



(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 I855851 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 09 月 11 日

(21)申請案號：112133789

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 05 月 31 日

(51)Int. Cl. : **H01L21/3065(2006.01)****H01L21/314 (2006.01)****H01J37/32 (2006.01)**

(30)優先權：2020/06/18 美國

16/905,246

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

美國

(72)發明人：加西亞德哥羅多 艾拉羅 GARCIA DE GORORDO, ALVARO (US)；姚 忠華 YAO, ZHONGHUA (US)；斯里尼瓦桑 蘇尼爾 SRINIVASAN, SUNIL (IN)；朴相昱 PARK, SANG WOOK (KR)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

TW 201901794A

CN 106783584A

US 2011/0062494A1

審查人員：趙芝婷

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：3 共 36 頁

(54)名稱

使用稀有氣體的低溫原子層蝕刻

(57)摘要

提供一種在低溫蝕刻矽的方法。該方法包括：在諸如特徵之多個側壁的暴露表面上，在低溫下由稀有氣體的冷凝而形成惰性層，以在蝕刻製程之前鈍化該等側壁。該方法進一步包括：使含氟前驅物氣體流入腔室，以在該惰性層上形成含氟層。該方法進一步包括：將該含氟層和該惰性層暴露於能量源，以在該基板的多個暴露部分上形成鈍化層，並且將該基板暴露於離子以蝕刻該基板。

A method for etching silicon at cryogenic temperatures is provided. The method includes forming an inert layer from condensation of a noble gas at cryogenic temperatures on exposed surfaces such as the sidewalls of a feature to passivate the sidewalls prior to the etching process. The method further includes flowing a fluorine-containing precursor gas into the chamber to form a fluorine-containing layer on the inert layer. The method further includes exposing the fluorine-containing layer and the inert layer to an energy source to form a passivation layer on the exposed portions of the substrate and exposing the substrate to ions to etch the substrate.

指定代表圖：

符號簡單說明：

200:方法

210~260:操作

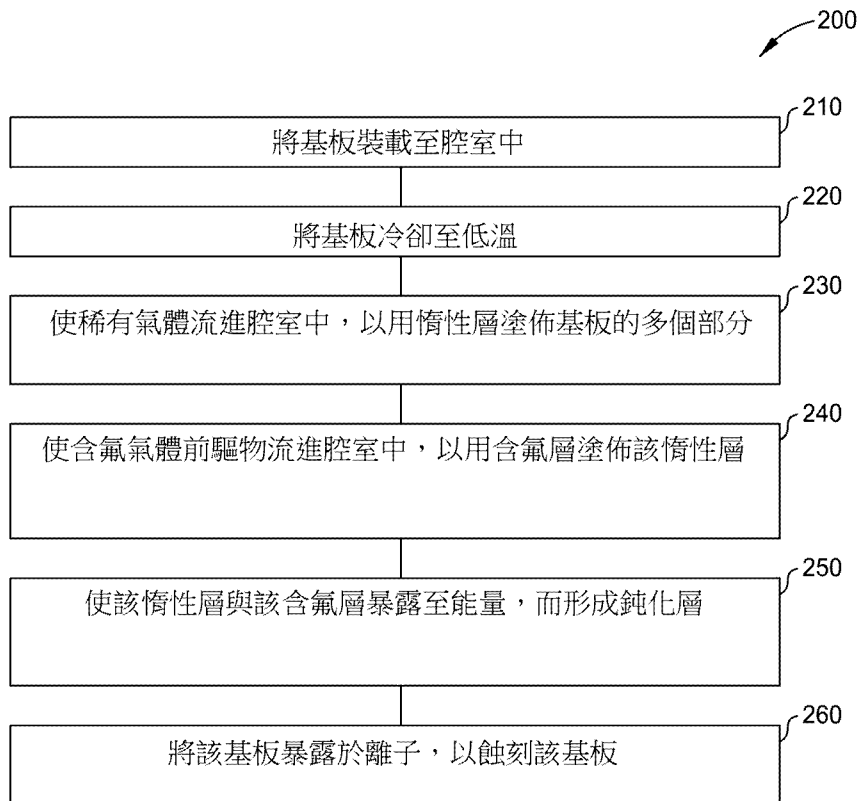


圖2



I855851

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】使用稀有氣體的低溫原子層蝕刻

【英文發明名稱】CRYOGENIC ATOMIC LAYER ETCH WITH NOBLE GASES

【中文】

提供一種在低溫蝕刻矽的方法。該方法包括：在諸如特徵之多個側壁的暴露表面上，在低溫下由稀有氣體的冷凝而形成惰性層，以在蝕刻製程之前鈍化該等側壁。該方法進一步包括：使含氟前驅物氣體流入腔室，以在該惰性層上形成含氟層。該方法進一步包括：將該含氟層和該惰性層暴露於能量源，以在該基板的多個暴露部分上形成鈍化層，並且將該基板暴露於離子以蝕刻該基板。

【英文】

A method for etching silicon at cryogenic temperatures is provided. The method includes forming an inert layer from condensation of a noble gas at cryogenic temperatures on exposed surfaces such as the sidewalls of a feature to passivate the sidewalls prior to the etching process. The method further includes flowing a fluorine-containing precursor gas into the chamber to form a fluorine-containing layer on the inert layer. The method further includes exposing the fluorine-containing layer and the inert layer to an energy source to form a passivation layer on the exposed portions of the substrate and exposing the substrate to ions to etch the substrate.

