隙填充材料係沉積於該基板上的該等間隙中；

將該基板平坦化以形成包含該間隙填充材料及該芯材的一平坦表面；及
選擇性地蝕刻該芯材以形成形狀對稱的複數間隔件，該等間隔件係做為用以蝕刻該目標層的一遮罩。

【第2項】 如申請專利範圍第1項之處理基板的方法，其中該間隙填充材料係藉由原子層沉積加以沉積。

【第3項】 如申請專利範圍第1項之處理基板的方法，其中該間隙填充材料係藉由原子層沉積而沉積達一持續時間，該持續時間係不足以將該等間隙完全填充。

【第4項】 如申請專利範圍第1項之處理基板的方法，其中該間隙填充材料係選自於由矽氧化物、矽氮化物、矽碳化物、及鈦氧化物所組成之群組。

【第5項】 如申請專利範圍第1項之處理基板的方法，其中該等間隙具有小於約 x nm之開口，且該間隙填充材料係沉積達一持續時間，該持續時間係足以將該間隙填充材料沉積至在約 $0.4 \times x$ nm 與約 $0.5 \times x$ nm之間的一厚度。

【第6項】 如申請專利範圍第5項之處理基板的方法，其中 x 為50。

【第7項】 如申請專利範圍第5項之處理基板的方法，其中 x 小於50。

【第8項】 如申請專利範圍第1項之處理基板的方法，其中形狀對稱的該等間隔件包含該間隙填充材料。

【第9項】 如申請專利範圍第1項之處理基板的方法，其中該芯材包含碳。

【第10項】 如申請專利範圍第9項之處理基板的方法，其中該芯材係選自於由旋塗碳、類鑽碳、及間隙填充可灰化硬遮罩所組成之群組。

【第11項】 如申請專利範圍第1項之處理基板的方法，其中沉積該間隙填充材料的步驟包含使該基板暴露於含矽前驅物及氧化電漿之交替脈衝。

【第12項】 一種處理基板的方法，該方法包含：

提供包含複數間隔件的該基板，該等間隔件形成一遮罩，每一間隔件包含與該間隔件之頂部表面垂直的複數側壁，該等間隔件係藉由將間隙填充材料保形地沉積在一芯材的複數間隙中而形成；

將該間隙填充材料及該芯材平坦化以形成一平坦表面；

選擇性地移除該芯材以形成形狀對稱的複數間隔件；及

使用該等間隔件作為遮罩而蝕刻一目標層。

【第13項】 一種處理基板的方法，該方法包含：

提供包含複數間隔件的該基板，該等間隔件形成一遮罩，每一間隔件包含以 $90^\circ \pm 5^\circ$ 之角度與該間隔件之頂部表面相交會的複數側壁，該等間隔件係藉由將間隙填充材料保形地沉積在一芯材的複數間隙中而形成；

將該間隙填充材料及該芯材平坦化以形成一平坦表面；

選擇性地移除該芯材以形成形狀對稱的複數間隔件；及

使用該等間隔件作為遮罩而蝕刻一目標層。

【第14項】 一種處理基板的方法，該方法包含：

提供具有一芯材及一目標層的該基板，該芯材係圖案化以形成複數間隙；

在該芯材上保形地沉積間隙填充材料，使得該間隙填充材料係沉積於該基板上的該等間隙中；

將該基板平坦化以形成包含該間隙填充材料及該芯材的一平坦表面；

選擇性地蝕刻該芯材以形成形狀對稱的複數間隔件；及

使用形狀對稱的該等間隔件作為一遮罩而蝕刻該目標層，

其中形狀對稱的該等間隔件具有平坦的頂部輪廓，而形狀對稱的該等間隔件之複數垂直表面係從形狀對稱的該等間隔件的一頂部水平表面以90°或約90°定向。

【第15項】 一種處理基板的方法，該方法包含：

提供具有一芯材及一目標層的該基板，該芯材係圖案化以形成複數間隙；

在該芯材上保形地沉積間隙填充材料，使得該間隙填充材料係沉積於該基板上的該等間隙中；

將該基板平坦化以形成包含該間隙填充材料及該芯材的一平坦表面，該間隙填充材料具有水平的平坦頂部輪廓；及

選擇性地蝕刻該芯材以形成形狀對稱的複數間隔件，該等間隔件係做為用以蝕刻該目標層的一遮罩。

【第16項】 一種處理基板的方法，該方法包含：

提供具有一芯材及一目標層的該基板，該芯材係圖案化以形成複數間隙；

在該芯材上保形地沉積間隙填充材料，使得該間隙填充材料係沉積於該基板上的該等間隙中；

將該基板平坦化以形成包含該間隙填充材料及該芯材的一平坦表面；及
選擇性地蝕刻該芯材以形成形狀對稱的複數間隔件，該等間隔件係做為用以蝕刻該目標層的一遮罩，

其中形狀對稱的該等間隔件具有複數側壁，該等側壁係與形狀對稱的該等間隔件的一頂部表面實質上垂直。

【第17項】 如申請專利範圍第1至16中任一項之處理基板的方法，其中在該遮罩中之形狀對稱的該等間隔件之間的臨界尺寸係小於約50 nm。

【第18項】 如申請專利範圍第1至16中任一項之處理基板的方法，其中形狀對稱的該等間隔件係用於多重圖案化技術。

【第19項】 如申請專利範圍第1至16中任一項之處理基板的方法，更包含在沉積該間隙填充材料之前，於該基板上沉積另一保形膜並對該另一保形膜進行方向性蝕刻以在該芯材之側壁上形成複數側壁間隔件。

