



(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 I858088 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 10 月 11 日

(21)申請案號：109121292

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 06 月 23 日

(51)Int. Cl. : H01L21/306 (2006.01)

H01L21/311 (2006.01)

(30)優先權：2019/06/27 美國

62/867,797

(71)申請人：美商蘭姆研究公司(美國) LAM RESEARCH CORPORATION (US)
美國(72)發明人：許盛峻 HEO, SEONGJUN (KR)；游正義 YU, JENGYI (US)；梁振偉 LIANG,
CHEN-WEI (TW)；詹森艾倫 J JENSEN, ALAN J. (US)；陳暹華 TAN,
SAMANTHA SIAMHWA (US)

(74)代理人：許峻榮

(56)參考文獻：

US 2014/0367833A1

US 2018/0240667A1

審查人員：于若天

申請專利範圍項數：21 項 圖式數：14 共 79 頁

(54)名稱

交替蝕刻與鈍化製程

(57)摘要

在半導體裝置製造中使用錫氧化物薄膜作為間隙壁及硬遮罩。在一方法中，需要在受到暴露之含矽層如 SiOC、SiON、SiONC、非晶矽、SiC、或 SiN 存在時選擇性地蝕刻錫氧化物層(如間隙壁底腳)。為了減少對含矽層的損傷，製程涉及使含矽層對錫氧化物蝕刻化學品鈍化、蝕刻錫氧化物、及以交替方式重覆鈍化與蝕刻。例如，鈍化與蝕刻之每一者進行介於 2-50 次之間的次數。在一實施例中，藉著以在電漿中受到活化的含氧反應物處理基板而進行鈍化，錫氧化物蝕刻係以基於氯的化學品(如使用 Cl₂ 與 BCl₃ 的混合物)加以進行。

Tin oxide films are used as spacers and hardmasks in semiconductor device manufacturing. In one method, tin oxide layer (e.g., spacer footing) needs to be selectively etched in a presence of an exposed silicon-containing layer, such as SiOC, SiON, SiONC, amorphous silicon, SiC, or SiN. In order to reduce damage to the silicon-containing layer the process involves passivating the silicon-containing layer towards a tin oxide etch chemistry, etching the tin oxide, and repeating passivation and etch in an alternating fashion. For example, passivation and etch can be each performed between 2-50 times. In one implementation, passivation is performed by treating the substrate with an oxygen-containing reactant, activated in a plasma, and the tin oxide etching is performed by a chlorine-based chemistry, such as using a mixture of Cl₂ and BCl₃.

指定代表圖：

符號簡單說明：

1301:操作

1303:操作

1305:操作

1307:操作

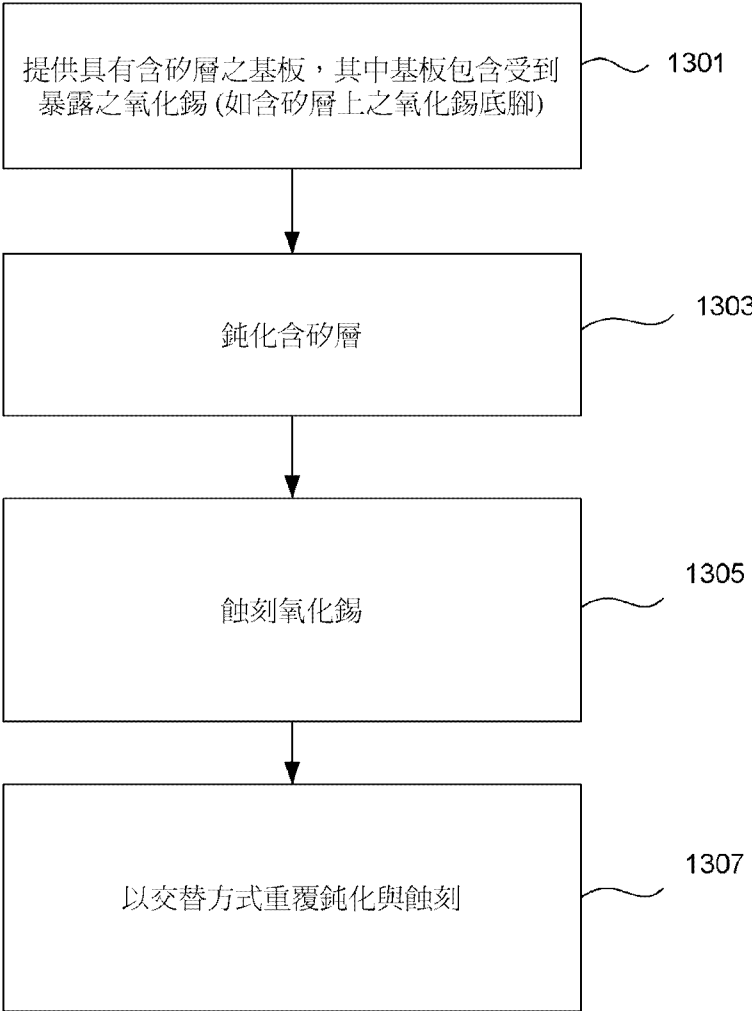


圖 13



I858088

【發明摘要】

【中文發明名稱】 交替蝕刻與鈍化製程

【英文發明名稱】 ALTERNATING ETCH AND PASSIVATION PROCESS

【中文】在半導體裝置製造中使用錫氧化物薄膜作為間隙壁及硬遮罩。在一方法中，需要在受到暴露之含矽層如SiOC、SiON、SiONC、非晶矽、SiC、或SiN存在時選擇性地蝕刻錫氧化物層(如間隙壁底腳)。為了減少對含矽層的損傷，製程涉及使含矽層對錫氧化物蝕刻化學品鈍化、蝕刻錫氧化物、及以交替方式重覆鈍化與蝕刻。例如，鈍化與蝕刻之每一者進行介於2-50次之間的次數。在一實施例中，藉著以在電漿中受到活化的含氧反應物處理基板而進行鈍化，錫氧化物蝕刻係以基於氯的化學品(如使用Cl₂與BCl₃的混合物)加以進行。

【英文】 Tin oxide films are used as spacers and hardmasks in semiconductor device manufacturing. In one method, tin oxide layer (e.g., spacer footing) needs to be selectively etched in a presence of an exposed silicon-containing layer, such as SiOC, SiON, SiONC, amorphous silicon, SiC, or SiN. In order to reduce damage to the silicon-containing layer the process involves passivating the silicon-containing layer towards a tin oxide etch chemistry, etching the tin oxide, and repeating passivation and etch in an alternating fashion. For example, passivation and etch can be each performed between 2-50 times. In one implementation, passivation is performed by treating the substrate with an oxygen-containing reactant, activated in a plasma, and the tin oxide etching is performed by a chlorine-based chemistry, such as using a mixture of Cl₂ and BCl₃.

【指定代表圖】 圖13

【代表圖之符號簡單說明】

1301:操作

1303:操作

1305:操作

1307:操作

【特徵化學式】 無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 交替蝕刻與鈍化製程

【英文發明名稱】 ALTERNATING ETCH AND PASSIVATION PROCESS

【技術領域】

【0001】 本發明係關於半導體裝置製造方法。尤其，本發明之實施例係關於在半導體處理中使用錫氧化物薄膜的方法。

【先前技術】

【0002】 在積體電路(IC)製造中，沉積與蝕刻技術係用以形成材料圖案如形成嵌於介電層中的金屬線。某些圖案化方案涉及使用能精準圖案化及形成小規格特徵部的間隙壁。間隙壁係形成於基板上，俾使其被定義的距離(通常由先前圖案化所決定)所分離且用來作為圖案化下層的遮罩。間隙壁及其圍繞層的材料被選擇為具有適當的蝕刻選擇比，適當的蝕刻選擇比能致使形成間隙壁及圖案化下層。在圖案化完成後，以蝕刻移除間隙壁並使間隙壁不再是最終製造完成之半導體裝置的一部分。

【0003】 間隙壁係於各種應用中用於圖案化，包含形成動態隨機存取記憶體(DRAM)、圖案化鰭式場效電晶體(FinFET)中的鰭、及用於後段製程(BEOL)。

【0004】 文中所提供的背景說明的目的僅在於大致上呈現發明之背景。吾人並未明示亦未暗示在此背景部分說明之目前列名發明人的成果以及在申請時無法適格作為先前技藝的說明態樣為本發明的前案。

【發明內容】

【0005】 在一態樣中，提供一種半導體基板的處理方法，該方法包含：(a) 提供一半導體基板，該半導體基板具有一含矽層上方的複數突出特徵部，其中該半導體基板包含一受到暴露之錫氧化物及該含矽層之一受到暴露之含矽材料；(b)使該受到暴露之含矽材料對一錫氧化物蝕刻化學品鈍化；(c)使用該錫氧化物蝕刻化學品蝕刻該受到暴露之錫氧化物；及(d)重覆操作(b)與(c)，俾以交替方式進行操作(b)與(c)。利用此方法，可在不損傷含矽層的情況下減少靠近突出特徵部的錫氧化物底腳。

【0006】 在某些實施例中，該含矽材料為下列者中的至少一者：非晶矽、矽氧化物、SiON、SiOC、SiONC、SiC、及 SiN。在一實施例中，在(c)中蝕刻該錫氧化物包含使用基於氯的蝕刻化學品並將該半導體基板暴露至選自於由 Cl_2 、 BCl_3 、及其組合所構成之族群之一經電漿活化的含氯反應物。在某些實施例中，電漿係於一處理氣體與一稀釋氣體中形成，該處理氣體包含選自由 Cl_2 、 BCl_3 、及其組合所構成之族群的一含氯反應物，該稀釋氣體係選自由氮、氬、氫、氫、及其組合所構成之族群。

【0007】 在一實施例中，在(c)中蝕刻該錫氧化物包含利用基於氫的蝕刻化學品蝕刻該錫氧化物，該基於氫的蝕刻化學品導致形成一錫的氫化物。例如，利用該基於氫的蝕刻化學品蝕刻該錫氧化物可藉著使該半導體基板與一經電漿活化之含氫反應物接觸而加以進行，經電漿活化之含氫反應物係選自由 H_2 、 HBr 、 NH_3 、 H_2O 、碳氫化合物、及其組合所構成的族群。

【0008】 在某些實施例中，該含矽層之該鈍化係藉著利用一含氧反應物處理該基板而加以進行。例如，可藉著利用一經電漿活化之含氧反應物處理該基板而鈍化該含矽層。在特定的實施例中，在該處理氣體中形成的電漿包含選自由 O_2 、 O_3 、 SO_2 、及 CO_2 所構成之族群的一氣體。

【0009】在某些實施例中，鈍化步驟(b)係於蝕刻步驟(c)之前進行。在某些實施例中，蝕刻步驟(c)係於鈍化步驟(b)之前進行。在某些實施例中，步驟(b)與(c)係進行介於 2-50 次之間的次數。

【0010】在某些實施例中，該複數突出特徵部包含複數水平表面及複數側壁且該方法減少該突出特徵部之該複數側壁處的一錫氧化物底腳。

【0011】在一實施例中，該含矽材料係選自由非晶矽、矽氧化物、SiON、SiOC、SiONC、SiC、及 SiN 所構成的族群，(b)中的該鈍化包含以一經電漿活化之含氧反應物處理該基板，(c)中的蝕刻包含利用一基於氯的蝕刻化學品蝕刻該錫氧化物且蝕刻該錫氧化物包含將該半導體基板暴露至一經電漿活化之含氯反應物，該經電漿活化之含氯反應物係選自由 Cl_2 、 BCl_3 、及其組合所構成的族群。

【0012】在某些實施例中，(b)中的鈍化包含以一含氮反應物處理該半導體基板。

【0013】在某些實施例中，該方法更包含：將一光阻施加至該半導體基板；將該光阻暴露至光；圖案化該光阻並將圖案移轉至該半導體基板；及自該半導體基板選擇性地移除該光阻。

【0014】在另一態樣中，提供一種半導體基板之處理設備，該設備包含：(a)一處理室，具有該半導體基板用的一支撐件及用以將一或多種反應物導入至該處理室中的一入口；及(b)一控制器，包含用於下列者的複數程式指令：(i)使該半導體基板上的一含矽層對一錫氧化物蝕刻化學品鈍化；(ii)使該半導體基板上的一錫氧化物受到蝕刻；及(iii)以交替方式重覆(i)與(ii)。在某些實施例中(i)包含利用一經電漿活化之含氧反應物(如經電漿活化之 O_2)處理該半導體基板。在某些實施例中(ii)包含利用一基於氯的化學品蝕刻該錫氧化物。在某些實施例中(ii)包含利用一基於氫的化學品蝕刻錫氧化物。在某些實施例中，該複數程式指令包含用於以交替方式進行(i)與(ii)介於 2-50 次之次數的複數指令。

【0015】 在另一態樣中，提供一種設備，其中該設備包含一處理室及一控制器，該控制器具有用以使文中所提供之任何方法進行的複數程式指令。

【0016】 在另一態樣中，提供一種非瞬變電腦可讀媒體，其包含用以進行文中所述之任何方法的程式碼。

【0017】 在下面的說明及附圖中列舉此說明中所述之標的之實施例的此些與其他態樣。

【圖式簡單說明】

【0018】 圖 1A-1F 顯示受到處理之半導體基板的概略橫剖面圖，處理涉及間隙壁形成。

【0019】 圖 2 為根據文中所提供之一實施例之方法的製程流程圖。

【0020】 圖 3A-3E 顯示根據文中所提供之一實施例受到處理之半導體基板的概略橫剖面圖。

【0021】 圖 4 為根據文中所提供之一實施例之錫氧化物間隙壁之形成方法的製程流程圖。

【0022】 圖 5A-5C 顯示根據文中所提供之一實施例之受到處理之半導體基板的概略橫剖面圖。

【0023】 圖 5D-5G 顯示根據文中所提供之一實施例之受到處理之半導體基板的概略橫剖面圖。

【0024】 圖 5H-5K 顯示根據文中所提供之一實施例之受到處理之半導體基板的概略橫剖面圖。

【0025】 圖 5L-5O 顯示根據文中所提供之一實施例之受到處理之半導體基板的概略橫剖面圖。

【0026】圖 6 為根據文中所提供之一實施例之半導體處理方法的製程流程圖。

【0027】圖 7A-7C 顯示根據文中所提供之一實施例之受到處理之半導體基板的概略橫剖面圖。

【0028】圖 8 為根據文中所提供之一實施例之方法的製程流程圖。

【0029】圖 9A-9C 顯示根據文中所提供之一實施例之受到處理之半導體基板的概略橫剖面圖。

【0030】圖 10 為根據文中所提供之一實施例之方法的製程流程圖。

【0031】圖 11 為一設備概圖，此設備係適合用以利用文中所提供的蝕刻化學品蝕刻錫氧化物。

【0032】圖 12 顯示根據文中所提供之一實施例之多站處理系統的概圖。

【0033】圖 13 為根據文中所提供之一實施例之方法的製程流程圖。

【0034】圖 14A-14C 顯示根據文中所提供之一實施例之受到處理之半導體基板的概略橫剖面圖。

【實施方式】

【0035】提供在半導體裝置製造中使用錫氧化物薄膜的方法。這些方法使用複數蝕刻速率與選擇比可調整之蝕刻製程，使錫氧化物薄膜能整合至使用各種廣泛材料的製程方案中，這些材料例如是含矽化合物(如氧化矽(SiO_2)、碳化矽(SiC)、氮化矽(SiN)、碳氧化矽(SiOC)、氮氧化矽(SiNO)、碳氮氧化矽(SiCNO)、及碳氮化矽(SiCN)、元素矽(Si)、碳(包含非晶碳 與類鑽石之碳)、光阻、含碳化合物(如有機聚合物、金屬碳化物、含鎢之碳)、金屬(如鎢)、金屬氧化物(如氧化鈦、氧化鉛、氧化鋅、氧化鋁)、及金屬氮化物(如氮化鋁(TaN)與氮化鈦(TiN))。在某些實施例中，在任何這些材料存在的情況下以至少約 10：1 如至少約 20：1

的蝕刻選擇比蝕刻錫氧化物。在某些實施例中，在錫氧化物存在的情況下以至少約 10：1 如至少約 20：1 的蝕刻選擇比蝕刻任何此些材料。

【0036】 在某些實施例中，錫氧化物係用於圖案化處理，其中錫氧化物薄膜為間隙壁、或硬遮罩(如位於光阻下方及目標層上方的中間層)。例如，錫氧化物可為自我對準間隙壁所協助之圖案化中的間隙壁、自我對準雙圖案化(SADP)或自我對準四圖案化(SAQP)中的中間層、接觸孔之硬遮罩、極致UV(EUV)之碳遮罩、反相遮罩、或後段製程(BEOL)之硬遮罩。協同選擇性蝕刻製程，錫氧化物能達到此些應用所期望的嚴格關鍵尺寸(CD)/輪廓及選擇比需求。蝕刻製程可在能進行電漿蝕刻的各種工具上進行如科林研發公司(Lam Research Corporation)所提供之Kiyo[®]及Flex[™]蝕刻工具。

【0037】 可利用能將錫氧化物轉變為揮發性之錫的氫化物產物(如四氫化錫)之基於氫的蝕刻，選擇性地蝕刻錫氧化物對廣泛的各類材料。文中所用之「錫的氫化物」一詞包含複數錫的氫化物(具有錫-氫鍵的化合物)且其不僅限於四氫化錫(SnH_4)。類似地，「錫的氯化物」及「矽的氟化物」等詞可包含複數氯化物及氟化物。不若許多其他金屬的氫化物，四氫化錫具有低沸點，因此可藉由吹淨及/或排放而自處理室輕易移除，藉此使基於氫的蝕刻為選擇性錫氧化物蝕刻的尤其較佳處理。

【0038】 文中所用之錫氧化物一詞係指包含錫(Sn)與氧(O)的材料且可選擇性地包含氫。文中所用的錫氧化物一詞可更包含少量的其他元素如碳、氮，但其他元件的總量為 10 原子%或更低(其中氫並未被包含於含量計算中)。例如，以 ALD 沉積之錫氧化物可包含約 0.5–5 原子%的碳。例如，可藉由 ALD、PECVD、或 PVD 沉積錫氧化物。錫氧化物的化學計量比通常可變化。在某些實施例中，錫對氧的原子比約為 1：2(SnO_2)。應瞭解，在 SnO_2 中可有自 1：2 錫氧比的偏差且仍落在 SnO_2 結構的範疇內。例如，在某些 SnO_2 的實例中，O 對 Sn 的原子比

係介於約 2.0–2.3 之間。在某些 O 對 Sn 的原子比係介於約 1.5–2.5 之間的錫氧化物實例中，其仍落在文中所用之 SnO_2 材料的範疇內。文中所述的錫氧化物材料係不同於氧化銻錫材料及其他混合氧化物。

【0039】應瞭解，在文中所用的其他化學化合物中，除非特別指出，否則化學計量比可能會變化。例如，化學式如 SiN 及 HfO 指出存在的元素但並非指出化學計量比。又，應瞭解，文中所述的材料可包含氫(即便未在化學式中指出)及在化學名中未明確列出的少量摻質(如少於 10 原子%的摻質)。

【0040】文中所用之「半導體基板」一詞係指在半導體裝置製造之任何階段處在其結構內任何處包含半導體的基板。應瞭解，半導體基板中的半導體材料毋須被暴露。具有複數其他材料(如介電材料)覆蓋半導體材料之半導體晶圓為半導體基板的實例。下面的詳細說明假設所揭露之實施例係於晶圓上實施。然而，所揭露之實施例不限於此。工作件可為任何形狀、尺寸、及材料。除了半導體晶圓外，可受惠於所揭露之實施例的其他工作件包含各種物件如印刷電路板等。

【0041】在某些實施例中，使用所提供的選擇性蝕刻化學品移除基板上之特徵部的某些材料但不移除特徵部的其他材料。如文中所用，當材料或特徵部至少 90%(如 100%)被移除(係指垂直方向的厚度)時，蝕刻化學品「移除」材料或特徵部。文中所用之「不移除」一詞係指在蝕刻後至少 50 % 的材料或特徵部(如至少 80%)留下來，其中%係指垂直方向的厚度。

【0042】在某些實施例中，使用所提供的方法自水平表面移除材料但不移除位於突出特徵部之側壁處的材料。應瞭解，文中所用之水平表面包含具有自水平表面局部偏移的表面如突出特徵部之上部上的凸形覆層。

【0043】已針對其他材料存在時選擇性蝕刻錫氧化物以及錫氧化物存在時選擇性蝕刻其他材料發展出各種蝕刻化學品。其他材料存在時錫氧化物之選擇性蝕刻係指錫氧化物蝕刻，其中錫氧化物之蝕刻速率對其他材料之蝕刻速率

的比值係大於1，其中在蝕刻處理的任何時間處其他材料如同錫氧化物係暴露至相同的蝕刻化學品。例如，當蝕刻開始時材料受到暴露，或者在蝕刻期間材料變得受到暴露。其他材料存在時錫氧化物之選擇性蝕刻的蝕刻選擇比係指在特定化學品下錫氧化物之蝕刻速率對其他材料之蝕刻速率的比值。例如，可利用具有大於50之蝕刻選擇比之基於氫的蝕刻化學品，在含矽化合物存在時選擇性蝕刻錫氧化物。

【0044】 類似地，錫氧化物存在時其他材料之選擇性蝕刻係指該材料的此類蝕刻，其中該材料之蝕刻速率對氧化之蝕刻速率的比值係大於1，其中在蝕刻處理的任何時間處錫氧化物如同受到蝕刻的材料係暴露至相同的蝕刻化學品。例如，當蝕刻開始時錫氧化物受到暴露，或者在蝕刻期間錫氧化物變得受到暴露。錫氧化物存在時一材料之選擇性蝕刻的蝕刻選擇比係指 在特定化學品下該材料之蝕刻速率對錫氧化物之蝕刻速率的比值。例如，可利用具有大於50之蝕刻選擇比之基於氧的蝕刻化學品，在錫氧化物存在時選擇性蝕刻碳。