【指定代表圖】圖 2。

【代表圖之符號簡單說明】

200：方法

210 ~ 260：操作

【特徵化學式】

無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 使用稀有氣體的低溫原子層蝕刻

【英文發明名稱】 CRYOGENIC ATOMIC LAYER ETCH WITH NOBLE GASES

【技術領域】

【0001】 本案揭示內容大致上關於在低溫下利用稀有氣體 ( noble gas ) 進行蝕刻之方法。

【先前技術】

【0002】 可靠地生產奈米和更小的特徵是半導體元件之下一代的超大型積體 ( V L S I ) 和極大型積體 ( U L S I ) 的技術挑戰之一。然而，隨著電路技術的極限推動，V L S I 及 U L S I 之互連技術的縮小的尺寸對於處理能力有額外的需求。在基板上可靠地形成閘極結構對於實施 V L S I 和 U L S I 以及持續致力增加電路密度與個別基板和晶粒的品質而言至關重要。

【0003】 為了降低製造成本，積體晶片 ( I C ) 製造商要求每個受處理的矽基板都有更高的處理量和更佳的元件良率及表現。當前開發中的為了下一代元件所探索的一些製造技術包括在低溫溫度 ( cryogenic temperature ) 下的處理。對均勻地維持在低溫溫度的基板進行乾式反應性離子蝕刻使離子能夠以減少的自發蝕刻轟擊設置在基板上的材料之朝上的表面，而使得形成有光滑、垂直側壁的溝槽。此外，能夠在低溫溫度下改善蝕刻一種材料相對於另一種材料的選擇性。例如，在矽 ( Si ) 和二氧化矽 ( Si O<sub>2</sub> ) 之間的選擇性隨著溫度的降低呈指數增加。

**【0004】** 習知的低溫基於氟的蝕刻製程傾向各向同性 (isotropically) 蝕刻，這能造成高深寬比 (aspect ratio) 的特徵之側壁過度蝕刻，導致特徵的關鍵尺寸損失。保護側壁免受過度蝕刻的一種解決方案涉及在側壁上形成鈍化層，使得特徵之底部受到離子轟擊，同時側壁維持由鈍化層所保護。但是，通常難以平衡蝕刻氣體和鈍化層形成氣體的比例以適當地控制鈍化速率和蝕刻速率。此外，隨著深寬比變化，鈍化速率和蝕刻速率也變化，這對達成晶片上不同尺寸的多種結構的一致均勻蝕刻增加了額外挑戰。

**【0005】** 因此，需要在低溫溫度進行蝕刻的改善方法。

**【發明內容】**

**【0006】** 本案揭示內容大致上關於在低溫利用稀有氣體蝕刻的方法。

**【0007】** 在一個態樣中，提供一種蝕刻在基板中之特徵的方法。該方法包括：將定位在腔室中的基板冷卻至一溫度，該溫度低於第一稀有氣體的三相點溫度。該方法進一步包括：使該第一稀有氣體流進該腔室，以在該基板之多個暴露部分上形成惰性層。該方法進一步包括：使含氟前驅物氣體流進該腔室，以在該惰性層上形成含氟層。該方法進一步包括：將該含氟層及該惰性層暴露於能量源，以在該基板之該等暴露部分上形成鈍化層，及將該基板暴露於多個離子以蝕刻該基板。

**【0008】** 多個實施方式可以包括下述之一或多者。該溫度可從約攝氏 -105 度至約攝氏 -120 度。該第一稀有氣可選自氫與氦。該含氟前驅物氣體可選自  $\text{SF}_6$ 、 $\text{NF}_3$  及  $\text{F}_2$ 。將該基板暴露於多個離子可進一步包括：施加 RF 偏壓電壓至該基板，及由第二稀有氣體形成該等離子。該第二稀有氣體可選自氫、氦、氬、及氙。該基板可包括設置在矽層上的氧化矽層。

**【0009】** 在另一態樣中，提供一種蝕刻在基板中之特徵的方法。該方法包括：於腔室中的基板支撐件上接收包含矽的基板，該基板支撐件具有冷卻器 (chiller) 且可操作以冷卻該基板。該方法進一步包括：藉由將該冷卻器冷卻至約攝氏 -100 度或更低的溫度，而冷卻該基板。該方法進一步包括：使氫前驅物氣體流進該腔室，以用氫層塗佈該矽之表面的多個部分。該方法進一步包括：使含氟前驅物氣體流進該腔室，以用含氟層塗佈該氫層。該方法進一步包括：將該氫層及該含氟層暴露於能量源，以形成氟化氫鈍化層，及將該基板暴露於多個離子以從該矽之該表面蝕刻矽。

**【0010】** 多個實施方式可以包括下述之一或多者。該溫度可從約攝氏 -105 度至約攝氏 -120 度。該含氟前驅物氣體可選自  $\text{SF}_6$ 、 $\text{NF}_3$  及  $\text{F}_2$ 。將該基板暴露於多個離子可進一步包括：施加 RF 偏壓電壓至該基板支撐件中的電極，及使稀有氣體流進該腔室。該稀有氣體可為氫。該氟化氫鈍化層可形成在特徵之多個側壁上，該特徵形成於該基板中，並

且當該特徵於該基板中以垂直方向受蝕刻時該氟化氫鈍化層防止或減緩該特徵的橫向蝕刻。氧化矽層可形成於該矽的至少一部分上。該基板上可具有至少一個特徵，該至少一個特徵從該基板之頂表面延伸一特徵深度至底表面，該至少一個特徵具有由第一側壁與第二側壁界定之寬度，其中該鈍化層形成在該基板之該頂表面、該第一側壁、該第二側壁、及該至少一個特徵的該底表面上。