【第20項】 如申請專利範圍第19項之處理基板的方法，其中選擇性地蝕刻該基板以形成形狀對稱的該等間隔件的步驟包含相對於該等側壁間隔件而選擇性地移除該芯材及該間隙填充材料。

【第21項】 如申請專利範圍第1至16中任一項之處理基板的方法，其中選擇性地蝕刻該基板以形成形狀對稱的該等間隔件的步驟包含相對於該間隙填充材料而選擇性地移除該芯材。

【第22項】 一種將基板圖案化的設備，該設備包含：

一或更多處理腔室；

進入該一或更多處理腔室的一或更多氣體入口、及相關聯的流量控制硬體；

一低頻射頻(LFRF)產生器；

一高頻射頻(HFRF)產生器；及

一控制器，具有至少一處理器及一記憶體，

其中該至少一處理器及該記憶體係彼此通信連接，

該至少一處理器係至少與該流量控制硬體、該LFRF產生器、及該HFRF產生器在操作上連接，且

該記憶體儲存用以控制該至少一處理器的複數電腦可執行指令，用以至少控制該流量控制硬體、該HFRF產生器、及該LFRF產生器以：

導致將間隙填充材料前驅物導入以在一基板的一芯材上保形地沉積間隙填充材料，該基板包含一目標層，該芯材係圖案化而形成複數間隙，使得該間隙填充材料係沉積在該基板上的該等間隙中；

導致將該基板平坦化以形成包含該間隙填充材料及該芯材的一平坦表面；及

導致對該芯材進行選擇性蝕刻以形成形狀對稱的複數間隔件，該等間隔件係做為用以蝕刻該目標層的一遮罩。

【第23項】 一種將基板圖案化的設備，該設備包含：

一或更多處理腔室；

進入該一或更多處理腔室的一或更多氣體入口、及相關聯的流量控制硬體；

一低頻射頻(LFRF)產生器；

一高頻射頻(HFRF)產生器；及

一控制器，具有至少一處理器及一記憶體，

其中該至少一處理器及該記憶體係彼此通信連接，

該至少一處理器係至少與該流量控制硬體、該LFRF產生器、及該HFRF產生器在操作上連接，且

該記憶體儲存用以控制該至少一處理器的複數電腦可執行指令，用以至少控制該流量控制硬體、該HFRF產生器、及該LFRF產生器以：

導致將一基板傳遞至該一或更多處理腔室中，該基板包含形成一遮罩的複數間隔件，每一間隔件包含垂直於該間隔件之頂部表面的複數側壁，該等間隔件係藉由將間隙填充材料保形地沉積在一芯材的複數間隙中而形成；

導致將該間隙填充材料及該芯材平坦化以形成一平坦表面；

導致將該芯材選擇性移除；及

導致藉由使用該等間隔件作為遮罩而蝕刻一目標層。

【第24項】 一種將基板圖案化的設備，該設備包含：

一或更多處理腔室；

進入該一或更多處理腔室的一或更多氣體入口、及相關聯的流量控制硬體；

一低頻射頻(LFRF)產生器；

一高頻射頻(HFRF)產生器；及

一控制器，具有至少一處理器及一記憶體，

其中該至少一處理器及該記憶體係彼此通信連接，

該至少一處理器係至少與該流量控制硬體、該LFRF產生器、及該HFRF產生器在操作上連接，且

該記憶體儲存用以控制該至少一處理器的複數電腦可執行指令，用以至少控制該流量控制硬體、該HFRF產生器、及該LFRF產生器以：

導致將一基板傳遞至該一或更多處理腔室中，該基板包含形成一遮罩的複數間隔件，每一間隔件包含與該間隔件之頂部表面以 $90^{\circ}\pm 5^{\circ}$ 之角度相交會的複數側壁，該等間隔件係藉由將間隙填充材料保形地沉積在一芯材的複數間隙中而形成；

導致將該間隙填充材料及該芯材平坦化以形成一平坦表面；

導致將該芯材選擇性移除；及

導致藉由使用該等間隔件作為遮罩而蝕刻一目標層。

【第25項】 如申請專利範圍22至24中任一項之將基板圖案化的設備，其中該控制器更包含複數指令，用以在沉積該間隙填充材料之前，導致在該基板上沉積另一保形膜並導致對該保形膜進行方向性蝕刻以在該芯材之側壁上形成複數側壁間隔件。