【0045】 在某些實施例中，提供半導體基板，其中半導體基板包含經暴露之錫氧化物層及第二材料之膜層，其中該第二材料可受到暴露或未受到暴露。接下來，利用文中所述之選擇性錫氧化物蝕刻化學品中的一者在第二材料存在時選擇性地蝕刻錫氧化物。例如，可利用基於氫的化學品及/或基於氯的化學品選擇性蝕刻錫氧化物。第二材料可在此蝕刻之前受到暴露，或者可在錫氧化物蝕刻期間變得受到暴露。

【0046】 在某些實施例中，提供半導體基板，其中半導體基板包含受到暴露之第一材料的膜層及錫氧化物膜層，其中錫氧化物可受到暴露或未受到暴露。接下來，利用文中所述之選擇性化學品中的一者在錫氧化物存在時選擇性地蝕刻第一材料。錫氧化物可在此蝕刻之前受到暴露，或者可在蝕刻期間變得受到暴露。

【0047】 基於氫的蝕刻。在某些實施例中，利用基於氫的蝕刻進行選擇性的錫氧化物蝕刻。基於氫的蝕刻涉及將錫氧化物暴露至含氫反應物(通常具有反應物的電漿活化)俾使其將錫氧化物轉變為揮發性之錫的氫化物。 SnH_4 具有 -52°C 的沸點溫度且可自處理室輕易移除。含氫反應物的實例包含 H_2 、 HBr 、 NH_3 、 H_2O 、及碳氫化合物(如 CH_4)。亦可使用含氫反應物的混合物。基於氫的蝕刻涉及在包含含氫反應物及選擇性之惰性氣體的處理氣體中形成電漿，並以形成的電漿接觸基板。惰性氣體的實例包含氮(N_2)、氦(He)、氬(Ar)、氖(Ne)、及氙(Xe)。在某些實施例中 H_2 為較佳的含氫反應物，且在某些實施例中較佳地在包含至少50體積%如至少80體積%之 H_2 的氣體中形成電漿。在其他實施例中，使用 HBr 作為含氫反應物。例如，可利用基本上由 HBr 與惰性氣體所構成的處理氣體(如 HBr 、 N_2 、及氬)中所形成的電漿選擇性蝕刻錫氧化物。基於氫的蝕刻通常利用不具有含氧與含氟物種的處理氣體進行。在某些實施例中，處理氣體基本上係由一或多種含氫反應物及選擇性的惰性氣體所構成。

【0048】 基於氫的蝕刻可在下列材料存在時選擇性移除錫氧化物：含矽化合物如 SiO_2 、 SiN 、 SiC 、 SiOC 、 SiCN 、 SiON 、 SiCNO 、旋塗玻璃；金屬氧化物如氧化鈦、氧化鎢、及氧化鋯；金屬氮化物如氮化鈦及氮化鋁；金屬如鎢；光阻及有機聚合物。又，可使用基於氫的蝕刻在覆蓋矽之矽氧化物存在時選擇性地蝕刻錫氧化物。當矽被暴露至大氣時，矽氧化物通常會形成在矽表面上。亦可使用基於氫的蝕刻在元素矽(如非晶矽)與碳存在時選擇性地蝕刻錫氧化物。又，可使用基於氫的蝕刻在金屬碳化物及包含金屬與碳之材料存在時選擇性地蝕刻錫氧化物。例如，可使用基於氫的蝕刻在碳化鎢材料(亦被稱為摻雜鎢之碳)存在時選擇性地蝕刻錫氧化物。在某些實施例中，碳化鎢材料包含介於約20–60原子%的鎢。

【0049】在某些實施例中，提供半導體基板，其中半導體基板包含經暴露之錫氧化物層及此些材料的膜層。接下來，在此些材料存在時選擇性地蝕刻錫氧化物。此些材料可在此蝕刻之前受到暴露，或者可在錫氧化物蝕刻期間變得受到暴露。

【0050】在某些實施例中，基於氫的蝕刻的蝕刻選擇比係大於10如大於30、如大於50、或大於80。蝕刻選擇比係指在選定的處理條件下錫氧化物之蝕刻速率對其他材料之蝕刻速率的比值。在某些實施例中，利用H₂電漿相對於SiO₂蝕刻錫氧化物可達到蝕刻選擇比100。

【0051】使用氫電漿(係指在含氫反應物中所形成的電漿)之錫氧化物蝕刻方法可在廣泛範圍的處理條件下於各種設備中進行。在一實施例中，該方法涉及：提供半導體基板，基板具有暴露至蝕刻室的錫氧化物膜層；及使基板與在包含H₂(或另一含氫氣體)及選擇性之載氣如氬或其他惰性氣體之處理氣體中所形成的電漿接觸。「蝕刻室」或「蝕刻設備」等詞係指用以進行蝕刻的腔室及設備。在某些實施例中，「蝕刻室」或「蝕刻設備」係專門用於蝕刻操作。在其他實施例中，「蝕刻室」或「蝕刻設備」除了蝕刻外可用以進行其他操作如沉積。例如，在某些實施例中，蝕刻室亦可用於ALD沉積。

【0052】在某些實施例中，在氫電漿蝕刻中所用的電漿係於容納半導體基板的相同處理室中產生。在其他實施例中，電漿係自遠端產生然後經由處理室中的一或多個入口而被導入容納基板的處理室中。

【0053】控制蝕刻俾以將錫氧化物轉變為揮發性的錫的氫化物。在一實施例中，處理氣體中的H₂含量至少為50體積%如至少為80體積%(可上至且包含100%)。在某些實施例中，處理氣體更可包含碳氫化合物如CH₄。在某些實施例中，處理氣體更包含Cl₂。例如，處理氣體可基本上由H₂及惰性氣體(如He)所構成，或處理氣體可基本上由H₂、惰性氣體及碳氫化合物(如CH₄)所構成。在接

第 10 頁，共 52 頁(發明說明書)

近基板量測到之低於約 100 °C 的溫度下進行蝕刻。蝕刻反應能有利地僅產生揮發性材料如 SnH_4 且 SnH_4 可輕易地藉由蒸發及/或吹淨自蝕刻處理室移除。較佳地選擇低於約 100 °C 的蝕刻處理溫度，因為較高的溫度可能會導致已形成之 SnH_4 的分解而形成可能會污染處理室及基板的粒子。選擇處理氣體的組成及處理條件，俾以在蝕刻期間減少或消除粒子形成。重要的是，蝕刻反應不需要任何明顯的濺射分量，且可在缺乏基板處之外部偏壓及缺乏重離子(如氬離子)的情況下進行。減少濺射分量對於增加相對於基板上之第二材料之蝕刻選擇比而言是有利的。是以在某些實施例中，在不對基板提供外部偏壓的情況下進行蝕刻及/或蝕刻涉及使用氦(輕的氣體)作為載氣，以減少濺射。

【0054】 氬電漿蝕刻用的電漿可利用各種頻率(低與高)產生。適合之頻率的實例包含 400KHz、2MHz、13.56MHz、27MHz、或 2.45GHz。在某些實施例中，電漿生成所用的功率範圍可自約 50 W 至 1,000 W，此係對應至介於約 0.0018 至 0.36 W/cm² 的功率密度。基板處的偏壓為選擇性的且偏壓功率的範圍可自約 0 至 500 W。每噴淋頭的適合氣體流率(針對處理一片 300 mm 晶圓)為：

【0055】 H_2 ：25 至 750sccm；

【0056】 Cl_2 ：0 至 500sccm (如 5–200 sccm)；

【0057】 He ：0 至 500sccm (如 5–100 sccm)；及

【0058】 CH_4 ：0 至 500sccm (如 5–100 sccm)。

【0059】 在某些實施例中，可在介於約 1 至 175 mTorr 的壓力下進行蝕刻處理。

【0060】 在某些特定的實施例中，利用高頻率生成(如 13.56 MHz 或 27 MHz)產生電漿，其係使用介於約 200 至 500W 的電漿功率所提供，對應至 0.07 至 0.18 W/cm² 之功率密度。基板處之偏壓用的功率係介於約 0 至 200 W 之間。每噴淋頭的適合氣體流率(針對處理一片 300 mm 晶圓)為：

第 11 頁，共 52 頁(發明說明書)

【0061】 H_2 ：100 至 300sccm；

【0062】 Cl_2 ：0 至 200sccm (如 5–100 sccm)；

【0063】 He ：0 至 100sccm (如 5–50 sccm)；及

【0064】 CH_4 ：0 至 100sccm (如 5–50 sccm)。

【0065】 在此些實施例中的蝕刻處理係於介於約 1 至 30 mTorr 之壓力下進行。

【0066】 本發明之發明人發現，基於氫的蝕刻的選擇比可利用處理氣體中之含碳反應物大幅增加，蝕刻期間含碳反應物在基板的表面上形成含碳 聚合物 (如 CH_x 聚合物)。在某些實施例中，此實施例中所用的處理氣體 包含 H_2 及碳氫化合物 (如甲烷(CH_4))。處理氣體通常亦包含惰性氣體。在某些實施例中， H_2 對碳氫化合物的比例較佳地至少是 5 如至少是 10。在某些實施例中， H_2 對碳氫化合物的體積比係介於約 5–500 之間如介於約 10–300 之間。在某些實施例中，在另一材料 (複數材料) 存在的情況下錫氧化物的選擇性蝕刻包含將基板暴露至在包含 H_2 及碳氫化合物 (如 CH_4) 之處理氣體中所形成的電漿。在一實施例中，以介於約 100–500 sccm 的低流率提供 H_2 並以介於約 1–20 sccm 之間 (如介於約 5–10 sccm 之間) 之流率提供碳氫化合物。可利用介於約 100–1,000 W 之間如介於約 200–500 W 之間 (針對單一片 300 mm 晶圓) 之電漿功率 (對應至介於約 0.14–1.3 W/cm^2 之間如 0.28–0.71 W/cm^2 之間之功率密度) 進行處理。在某些實施例中，利用介於約 50–500 Vb 之間如介於約 100–200 Vb 之間的基板偏壓進行蝕刻。處理較佳地係於低於約 100 °C 的溫度下進行。在一特定的實例中，提供下列氣體：100 sccm 的 H_2 ；5 sccm 的 CH_4 ；及 100 sccm 的氮。利用 300 W 之功率在處理氣體中形成電漿，且在 25 % 工作週期下使用 100Vb 的基板偏壓。處理係於 30 °C 及 5 mTorr 之壓力下進行。如文中所述在基板上形成含碳聚合物可增加錫氧化物相對於文中所列之任何材料的蝕刻選擇比。當在光阻、碳、含碳材料、及矽 (Si)

存在時蝕刻錫氧化物時，此效應尤其有用。例如，當在光阻存在時進行蝕刻，蝕刻選擇比可大於 100 且在某些情況下近乎於無限大。使用此高度選擇的蝕刻能使用較低厚度的光阻以降低微影曝光劑量及/或避免光阻線因精細間距下的高深寬比而倒塌。在所述的方法中， CH_x 聚合物保護光阻不受到蝕刻。又，此蝕刻可用以改善光阻層的幾何特徵。在某些實施例中，在錫氧化物層上方存在光阻且錫氧化物下方存在材料的情況下，以此蝕刻選擇性地蝕刻半導體基板上的錫氧化物，其中相對於光阻及錫氧化物下方的材料而言蝕刻選擇比至少為 10。在某些實施例中，錫氧化物下方的材料包含下列之一或多者：矽(如非晶矽)、含矽化合物(如 SiO_2 、 SiN 、 SiC 、 SiON 、 SiOC)、碳(如非晶碳)、及含碳化合物(如碳化鎢)。

【0067】 在某些實施例中，在基於氫的蝕刻中使用HBr作為含氫反應物。在一實施例中，蝕刻方法涉及以50–100 sccm之流率流動HBr並以100–500 sccm的流率流動惰性氣體(如氬)，且利用100–500 W(針對一300 mm晶圓)之RF功率(對應至0.14–0.71 W/cm^2 之功率密度)在此處理氣體中形成電漿。此蝕刻可在有或無基板偏壓下進行。例如，基板偏壓可介於0–200 Vb之間如50–200 Vb之間。處理可在低於100 °C之溫度及5–50 mTorr之壓力下進行。

【0068】 基於氯的蝕刻。在某些實施例中，利用基於氯的蝕刻進行選擇性的錫氧化物蝕刻。基於氯的蝕刻涉及將錫氧化物暴露至含氯反應物(通常具有反應物的電漿活化)俾以將錫氧化物轉變為氯化錫。 SnCl_4 具有 114 °C 之沸點且可自處理室移除。在一實施例中，適合之含氯反應物的實例包含 Cl_2 、及 BCl_3 。使用 Cl_2 與 BCl_3 的混合物。在一實施例中，基於氯的蝕刻涉及：在包含含氯反應物及選擇性之惰性氣體之處理氣體中形成電漿，並以形成的電漿接觸基板。基於氯的蝕刻可在下列材料存在下選擇性地移除錫氧化物：含矽化合物如 SiO_2 、 SiN 、 SiC 、 SiOC 、 SiCN 、 SiON 、 SiCNO 、旋塗玻璃、碳、及光阻，但針對含矽材料之選擇比係低於基於氫的蝕刻的選擇比。在某些實施例中，提

供半導體基板，其中半導體基板 包含受到暴露之錫氧化物層及任何此些材料之膜層。接下來，在此些材料存在時利用基於氯的蝕刻選擇性地蝕刻錫氧化物。此些材料可在此蝕刻之前受到暴露，或者可在錫氧化物蝕刻期間變得受到暴露。在一實施例中，在任何此些材料存在時利用 BCl_3/Cl_2 蝕刻選擇性地蝕刻錫氧化物。在一實施例中，蝕刻方法涉及：以 5–100 sccm 之流率流動 BCl_3 、以 50–500 sccm 之流率流動 Cl_2 、並以 50–500 sccm 的流率流動惰性氣體(如氬)，且利用 100–500 W(針對一 300 mm 晶圓)之 RF 功率(對應至 $0.14\text{--}0.71\text{ W/cm}^2$ 之功率密度)在此處理氣體中形成電漿。此蝕刻可在有或無基板偏壓下進行。例如，基板偏壓可介於 0–100 Vb 之間如 10–100 Vb 之間。處理可在低於 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 之溫度及 5–50 mTorr 之壓力下進行。

【0069】 在某些實施例中，在錫氧化物存在時使用基於氯的蝕刻選擇性地蝕刻某些金屬氧化物。例如，在錫氧化物存在時使用基於氯的蝕刻選擇性蝕刻氧化鈦。在某些實施例中，提供半導體基板，其中半導體基板包含受到暴露之氧化鈦層及錫氧化物層。接下來，在錫氧化物存在時利用基於氯的蝕刻化學品選擇性蝕刻氧化鈦。錫氧化物可在此蝕刻之前受到暴露，或者可在蝕刻期間變得受到暴露。

【0070】 *基於氟碳化合物之蝕刻*。在某些實施例中，在錫氧化物存在時利用基於氟碳化合物之蝕刻選擇性蝕刻含矽化合物如 SiO_2 、 SiN 、 SiC 、 SiOC 、 SiCN 、 SiON 、 SiCNO 、旋塗玻璃。基於氟碳化合物的蝕刻涉及：將含矽之化合物暴露至經電漿活化之氟碳化合物(C_xF_y)俾以將其轉變為包含 Si-F 鍵結之揮發性的化合物。適合之氟碳化合物反應物的實例包含 CF_4 、 C_2F_6 等。在一實施例中，基於氟碳化合物的蝕刻涉及：在包含氟碳化合物及選擇性之惰性氣體的處理氣體中形成電漿；以形成之電漿接觸基板。氟碳化合物蝕刻可在錫氧化物時選擇性地蝕刻含矽化合物。在某些實施例中，提供半導體基板，其中半導體基板包含受到暴露之含

矽化合物層及錫氧化物層。接下來，以氟碳化合物電漿接觸基板，然後在錫氧化物存在時選擇性地蝕刻含矽化合物。錫氧化物可在此蝕刻之前受到暴露，或者可在蝕刻期間變得受到暴露。基於氟碳化合物之蝕刻為一種基於氟的蝕刻。

【0071】 *基於氟之蝕刻*。在某些實施例中，在錫氧化物存在時利用基於氟的蝕刻選擇性蝕刻元素矽及含矽化合物如 SiO_2 、 SiN 、 SiC 、 SiOC 、 SiCN 、 SiON 、 SiCNO 、及旋塗玻璃。基於氟之蝕刻涉及：將含矽材料暴露至含氟試劑(如 NF_3 、 SF_6 、或氟碳化合物)，在某些實施例中氟試劑為電漿活化的；及將含矽材料轉變為揮發性的氟化矽。然而，錫氧化物不會形成揮發性的氟化物，因此實質上不受被此化學品蝕刻。除了含矽材料之外，在錫氧化物存在時可利用基於氟之蝕刻選擇性地蝕刻氧化鈦、鎢、碳化鎢。在一實施例中，基於氟之蝕刻涉及：在包含含氟反應物(如 NF_3)及選擇性之惰性氣體的處理氣體中形成電漿；以形成之電漿接觸基板。基於氟之蝕刻可在錫氧化物存在時選擇性地蝕刻含矽化合物及元素矽。在某些實施例中，提供半導體基板，其中半導體基板包含受到暴露之含矽化合物層及/或元素矽(Si)層及錫氧化物層。接下來，以電漿中的含氟反應物接觸基板，在錫氧化物存在時選擇性蝕刻含矽化合物及/或 Si 。錫氧化物可在此蝕刻之前受到暴露，或者可在蝕刻期間變得受到暴露。

【0072】 在一實施例中，在錫氧化物存在時利用基於氟的蝕刻選擇性地蝕刻矽(Si)。在一實施例中，此蝕刻方法涉及：以 5–100 sccm 之流率流動 NF_3 、以 50–500 sccm 之流率流動 Cl_2 、並以 100–500 sccm 的流率流動惰性氣體(如氬及/或氦)，且利用 100–1000 W(針對一 300 mm 晶圓)之 RF 功率(對應至 0.14–1.4 W/cm^2 之功率密度)在此處理氣體中形成電漿。此蝕刻可在有或無基板偏壓下進行。例如，基板偏壓可介於 0–100 Vb 之間如 10–100 Vb 之間。處理可在低於 100 $^{\circ}\text{C}$ 之溫度及 10–300 mTorr 之壓力下進行。

【0073】 在某些實施例中，提供半導體基板，其中半導體基板包含：受到暴露之氧化鈦、鎢及/或碳化鎢層；及錫氧化物層。接下來，以電漿中的含氟反應物接觸基板，並在錫氧化物存在時選擇性地蝕刻鎢、及/或碳化鎢。錫氧化物可在此蝕刻之前受到暴露，或者可在蝕刻期間變得受到暴露。

【0074】 在一實施例中，在錫氧化物存在時利用基於氟的蝕刻選擇性地蝕刻氧化鈦。在一實施例中，此蝕刻方法涉及：以 5–500 sccm 之流率流動 CF_4 、以 0–500 sccm 之流率流動 CHF_3 、並以 100–500 sccm 的流率流動惰性氣體(如氬)，且利用 500–1000 W(針對一 300 mm 晶圓)之 RF 功率(對應至 $0.71\text{--}1.4\text{ W/cm}^2$ 之功率密度)在此處理氣體中形成電漿。此蝕刻可在有或無基板偏壓下進行。例如，基板偏壓可介於 0–300 Vb 之間如 10–300 Vb 之間。處理可在低於 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 之溫度及 5–50 mTorr 之壓力下進行。

【0075】 在一實施例中，在錫氧化物存在時利用基於氟的蝕刻選擇性地蝕刻碳化鎢。在一實施例中，此蝕刻涉及：以 5–100 sccm 之流率流動 NF_3 、以 5–500 sccm 之流率流動 Cl_2 、並以 100–500 sccm 的流率流動惰性氣體(如氬及/或氮)，且利用 100–1000 W(針對一 300 mm 晶圓)之 RF 功率(對應至 $0.14\text{--}1.4\text{ W/cm}^2$ 之功率密度)在此處理氣體中形成電漿。此蝕刻可在有或無基板偏壓下進行。例如，基板偏壓可介於 0–100 Vb 之間如 10–100 Vb 之間。處理可在低於 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 之溫度及 10–100 mTorr 之壓力下進行。

【0076】 *基於氧之蝕刻*。在某些實施例中，在錫氧化物存在時利用基於氧之蝕刻選擇性地蝕刻選自下列者所構成之族群的一或多種材料：元素矽、含碳化合物、聚合物、及光阻。基於氧之蝕刻涉及：將上列材料暴露至含氧試劑(如 O_2 、 O_3 、 SO_2 、或 CO_2)，在某些實施例中氧試劑為電漿活化的；及將材料轉變為包含碳-氧鍵的揮發性的產物(如 CO 或 CO_2)。在一實施例中，基於氧之蝕刻涉及：在包含含氧反應物(如 O_2)及選擇性之惰性氣體的處理氣體中形成電漿；以形成之電漿

接觸基板。在其他實施例中，蝕刻可在不存在電漿的情況下進行。基於氧之蝕刻可在錫氧化物存在時選擇性地蝕刻矽(如非晶矽或如鑽石之矽)、含碳化合物、及光阻。在某些實施例中，提供半導體基板，其中半導體基板包含受到暴露之一或多種材料及錫氧化物層，其中一或多種材料係選自由碳、含碳化合物、及光阻所構成的族群。接下來，以含氧反應物(選擇性地在電漿中受到活化)接觸基板以將含碳材料轉變為揮發性的CO或CO₂，藉此在錫氧化物存在時選擇性地蝕刻含碳材料。錫氧化物可在此蝕刻之前受到暴露，或者可在蝕刻期間變得受到暴露。

【0077】 *材料沉積*。文中所參照之材料可利用各種沉積方法如 CVD(包含 PECVD)、ALD (包含 PEALD)、PVD(如金屬及金屬氧化物之沉積用之方法)、旋塗方法(如碳及某些介電材料所用之方法)沉積。當需要順形沉積時，通常優先考慮 ALD。