**【0011】** 在又一態樣中，提供一種蝕刻在基板中之特徵的方法。該方法包括：於腔室中的基板支撐件上接收包含矽的基板，該基板具有基板表面及形成於該基板表面上的至少一個特徵，該至少一個特徵從該基板表面延伸且具有多個側壁與底表面，該基板支撐件具有冷卻器，該冷卻器可操作以冷卻該基板。該方法進一步包括：藉由將該冷卻器冷卻至約攝氏 -100 度或更低的溫度，而冷卻該基板。該方法進一步包括：在該基板表面、該等側壁、及該至少一個特徵之該底表面上面形成鈍化層。形成該鈍化層包括：使氫前驅物氣體流進該腔室，以用氫層塗佈該基板表面的多個部分；使含氟前驅物氣體流進該腔室，以用含氟層塗佈該氫層；及將該氫層及該含氟層暴露於電漿，以形成該鈍化層。該方法進一步包括：將該基板暴露於多個離子以從該底表面蝕刻矽。

**【0012】** 多個實施方式可以包括下述之一或多者。該溫度可從約攝氏 -105 度至約攝氏 -120 度。該含氟前驅物氣體可選自  $\text{SF}_6$ 、 $\text{NF}_3$  及  $\text{F}_2$ 。將該基板暴露於多個離子進一步包



括：施加 RF 偏壓電壓至該基板支撐件中的電極，及使稀有氣體流進該腔室。該稀有氣體可為氬。

**【0013】** 在另一態樣中，一種非暫態電腦可讀媒體具有儲存在其上的多個指令，當由處理器執行該等指令時，該等指令引發該製程執行上述方法的操作。

#### **【圖式簡單說明】**

**【0014】** 為了能夠詳細理解本案揭示內容的上述特徵的方式，可藉由參考實施方式（其中一些於所附圖式中說明）而獲得上文簡要概括的實施方式的更特定的描述。然而，應注意，所附圖式僅說明本案揭示內容的典型實施方式，因此不應被視為對本案揭示內容範疇的限制，因為本案揭示內容可容許其他等效實施方式。

**【0015】** 圖 1 繪示根據本文揭示之態樣的電漿處理腔室的一個範例的剖面視圖。

**【0016】** 圖 2 繪示根據本文揭示之態樣的蝕刻在基板中的特徵之方法的流程圖。

**【0017】** 圖 3 A 至圖 3 E 繪示根據本文揭示之態樣的蝕刻製程的各個階段。

**【0018】** 為了有助理解，在可能的情況下使用相同的元件符號指定圖式中共通的相同元件。考量一個實施方式的元件與特徵可有益地併入其他實施方式，而無需贅述。

#### **【實施方式】**

**【0019】** 下文的揭示內容描述特徵的低溫蝕刻。某些細節在下文的描述及圖 1 至圖 3 E 中提出，以提供對本案揭示內

容的各種實施方式的完整理解。描述常與低溫蝕刻相關聯的已知結構與系統的其他細節並未在下文的揭示內容中提出，以避免非必要地混淆了各種實施方式的描述。此外，本文描述的設備之描述是說明性的，不應被詮釋或轉譯為限制本文描述的實施方式之範疇。

**【0020】** 圖式中顯示的許多細節、操作、尺寸、角度和其他特徵僅是說明特定實施方式。因此，在不偏離本案揭示內容之精神或範疇的情況下，其他實施方式能夠具有其他細節、部件、尺寸、角度和特徵。此外，可以在沒有下文所描述的諸多細節的情況下實行本案揭示內容的進一步實施方式。

**【0021】** 特徵是基板表面中的凹部。特徵能夠具有許多不同的形狀，該等形狀包括但不限於圓柱、橢圓、矩形、正方形、其他多邊形凹部、和溝槽。

**【0022】** 深寬比（*aspect ratio*）是特徵之深度對特徵之臨界尺寸（例如，寬度/直徑）的比較。透過所揭示之方法形成的特徵可以是高深寬比特徵。在一些實施方式中，高深寬比特徵是具有至少約5、至少約10、至少約20、至少約30、至少約40、至少約50、至少約60、至少約80，或至少約100的深寬比的特徵。透過所揭示的方法形成的特徵的臨界尺寸可以是約200 nm或更小，例如約100 nm或更小，約50 nm或更小，或約20 nm或更小。

**【0023】** 在一些蝕刻製程中，低溫下的蝕刻（諸如低溫蝕刻）用於在冷的溫度下移除有高深寬比（*HAR*）之特徵的

元件中的材料。低溫蝕刻在蝕刻製程期間冷卻元件，以防止能影響特徵之蝕刻輪廓的不需要的副反應。習知低溫基於氟的蝕刻製程傾向各向同性蝕刻，這可能過度蝕刻特徵的側壁，導致特徵關鍵尺寸損失。保護側壁免受過度蝕刻的一種解決方案使用氧以鈍化特徵之矽側壁。氧與矽側壁反應，而形成氧化矽鈍化層，使得特徵之底部部分受到離子轟擊，同時側壁受氧化矽鈍化層保護。然而，難以平衡氟和氧的比例以控制鈍化速率和蝕刻速率。此外，隨著深寬比改變，鈍化速率和蝕刻速率也改變，這使得難以達成在同一晶片上具不同深寬比的多個結構的一致均勻蝕刻。再者，氧化矽鈍化層的形成會從特徵之側壁消耗矽，這能影響特徵的臨界尺寸。

**【0024】** 在本案揭示內容的一個態樣中，提供一種用於在低溫下蝕刻的方法。該方法在諸如特徵之側壁的暴露表面上由稀有氣體形成惰性層，以在蝕刻製程之前鈍化側壁。惰性層抑制自發蝕刻，從而能夠使用氟之類等腐蝕性化學條件（chemistry）蝕刻 HAR 特徵。

**【0025】** 在一個實施方式中，將含有特徵的基板冷卻至稀有氣體之三相點附近的溫度。不受理論的束縛，但相信將基板冷卻至稀有氣體之三相點附近的溫度容許冷凝的稀有氣體得以藉由表面分散力流動且使特徵之暴露表面鈍化。與使用氧鈍化不同，惰性層不像已知的基於氧之製程那樣消耗矽。然後，將基板暴露於含氟氣體，以在惰性層上形成含氟層。惰性層的存在防止含氟氣體蝕刻特徵。然後將

惰性層和含氟層暴露於能量源（諸如電漿或紫外線光子活化），以從惰性層和含氟層形成鈍化層。然後，將基板暴露於離子，以從基板之朝上表面各向異性蝕刻材料。

**【0026】** 圖 1 是電漿處理腔室 100 的一個範例的剖面示意圖，該電漿處理腔室 100 顯示為配置成蝕刻腔室，具有基板支撐組件 101。電漿處理腔室 100 能夠用於執行本文所述的低溫蝕刻製程。基板支撐組件 101 可操作以將表面或工件（例如基板 300）均勻地維持在低溫處理溫度。維持在低溫處理溫度下的基板 300 的乾反應性離子蝕刻會使離子能夠以減少的自發蝕刻轟擊設置在基板 300 上的材料的朝上的表面，而使得形成有平滑、垂直側壁的溝槽。例如，當離子繼續轟擊低 k 介電材料的朝上表面的同時，在均勻地維持在低溫處理溫度的基板 300 上所設置的低 k 介電材料的孔隙中離子的擴散減少，而形成具有光滑、垂直側壁的溝槽。此外，能夠在低溫處理溫度下改善蝕刻一種材料相對於另一種材料的選擇性。例如，矽（Si）和二氧化矽（SiO<sub>2</sub>）之間的選擇性隨著溫度的降低呈指數增加。

**【0027】** 電漿處理腔室 100 包括腔室主體 102，該腔室主體 102 具有包圍處理區域 110 的側壁 104、底部 106 和蓋 108。注射設備 112 耦接腔室主體 102 之側壁 104 及 / 或蓋 108。氣體控制盤（gas panel）114 耦接注射設備 112 以容許將處理氣體提供到處理區域 110 中。注射設備 112 可以是一或多個噴嘴或入口端口，或者替代地為噴頭（showerhead）。處理氣體連同任何處理副產物一起經

過形成在腔室主體 102 之側壁 104 或底部 106 中的排氣通口 116 從處理區域 110 移除。排氣通口 116 耦接泵送系統 127，該泵送系統 127 包括用於控制處理區域 110 內的真空水準的節流閥與泵。

**【0028】** 可以賦能 (energize) 處理氣體，以在處理區域 110 內形成電漿。可藉由將 RF 功率電容式或電感式耦合處理氣體，而賦能處理氣體。複數個線圈 118 設置在電漿處理腔室 100 的蓋 108 上方，且透過匹配電路 120 耦接 RF 電源 122。RF 電源 122 能夠是低頻、高頻、或超高頻。

**【0029】** 基板支撐組件 101 設置在注射設備 112 下方的處理區域 110 中。基板支撐組件 101 包括 ESC 103 和 ESC 底座組件 105。ESC 底座組件 105 耦接 ESC 103 與設施板 107。設施板 107 由接地板 111 支撐且配置為助於與基板支撐組件 101 的電、冷卻、加熱和氣體連接。接地板 111 由處理室的底部 106 支撐。絕緣板 109 使設施板 107 與接地板 111 絕緣。

**【0030】** ESC 底座組件 105 包括耦接低溫冷卻器 (cryogenic chiller) 117 的底座通道 115。低溫冷卻器 117 提供基礎流體 (諸如冷媒 (refrigerant)) 至底座通道 115，而使得 ESC 底座組件 105 (且因此基板 300) 可維持在預定的低溫溫度。類似地，設施板 107 包括耦接冷卻器 119 的設施通道 113。冷卻器 119 將設施流體提供至設施通道 113，而使得設施板 107 維持在預定溫度。在一個範例中，基礎流體將 ESC 底座組件 105 維持在高於設

施板 107 之溫度的溫度。一個態樣中（其可與本文所述的其他態樣結合），低溫冷卻器 117 耦接界面箱，以控制基礎流體之流速。基礎流體包含一組成物，該組成物在操作壓力下於低於攝氏 -50 度的低溫溫度下維持液體。基礎流體通常是絕緣的，使得當循環通過基板支撐組件 101 時不形成經過基礎流體的電路徑。合適的設施流體的非限制性範例包括氟化熱傳流體。

【0031】 ESC 103 具有支撐表面及與該支撐表面相對的底表面 132。ESC 103 能夠由陶瓷材料製成，諸如氧化鋁 ( $Al_2O_3$ )、氮化鋁 (AlN)、或其他合適的材料或聚合物，例如聚醯亞胺、聚醚醯酮、聚芳醯酮等。

【0032】 ESC 103 包括設置在該 ESC 103 中的吸附電極 (chucking electrode) 126。吸附電極 126 可配置成單極或雙極電極，或是其他合適的佈置。吸附電極 126 透過 RF 濾波器與設施板 107 耦接吸附電源 134，該吸附電源 134 提供 DC 功率以將基板 300 靜電式固定至 ESC 103 的支撐表面。RF 濾波器防止在電漿處理腔室 100 內用於形成電漿（未示出）的 RF 功率損壞電氣設備或在腔室外呈現電氣上的危險。

【0033】 ESC 103 包括嵌於該 ESC 103 中的一個或多個電阻加熱器 128。電阻加熱器 128 用於控制 ESC 103 之溫度，該 ESC 103 是由 ESC 底座組件 105 冷卻；使得可以維持適合處理在基板支撐組件 101 之支撐表面上所設置的基板 300 的低溫處理溫度。電阻加熱器 128 透過設施板 107 和