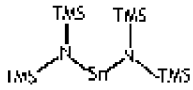
【0078】 可利用各種方法如 CVD、PECVD、及 ALD 沉積 SiO₂、SiC、SiN、SiOC、SiNO、SiCNO、及 SiCN 材料。沉積可包含含矽前驅物與反應物(如含氧反應物、含氮反應物、或含碳反應物)之間的反應。可使用各種含矽前驅物沉積此些材料，含矽前驅物包含矽烷、四烷基矽烷、三烷基矽烷、四乙基正矽烷(TEOS)等。例如，可利用 TEOS 或矽烷作為含矽之前驅物沉積 SiO₂。

【0079】 可藉由 CVD 或 PECVD 方法利用例如碳氫化合物前驅物(如 CH₄)沉積碳。在其他實施例中，可藉由旋塗方法或 PVD 沉積碳。例如，可藉由旋塗方法沉積光阻及有機聚合物。

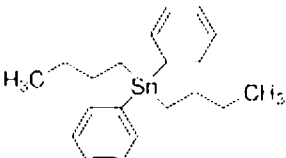
【0080】 可藉由適合的方法如 CVD(包含 PECVD)、ALD (包含 PEALD)、濺射等沉積錫氧化物層。在某些實施例中，較佳地順形地沉積 SnO₂ 薄膜，俾使其依循基板表面包含基板上之任何突出及凹陷特徵部的表面。順形 SnO₂ 薄膜之適合沉積方法中的一者為 ALD。可使用熱或電漿增強之 ALD。在一典型的熱 ALD 方法中，將基板提供至 ALD 處理室然後依序暴露至含錫前驅物及含氧反應

物，其中含錫前驅物及含氧反應物能在基板表面上反應而形成 SnO_2 。在將基板暴露至含錫前驅物之後且暴露至含氧反應物之前，通常以惰性氣體吹淨 ALD 處理室，避免在處理室大量空間中的反應。又，在以含氧反應物處理基板之後通常以惰性氣體吹淨 ALD 處理室。可使依序暴露重覆數個循環如介於約 10–100 個循環，直到已沉積具有期望厚度的錫氧化物層。適合之含錫前驅物的實例包含鹵化的含錫前驅物(如 SnCl_4 及 SnBr_4)及非鹵化的含錫前驅物如包含烷基取代之醯胺錫等的有機錫化合物。適合 ALD 用之烷基取代之醯胺錫的特定實例為四(二甲基氨基)錫、四(乙基甲基氨基)錫、 N^2, N^3 -二第三丁基-丁烷-2,3-二氨基-錫(II)、及(1,3-二(1,1-二甲基乙基)-4,5-二甲基-(4R,5R)-1,3,2-二氮錫烷基-2-亞錫。

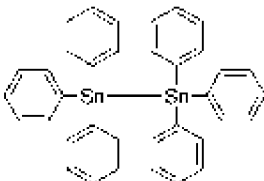
【0081】 例示性的含錫前驅物可以是或包含有機錫前驅物如四乙基錫(SnEt_4)、四甲基錫(SnMe_4)、四(二甲基氨基)錫($\text{Sn}(\text{NMe}_2)_4$)、四(二乙基醯胺基)錫($\text{Sn}(\text{NEt}_2)_4$)、四(乙基甲基氨基)錫($\text{Sn}(\text{NMeEt})_4$)、(二甲基氨基)三甲基錫(IV)($\text{Me}_3\text{Sn}(\text{NMe}_2)$)、二乙酸二丁基錫($\text{Bu}_2\text{Sn}(\text{OAc})_2$)、 $\text{Sn}(\text{II})(1,3\text{-二}(1,1\text{-二甲基乙基})\text{-}4,5\text{-二甲基-(4R,5R)-1,3,2-二氮錫烷基-2-亞錫})$ 、 N^2, N^3 -二第三丁基-丁烷-2,3-二氨基-錫(II)等。有機錫前驅物包含的額外實例包含：二[二(三甲基矽基)氨基]錫(II)

【0082】 ，其中 TMS 為三甲基矽基，

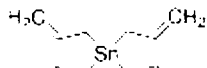
【0083】 二丁基二苯基錫

【0084】 ，

【0085】 六苯基二錫(IV)

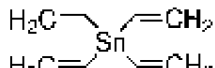
【0086】 ，

【0087】 四烯丙基錫



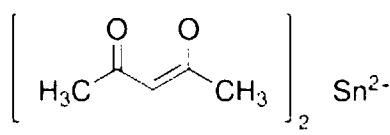
【0088】 ,

【0089】 四乙烯基錫



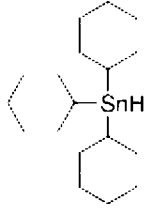
【0090】 ,

【0091】 乙醯丙酮錫(II)



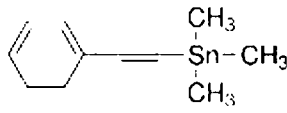
【0092】

【0093】 三環己基錫之氫化物



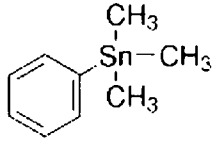
【0094】

【0095】 三甲基(苯基乙炔基)錫



【0096】 , 及

【0097】 三甲基苯基錫

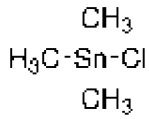


【0098】 。

【0099】 在另一實例中，含錫前驅物亦可為無機錫前驅物如錫之鹵化物

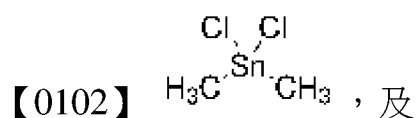
(如SnF₂, SnCl₄, SnBr₄)、錫之氫化物(如SnH₄)等。在某些實施例中，使用經氯化

之有機錫前驅物如三甲基錫氯化物

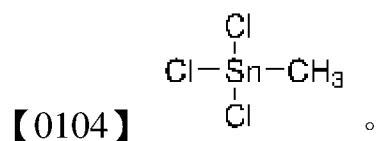


【0100】 ,

【0101】 二氯二甲基錫



【0103】 三氯甲基錫



【0105】 在某些實施例中，含錫前驅物為四甲基錫、四(二甲基氨)錫、或(二甲基氨)三甲基錫(IV)。

【0106】 含氧反應物包含但不限於氧、臭氧、水、過氧化氫、及 NO。亦可使用含氧反應物的混合物。取決於 ALD 反應物的選擇，可改變沉積條件，其中較高反應性的前驅物通常比較低反應性的前驅物更能在較低的溫度下反應。處理通常在介於約 20–500 °C 的溫度及次大氣壓下進行。選擇溫度及壓力俾使反應物在處理室中仍維持氣態以避免凝結。每一反應物係單獨或與載氣如氬、氮、或氮之混合物的形式以氣態提供至處理室。此些混合物的流率將取決於處理室的尺寸，在某些實施例中係介於約 10–10,000 sccm 之間。

【0107】 在一實施例中，ALD 處理包含在 ALD 真空室中於 200–400 °C 的溫度下將基板依循及交替地暴露至 SnCl₄ (含錫前驅物)及去離子水(含氧反應物)。在一 ALD 循環的特定實施例中，將 SnCl₄ 蒸汽與 N₂ 載氣的混合物導入 ALD 處理室中 0.5 秒，然後將其暴露至基板 3 秒。接下來，以 N₂ 吹淨 ALD 處理室 10 秒以自處理室的大部分空間移除 SnCl₄，然後使 H₂O 蒸汽與 N₂ 載氣的混合物流入處理室 1 秒，然後將其暴露至基板 3 秒。接下來，以 N₂ 吹淨 ALD 處理室然後重覆循環。ALD 處理係於次大氣壓(如 0.4 Torr)及 200–400 °C 的溫度下進行。

【0108】 雖然在許多實施例中適合在 ALD 中使用鹵化錫前驅物，但在某些實施例中更較佳地使用非鹵化之有機錫前驅物以避免使用鹵化前驅物如 SnCl₄ 可能會發生的腐蝕問題。適合之非鹵化之有機錫前驅物的實例包含烷基氨

錫(烷基化之醯胺錫)前驅物如四(二甲基氨)錫。在 ALD 處理的一實例中，基板在 ALD 室中於介於約 50–300 °C 之間的溫度下依循暴露至四(二甲基氨)錫及 H_2O_2 。有利地，使用此前驅物能在 100 °C 或更低的低溫下沉積 SnO_2 薄膜。例如，可在不使用電漿促進反應速率的情況下於 50 °C 的溫度下沉積 SnO_2 薄膜。

【0109】在某些實施例中， SnO_2 薄膜係由 PEALD 所沉積。可使用上述針對熱 ALD 之相同類型的含錫前驅物及含氧反應物。在 PEALD 中，ALD 設備配有用以在處理室中產生電漿且以電漿處理基板的系統。在典型的 PEALD 處理程序中，將基板提供至 PEALD 處理室並暴露至含錫前驅物，含錫前驅物吸附至基板表面上。以惰性氣體(如氬或氮)吹淨處理室以自處理室移除前驅物，然後將基板暴露至被導入處理室中的含氧反應物。導入含氧反應物的同時或一段延遲時間之後，在處理室中形成電漿。電漿促進基板表面上之含錫前驅物與含氧反應物的反應，導致形成錫氧化物。接下來，以惰性氣體吹淨處理室，然後重覆包含錫前驅物給劑、吹淨、含氧反應物給劑、電漿處理、及第二吹淨的循環必要次數以形成具有期望厚度的錫氧化物薄膜。

【0110】錫氧化物作為間隙壁

【0111】在某些實施例中，錫氧化物層係用來作為間隙壁。參考圖 1A–1F 例示使用錫氧化物間隙壁，圖 1A–1F 提供在處理之不同階段處之半導體基板的概略橫剖面圖。圖 2 顯示此些方法之實施例的製程流程圖。

【0112】參考圖 2，製程始於 201，提供具有複數突出特徵部的基板。圖 1A 中顯示此例示性之基板，其顯示兩個模蕊 101 座落在蝕刻停止層(ESL)103 上。在某些實施例中，相鄰模蕊之間的距離 d_1 係介於約 10–100 nm 之間。在某些實施例中，使用相對較大的距離約 40–100 nm。在其他應用中，最接近之模蕊之間的距離係介於約 10–30 nm 之間。在某些實施例中，最接近之模蕊之中心之間的距離 d_2 (亦被稱為節距)係介於約 30–130 nm 之間。在某些實施例中，節距係介於

約 80–130 nm 之間。在其他實施例中，節距係介於約 30–40 nm 之間。模蕊 d3 的高度通常介於約 20–200 nm 之間如介於約 50–100 nm 之間。

【0113】選擇模蕊之材料及 ESL 之材料俾以接續在受到暴露之錫氧化物存在時選擇性地蝕刻模蕊材料及在受到暴露之錫氧化物存在時選擇性地蝕刻 ESL 材料。是以，針對第一蝕刻化學品，模蕊材料之蝕刻速率對錫氧化物之蝕刻速率的比值係大於 1、更較佳地大於約 1.5 如大於約 2。類似地，針對第二蝕刻化學品，模蕊材料之蝕刻速率對錫氧化物之蝕刻速率的比值係大於 1、更較佳地大於約 1.5 如大於約 2。

【0114】在某些實施例中，ESL 材料為含矽化合物(如 SiO_2)、或金屬氧化物(如氧化鈦、氧化鋯、氧化鎢)。模蕊材料可包含含矽化合物(如 SiO_2 、 SiN 、或 SiC)、含碳化合物(如非晶碳、類鑽石之碳、或光阻)、非晶矽(經摻雜或未經摻雜者)、及金屬氧化物(TaO 、 TiO 、 WO 、 ZrO 、 HfO)。在某些實施例中，模蕊的外材料係不同於模蕊芯。例如，在某些實施例中模蕊係由非晶矽所製成並受到矽氧化物的覆蓋(如具有自發形成的熱氧化物層)。ESL 層及模蕊可藉由物理汽相沉積(PVD)、化學汽相沉積(CVD)、ALD(無電漿或藉由 PEALD)、或電漿增強之化學汽相沉積(PECVD)中的一或多者所形成，且可利用微影技術定義模蕊的圖案。適合之 ESL/模蕊之組合的實例包含：(i)矽氧化物 ESL 與受矽氧化物覆蓋的矽模蕊；(ii)矽氧化物 ESL 與含碳模蕊；(iii)矽氧化物 ESL 與金屬氧化物模蕊；(iv)金屬氧化物 ESL 與受矽氧化物覆蓋之矽模蕊；(v)金屬氧化物 ESL 與含碳模蕊。

【0115】再次參考圖 1A 中所示之基板，ESL103 座落在目標層 105 上方並與其接觸。目標層 105 為必須受到圖案化的膜層。目標層 105 可為半導體、介電材料、或其他膜層，且可例如由矽(Si)、氧化矽(SiO_2)、氮化矽(SiN)、或氮化鈦(TiN)所形成。在某些實施例中，目標層係稱為硬遮罩層且包含金屬氮化物如氮

化鈦。目標層 105 可藉由 ALD (無電漿或藉由 PEALD)、CVD、或其他適合的沉積技術沉積。

【0116】 目標層 105 座落在膜層 107 上方並與其接觸，在某些實施例中膜層 107 為包含嵌於介電材料層中之複數金屬線的 BEOL 層。

【0117】 再次參考圖 2，製程接著行至 203，在突出特徵部之水平表面及側壁兩者上方沉積錫氧化物層。參考圖 1B 中所示之結構，錫氧化物層 109 係沉積於 ESL 103 上方、模蕊 101 包含模蕊之側壁上方。錫氧化物層係以任何適合的方法如 CVD(包含 PECVD)、ALD(包含 PEALD)、濺射等沉積。在某些實施例中，較佳地順形沉積錫氧化物薄膜，俾使其如圖 1B 中所示依循 ESL 103 及模蕊的表面。在某些實施例中，錫氧化物層係順形沉積至介於約 5- 30 nm 之間如介於約 10-20 nm 之間的厚度。順形錫氧化物薄膜之適合沉積方法中的一者為 ALD。可使用熱或電漿增進之 ALD。

【0118】 參考圖 2 之處理圖，在已沉積錫氧化物層之後，製程行進至 205，利用基於氫的蝕刻或基於氯的蝕刻自突出特徵部之水平表面完全移除錫氧化物但不自側壁完全移除錫氧化物層。若模蕊具有含矽化合物或金屬氧化物作為外層，可使用基於氫的蝕刻。若模蕊的外層為碳層，可使用基於氯的蝕刻。此步驟中所用的蝕刻化學品應較佳地對 ESL 材料及模蕊之外層材料具有選擇性，意即針對此蝕刻化學品錫氧化物的蝕刻速率應大於模蕊外材料的蝕刻速率且大於 ESL 材料的蝕刻速率。圖 1C 中例示自水平表面移除錫氧化物。自 ESL 103 上方及模蕊 101 上方之水平表面蝕刻錫氧化物層 109，但不完全自模蕊 101 之側壁位置處蝕刻錫氧化物層。此蝕刻暴露除了靠近模蕊 101 之側壁之位置之其他位置處的 ESL 103。又，此蝕刻暴露模蕊的上部。所得結構係顯示於圖 1C 中。較佳地在此蝕刻之後，保留側壁處之錫氧化物層之初始高度的至少 50%如至少 80%或至少 90%。在一實例中，藉由基於氫的蝕刻(如 H₂ 電漿蝕刻)自覆蓋模蕊之矽

氧化物選擇性地蝕刻錫氧化物，俾使模蕊的外材料(SiO_2)受到暴露。基於氫的蝕刻對於 SiO_2 具有選擇性。在另一實例中，藉由基於氯的蝕刻(如 BCl_3/Cl_2 電漿蝕刻)自含碳(如碳)模蕊選擇性地蝕刻錫氧化物，俾使模蕊的含碳材料受到暴露。此類蝕刻對於含碳材料具有選擇性。在另一實例中，藉由基於氫的蝕刻(如 H_2 電漿蝕刻)自金屬氧化物(如氧化鈦)模蕊選擇性地蝕刻錫氧化物，俾使模蕊材料(金屬氧化物)受到暴露。此蝕刻對於不會形成揮發性氯化物的金屬氧化物如氧化鈦具有選擇性。

【0119】 在某些實施例中，自基板之水平部分移除錫氧化物層涉及使用兩種不同化學品的兩個步驟。在第一步驟(被稱為主蝕刻)中，自水平表面移除大量的錫氧化物層而通常不完全暴露模蕊下方的膜層及 ESL 材料。因此在某些實施例中，主蝕刻的蝕刻化學品不需要具有選擇性。在某些實施例中，主蝕刻係藉由以基於氯的化學品(如 BCl_3/Cl_2 電漿蝕刻)處理基板而加以進行。在主蝕刻蝕穿 SnO 薄膜之後或在那之前，將蝕刻化學品切換為過蝕刻化學品。可藉著使用光學探針偵測主蝕刻的終點，光學探針會在模蕊材料或 ESL 材料變得受到暴露時給予訊號。如上所述，使用選擇性的過蝕刻化學品移除剩下的錫氧化物薄膜但不實質上蝕刻模蕊材料及 ESL。例如，可使用選擇性之基於氫的蝕刻或選擇性之基於氯的蝕刻。

【0120】 接下來，如圖 1D 中所示，自基板移除模蕊 101 並留下經暴露之錫氧化物間隙壁 101 及經暴露之層 ESL 103。移除模蕊係藉著將基板暴露至能選擇性地蝕刻模蕊材料的蝕刻化學品而加以進行。是以，在此步驟中模蕊材料之蝕刻速率對錫氧化物之蝕刻速率的比值係大於 1 且更較佳大於 1.5。又，在某些實施例中，此步驟中所使用的蝕刻化學品選擇性地相對於 ESL 材料而蝕刻模蕊材料。可使用各種蝕刻方法，化學品的特定選擇取決於模蕊材料及 ESL 層的材料。

當模蕊係由覆蓋了矽氧化物之非晶矽所製成時，可使用基於氟的化學品(如 NF_3) 移除矽模蕊 101 及覆蓋模蕊的 SiO_2 層。此化學品對於錫氧化物具有選擇性。

【0121】 矽模蕊移除的另一選擇為使用在 HBr 與 O_2 之混合物中所形成的電漿。在某些實施例中，在蝕刻開始之前，自矽模蕊的表面移除矽氧化物之薄保護層。這可藉著將基板短暫地暴露至在包含氟碳化合物之處理氣體中所形成的電漿而加以達成。在自模蕊移除保護性的矽氧化物層之後，選擇性地蝕刻矽。在某些實施例中，在此步驟中針對基板較佳地使用較低的 RF 偏壓、或完全不使用外在偏壓。若不使用外在偏壓，基板的自我偏壓(10–20 V)是充分的。在無偏壓或低偏壓的條件下， HBr/O_2 電漿將在錫氧化物及矽氧化物存在的情況下選擇性地蝕刻矽。此蝕刻可在包含含矽化合物之 ESL 存在的情況下進行。

【0122】 當模蕊為含碳材料(如碳或光阻)時，可利用基於氧之蝕刻選擇性地移除模蕊。此化學品對於錫氧化物具有選擇性且可用於當由含矽化合物所構成之 ESL 及金屬氧化物 ESL 存在的情況下。

【0123】 當模蕊為金屬氧化物(如氧化鈦、氧化鎢、氧化鋯、氧化鉛、氧化鋇)時，可以基於氯的蝕刻化學品(如電漿中之 BCl_3/Cl_2)處理基板，相對於錫氧化物選擇性地移除模蕊。此化學品可用於包含含矽化合物(如 SiO_2 、 SiN 、 SiC)之 ESL 存在的情況下。

【0124】 接下來，蝕刻經暴露之 ESL 103 以暴露未被錫氧化物間隙壁 109 保護之所有位置處的下方目標層 105。所得結構係顯示於圖 1E 中。此步驟中所用的蝕刻化學品在錫氧化物存在時選擇性地蝕刻 ESL 材料。換言之，ESL 材料之蝕刻速率對錫氧化物之蝕刻速率的比值係大於 1 且更較佳地大於 1.5。此步驟中所用之特定類型的化學品將取決於 ESL 材料的類型。當使用含矽化合物(如基於矽氧化物及矽氧化物的材料)時，選擇性蝕刻將藉著將基板暴露至在包含氟碳化合物之處理氣體中所形成的電漿而完成。例如，可藉著包含 CF_4 、 C_2F_6 、及 C_3F_8

中之一或多者之處理氣體中所形成的電漿蝕刻 ESL 薄膜。當 ESL 為金屬氧化物層(如氧化鈦、氧化錫、或氧化鋅)時，可利用基於氯的蝕刻化學品(如電漿中的 BCl_3/Cl_2) 在錫氧化物存在時選擇性地蝕刻 ESL。

【0125】 在下一步驟中，蝕刻未被 ESL 103 保護之所有位置處的目標層 105，以暴露下方膜層 107。在此蝕刻步驟中亦移除錫氧化物間隙壁 109，提供圖 1F 中所示之經圖案化的結構。在某些實施例中，選擇此步驟中所用之蝕刻化學品以移除目標材料及錫氧化物間隙壁材料兩者。在其他實施例中，可使用利用不同化學品的兩個蝕刻步驟以分別圖案化目標層 105 及移除錫氧化物間隙壁 109。取決於目標層的化學材料可使用許多蝕刻化學品。在一實施例中，目標層 105 為金屬氮化物(如 TiN)層。在此實施例中，可蝕刻金屬氧化物層，並可藉著將基板暴露至在包含 Cl_2 及碳氫化合物(如 CH_4)之處理氣體中所形成的電漿利用單一蝕刻化學品移除錫氧化物間隙壁。一般而言，可利用上述之任何錫氧化物蝕刻方法移除錫氧化物間隙壁。

【0126】 在形成間隙壁期間所遇到的其中一個問題為間隙壁之底腳，間隙壁之底腳為間隙壁之底部處的寬度與間隙壁之上部處之寬度之間的差。在理想上，間隙壁應為直的，在上部與底部處具有實質上相等的寬度。以實驗比較錫氧化物間隙壁與氧化鈦間隙壁。已知在錫氧化物間隙壁上使用 H_2 電漿蝕刻可將底腳大幅縮減至少於 1 nm。然而，氧化鈦完全無法以 H_2 電漿蝕刻。當以 $\text{HBr}/\text{N}_2/\text{氬}$ 電漿蝕刻氧化鈦間隙壁時，以較大間隙壁高度及 CD 損失的代價可將底腳縮減至僅 2.4 nm。