R F 濾波器耦接加熱器電源 136。R F 濾波器防止在電漿處理腔室 100 內用於形成電漿（未示出）的 R F 功率損壞電氣設備或在腔室外呈現電氣上的危險。加熱器電源 136 可以提供 500 瓦或更多的功率給電阻加熱器 128。加熱器電源 136 包括控制器（未示出），該控制器用於控制加熱器電源 136 的操作，該加熱器電源 136 通常設置成加熱基板 300 達到預定低溫溫度。在一個態樣中（其可與本文所述的其他態樣結合），電阻加熱器 128 包括複數個橫向分離的加熱區塊，其中控制器使電阻加熱器 128 的至少一個區塊能夠相對於位在其餘區塊之一或多者中的電阻加熱器 128 進行優先加熱。舉例而言，電阻加熱器 128 可以同心地排列在多個分離的加熱區塊中。電阻加熱器 128 將基板 300 維持在適合處理的低溫處理溫度。在一個態樣中（其可與本文所述的其他態樣結合），低溫處理溫度低於約攝氏 -10 度。例如，低溫處理溫度介於約攝氏 -10 度至約攝氏 -150 度之間。

**【0034】** 電漿處理腔室 100 進一步包括系統控制器 160，該系統控制器 160 可操作以控制電漿處理腔室 100 的各種態樣。系統控制器 160 助於整個電漿處理腔室 100 的控制和自動化，且可包括中央處理單元（CPU）、記憶體、和支援電路（或 I/O）。軟體指令和數據可以被編碼且儲存在記憶體中以指示 CPU。系統控制器 160 能夠經由例如系統匯流排與電漿處理腔室 100 的部件中的一或多個部件通訊。系統控制器 160 可讀的程式（或電腦指令）決定哪些任務可在基板上執行。在一些態樣中，該程式是系統控制

器 160 可讀的軟體，該軟體能夠包括編碼以控制多區段環的移除和置換。雖然圖中顯示單一系統控制器 160，但應理解，多個系統控制器可與本文所述之態樣一併使用。

**【0035】** 圖 2 繪示根據本文揭示之態樣的蝕刻在基板中之特徵的方法 200 的流程圖。圖 3 A 至圖 3 E 繪示根據本文揭示之態樣的蝕刻製程的各個階段。雖然方法 200 和圖 3 A 至圖 3 E 是在矽基板中蝕刻高深寬比特徵的脈絡中討論，但應理解方法 200 可以用於蝕刻其他類型的基板中的其他特徵。

**【0036】** 方法 200 開始於操作 210，將基板裝載至腔室中，該腔室諸如圖 1 中描繪的電漿處理腔室 100。在一個範例中，基板 300 定位在基板支撐組件（例如基板支撐組件 101）上，該基板支撐組件具有可操作以冷卻基板的冷卻器（例如冷卻器 119）。該基板能夠是基板 300。基板 300 包括塊體（bulk）矽層 310，該塊體矽層 310 上設置有遮罩層 312，該遮罩層 312 例如介電層，諸如氧化矽層。也能夠根據方法 200 處理沒有遮罩層 312 的基板 300（即，只有矽層 310）。基板 300 具有形成在該基板 300 上的至少一個特徵 320。至少一個特徵 320 從基板 300 的頂表面 322 延伸一特徵深度至底表面 324。至少一個特徵 320 具有由第一側壁 326 a 和第二側壁 326 b 界定的寬度。

**【0037】** 方法 200 在操作 220 繼續，其中將基板 300 冷卻到低溫溫度。如本文所用，低溫溫度是指約攝氏 -100 度或更低的溫度。在一些範例中，低溫溫度可以在某個範圍內，例如從約攝氏 -160 度到攝氏 -150 度，或從約攝氏 -140 度



到攝氏 -120 度，或者是介於約攝氏 -120 度至約攝氏 -100 度之間。在一些範例中，將基板 300 冷卻至約攝氏 -100 度或更低、或約攝氏 -120 度或更低、或約攝氏 -140 度或更低、或約攝氏 -150 度或更低的溫度。在這些或其他範例中，可將基板 300 冷卻至約攝氏 -150 度或更高、或約攝氏 -140 度或更高、或約攝氏 -120 度或更高、或約攝氏 -100 度或更高的溫度。理想範圍會是取決於多種因素，包括但不限於所使用的化學條件（例如所用的稀有氣體的三相點溫度）、所蝕刻之特徵的幾何（*geometry*）以及所蝕刻之材料的類型。如本文別處提及，基板的溫度可透過冷卻器控制。冷卻器的溫度可以低於基板本身的溫度。

**【0038】** 如本文所用，除非另有說明，希望否則基板的溫度是指基板支撐組件的溫度。此溫度也可稱為冷卻器溫度。基板支撐組件能夠透過使用各種加熱和冷卻機制控制基板的溫度。

**【0039】** 在一態樣中，將基板冷卻到低溫溫度能夠涉及使冷卻流體流過基板支撐件中或附近的管道。在另一態樣中，將基材冷卻至低溫溫度能夠涉及在低溫溫度下的單一或混合冷媒在基材支撐件內的循環。在一個範例中，使用低溫冷卻器 117 冷卻基板 300，以將基板 300 冷卻至低溫溫度。

**【0040】** 方法 200 在操作 230 繼續，其中使稀有氣體混合物流入腔室，以用惰性層 330 塗佈基板的多個部分，如圖 3B 所示。稀有氣體混合物包括第一稀有氣體、由第一稀有

氣體組成、或基本上由第一稀有氣體組成。如本文所用，術語「基本上由第一稀有氣體組成」是指稀有氣體混合物的稀有氣體成分大於或等於稀有氣體混合物的約95%、98%或99%。第一稀有氣體選自氩(Ar)、氦(He)、氖(Ne)、氙(Xe)、氪(Kr)、或上述氣體之組合。在一個範例中，第一稀有氣體是氩或氩前驅物氣體。在另一個範例中，第一稀有氣體是氦。稀有氣體混合物一般不含蝕刻劑，這意味著稀有氣體混合物不含有任何蝕刻劑氣體。在一個範例中，處理區域110在操作230期間由第一稀有氣體組成或基本上由第一稀有氣體組成。在一個範例中，操作230是無電漿操作，這意味著在處理區域110中不存在電漿。與用氧鈍化不同，惰性層330不像已知的基於氧的製程那樣消耗矽。

**【0041】** 當第一稀有氣體在基板300的暴露表面上冷凝時，形成惰性層330。在圖3B所描繪的範例中，惰性層330形成於頂表面322、底表面324、第一側壁326a及第二側壁326b上。惰性層330可以是共形(conformal)層或非共形層。在操作230期間，稀有氣體混合物流入處理區域110，同時基板300維持在低溫溫度。選擇低溫溫度，使得稀有氣體混合物能夠藉由表面分散力流動，並且鈍化基板300的暴露表面。在一個範例中，選擇低溫溫度以涵蓋稀有氣體的三相點溫度。

**【0042】** 在一個範例中，其中稀有氣體是氩，其三相點溫度為攝氏-112度，而低溫溫度維持在約攝氏-140度至約攝

氏 - 100 度的範圍內，例如，在從約攝氏 - 120 度到約攝氏 - 105 度或從約攝氏 - 112 度到約攝氏 - 105 度的範圍內。將基板維持在涵蓋三相點溫度的低溫溫度下，容許氙以氣體流入處理區域 110 中，且在冷卻的基板 300 上冷凝，以形成氙層且鈍化特徵的暴露表面。

【0043】 在另一範例中，在稀有氣體是氬，其三相點為約攝氏 - 158 度，低溫溫度維持在從約攝氏 - 150 度到約攝氏 - 170 度的範圍內，例如，從約攝氏 - 158 攝氏度到約攝氏 - 150 度。將基板冷卻至略高於 - 158 度的溫度容許冷凝的氬形成氬層且鈍化特徵的暴露表面。

【0044】 在一個範例中，在操作 230 期間，對於適當尺寸的腔室中的 300 mm 基板而言，稀有氣體的流速能為從約 50 sccm 至約 500 sccm（例如，從約 50 sccm 到 300 sccm）。稀有氣體能夠流入腔室以維持約 10 毫托耳至約 100 毫托耳的總腔室壓力（例如，介於約 25 毫托耳至約 80 毫耳之間；介於約 30 毫托耳至約 70 毫托耳之間；介於約 25 毫托耳至約 40 毫托耳之間；或介於約 60 毫托耳至約 80 毫托耳之間）。

【0045】 方法 200 在操作 240 繼續，其中含氟氣體混合物流入腔室以用含氟層 340 塗佈惰性層 330，如圖 3C 所示。含氟氣體混合物包括含氟氣體、由含氟氣體組成、或基本上由含氟氣體組成。如本文所用，術語「基本上由含氟氣體組成」是指含氟氣體混合物的氟氣成分大於或等於含氟氣體混合物的約 95%、98% 或 99%。含氟氣體選自 SF<sub>6</sub>、

$\text{NF}_3$ 、 $\text{F}_2\text{C}_4\text{H}_8$ 、 $\text{CHF}_3$  或上述氣體之組合。在一範例中，含氟前驅氣體為  $\text{NF}_3$ 。在另一範例中，含氟前驅氣體是  $\text{SF}_6$ 。在一個範例中，處理區域 110 由含氟氣體組成或基本上由含氟氣體組成。在一個範例中，操作 240 是無電漿操作，這意味在操作 240 期間電漿不存在於處理區域 110 中。

**【0046】** 一個態樣中，含氟氣體混合物進一步包括稀有氣體。該稀有氣體能夠選自氬 (Ar)、氦 (He)、氖 (Ne)、氙 (Xe)、氪 (Kr)、或上述氣體之組合。

**【0047】** 當含氟氣體冷凝在惰性層 330 的暴露表面上時，形成含氟層 340。在圖 3C 描繪的範例中，含氟層 340 形成在惰性層 330 的頂表面 332、惰性層 330 的底表面 334、惰性層的第一側壁 336a、和惰性層 330 的第二側壁 336b 上。含氟層 340 能夠是共形層或非共形層。在操作 240 期間，含氟氣體流入腔室，同時基板維持在低溫溫度。選擇低溫溫度，使得含氟氣體能夠藉由表面分散力流動，且鈍化基板的表面。在一個範例中，含氟氣體是  $\text{SF}_6$ ，低溫溫度維持在約攝氏 -120 度到約攝氏 -105 度。將基板維持在此低溫溫度容許含氟氣體以氣體流入腔室，且冷凝在沉積的惰性層 330 上。

**【0048】** 在一個範例中，於操作 240 期間，對於適當尺寸的腔室中的 300 mm 基板而言，含氟氣體的流速能夠從約 50 sccm 到約 500 sccm (例如，從約 50 sccm 到約 300 sccm)。含氟氣體能夠流入腔室以維持約 30 毫托耳至約 110 毫托耳的總腔室壓力 (例如，介於約 30 毫托耳至約