【0127】 又，顯示在 $\text{HBr}/\text{N}_2/\text{氬}$ 電漿蝕刻下，以 ALD 沉積之氧化鈦對熱矽氧化物(TOX)的蝕刻選擇比係低於以 ALD 沉積之錫氧化物對 TOX 的蝕刻選擇比。尤其，利用此化學品，在 TOX 存在時蝕刻氧化鈦得到約 10：1 的選擇比，但蝕刻錫氧化物得到大於 100：1 的選擇比。利用 H_2 電漿，完全不蝕刻氧化鈦，

第 26 頁，共 52 頁(發明說明書)

但在 TOX 存在時蝕刻錫氧化物得到大於 100：1 的選擇比。利用 $\text{BCl}_3/\text{Cl}_2/\text{He}$ 電漿，蝕刻氧化鈦得到約 5：1 之選擇比(氧化鈦對 TOX)，但蝕刻錫氧化物得到約 4：1 的選擇比(錫氧化物對 TOX)。基於氫的蝕刻化學品(基於 H_2 且基於 HBr)對矽氧化物提供氧化鈦無法達到之大於 50：1 及大於 80：1 的極高蝕刻選擇比。

【0128】在某些實施例中，修改參考圖 1A-1F 及 2 之文中所述的方法，其涉及在模蕊的側壁處使用錫氧化物層上方的鈍化層。鈍化層的目的在於在自水平表面移除錫氧化物之步驟期間最少化錫氧化物的蝕刻。在缺乏鈍化層的情況中，側壁的錫氧化物在水平方向上會受到不一致的蝕刻，這可導致間隙壁關鍵尺寸(CD)變異。使用鈍化層可避免或最少化此橫向蝕刻並導致間隙壁之間更一致的距離。此外，使用鈍化層可避免間隙壁之上角落的腐蝕，藉此使間隙壁具有更矩形的形狀。又，在側壁處使用鈍化層能使錫氧化物層之底部斜率或底腳因基板處之偏壓向下驅使更多蝕刻物種(如電漿中的離子)而更容易受到蝕刻。在接續的蝕刻步驟中最終可能會部分或完全消耗鈍化層，因此可維持間隙壁 CD。

【0129】選擇鈍化層的材料使其更能阻抗用以自水平表面移除錫氧化物用的特定蝕刻化學品。在某些實施例中，鈍化材料為例如 PECVD 所沉積之含矽化合物如 SiO_2 、 SiN 、或 SiC 。在其他實施例中，如鈍化材料為文中所述之碳(如利用碳氫化合物前驅物所沉積者)。在其他實施例中，鈍化材料為含錫化合物如氮化錫(SnN)、溴化錫(SnBr)、或氟化錫(SnF)。在某些實施例中，此些化合物係藉著將錫氧化物之外部轉變為含錫鈍化材料所形成。例如，可藉著將基板暴露至電漿(如 N_2 電漿)中的含氮化合物而將錫氧化物轉變為氮化錫。可藉著將基板暴露至含溴化合物(如 HBr)而形成溴化錫。可藉著將基板暴露至電漿(如 NF_3 電漿或氟碳電漿)中的含氟化合物而形成氟化錫。調整 SnBr 及 SnF 沉積期間的條件以將蝕刻最少化。例如，可在無基板偏壓或低基板偏壓的情況下進行反應以最少化 SnBr 及 SnF 的移除。鈍化層通常形成至約 1-5 nm 之厚度。

第 27 頁，共 52 頁(發明說明書)

【0130】圖 3A-3E 提供使用鈍化層之製程期間基板之部分的概略橫剖面圖。圖 4 提供此類製程的製程流程圖。參考圖 4，以參考圖 1A 及 1B 之相同方式，製程始於 4401，提供具有複數突出特徵部的基板，然後製程行進至 4403，在突出特徵部之水平表面及側壁兩者上方沉積錫氧化物。圖 1B 中所示的基板亦例示於圖 3A 中，其中目標層為膜層 301、ESL 為 303、模蕊為 305、且錫氧化物層為 307。膜層之材料大致上與參考圖 1A-1F 所述之實施例中所述者相同。在圖 3A 之實施例中，模蕊 305 為具有矽氧化物(SiO_2)302 作為外層的矽(Si)模蕊，但應瞭解，可將包含含碳模蕊與金屬氧化物模蕊之各種模蕊材料與所述之製程程序一起使用。參考圖 4，在已沉積錫氧化物層之後，製程行進至 4405，在突出特徵部之側壁處的錫氧化物層上方沉積鈍化層。所得結構係顯示於圖 3B 中，其顯示突出特徵部之側壁上的鈍化層 309。在所示的實施例中，鈍化層不存在於水平表面上。

【0131】在某些實施例中，此類鈍化層可藉由下列方式形成：首先(a)在模蕊之側壁及水平表面兩者上方順形沉積鈍化材料(如矽氧化物、矽氮化物、矽碳化物、或碳)；然後(b)自水平表面完全移除鈍化層但不自側壁完全移除鈍化層(例如蝕刻後俾以在側壁處留下至少 50%或至少 80%的鈍化層材料)。

【0132】當鈍化材料為含矽化合物時，可利用對錫氧化物有選擇性之基於氟碳化合物之蝕刻自水平表面移除鈍化材料。當鈍化材料為含碳材料時，可利用對錫氧化物有選擇性之基於氧之蝕刻或利用短暴露至在含氫氣體(如 H_2)中所形成的電漿，自水平表面移除鈍化材料。在某些實施例中，利用錫氧化物蝕刻所用之相同化學品以及能促進自水平表面移除材料之基板處的充分偏壓，自水平表面移除含錫之鈍化材料。例如，製程可始於利用第一偏壓的電漿蝕刻以自水平表面移除含錫之鈍化材料，接著隨著製程轉換至主錫氧化物蝕刻可減少或關閉偏

壓。在某些實施例中，在自水平表面蝕刻鈍化材料及錫氧化物期間使用基於氯的化學品(如 BCl_3/Cl_2 電漿)。

【0133】 接下來，參考操作 4407，製程自模蕊之水平表面完全移除錫氧化物但不完全移除模蕊之側壁處的錫氧化物。此蝕刻之進行可利用文中所述之任何適合的錫氧化物蝕刻化學品如使基於氫的蝕刻(如 H_2 電漿)、基於氯的蝕刻(如電漿中之 Cl_2 及/或 BCl_3)、 HBr 電漿蝕刻、或此些蝕刻的組合。在圖 3C 及 3D 所示的實施例中，此蝕刻係以兩步驟進行。在第一步驟中，利用基於氯的蝕刻(如電漿中之 BCl_3 及 Cl_2)自水平表面蝕刻大量錫氧化物以提供圖 3C 中所示之結構，其中該結構具有模蕊上部處之經暴露之矽氧化物外模蕊材料及模蕊之底角落處之多餘的錫氧化物。接下來，以基於氫的過蝕刻化學品(如漿中之 H_2)蝕刻多餘之錫氧化物，提供圖 3D 中所示之結構。接下來，如前面參考圖 1A-1F 所述，選擇性蝕刻及移除模蕊材料，留下間隙壁 307。在所示之實施例中，模蕊蝕刻化學品亦移除鈍化層 309，留下圖 3E 中所示的結構。ESL 的接續處理如依照前面參考圖 1D-1F 所述之方式進行。

【0134】 在一更特定的實例中，膜層 301 為 TiN 、ESL 303 為矽氧化物層；模蕊 305 為受到矽氧化物外層 302 覆蓋的矽(Si)、且層 307 為錫氧化物。參考此實例，處理方法包含：提供具有矽氧化物層及複數矽突出物的基板，其中矽突出物係受到原生矽氧化物覆蓋；接著在基板上方(藉由例如 ALD)順形沉積錫氧化物層，並在突出特徵部之側壁上形成僅位於錫氧化物上方的矽氧化物鈍化層(如 1-2 nm 厚)。在形成鈍化層之後，方法接著自水平表面蝕刻錫氧化物但不完全移除位於突出特徵部之側壁處的錫氧化物。在此實例中，蝕刻係利用主(大量)蝕刻(如 Cl_2/BCl_3 電漿蝕刻)及之後的過蝕刻加以進行，其中過蝕刻可例如是用以減少底腳的氫電漿蝕刻。在蝕刻之後，方法行進至移除矽模蕊但不移除錫氧化物間隙壁。應注意，側壁上的矽氧化物鈍化層可藉由下列方式形成：先在錫氧化物上方

(例如藉由 PECVD 或 ALD)順形沉積矽氧化物，接著自水平表面(例如藉由氟碳電漿)選擇性地蝕刻矽氧化物。為了自水平表面移除錫氧化物，此程序利用 BCl_3/Cl_2 電漿主蝕刻及後續 H_2 電漿過蝕刻實驗測試。在此實驗測試的實例中，在主蝕刻之後，關鍵尺寸的損失為 0 nm；底腳約為 6 nm 且蝕刻至矽氧化物 ESL 中的量為 0 nm。在過蝕刻之後，關鍵尺寸的損失、底腳、及蝕刻至矽氧化物 ESL 中的量皆為 0 nm。

【0135】在另一特定實例中，使用自錫氧化物之外部所形成的氮化錫作為鈍化材料。在某些實施例中，較佳地在形成錫氧化物間隙壁期間利用氮化錫鈍化層鈍化錫氧化物側壁，藉此減少間隙壁的變異。在某些實施例中，方法包含：(a) 提供具有矽氧化物層及複數矽突出物的基板，其中矽突出物係受到原生矽氧化物覆蓋；(b)在基板上方(例如藉由 ALD)順形沉積錫氧化物層；(c)在突出特徵部之側壁上形成僅位於錫氧化物上方的薄氮化錫鈍化層；(d)(例如利用主(大量)蝕刻(如 Cl_2/BCl_3 蝕刻)及過蝕刻的組合，其中過蝕刻可例如是用以減少底腳的氫電漿蝕刻)自水平表面蝕刻錫氧化物但不完全移除位於突出特徵部之側壁處的錫氧化物；及(e) 移除矽模蕊但不移除錫氧化物間隙壁。側壁上的氮化錫鈍化層可藉由下列方式形成：先在整個錫氧化物上方順形形成鈍化，接著自水平表面選擇性地移除氮化錫。在某些實施例中，氮化錫層係藉著以含氮電漿處理受到暴露之錫氧化物層所形成。例如，電漿可在含氮氣體如 N_2 或 NH_3 中形成。電漿可為直接的(電漿在容納基板的相同室隔間中形成)或遠端的(電漿在不同的腔室或室隔間中形成然後饋送至容納基板的隔間)。在某些實施例中，此氮化處理係於用於錫氧化物層沉積的相同處理室中進行。在其他實施例中，氮化係於不同腔室中進行。在某些實施例中，氮化電漿處理係進行少於約 5 秒。形成氮化錫之順形層的另一方法為在錫氧化物順形層上方沉積氮化錫。氮化錫可例如藉由 ALD 或 CVD 加以沉積。在某些實施例中，ALD 沉積涉及以含錫前驅物接觸基板並在基板表面

上形成含錫層，接著以含氮電漿進行處理，其中重覆此製程必要之許多次數以建立具有期望厚度的鈍化層。在已形成順形氮化錫層之後，自水平表面蝕刻氮化錫，僅在側壁上留下氮化錫。在某些實施例中，此蝕刻的化學品係與主蝕刻的化學品相同但利用基板偏壓進行，俾以比主蝕刻更垂直異向性。例如，可利用 Cl_2/BCl_3 電漿蝕刻與基板偏壓自水平表面移除氮化錫。接下來，進行 Cl_2/BCl_3 主蝕刻(如無基板偏壓或比自水平表面移除氮化錫期間所用之偏壓更低的偏壓)，接著進行 H_2 過蝕刻。氮化錫在主蝕刻處理期間對側壁處的錫氧化物提供絕佳的保護。已實驗測試使用氮化錫作為鈍化層且已確認在使用氮化錫鈍化層的情況中模蕊之側壁上之錫氧化物的厚度比不用錫氧化物氮化層所處理之相同結構中的錫氧化物厚度更厚。

【0136】 碳遮罩應用

【0137】 在某些實施例中，使用錫氧化物薄膜作為硬遮罩。錫氧化物硬遮罩 可以被圖案化以形成具有凹陷特徵部的基板，其中在凹陷特徵部之底部處有受到暴露之材料。接著在錫氧化物碳遮罩時處理基板。在某些實施例中，處理涉及蝕刻在凹陷特徵部之底部處之受到暴露的材料。在其他實施例中，處理可涉及將材料沉積至凹陷特徵部中。在其他實施例中，處理可涉及化學修飾在凹陷特徵部之底部處之受到暴露的材料。

【0138】 經圖案化之錫氧化物層可利用各種方法形成。在一實施例中，利用微影圖案化形成經圖案化之錫氧化物薄膜。在一實施例中，該方法涉及：提供基板，基板具有形成在基板上的錫氧化物毯層；及在錫氧化物毯層上方形成經圖案化之光阻層。在某些實施例中，錫氧化物層上方之經圖案化之光阻層係直接形成在錫氧化物層的上部上並與其接觸。在其他實施例中，錫氧化物層與光阻之間可能有一或多層之中間碳遮罩層。在已沉積光阻層並利用標準微影技術圖案化光阻之後，將來自光阻的圖案移轉至錫氧化物層中，即蝕刻受到暴露之錫氧化物

層。在某些實施例中，利用選擇性蝕刻如基於氫的蝕刻 (如電漿中之 H_2) 在受到暴露之光阻存在時蝕刻錫氧化物層。當錫氧化物層與光阻之間存在中間硬遮罩時，先將來自光阻的圖案移轉至這些中間硬遮罩(如包含含矽化合物如旋塗玻璃的遮罩、或碳硬遮罩)中，接著再將圖案移轉至錫氧化物中。在某些實施例中，而用適合的選擇性化學品如基於氫的蝕刻及/或基於氯的蝕刻在另一中間碳遮罩材料(如含矽化合物或碳)存在時蝕刻錫氧化物層。

【0139】圖 5A-5C 例示經歷利用錫氧化物遮罩之處理之基板的概略橫剖面圖。圖 6 提供以錫氧化物碳遮罩處理基板之製程流程圖。在操作 601 中，提供具有經圖案化之錫氧化物層的基板。錫氧化物層可如上所述利用微影技術圖案化、或利用參考圖 1A-1D 所述之用以形成錫氧化物間隙壁的製程程序圖案化。此類基板的實例係顯示於圖 5A 中，其中基板包含子層 51 及膜層 53，膜層 53 係位於子層 51 與經圖案化之錫氧化物層 55 之間。基板之受到暴露部分包含形成在錫氧化物層 55 中的凹陷特徵部。膜層 53 的材料係於凹陷特徵部的底部處受到暴露。雖然在所示的實施例中，在經圖案化之錫氧化物層 55 之上部上並無額外材料，但在其他實施例中，可能有光阻或來自中間硬遮罩的材料存在於錫氧化物 55 的上部上。

【0140】接下來，在操作 603 中，在錫氧化物層 55 存在時處理基板。處理可涉及例如，蝕刻受到暴露之材料 53、將材料沉積至凹陷特徵部中、或化學修飾受到暴露之材料 53。蝕刻材料 53 係顯示於圖 5B 中，其中由錫氧化物層 55 之圖案所定義的凹陷特徵部係形成於膜層 53 中。為了在錫氧化物 55 存在時蝕刻膜層 53 的材料可使用各種選擇性的蝕刻化學品。例如，當膜層 53 為含矽材料時，可利用基於氟的化學品在錫氧化物存在時選擇性地蝕刻膜層 53。例如，可利用氟碳電漿化學品蝕刻含矽化合物如矽氧化物、氮化矽、及碳化矽。當膜層 53 為含碳層(如非晶碳)時，可利用如文中所述之基於氧之化學品選擇性蝕刻膜層 53。

第 32 頁，共 52 頁(發明說明書)

當膜層 53 為金屬 氧化物層(如氧化鈦、氧化鋇、氧化鋇、氧化鉛)時，可利用如文中所述之基於氯的化學品(如電漿中之 BCl_3/Cl_2) 在錫氧化物存在時選擇性地蝕刻膜層 53。子層 51 的材料係不同於膜層 53 的材料，且在蝕刻膜層 53 期間實質上不蝕刻膜層 51。圖 5B 中所示之所得結構具有形成在膜層 55 與 53 中的凹陷特徵部以及凹陷特徵部之底部處之子層 51 的受到暴露材料。

【0141】 接下來，在操作 605 中移除錫氧化物材料 55，提供圖 5C 中所示之結構，其中經圖案化之膜層 53 座落在子層 51 上方。在某些實施例中，此程序更用以圖案化子層 51，子層 51 在某些實施例中為 SiN 層、金屬氮化物(如 TiN 或 TaN)、或金屬層。較佳地利用對膜層 53 及 51 兩者皆有選擇性的化學品移除錫氧化物。例如，當此些材料為含矽材料、含碳材料、金屬氧化物、金屬氮化物、或金屬時，使用選擇性之基於氯的蝕刻(如可使用 H_2 電漿蝕刻)。又，在某些實施例中，當膜層 53 及 51 之材料為含矽材料或含碳材料時，可利用基於氯的蝕刻(如電漿中之 BCl_3/Cl_2)。

【0142】 在使用錫氧化物碳遮罩之製程流程的一特定實例中，子層 51 為 SiN 層、或金屬層，膜層 53 為矽氧化物。製程始於提供平坦基板，此基板具有在 SiN 或金屬層 51 上方之受到暴露的矽氧化物層。接下來，將錫氧化物毯層沉積至矽氧化物上方，接著(例如使用微影圖案化)圖案化錫氧化物，留下圖 5A 中所示的結構。接下來，例如利用氟碳電漿相對於錫氧化物選擇性地蝕刻受到暴露之矽氧化物，留下圖 5B 中所示的結構。接下來，利用氫電漿蝕刻剝除(移除)錫氧化物，留下圖 5C 中所示的結構。

【0143】 *錫氧化物中間層*。在另一碳遮罩實施例中，使用錫氧化物作為用以圖案化碳層或另一材料的中間碳遮罩(中間層)。在一實施例中，提供基板，其中基板包含形成在含碳層上(如在非晶碳層上)之經圖案化的錫氧化物層，其中基板包含在凹陷特徵部之底部處具有受到暴露之含碳材料的複數凹陷特徵部。接

下來，在錫氧化物存在時選擇性地蝕刻受到暴露之含碳材料以在含碳層中形成凹陷特徵部。適合之選擇性蝕刻化學品包含基於氫之蝕刻化學品(如電漿中之 H_2 及電漿中之 HBr)及基於氯的蝕刻化學品(如電中之 BCl_3 及/或 Cl_2)。圖 5D-5G 以橫剖面結構例示一適合的製程程序。圖 5D 中所示之基板包含子層 51(如非晶矽或文中所述的任何目標層)、位於子層 51 上方之含碳材料(如非晶碳)的毯層 53、及位於含碳層 53 上方之錫氧化物毯層 55。基板更包含在錫氧化物層 55 上方之經圖案化的光阻層 57、及光阻 57 與錫氧化物層 55 之間的下層 56，其中下層可以是例如旋塗玻璃。下層 56 在凹陷特徵部之底部處受到暴露，凹陷特徵部係形成在基板表面上之經圖案化的光阻層 57 中。藉著以基於氟碳化合物的電漿蝕刻在光阻存在時選擇性地蝕刻下層，將光阻之圖案移轉至下層 56。如圖 5E 中所示，蝕刻暴露凹陷特徵部之底部處的錫氧化物層 55。接下來，利用較佳地對下層材料具有選擇性的蝕刻圖案化錫氧化物。例如，可利用基於氫的蝕刻或基於氯的蝕刻蝕刻錫氧化物。在圖 5F 所示的所得結構中，已自光阻移轉至錫氧化物層及含碳層 53 的圖案在凹陷特徵部的底部處受到暴露。接下來，製程接著蝕刻受到暴露之含碳層 53。較佳地使用對錫氧化物具有選擇性的化學品。例如，可以基於氧之蝕刻蝕刻受到暴露之含碳層 53(如可以在含氧氣體中形成的電漿蝕刻碳)。在此步驟中亦可移除剩餘的光阻及下層 56。在此蝕刻後所獲得的結構係顯示於圖 5G 中。製程更可接著進行錫氧化物 55 之移除及受到暴露之子層 51 的接續處理。

【0144】中間層的另一實施例係顯示於圖 5H-5K 中。製程係類似於參考圖 5D-5G 所述之製程，但係於無下層 56 之情況下進行。在此程序中，經圖案化的光阻 57 係直接形成在錫氧化物層 55 上，接著以(例如使用基於氫的蝕刻(H_2 or HBr))或基於氯的蝕刻在光阻存在時蝕刻錫氧化物。製程接著將來自錫氧化物中間層 55 的圖案移轉至含碳層 53，其中膜層 53 自己可具有用以圖案化下方膜層

51 之硬遮罩的功能。接下來，例如利用基於氫的蝕刻化學品(如電漿中的 H_2)在含碳層 53 存在時選擇性地蝕刻及移除錫氧化物 55。此些中間層製程係適合用於 EUV 碳遮罩處理應用。