100毫托耳之間；介於約40毫托耳至約80毫托耳之間；或介於約40毫托耳至約50毫托耳之間；或介於約70毫托耳至約80毫托耳之間）。在一個範例中，操作240期間的總腔室壓力略高於操作230期間的總腔室壓力。例如，操作230期間的總腔室壓力能夠是從約25毫托耳至約80毫托耳，而操作240期間的總腔室壓力可以是從約40毫托耳至約85毫托耳。

**【0049】** 在一個範例中，操作230和240不重疊意味著操作230的稀有氣體流在操作240的進入處理區域110的含氟氣體流開始之前停止。在另一範例中，操作230和240部分重疊意味著操作230的稀有氣體在操作240的含氟氣體開始時仍然正在流入處理區域中。

**【0050】** 在操作250，惰性層330和含氟層340暴露於能量而形成鈍化層350，如圖3D所示。該能量活化惰性層330和含氟層340，而在特徵320的側壁326a、326b上形成鈍化層350。不受理論的束縛，但相信鈍化層350防止或減緩當在垂直方向上蝕刻特徵320時特徵320的橫向蝕刻。在惰性層330由氙形成且含氟層340由 $\text{SF}_6$ 形成的一個範例中，惰性層330和含氟層340反應以形成氟化氙鈍化層。氙與氟形成穩定的分子。氟化氙能夠包括二氟化氙（ $\text{XeF}_2$ ）、四氟化氙（ $\text{XeF}_4$ ）和六氟化氙（ $\text{XeF}_6$ ）中的至少一種。

**【0051】** 能量源提供激發能量，諸如具有紫外線或RF頻率的能量，以活化沉積的惰性層330和含氟層340而形成鈍化層350。一個態樣中，從紫外線（UV）源形成能量，且UV

光子活化沉積的惰性層 330 和含氟層 340，而形成鈍化層 350。在一個範例中，UV 功率能夠是從約 20% 到約 100%（例如，約 20% 至約 80%；從約 30% 至約 50%）。UV 功率能夠介於約 200 瓦至約 3,000 瓦之間（例如，介於約 1,100 瓦至約 2,500 瓦之間；介於約 1,500 瓦至約 2,000 瓦之間）。在另一範例中，UV 功率能夠是從約 20% 至約 100%（例如，約 20% 至約 80%；約 30% 至約 50%）。UV 功率能夠介於約 200 瓦至約 1,000 瓦之間（例如，介於約 200 瓦至約 500 瓦之間；介於約 250 瓦至約 350 瓦之間）。

**【0052】** 在另一態樣中，能量是在電漿前驅物氣體混合物存在下由射頻（RF）電源形成的電漿。暴露於 RF 功率使電漿前驅物氣體混合物的至少一部分離子化，形成電漿。以介於約 1,000 W 至約 5,000 W 之間（例如，介於約 2,000 W 至約 3,000 W 之間、或約 2,500 W）的功率水準施加頻率介於約 10 kHz 至約 14 MHz 之間的 RF 功率，以產生電漿。在一個範例中，使用 13.56 MHz 的頻率。在另一範例中，使用多達 400 kHz 的較低頻率，例如 350 kHz。能夠以從約 10 瓦至約 500 瓦（例如，約 200 瓦至約 400 瓦；約 250 瓦）的功率水準施加次級功率。電漿前驅物氣體混合物包括惰性氣體。在一個範例中，惰性氣體是氦，並且電漿活化在處理區域 110 中產生氦離子，而活化沉積的惰性層 330 和含氟層 340 以形成鈍化層 350。在另一範例中，惰性氣體包括氬和氦的組合，且電漿活化在處理區域 110 中產生離子，而活化沉積的惰性層 330 和含氟層 340 以形成鈍化層

350。在一個範例中，操作250是無偏壓製程，這意味著不對基板施加偏壓。

**【0053】** 一個態樣中，在操作250期間，惰性層330和含氟層340暴露於離子流（ion flux）以形成鈍化層350。離子流可以是一種或多種類型的具低離子能量的原子或分子物種。因此，一個態樣中，該物種助於惰性層330與含氟層340的反應，而非與惰性層330和含氟層340發生化學反應，因此離子流是源自與目標成分有相對低化學反應性的源氣體。示範性的離子物種包括氦離子、氖離子、氙離子、氬離子、或伴隨氦離子的氬離子。

**【0054】** 在一個範例中，在操作250期間，對於適當尺寸的腔室中的300mm基板而言，氮氣的流速能夠是從約100sccm到大約500sccm（例如，從約100sccm到約300sccm）。氮氣能夠流入腔室中，以維持約10毫托耳至約30毫托耳（例如，介於約10毫托耳至約20毫托耳之間；或介於約20毫托耳至約30毫托耳之間）的總腔室壓力。在一個範例中，在操作250期間維持低溫溫度。在一些實施方式中，基板的溫度能夠斜線變化（ramp）至介於約攝氏500度至約攝氏1100度之間，例如約攝氏800度。

**【0055】** 在操作260，以離子流轟擊基板/特徵以蝕刻基板。在一個範例中，離子流為各向異性（anisotropic），使得特徵的鈍化側壁的暴露減少。離子流轟擊鈍化層350的覆於水平表面上方的部分，該水平表面諸如為基板特徵的頂表面322與底表面324，如圖3E所示。移除覆蓋頂表

面 3 2 2 的鈍化層 3 5 0 會暴露遮罩層 3 1 2，移除覆蓋底表面 3 2 4 的鈍化層會暴露特徵 3 2 0 底部之處的矽材料。鈍化層 3 5 0 的部分 3 6 0 a、3 6 0 b 留在側壁 3 2 6 a、3 2 6 b 上。