【0145】在另一實施例中，使用高選擇性之蝕刻將光阻圖案移轉至錫氧化物層。例如，可利用基於氫的蝕刻化學品及添加含碳反應物在上方的光阻及下方的材料存在時選擇性地蝕刻錫氧化物，其中含碳反應物係用以在基板表面上形成含碳聚合物並增加蝕刻選擇比。例如，可在 H_2 、碳氫化合物(如 CH_4)、及文中所述之選擇性之惰性氣體的混合物中形成電漿。這將參考圖 5H–5K 加以例示。在此實例中，如圖 5H 中所示，將經圖案化之光阻層 57 形成在錫氧化物層 55(如 9–12 nm 厚)上方。在此實例中，錫氧化物層正下方的材料膜層為碳化鎢層 53(35–55 nm 厚)。此實例中的膜層 51 為矽氧化物(如 TEOS 覆層)，其可位於 BEOL 處理程序中所用之極低介電常數層上。首先，利用高度選擇性的 H_2/CH_4 電漿蝕刻在光阻及碳化鎢存在時選擇性地蝕刻錫氧化物。如圖 5I 中所示，形成凹陷特徵部並暴露碳化鎢層。接下來，在錫氧化物存在時選擇性地蝕刻碳化鎢，暴露下方的 TEOS 層。例如，可利用文中所述之 NF_3/Cl_2 電漿蝕刻相對於錫氧化物選擇性地蝕刻碳化鎢。在此步驟期間亦可實質移除光阻。所得結構係顯示於圖 5J 中。接下來，利用對碳化鎢有選擇性的蝕刻自基板移除錫氧化物。在某些實施例中，較佳地利用 H_2 電漿移除錫氧化物。在某些實施例中，在此步驟中並未使用碳氫化合物添加物。例如，在已蝕刻下方層之後，於下列之製程條件下利用 H_2 蝕刻移除錫氧化物。在此實例中，蝕刻涉及：在 100–500 sccm 之流率下流動 H_2 、及在 100–500 W 之 RF 功率(針對每一片 300 mm 晶圓)下於處理氣體中形成電漿。此蝕刻可在有或無基板偏壓的情況下進行。例如，基板偏壓可介於 0–100 Vb 之間如 10–100 Vb 之間。處理可在低於 100 °C 的溫度及 5–50 mTorr 的壓力下進行。

【0146】圖 5L-5O 中之橫剖面圖例示利用錫氧化物中間層碳遮罩的另一製程流程。在此實例中，如圖 5L 中所示，在錫氧化物層 55(如 9–12 nm 厚)上方形成圖案化的光阻層 57。在此實例中，錫氧化物層正下方之材料膜層為非晶矽(Si)層 53(35–55 nm 厚)。此實例中的膜層 51 為矽氧化物蝕刻停止層。在此實例中，沉積光阻俾使其在底部比上部寬。已知使用 H_2 /碳氫化合物電漿蝕刻可減少光阻寬度之差異並使其在橫剖面中實質上呈矩形。首先，利用高度選擇性之 H_2/CH_4 電漿蝕刻在光阻及非晶矽存在時選擇性地蝕刻錫氧化物。如圖 5M 中所示，形成凹陷特徵部並暴露非晶矽層，同時改善光阻之幾何特徵。接下來，在錫氧化物存在時選擇性地蝕刻矽而暴露下方的蝕刻停止層。例如，可利用文中所述之 NF_3/Cl_2 電漿蝕刻相對於錫氧化物選擇性地蝕刻矽。利用此蝕刻可達到大於 40 的蝕刻選擇比(矽對錫氧化物)。在此步驟期間亦可實質移除光阻。所得結構係顯示於圖 5N 中。接下來，利用對矽有選擇性的蝕刻自基板移除錫氧化物。在某些實施例中，較佳地利用 H_2 電漿移除錫氧化物。在 H_2 電漿處理期間可移除剩餘的光阻。所得結構係顯示於圖 5O 中。

【0147】使用錫氧化物作為硬遮罩是高度有利的，因為其相對於矽氧化物可以極高的選擇比蝕刻，矽氧化物為欲圖案化的共同層。亦可以對廣泛之其他材料有選擇性的乾式電漿蝕刻化學品(如基於氫的或基於氯的化學品)選擇性地蝕刻錫氧化物，其他材料包含碳、光阻、金屬、金屬氮化物、及金屬氧化物。由於錫氧化物不需要濕式蝕刻且可以氫電漿蝕刻但氮化鈦通常以濕式蝕刻方法移除，故錫氧化物硬遮罩比氮化鈦硬遮罩更佳。

【0148】*反相(reverse tone)硬遮罩*。在某些實施例中，在各種反相硬遮罩應用中使用錫氧化物。圖 8 中顯示一例示性之製程流程，圖 7A-7C 中以略概橫剖面圖例示此製程流程。製程始於 801，提供基板，基板具有受到暴露之經圖案化的可灰化層及複數凹陷特徵部。可灰化之材料的實例包含含碳材料如非晶碳、類

鑽石之碳、光阻、及有機聚合物，其中聚合物可為無摻雜的或摻有金屬或金屬氧化物。例如可藉由(如 PECVD 或旋塗方法)沉積可灰化之材料的毯層接著加以微影圖案化，形成可灰化之材料之經圖案化的膜層。圖 7A 例示具有位於子層 701(如 Si、SiN、金屬氮化物、或文中所述之任何目標或子層材料)上之可灰化之材料層 703 的基板。基板上有複數凹陷特徵部且膜層 701 在凹陷特徵部之底部處受到暴露。接下來，在操作 803 中，以錫氧化物(如利用 CVD)填充基板上的凹陷特徵部。在此步驟中通常亦在可灰化之材料層 703 上方形成多餘材料。所獲得之結構係顯示於圖 7B 中，其中經沉積之錫氧化物 705 填充可灰化之材料 703 之間的間隙且形成多餘材料。接著可以化學機械研磨(CMP)操作或大量電漿蝕刻(如用基於氫的及/或基於氯的電漿蝕刻)移除多餘材料，以暴露可灰化之材料 703。在平坦化之後，在操作 805 中，移除可灰化之材料但不實質上移除錫氧化物材料(如留下至少 90%之錫氧化物)，藉此形成圖 7C 中所示之錫氧化物 705 的互補圖案。

【0149】 在一特定實例中，提供包含位於目標層(如矽氧化物、氮化矽、或金屬)上之經圖案化之碳層的基板。經圖案化之碳層具有複數凹陷(如具有介於約 5-50 nm 之間的寬度)。接下來，以錫氧化物(如 CVD)填充凹陷並形成錫氧化物之多餘材料。接下來，(如藉由 CMP 或對碳有選擇性的乾式電漿蝕刻)移除錫氧化物之多餘材料以暴露碳，接著利用 O₂ 電漿移除(剝除)碳而不完全移除錫氧化物。

【0150】 圖 10 中之製程流程圖顯示反相遮罩的另一實施例，圖 9A-9C 中之經處理的基板的概略橫剖面圖例示此實施例。製程始於 1001，提供具有經圖案化之錫氧化物層及複數凹陷特徵部的基板。此係例示於圖 9A 中，其中經圖案化之錫氧化物層 903 係位於子層 901(如金屬氮化物、或金屬層)上。子層 901 在形成在錫氧化物層 903 中之凹陷特徵部的底部處受到暴露。接下來，在操作 1003 中，藉由例如 CVD 以含矽材料填充凹陷特徵部。適合之含矽材料的實例包含矽(如非晶矽或多晶矽)及含矽化合物如矽氧化物、氮化矽、及碳化矽。在此沉積期

間可形成錫氧化物層上方的多餘材料。所得結構係顯示於圖 9B 中，其中含矽材料 905 填充經圖案化之錫氧化物層之間隙並形成多餘材料。接下來，以 CMP 或電漿蝕刻(如基於氟的蝕刻如氟碳化合物電漿蝕刻)移除多餘材料並暴露錫氧化物 903。在接下來的操作 1005 中，移除錫氧化物但不移除含矽材料，藉此形成含矽材料的圖案化層(錫氧化物圖案的反相或互補圖案)。例如利用基於氫的蝕刻(如 H₂ 電漿蝕刻、或 HBr 電漿蝕刻)、或基於氯的蝕刻(如 BCl₃/Cl₂ 蝕刻)相對於含矽材料選擇性地蝕刻錫氧化物。蝕刻後所獲得的結構係顯示於圖 9C 中，其中顯示經圖案化之含矽層 905。子層 901 在形成於含矽材料 905 中之凹陷特徵部的底部處受到暴露。

【0151】 在一實施例中，提供具有目標層及目標層上方之圖案化錫氧化物層的基板。接下來，以矽氧化物(如藉由 PECVD)填充經圖案化之錫氧化物中的凹陷特徵部並形成矽氧化物之多餘材料。接下來，蝕刻(凹陷蝕刻)矽氧化物之多餘材料以暴露錫氧化物，藉著利用例如氫電漿移除(剝除)錫氧化物，藉此留下經圖案化之矽氧化物，其圖案係與初始錫氧化物圖案互補。

【0152】 設備

【0153】 文中所述的蝕刻方法可在各種設備中進行。適合的設備包含蝕刻處理室、蝕刻處理室中用以在蝕刻期間支撐基板於定位的基板支撐件、及用以在處理氣體中生成電漿的電漿生成機構。

【0154】 適合的設備的實例包含感應耦合電漿(ICP)反應器在某實施例中其亦可適合用於週期性沉積與活化製程包含原子層蝕刻(ALE)操作及原子層沉積(ALD)操作。雖然在本文中詳細說明 ICP 反應器，但應瞭解，亦可使用感應耦合電漿反應器。

【0155】 圖 11 概略顯示適合施行文中所述之電漿蝕刻之感應耦合電漿整合蝕刻與沉積設備 400 的橫剖面圖，此設備 400 的一實例為加州 Fremont 之科林

研發公司所製造的 Kiyo[®]反應器。感應耦合電漿設備 400 包含結構由室壁 401 與窗 411 所定義的整體處理室 424。室壁 401 可由不銹鋼或鋁所製成。窗 411 可由石英、或其他介電材料所製成。選擇性的內電漿格柵 450 將整體處理室分隔為上子室 402 與下子室 403。在大部分的實施例中，可移除電漿格柵 450，藉此使用由上子室 402 與下子室 403 所構成的室空間。夾頭 417 係位於下子室 403 內接近內部底表面之處。夾頭 417 係用以接收半導體晶圓 419 並在進行蝕刻與沉積處理時將半導體晶圓 419 支撐於其上。夾頭 417 可為當晶圓 419 存在時用以支撐晶圓 419 的靜電夾頭。在某些實施例中，一邊緣環(未顯示)環繞夾頭 417 且具有在夾頭 417 上存在晶圓 419 時與晶圓 419 上表面近乎持平的上表面。夾頭 417 亦包含靜電電極以夾持與釋放晶圓 419。為了此目的可提供濾波器及 DC 夾持電源(未顯示)。亦可提供用以將晶圓 419 舉升離開夾頭 417 的其他控制系統。利用 RF 電源 423 可使夾頭 417 帶電。RF 電源 423 係經由連接件 427 而連接至匹配電路 421。匹配電路 421 係經由連接件 425 而連接至夾頭 417。在此方式下，RF 電源 423 係連接至夾頭 417。在各種實施例中，根據所揭露之實施例，取決於所進行的製程，可將靜電夾頭的偏壓功率設定在約 50Vb 或一不同的偏壓功率。例如，偏壓功率可介於 20Vb 至約 100Vb 之間、或介於約 30Vb 至 150Vb 之間。

【0156】 用以產生電漿的元件包含位於窗 411 上方的線圈 433。在某些實施例中，於所揭露的實施例中未使用線圈。線圈 433 係自導電材料所製造且包含至少完整的一圈。圖 4 中所示之例示性之線圈 433 包含三圈。具有「X」之線圈 433 符號的橫剖面代表線圈 433 旋轉地延伸進入紙面，具有「•」之線圈 433 符號代表線圈 433 旋轉地延伸出紙面。用以產生電漿的元件亦包含用以將 RF 功率供給至線圈 433 的 RF 電源 441。一般而言，RF 電源 441 係經由連接件 445 而連接至匹配電路 439。匹配電路 439 係經由連接件 443 而連接至線圈 433。以此方式，RF 電源 441 係連接至線圈 433。選擇性的法拉第屏 449a 係位於線圈 433 與窗

411 之間。法拉第屏 449a 維持與線圈 433 空間分隔的關係。在某些實施例中，法拉第屏 449a 係緊鄰窗 411 並設置在窗 411 的上方。在某些實施例中，法拉第屏 449a 係介於窗 411 與夾頭 417 之間。在某些實施例中，法拉第屏 449a 並未維持與線圈 433 空間分隔的關係。例如，法拉第屏 449a 可位於窗 411 正下方且兩者之間並無間隙。線圈 433、法拉第屏 449a、及窗 411 每一者係以實質上彼此平行的方式配置。法拉第屏 449a 可避免金屬或其他物種沉積至處理室 424 的窗 411 上。

【0157】 處理氣體(如 H_2 與 He 等)可經由位於上子室 402 中的一或多個主氣體流動入口 460 及/或經由一或多個側氣體流動入口 470 流至處理室中。類似地，雖然未明確顯示，但可使用類似的氣體流動入口將處理氣體供給至電容耦合電漿處理室。可使用真空泵浦如一或兩階段的機械乾式泵浦及/或渦輪分子泵浦 440 以將處理氣體抽出處理室 424 並維持處理室 424 內的壓力。例如，可在吹淨操作期間使用真空泵浦排空下子室 403。可使用閥控制的導管將真空泵浦流體連接至處理室 424 以選擇性地控制真空泵浦所提供的真空環境的施加。這可藉著在操作性電漿處理期間使用閉迴路控制式的流動限制裝置如節流閥(未顯示)或擺閥(未顯示)來達成。類似地，亦可使用連接至電容耦合電漿處理室的真空泵浦及閥控制流體連接件。

【0158】 在設備 400 的操作期間，可經由氣體流動入口 460 及/或 470 供給一或多種處理氣體如含氫氣體。在某些實施例中，可僅經由主氣體流動入口 460 或可僅經由側氣體流動入口 470 供給處理氣體。在某些情況中，例如可以更複雜的氣體流動入口、一或多個噴淋頭來取代圖中所示的氣體流動入口。法拉第屏 449a 及/或選擇性的格柵 450 可包含內部通道與孔洞使處理氣體得以被輸送至處理室 424。法拉第屏 449a 及選擇性之格柵 450 中的任一者或兩者可具有用以輸送處理氣體之噴淋頭的功能。在某些實施例中，可將一液體蒸發與輸送系統設置

在處理室 424 上游，俾使液體反應物或前驅物一旦蒸發後，經蒸發的反應物或前驅物便藉由氣體流動入口 460 及/或 470 被導入至處理室 424 中。

【0159】自 RF 電源 441 將射頻功率供給至線圈 433 以使 RF 電流流過線圈 433。流經線圈 433 之 RF 電流在線圈 433 周圍產生電磁場。電磁場在上子室 402 內產生感應電流。經產生之各種離子與自由基與晶圓 419 物理及化學作用以蝕刻晶圓 419 上的特徵部並在晶圓 419 上選擇性地沉積膜層。

【0160】若使用電漿格柵 450 而產生上子室 402 與下子室 403 兩者，則感應電流會作用於存在於上子室 402 中的氣體而在上子室 402 中產生電子-離子電漿。選擇性的內部電漿格柵 450 限制在下子室 403 中的熱電子量。在某些實施例中，設計及操作設備 400 俾使下子室 403 中的電漿為離子-離子電漿。

【0161】上電子-離子電漿與下離子-離子電漿兩者皆包含正離子與負離子，但離子-離子電漿具有更高比例之負離子比正離子。揮發性蝕刻及/或沉積副產物係經由接口 422 而自下子室 403 移除。例如，在吹淨及/或排放期間可經由接口 422 移除在利用 H₂ 電漿蝕刻錫氧化物期間所產生之錫的氫化物。文中所揭露的夾頭 417 可在介於約 10°至約 250°之間的升高溫度範圍下操作。溫度取決於處理操作及特定的配方。在某些實施例中，控制設備以在低於約 100 °C 的溫度下進行蝕刻。

【0162】當設備 400 被安裝至潔淨室或製造場所時其可被耦合至複數設施(未顯示)。複數設施包含提供處理氣體、真空、溫度控制、及環境粒子控制的水電系統。當設備 400 被安裝至目標製造場所中時，此些設施係耦合至設備 400。此外，設備 400 可耦合至傳送室，傳送室可利用典型的自動化系統使機器人將半導體晶圓傳送進出設備 400。

【0163】在某些實施例中，系統控制器 430(其可包含一或多個實體或邏輯控制器)控制處理室 424 之複數操作中的某些或所有操作。系統控制器 430 可包

第 41 頁，共 52 頁(發明說明書)

含一或多個記憶體裝置及一或多個處理器。在某些實施例中，設備 400 包含用以控制處理氣體之流率的切換系統。在某些實施例中，控制器包含用以進行文中所提供之任何方法之步驟的複數程式指令。

【0164】 在某些實施例中，控制器 430 為系統的一部分，系統可為上述實例的一部分。此類系統可包含半導體處理設備，其包含一處理工具或複數製程工具、一處理室或複數處理室、一處理平臺或複數處理平臺、及/或特定的處理元件(晶圓平臺、氣體流動系統等)。此些系統係與一些電子裝置整合，此些電子裝置係用以在半導體晶圓或基板處理之前、期間及之後控制系統的操作。此些電子裝置可整合至系統控制器 430 中，其可控制系統或複數系統的各種元件或子部件。取決於處理參數及/或系統類型，系統控制器可被程式化以控制文中所揭露的任何處理包含輸送處理氣體、溫度設定(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、位置與操作設定、晶圓傳輸進入或離開設備與連接至特定系統或與特定系統交界的其他傳輸設備及/或裝載互鎖機構。

【0165】 概括地說，系統控制器 430 可被定義為具有各種積體電路、邏輯、記憶體及/或軟體的電子裝置，其可接收指令、發佈指令、控制操作、致能清潔操作、致能終點量測等。積體電路可包含儲存了程式指令之具有韌體形式的晶片、數位訊號處理器(DSP)、被定義為特定應用積體電路(ASIC)的晶片及/或能執行程式指令(如軟體)的一或多個微處理器或微控制器。程式指令可為與控制器通訊之具有各種獨立設定(或程式檔案)形式的指令，其定義為了在半導體晶圓上或針對半導體晶圓進行特定處理或對系統進行特定處理所用的操作參數。在某些實施例中，操作參數為製程工程師為了完成一或多膜層、材料、金屬、氧化物、矽、二氧化矽、表面、電路及/或晶圓之晶粒之製造或移除期間的一或多個處理步驟所定義之配方的一部分。

【0166】在某些實施例中，系統控制器 430 為整合至系統、耦合至系統、藉由網路連接至系統、或其組合的電腦的一部分或控制器耦合至電腦。例如，控制器可位於「雲端」中或工廠主機電腦系統的全部或部分中，這允許使用者遠端接取晶圓處理。電腦可致能遠端接取系統以監控製造操作的目前進展、檢視過去製造操作的歷程、自複數製造操作檢視驅勢或效能度量、改變現有處理的參數、設定處理步驟以符合現有處理、或開始一新的處理。在某些實例中，遠端電腦(如伺服器)可經由網路對系統提供處理配方，網路包含區域網路或網際網路。遠端電腦可包含使用者介面，使用者介面讓使用者能進入或程式化參數及/或設定，然後自遠端電腦與系統通訊。在某些實例中，系統控制器 430 接收數據形式的指令，指令指出在一或多個操作期間欲施行之每一處理步驟的參數。應瞭解，參數係特別針對欲施行之處理的類型及控制器用以交界或控制之設備的類型。因此如上所述，可分散系統控制器 430 如藉著包含一或多個藉由網路互連並朝向共同目的如文中所述之處理及控制工作的離散控制器。為了此類目的的分散控制器的實例為處理室上的一或多個積體電路，其係與一或多個位於遠端(例如位於平臺位準或遠端電腦的一部分)的積體電路通訊而共同控制處理室上的處理。

【0167】不受限地，例示性的系統可包含電漿蝕刻室或模組、沉積室或模組、旋轉沖洗室或模組、金屬鍍室或模組、清潔室或模組、邊緣蝕刻室或模組、物理氣相沉積(PVD)室或模組、化學氣相沉積(CVD)室或模組、ALD 室或模組、ALE 室或模組、離子植入室或模組、軌道室或模組、及和半導體晶圓之製造相關或用於製造的任何其他半導體處理系統。

【0168】如上所述，取決於設備所進行的處理步驟或複數步驟，控制器可與下列的一或多者通訊交流：其他設備的電路或模組、其他設備的元件、叢集設備、其他設備的界面、相鄰設備、鄰近設備、位於工廠內的設備、主電腦、另一

控制器、或半導體製造工廠中用以將晶圓容器載入與載出設備位置及/或裝載接口的材料運輸用設備。

【0169】圖 12 顯示具有各種模組之半導體處理叢集設備，此些模組係與真空傳送模組 538 (VTM) 交界。用以在多個儲存設施與處理模組之間「傳送」晶圓的各種模組的配置可被稱為「叢集設備結構」系統。氣鎖 530 (亦被稱為加載互鎖或傳送模組) 與 VTM 538 交界，VTM 538 則與四個處理模組 520a-520d 交界，處理模組 520a-520d 可各別被最佳化以進行各種製造處理。例如，可使用處理模組 520a-520d 進行基板蝕刻、沉積、離子植入、晶圓清潔、濺射、及/或其他半導體處理。某些實施例中，在相同的模組中進行錫氧化物沉積與錫氧化物蝕刻。在某些實施例中，在相同工具的不同模組中進行錫氧化物沉積與錔氧化物蝕刻。可以文中所揭露的方式使用複數基板蝕刻處理模組中的一或多者(520a-520d 中的任何者)，即用以沉積順形薄膜、用以選擇性蝕刻錔氧化物、形成氣隙、及根據所揭露之實施例的其他適合功能。氣鎖 530 與處理模組 520a-520d 可被稱為「站」。每站具有使此站與 VTM 538 交界的刻面 536。當晶圓 526 在各個站之間移動時，在每一刻面內使用感應器 1-18 偵測晶圓 526 的通過。

【0170】機器人 522 在複數站點之間傳送晶圓 526。在一實施例中機器人 522 可具有單臂，在另一實施例中機器人 522 可具有雙臂其中每一臂具有用以拾取晶圓如晶圓 526 之傳送用的末端執行器 524。在大氣傳送模組(ATM)540 中的前端機器人 532 可用以將晶圓 526 自加載接口模組(LPM)542 中的晶圓盒或前開口標準艙(FOUP)534 傳送至氣鎖 530。處理模組 520a-520d 內的模組中心 528 為用以放置晶圓 526 的一位置。ATM 540 中的對準裝置 544 可用以對準晶圓。

【0171】在一例示性的處理方法中，晶圓被放置到 LPM 542 中之複數 FOUP 534 的一者中。前端機器人 532 將晶圓自 FOUP 534 傳送至對準裝置 544，對準裝置 544 能在晶圓 526 受到蝕刻、或處理之前適當地將晶圓 526 置中。在對

準後，前端機器人 532 將晶圓 526 移至氣鎖 530 中。由於氣鎖 530 具有使 ATM 540 與 VTM 538 間之環境匹配的能力，因此晶圓 526 可在兩個壓力環境之間移動而不受損害。機器人 522 將晶圓 526 自氣鎖 530 經由 VTM 538 而移至處理模組 520a-520d 中的一者。為了達成此晶圓移動，機器人 522 使用在其每一臂上的末端執行器 524。一旦晶圓 526 受到處理後，機器人 522 將晶圓 526 自處理模組 520a-520d 移動至氣鎖 530。前端機器人 532 可將晶圓 526 自氣鎖 530 移動至複數 FOUP 534 中的一者或移動至對準裝置 544。

【0172】 應注意，控制晶圓移動的電腦可位於叢集結構的附近、或可位於製造樓層中叢集結構的外部、或位於遠端並藉由網路而連接至叢集結構。針對圖 11 所述的控制器可與圖 12 中的設備一起使用。包含用以根據本發明控制處理操作之指令的機器可讀媒體可耦合至系統控制器。

【0173】 在某些實施例中提供一種設備，該設備包含：具有基板支撐件的處理室，基板支撐件係用以在蝕刻期間支撐半導體基板；電漿產生器，用以在處理氣體中產生電漿；及控制器。控制器包含用以施行任何文中所述之方法的複數程式指令。

【0174】 在另一態樣中，提供一種非瞬變電腦可讀媒體，其包含用以進行文中所述之任何方法的程式碼。

【0175】 在另一態樣中，提供一種在半導體基板上形成間隙壁或硬遮罩的系統。此系統包含：一或多個沉積室；一或多個蝕刻室；及控制器。控制器包含用以進行文中所述之任何方法的複數程式指令。在另一態樣中，此系統包含文中所述的任何設備及系統及一步進設備。在另一態樣中，提供一種半導體基板之處理系統。在一實施例中，此系統包含：一或多個沉積室；一或多個蝕刻室；及系統控制器，系統控制器包含用於下列者的複數程式指令：(i)在半導體基板上之複數突出特徵部的複數水平表面與複數側壁上方沉積錫氧化物層；(ii)在複數突出

特徵部之複數側壁處之錫氧化物層上形成鈍化層；(iii)自複數突出特徵部之複數水平表面移除錫氧化物層而不移除複數突出特徵部之複數側壁上方之錫氧化物層。

【0176】 交替之蝕刻與鈍化處理

【0177】 在某些實施例中，在文中所述之各種半導體處理方法中在經暴露之含矽層如非晶矽、SiOC、SiON、SiONC、SiN、SiC、及 SiO₂ 存在時蝕刻錫氧化物。在某些實施例中，更保護含矽層不受到錫氧化物蝕刻期間可能發生的非所欲蝕刻。

【0178】 圖 13 中顯示使用此類保護之製程流程圖的實例。製程始於 1301，提供具有含矽層的基板，其中基板更包含受到暴露之錫氧化物層(如矽氧化物層上的錫氧化物底腳)。此類基板的一實例係顯示於圖 14A 中，其係與圖 3C 相同。在圖 14A 中，基板包含設置在蝕刻停止層 303 上的突出特徵部 305。在所示之實施例中的蝕刻停止層為含矽層如非晶矽、SiOC、SiON、SiONC、SiN、SiC、或 SiO₂。錫氧化物層 307 位於突出特徵部 305 的側壁處且形成底腳(突出特徵部之底部處的橫向擴張)，底腳必須被縮減以形成具有一致距離的錫氧化物間隙壁。雖然在某些實施例中可以參考圖 3D 的方式有效地移除底腳，但在某些情況中蝕刻底腳可能會導致蝕刻停止層 303 的不利蝕刻。在一實例中，若在錫氧化物蝕刻期間使用基於氯的蝕刻化學品(如 Cl₂/BCl₃ 蝕刻)且含矽層為 SiOC，可能會發生此不利蝕刻。

【0179】 參考圖 13，在操作 1303 中，鈍化含矽層。鈍化為能使含矽層更能抵抗錫氧化物蝕刻化學品的一種處理。在一實例中，鈍化係藉著以含氧反應物處理基板如藉著以電漿中的含氧反應物處理基板而加以進行。例如，可在包含 O₂、O₃、SO₂、CO₂、或此些含氧反應物之任何組合的處理氣體中形成電漿。在某些實施例中，處理會導致在含矽層之受到暴露的外部處形成矽氧鍵。例如，在

第 46 頁，共 52 頁(發明說明書)

鈍化處理後，SiOC 層可由更富氧之材料所構成。在另一實例中，以 CVD 所沉積之矽氧化物蝕刻停止層包含殘餘的碳與氫，利用含氧反應物之鈍化能減少停止層中碳與氫的含量，使其更能抵抗錫氧化物蝕刻化學品。具有經鈍化之蝕刻停止層 304 的基板係顯示於圖 14B 中。在另一實施例中，鈍化係藉由以含氮反應物如電漿中之含氮反應物(如 N_2)處理基板而加以進行。鈍化處理的目的在於使含矽材料(如蝕刻停止層材料)更能抵抗用於錫氧化物蝕刻之錫氧化物化學品如基於氯的蝕刻化學品、或基於氫的蝕刻化學品。

【0180】 在操作 1305 中，蝕刻錫氧化物。可藉由文中所述的方法如將基板暴露至基於氯的化學品(如電漿中之 Cl_2 及/或 BCl_3)及/或基於氫的化學品(如文中所述以 H_2 、 HBr 、碳氫化合物或其組合加以處理)蝕刻錫氧化物。反應物氣體(如 Cl_2 及/或 BCl_3)可與惰性稀釋劑氣體如氮、氬、氖、或氫一起提供。在操作 1307 中，以交替方式重覆鈍化步驟 1303 及蝕刻步驟 1305。應注意，第一鈍化步驟可在第一蝕刻步驟之前或之後進行。例如，方法可具有蝕刻/鈍化/蝕刻/鈍化程序、或鈍化/蝕刻/鈍化/蝕刻程序。在某些實施例中，方法涉及進行介於 2-50 次之間之次數如介於 5-20 次之間之次數的蝕刻與鈍化步驟(即蝕刻與鈍化步驟中的每一者皆進行介於 2-50 次之間之次數如介於 5-20 次之間之次數)。在完成所需之蝕刻與鈍化次數後所獲得結構係顯示於圖 14C 中。在一特定的實例中，每一蝕刻步驟係進行約 10 秒且每一鈍化步驟係進行 5 秒，其中方法涉及以交替方式進行介於 8-20 次之間之次數之每一步驟。

【0181】 文中所述之蝕刻與鈍化的交替程序可提供數項優點。第一，可最少化含矽之蝕刻停止層的非所欲蝕刻並同時維持側壁厚度。再者，可有效地移除底腳。應注意，可使用文中所述之方法在蝕刻經暴露之錫氧化物期間保護任何含矽層，但如參考圖 14A-14C 所述，其尤其能用於移除錫氧化物底腳。應注意，一般而言矽氧化物比其他含矽材料更能抵抗蝕刻，且所提供之方法尤其能用於

保護此類材料如 SiOC、非晶矽、SiOCN、及 SiC，即便此些方法亦可用於鈍化矽氧化物。在一特定的實施例中，利用含氧反應物(如電漿中之 O₂、O₃、SO₂、或 CO₂)鈍化包含此類材料的基板，鈍化能使含矽材料更能抵抗基於氯的錫氧化物蝕刻化學品(如 Cl₂/BCl₃ 化學品)及基於氫的錫氧化物蝕刻化學(如 H₂、HBr、碳氫化合物蝕刻)。因此，在某些實施例中，製程涉及交替利用含氧反應物之鈍化與利用文中所述之基於氯的化學品及/或基於氫的化學品的錫氧化物蝕刻。

【0182】 在一實例中，當實施所提供之方法，可將錫氧化物側壁的損失自 5 nm 減少至少於 1 nm 並將底部 SiOC 層的損失自 5 nm 減少至 1 nm。藉著實施此些方法可將錫氧化物底腳 自 6 nm 減少至 1 nm。應注意，可使用或不使用錫氧化物鈍化層 309 實施所提供的方法。

【0183】 在一實例中，鈍化包含經暴露之非晶矽蝕刻停止層及經暴露之錫氧化物層(在形成錫氧化物間隙壁期間)的基板以使非晶矽蝕刻停止層更能抵抗錫氧化物蝕刻化學品。鈍化係以下列方式進行：在 40 度 C 及 5 mTorr 下藉著將基板暴露至在由 O₂(以 200 sccm 提供)所構成的處理氣體中所形成的電漿。電漿係利用 13.56 MHz RF 頻率及每片 300 mm 基板 400 W 的功率形成。在鈍化之後，以氫吹淨處理室，藉著將基板暴露至由 10 sccm BCl₃ (以 10 sccm 提供)、190sccm Cl₂ (以 190 sccm 提供)及氫(以 200 sccm 提供)所構成之處理氣體中所形成的電漿以在 40 度 C 及 10 mTorr 下蝕刻錫氧化物。電漿係利用 13.56 MHz RF 頻率及每片 300 mm 基板 400 W 的功率形成。接著吹淨處理室，並以交替方式重覆鈍化與蝕刻步驟(每一步驟後進行吹淨)直到移除錫氧化物之間隙壁底腳為止。

【0184】 在另一態樣中，提供一種設備(如文中所述的任何蝕刻工具)，其中該設備包含：(a)一處理室，具有一半導體基板用的一支撐件及將一或多種反應物導入該處理室中的一入口；(b)一控制器，包含用於下列者的複數程式指令：(i)使該半導體基板上的一含矽層對一錫氧化物蝕刻化學品鈍化；(ii)使該半

導體基板上的一錫氧化物受到蝕刻；及(iii)以交替方式重覆(i)與(ii)。可更進一步程式化該控制器以進行任何文中所述的方法。

額外實施例

【0185】文中所述的設備與處理可與微影圖案化設備或處理一起使用，例如用以製造半導體裝置、顯示器、LED、光伏面板等的微影圖案化設備或處理。一般而言，雖然沒有必要，但此些設備/處理會在一共同的製造廠房中一起使用或進行。薄膜的微影圖案化通常包含下列步驟的部分者或全部，每一步驟可由許多可能的設備達成：(1)利用旋塗或噴塗設備將光阻施加至一工作件即基板上；(2)利用熱板、或爐管、或UV固化設備固化光阻；(3)利用一設備如晶圓步進機將光阻曝露至可見光或UV或X射線；(4)利用一設備如濕式槽顯影光阻以選擇性地移除光阻藉此將其圖案化；(5)利用一乾式或電漿輔助蝕刻設備將光阻圖案轉移至下方膜層或工作件中；及(6)利用一設備如RF或微波電漿光阻剝除設備移除光阻。

【符號說明】

【0186】

51:子層

53:膜層/碳層

55:錫氧化物層/錫中間層

56:下層

57:光阻

101:模蕊

103:蝕刻停止層(ESL)

105:目標層

107:膜層
109:錫氧化物層
201:操作
203:操作
205:操作
301:膜層
302:矽氧化物外層
303:蝕刻停止層(ESL)
305:模蕊/突出特徵部
307:錫氧化物層
309:鈍化層
400:設備
401:室壁
402:上子室
403:下子室
411:窗
417:夾頭
419:晶圓
421:匹配電路
422:接口
423:RF電源
424:處理室
425:連接件
427:連接件

430:系統控制器

433:線圈

440:泵浦

441:RF電源

449a:法拉第屏

450:格柵

460:主氣體流動入口

470:側氣體流動入口

520a-520d:處理模組

522:機器人

524:末端執行器

526:晶圓

530:氣鎖

532:前端機器人

534:前開口標準艙

536:刻面

538:真空傳送模組

540:大氣傳送模組

542:加載接口模組

544:對準裝置

601:操作

603:操作

605:操作

701:子層

703:材料層

705:錫氧化物

801:操作

803:操作

805:操作

901:子層

903:錫氧化物層

905:含矽材料

1001:操作

1003:操作

1005:操作

1301:操作

1303:操作

1305:操作

1307:操作

4401:操作

4403:操作

4405:操作

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種半導體基板的處理方法，該方法包含：

(a)提供一半導體基板，該半導體基板具有一含矽層上方的複數突出特徵部，其中該半導體基板包含在該複數突出特徵部處之一受到暴露之錫氧化物及該含矽層之一受到暴露之含矽材料；

(b)使該受到暴露之含矽材料對一錫氧化物蝕刻化學品鈍化；

(c)使用該錫氧化物蝕刻化學品蝕刻該受到暴露之錫氧化物；及

(d)重覆操作(b)與(c)，俾以交替方式進行操作(b)與(c)。

【請求項2】 如請求項1之半導體基板的處理方法，其中該受到暴露之含矽材料係選自由非晶矽、矽氧化物、SiON、SiOC、SiONC、SiC、及SiN所構成的族群。

【請求項3】 如請求項1之半導體基板的處理方法，其中(c)包含使用一基於氯的蝕刻化學品蝕刻該錫氧化物，其包含將該半導體基板暴露至選自於由Cl₂、BCl₃、及其組合所構成之族群之一經電漿活化的含氯反應物。

【請求項4】 如請求項1之半導體基板的處理方法，其中(c)包含利用一基於氫的蝕刻化學品蝕刻該錫氧化物，其導致形成一錫的氫化物。

【請求項5】 如請求項1之半導體基板的處理方法，其中(c)包含藉著使該半導體基板與選自由H₂、HBr、NH₃、H₂O、碳氫化合物、及其組合所構成之族群的一經電漿活化之含氫反應物接觸，利用一基於氫的蝕刻化學品蝕刻該錫氧化物。

【請求項6】 如請求項1之半導體基板的處理方法，其中(c)包含利用一基於氯的蝕刻化學品蝕刻該錫氧化物，其包含將該半導體基板暴露至包含一含氯反應物及一稀釋氣體之一經電漿活化的處理氣體，該含氯反應物係選自由Cl₂、

BCl_3 、及其組合所構成的族群，該稀釋氣體係選自由氮、氬、氫、氫、及其組合所構成的族群。

【請求項7】 如請求項1之半導體基板的處理方法，其中(b)包含以一含氧反應物處理該基板。

【請求項8】 如請求項1之半導體基板的處理方法，其中(b)包含以一經電漿活化之含氧反應物處理該基板。

【請求項9】 如請求項1之半導體基板的處理方法，其中(b)包含以一處理氣體中所形成的一電漿處理該基板，該處理氣體包含選自下列者所構成之族群的一氣體： O_2 、 O_3 、 SO_2 、及 CO_2 。

【請求項10】 如請求項1之半導體基板的處理方法，其中(b)係於(c)之前進行。

【請求項11】 如請求項1之半導體基板的處理方法，其中(c)係於(b)之前進行。

【請求項12】 如請求項1之半導體基板的處理方法，其中進行(b)與(c)介於2-50次之間之次數。

【請求項13】 如請求項1之半導體基板的處理方法，其中該複數突出特徵部包含複數水平表面及複數側壁，其中該方法減少該複數突出特徵部之複數側壁處的一錫氧化物底腳。

【請求項14】 如請求項1之半導體基板的處理方法，其中該含矽材料係選自由非晶矽、矽氧化物、 SiON 、 SiOC 、 SiONC 、 SiC 、及 SiN 所構成的族群，其中(b)中的該鈍化步驟包含以一經電漿活化之含氧反應物處理該基板，其中(c)包含利用一基於氯的蝕刻化學品蝕刻該錫氧化物，其包含將該半導體基板暴露至選自由 Cl_2 、 BCl_3 、及其組合所構成之族群的一經電漿活化之含氯反應物。

【請求項15】 如請求項1之半導體基板的處理方法，其中(b)包含以一含氮反應物處理該半導體基板。

【請求項16】 一種半導體基板之處理設備，該設備包含：

(a)一處理室，具有該半導體基板用的一支撐件及用以將一或多種反應物導入至該處理室中的一入口；及

(b)一控制器，包含用於下列者的複數程式指令：

(i)使該半導體基板上的一含矽層對一錫氧化物蝕刻化學品鈍化；

(ii)使該半導體基板上的一錫氧化物受到蝕刻；及

(iii)以交替方式重覆(i)與(ii)。

【請求項17】 如請求項16之半導體基板之處理設備，其中(i)包含以一經電漿活化之含氧反應物處理該半導體基板。

【請求項18】 如請求項16之半導體基板之處理設備，其中(i)包含以一經電漿活化之 O_2 處理該半導體基板。

【請求項19】 如請求項16之半導體基板之處理設備，其中(ii)包含利用一基於氯的化學品蝕刻該錫氧化物。

【請求項20】 如請求項16之半導體基板之處理設備，其中(ii)包含利用一基於氫的化學品蝕刻該錫氧化物。

【請求項21】 如請求項16之半導體基板之處理設備，其中該複數程式指令包含以交替方式進行(i)與(ii)介於2-50次之間之次數的指令。

【發明圖式】

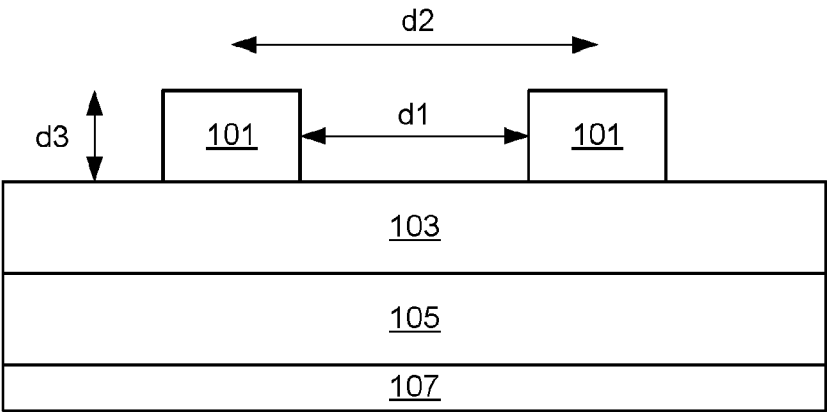


圖 1A

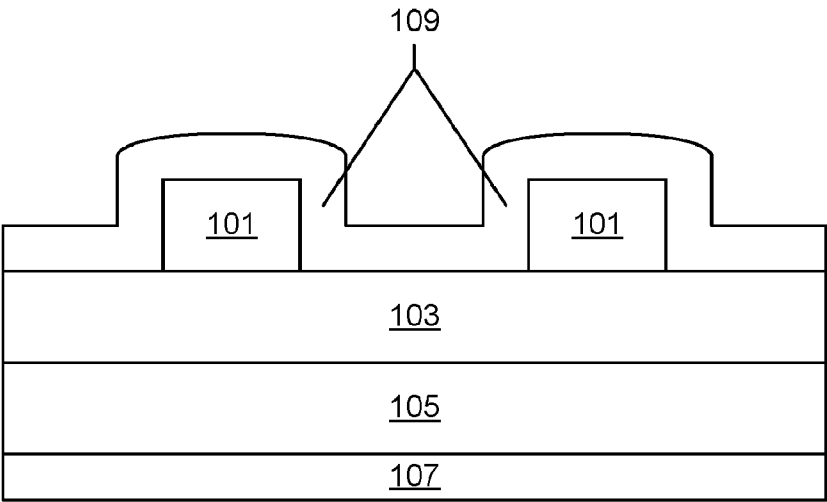


圖 1B

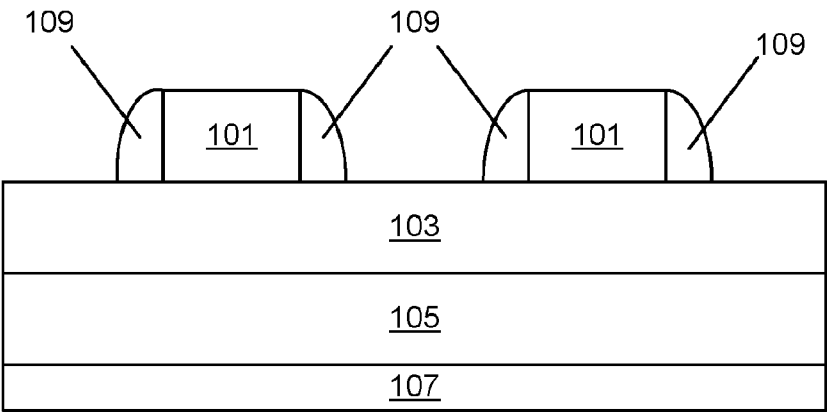


圖 1C

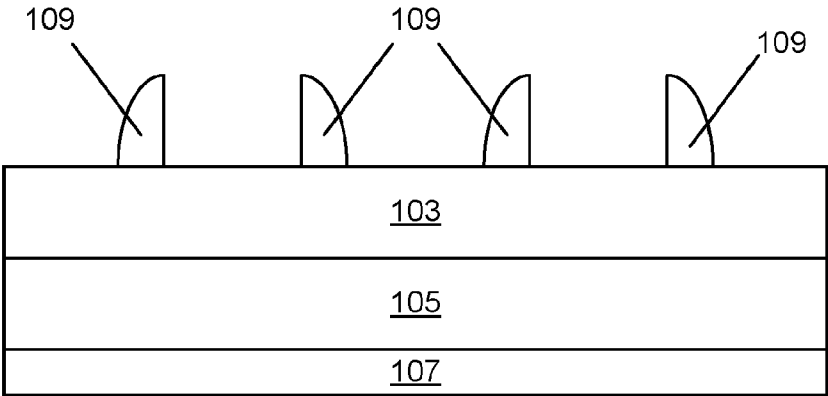


圖 1D

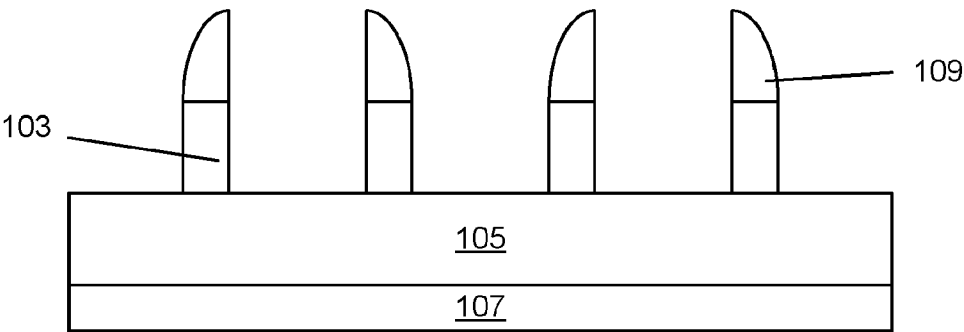


圖 1E

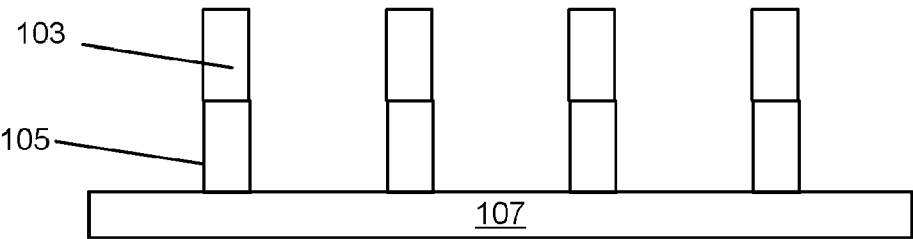


圖 1F

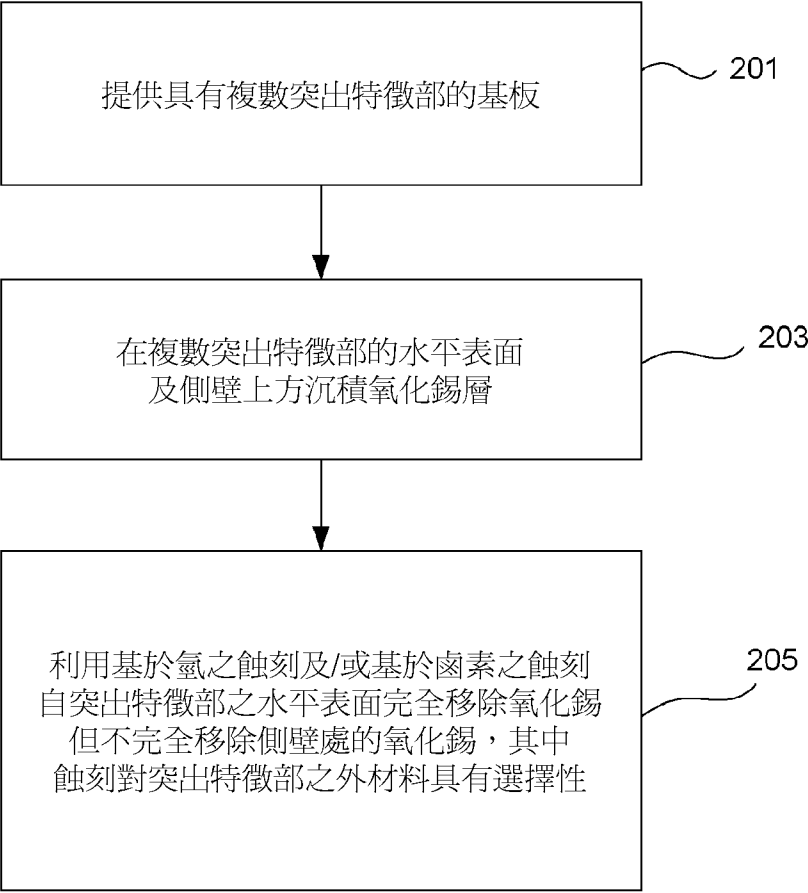


圖 2

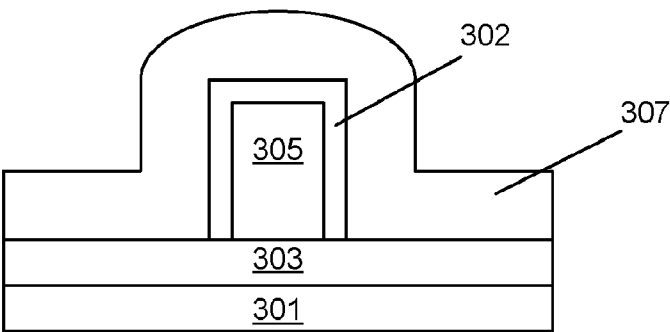


圖 3A

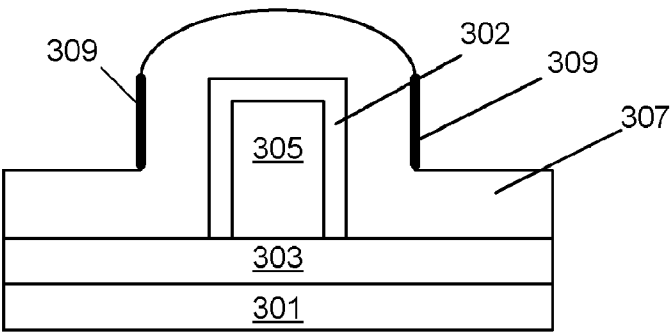


圖 3B

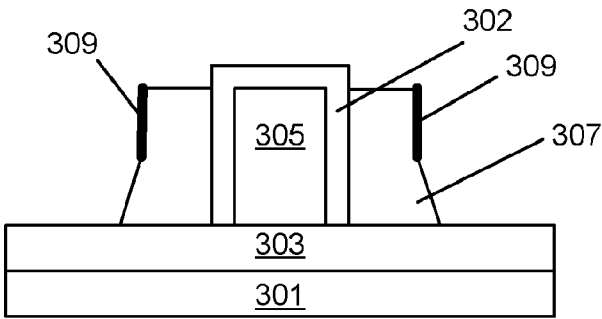


圖 3C

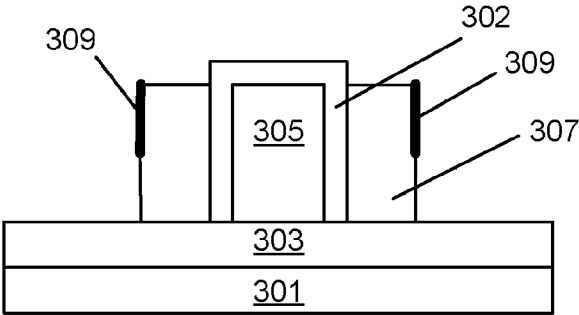


圖 3D

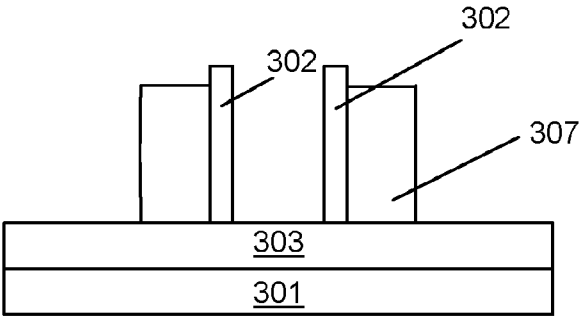


圖 3E

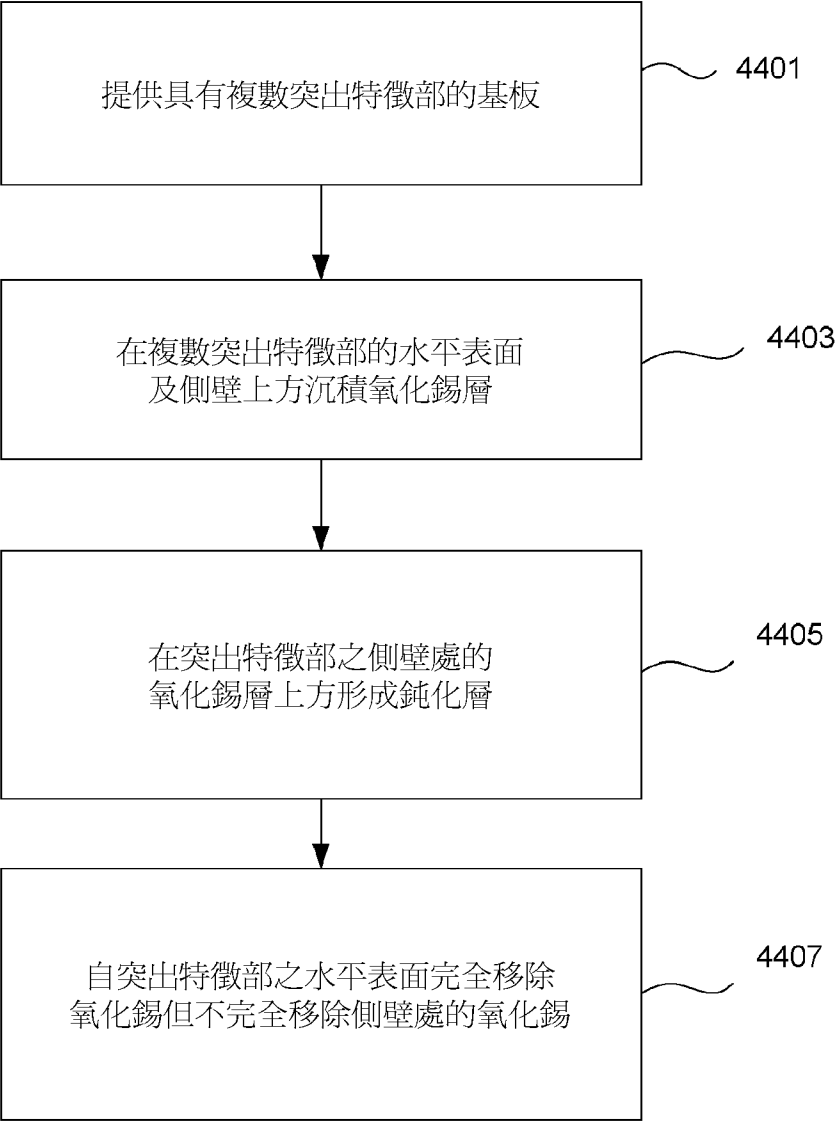


圖 4

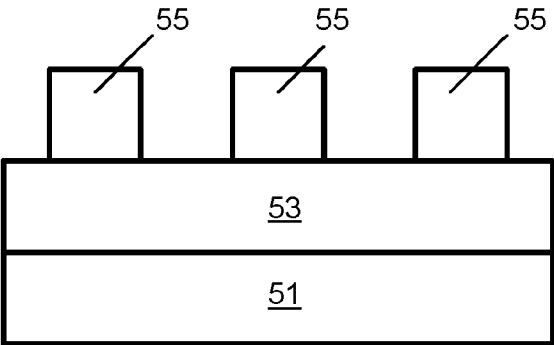


圖 5A

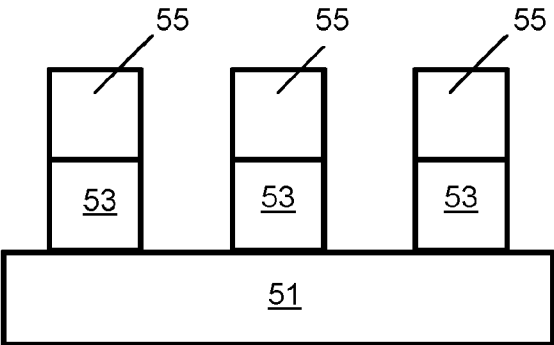


圖 5B

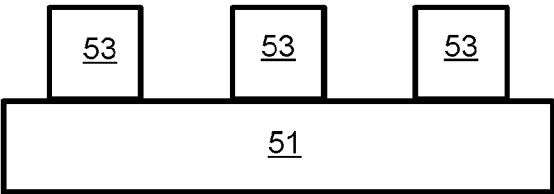


圖 5C

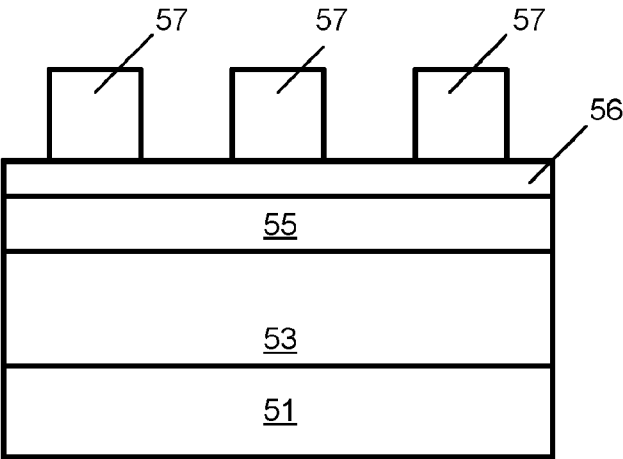


圖 5D

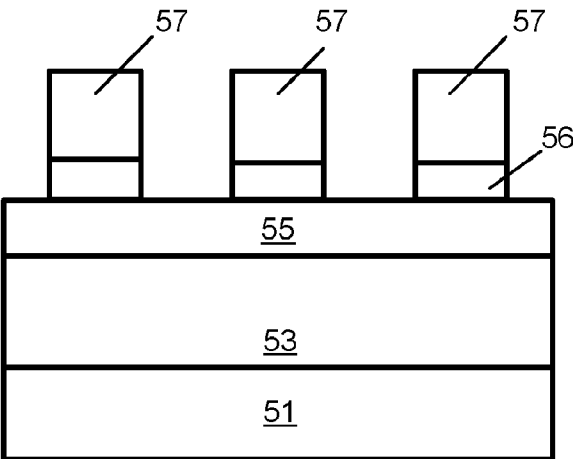


圖 5E

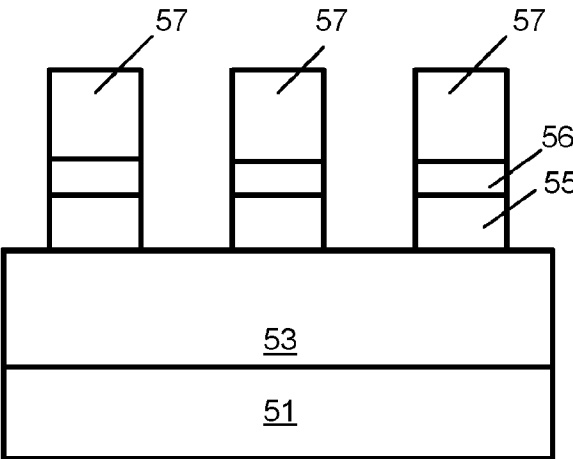


圖 5F

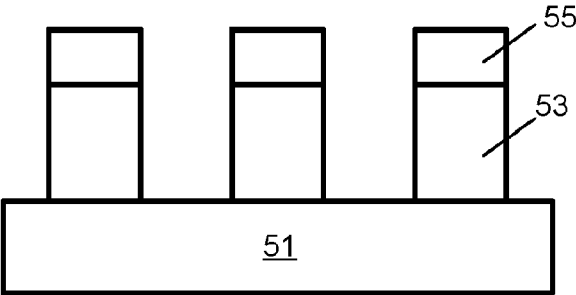


圖 5G

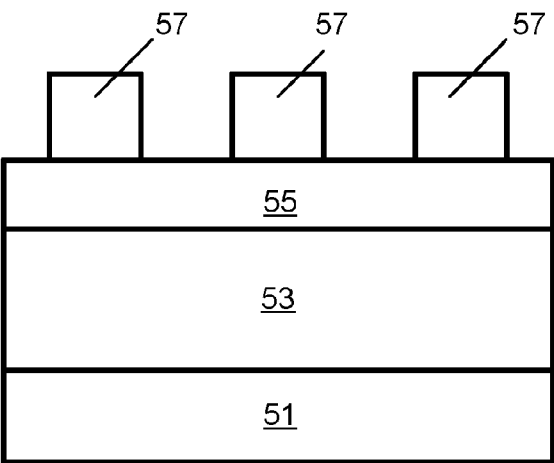


圖 5H

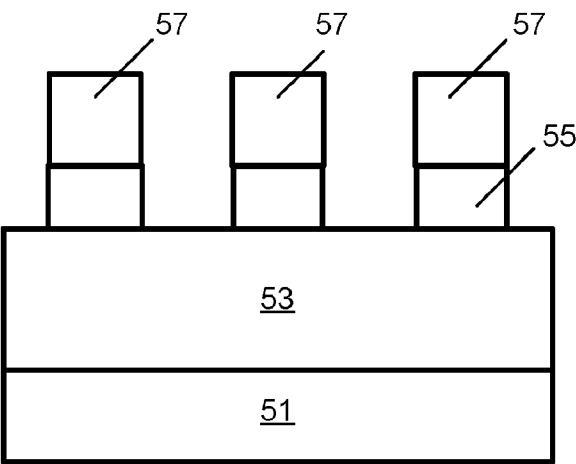


圖 5I

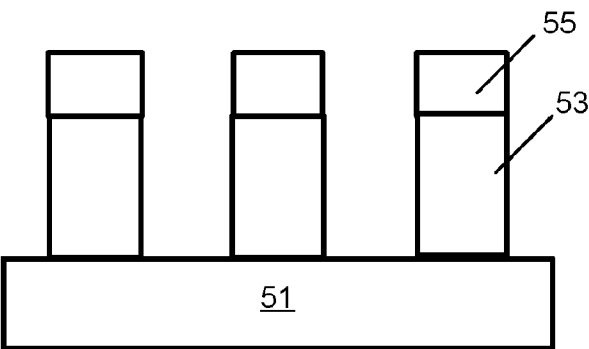


圖 5J

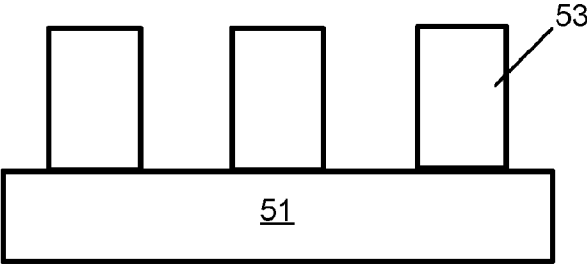


圖 5K

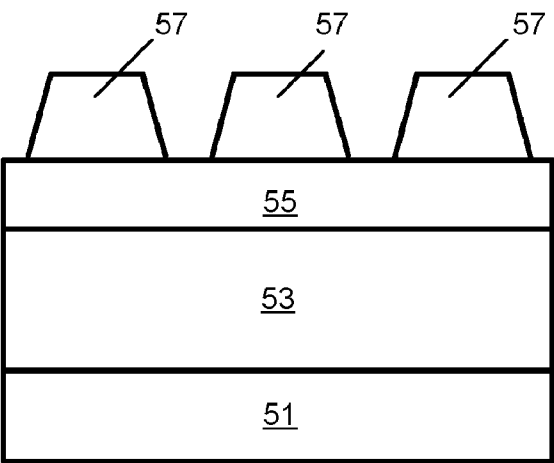


圖 5L

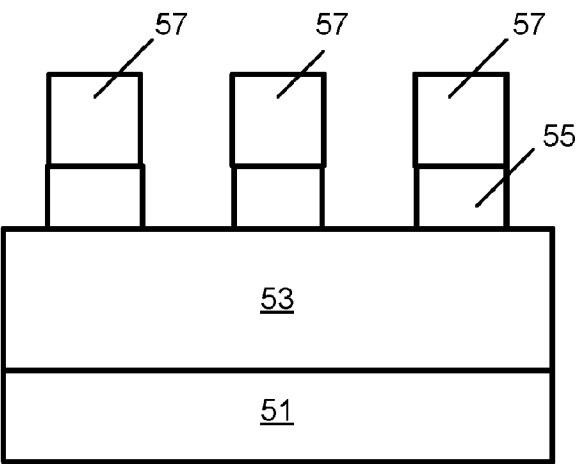


圖 5M

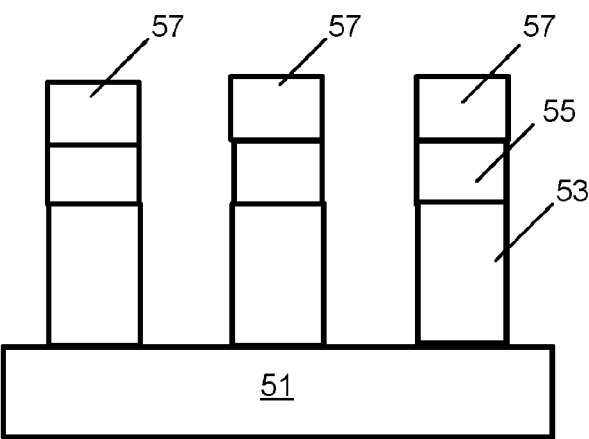


圖 5N

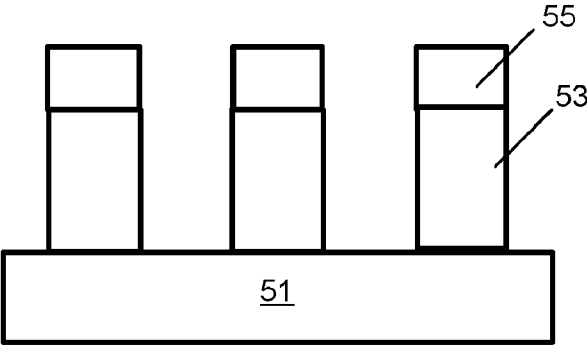


圖 50

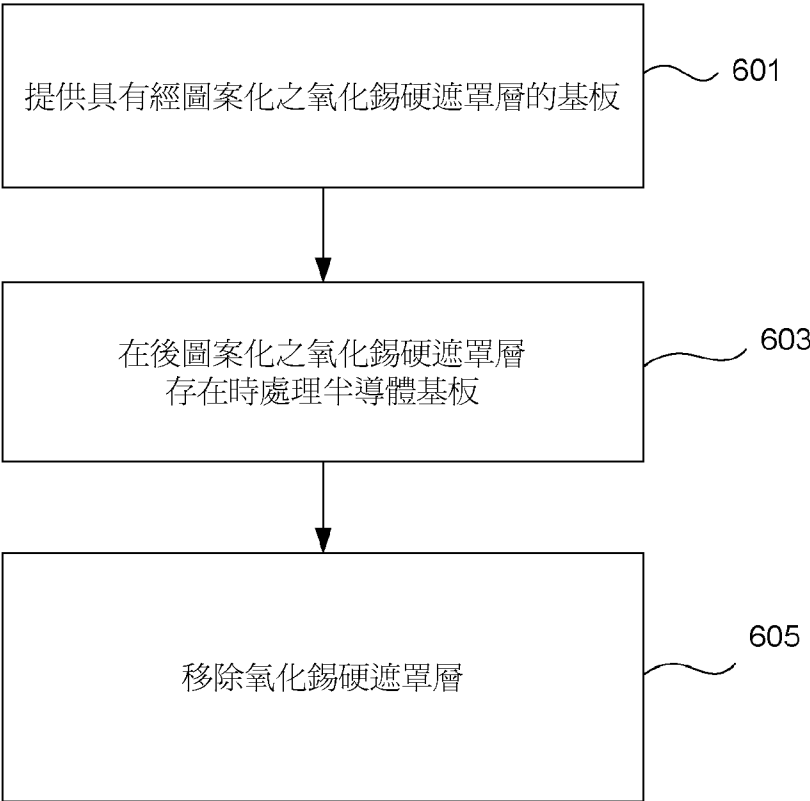


圖 6

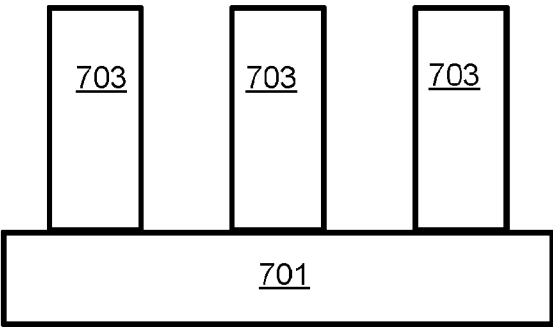


圖 7A

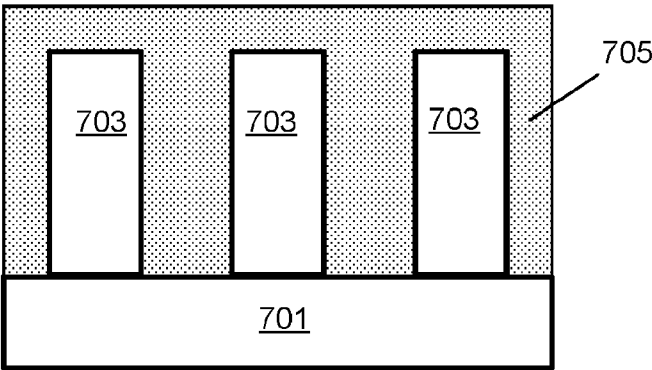


圖 7B

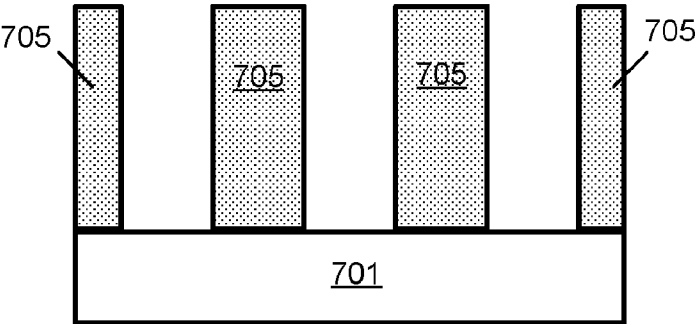


圖 7C

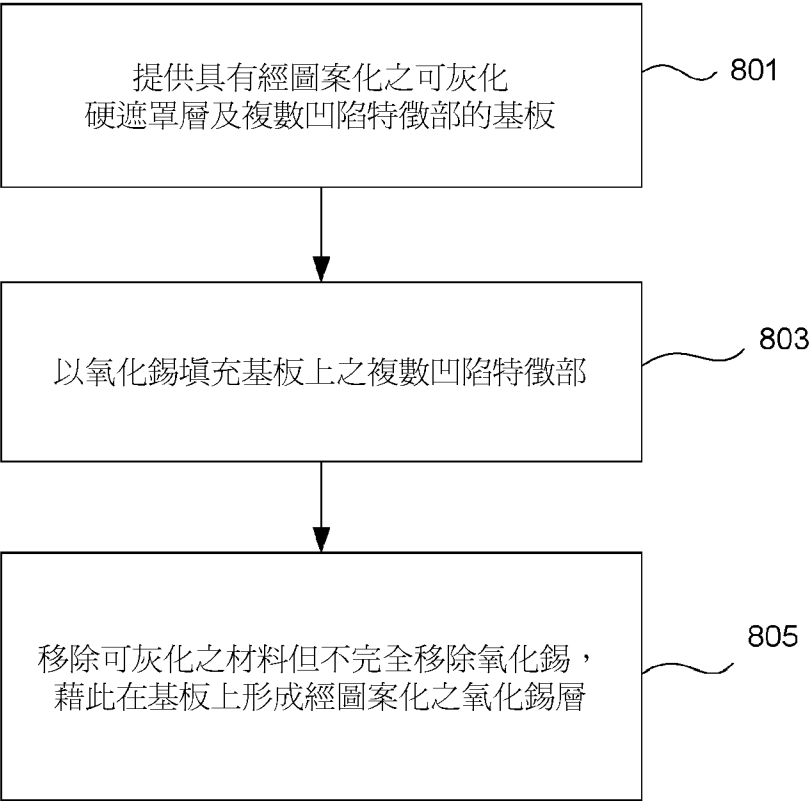


圖 8

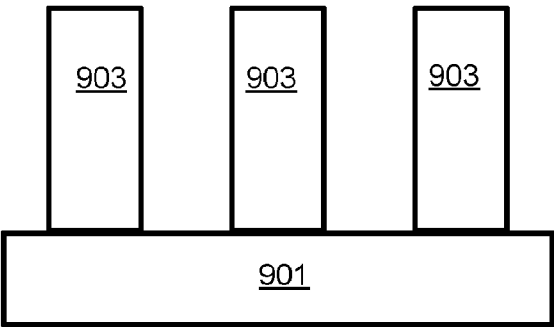


圖 9A

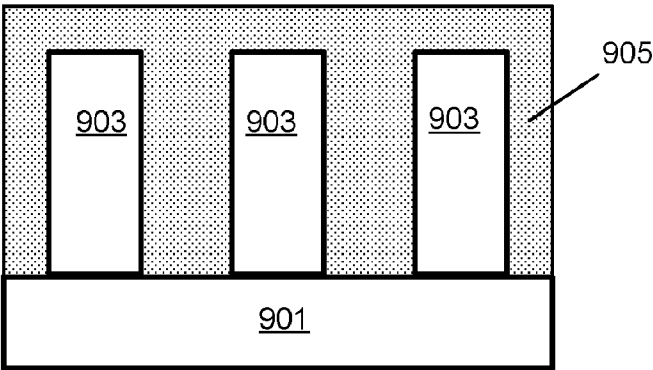


圖 9B

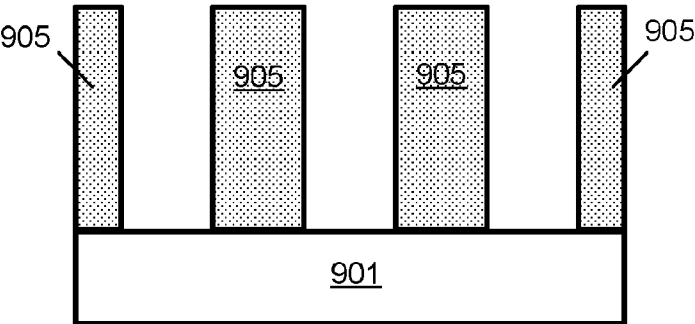


圖 9C

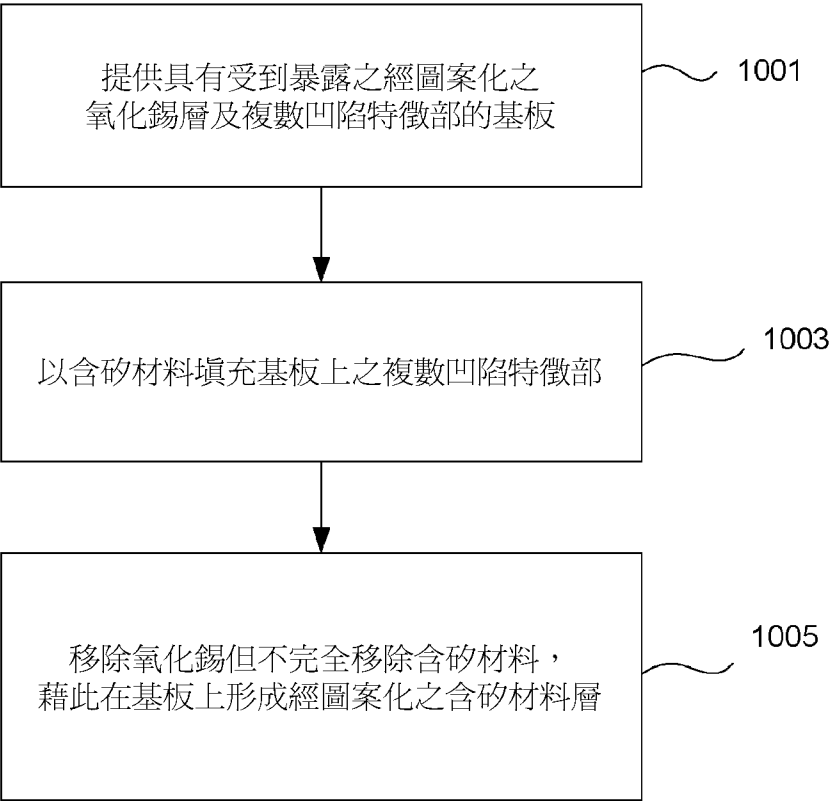


圖 10

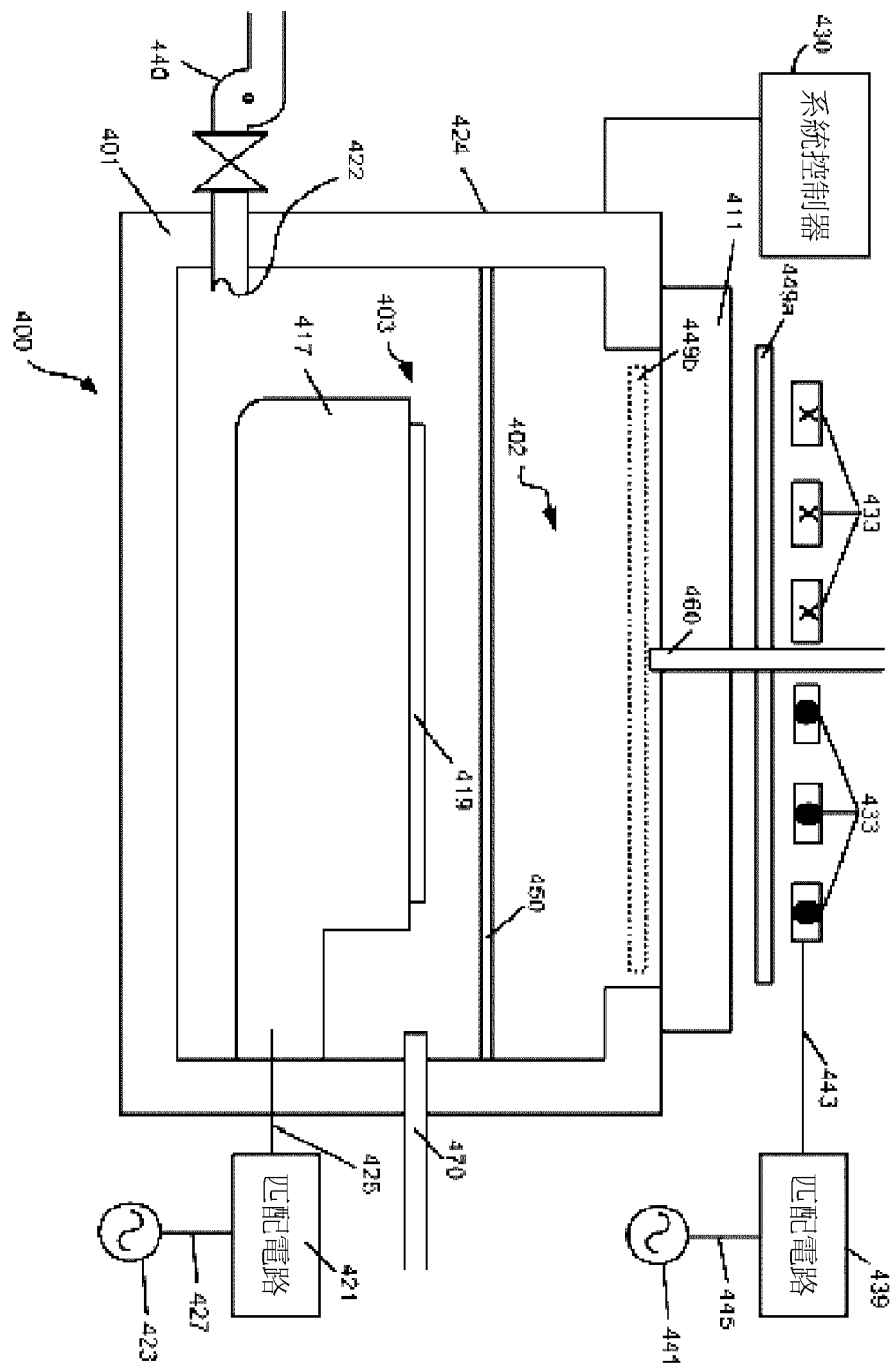


圖 11

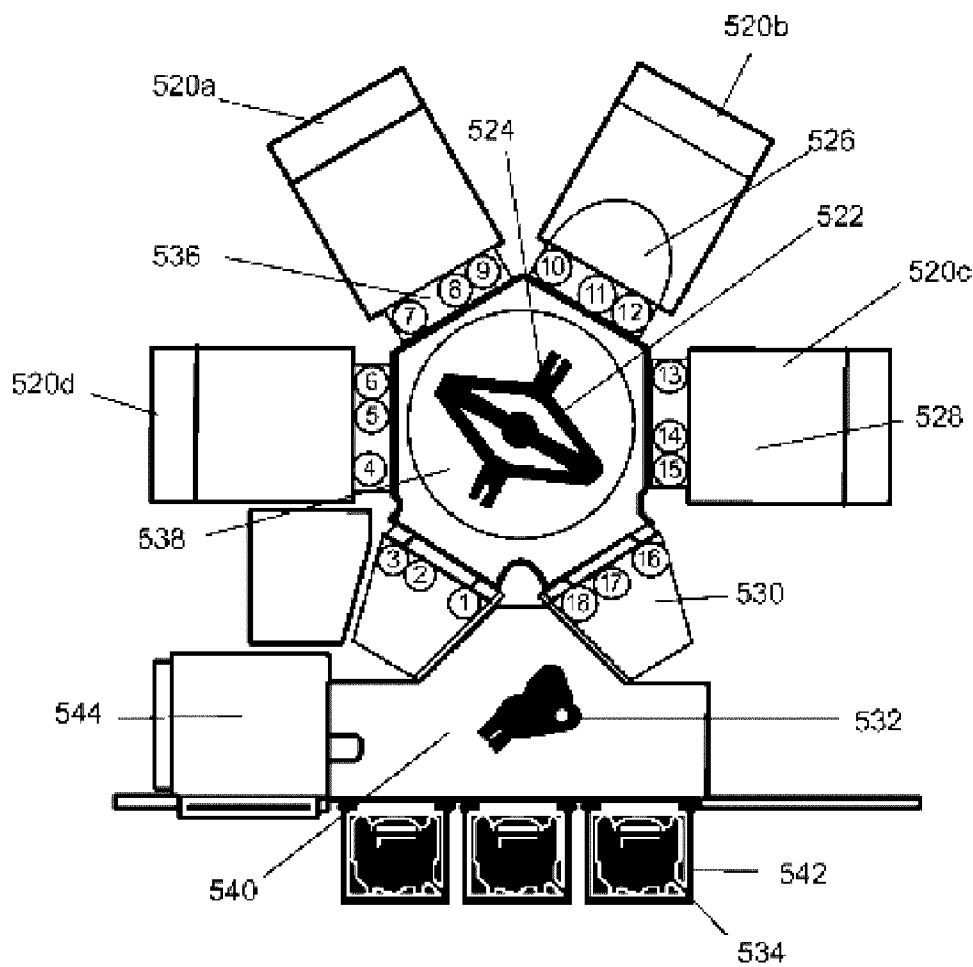


圖 12

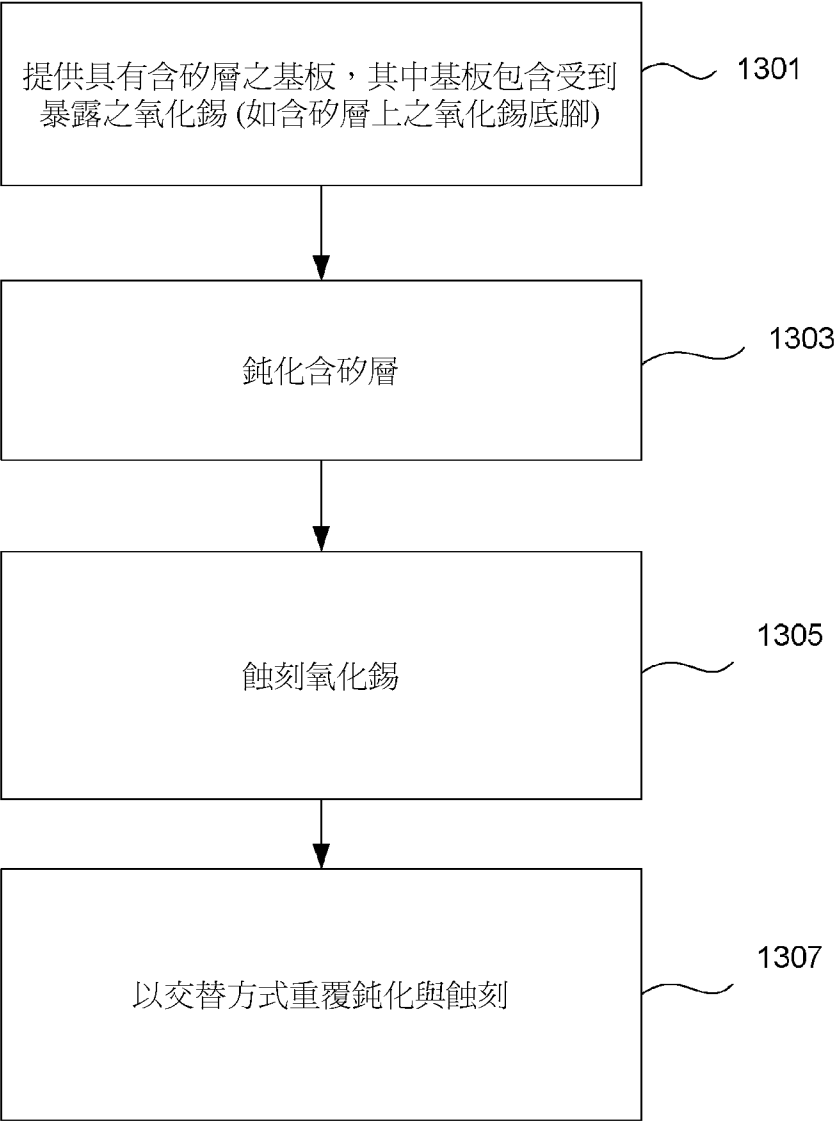


圖 13

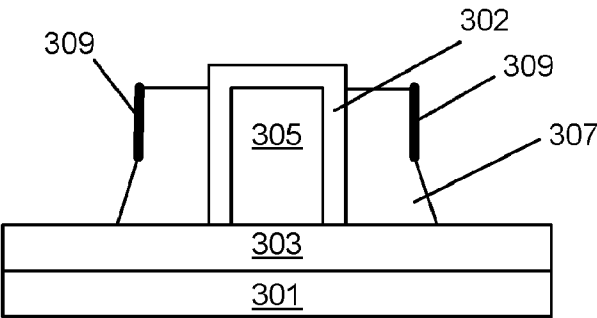


圖 14A

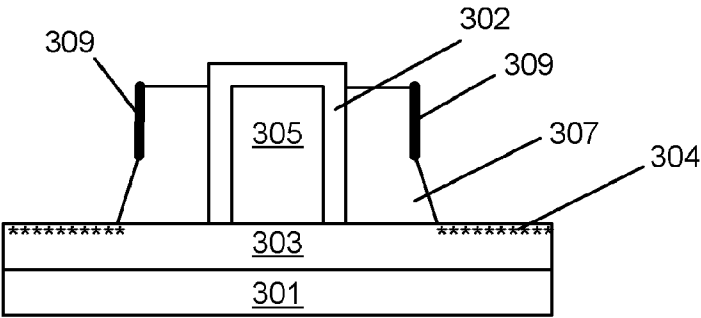


圖 14B

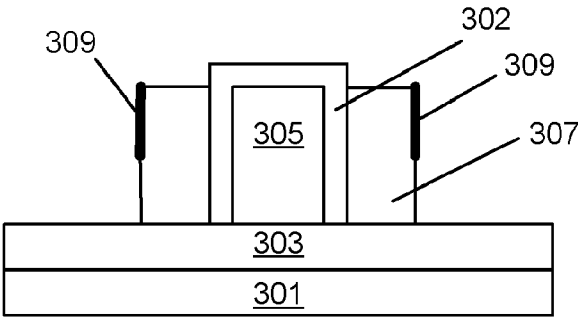


圖 14C