**【0056】** 能夠透過使用來自操作 2 5 0 的相同氣體和低頻 R F 功率產生離子流。能夠透過使用低頻 R F 源功率從惰性氣體產生離子流。離子流可以是一種或多種類型的有低離子能量的原子或分子物種。示範性離子物種包括氦離子、氖離子、氙離子、氬離子、氦離子、氬離子或上述離子之組合，上述物種具有低離子化位能，使得能夠提供非常低的電漿 D C 偏壓以減少離子流的能量水準。有利的是製程壓力低於 1 0 毫托耳，以為了更有方向性，且更有利的是低於 5 毫托耳。已經發現，取決於進料氣體的離子化位能，5 0 W 到 1 0 0 W 之數量級的低 R F 功率有利於藉由將碳物種從矽-氧化物基質 ( m a t r i x ) 中剔除，而修飾低 k 介電膜。

**【0057】** 在一個範例中，惰性氣體是氦，並且電漿活化在處理區域 1 1 0 中產生氦離子，而轟擊且活化鈍化層 3 5 0。在另一範例中，惰性氣體是氦和氬的混合物，電漿活化在處理區域 1 1 0 中產生氦離子，而轟擊且活化鈍化層 3 5 0。來自活化的鈍化層 3 5 0 的氟從基板 3 0 0 的底表面 3 2 4 蝕刻矽。

**【0058】** 在操作 2 6 0 期間，也將偏壓施加至基板 3 0 0，以引導離子朝向基板 3 0 0 的水平表面。可使用從約 5 0 瓦到約 1 5 0 0 瓦的功率（例如從約 5 0 瓦到約 2 5 0 瓦；或從約 5 0 瓦到約 1 0 0 瓦）產生偏壓。一個態樣中，將 R F 偏壓功率施加到基板支撐組件 1 0 1 中的電極，例如吸附電極 1 2 6。在一個



範例中，可以施加小於500瓦，例如介於約50瓦到約250瓦之間、例如約50瓦到約100瓦的RF偏壓功率，其頻率在介於約2MHz至約13.56MHz之間。

**【0059】** 不受理論的束縛，但相信以離子流轟擊鈍化層350將氟與稀有元素（noble element）分開，而容許氟得以與矽層310的矽結合且從矽層310移除或「蝕刻」矽。操作260的蝕刻能夠被認為是原子層蝕刻或分子級蝕刻（MLE），因為被移除的部分是在矽膜中分子成分的尺寸的數量級。

**【0060】** 請注意，操作230至260可在鈍化層修復、隨後蝕刻閘極材料的循環中重複地執行或循環，以達成矽材料的目標蝕刻深度。

**【0061】** 實施方式能夠包括以下潛在優點中的一或多者。藉由利用本文所述的鈍化和蝕刻技術，能夠以受控方式蝕刻和形成有高深寬比的特徵，這能夠提供具有實質上銳利的直角和直立（例如，筆直的、垂直的）側壁的目標輪廓，且該側壁有陡峭的斜率及準確的尺寸。使用稀有氣體的惰性層作為蝕刻的前驅物提供了一種容許在低溫下進行原子層蝕刻的方案。低溫下的原子層蝕刻能夠減少或消除側壁蝕刻，且提供更垂直的特徵，這改善了元件性能和良率。此外，由於第一層的前驅物是惰性的，所以能夠將類似氟的侵蝕性化學條件用於蝕刻製程，同時抑制任何自發蝕刻。

**【0062】** 因此，提供了蝕刻矽材料以形成具有目標邊緣/轉角輪廓和深寬比的特徵的實施方式。透過順著蝕刻製程利

用鈍化模式和蝕刻模式，可以獲得受控的離子軌跡/方向性以及側壁/轉角鈍化保護，從而以一方式蝕刻矽層，該方式在矽層中產生多個特徵，該等特徵有精確且直角的轉角與垂直側壁輪廓以及特徵深寬比。此外，鈍化和蝕刻製程可以在單一腔室中不破真空地執行，這減少系統的複雜度。

**【0063】** 本說明書中描述的實施方式和所有功能操作能夠在數位電子電路系統中或在電腦軟體、韌體或硬體中實施，包括本說明書中揭示的結構性手段及其結構的等效例，或上述各項之組合。在本文描述的實施方式能夠實施為一或多個非暫態電腦程式產品，即在機器可讀儲存裝置中有形地實施的一或多個電腦程式，以藉由數據處理設備執行，或是控制數據處理設備之操作，該設備例如可程式化處理器、電腦或多個處理器或電腦。

**【0064】** 本說明書中描述的製程和邏輯流程能夠由一個或多個可程式化處理器執行，該處理器執行一或多個電腦程式，以藉由對輸入數據進行操作且生成輸出而執行功能。製程和邏輯流程也能夠由專用邏輯電路系統執行，且設備也可實施作為專用邏輯電路系統，例如，FPGA（現場可程式化邏輯閘陣列）或ASIC（特殊應用積體電路）。

**【0065】** 術語「數據處理設備」涵蓋用於處理數據的所有設備、設備和機器，包括（舉例而言）可程式化處理器、電腦、或多個處理器或電腦。除了硬體之外，該設備能夠包括編碼，該編碼產生用於所關注之電腦程序的執行環境，例如，構成處理器韌體、協定疊、數據庫管理系統、

操作系統、或上述各項之一或多者之組合的編碼。適合執行電腦程式的處理器包括（舉例而言）通用和專用微處理器，以及任何類型的數位電腦的任何一或多種處理器。

**【0066】** 適用於儲存電腦程式指令和數據的電腦可讀媒體包括所有形式的非揮發性記憶體、媒體和記憶體裝置，包括（舉例而言）半導體記憶體裝置，例如 EPROM、EEPROM、和快閃記憶體裝置；磁碟，例如內部硬碟或可移除之磁碟；磁光碟；及 CDROM 和 DVD-ROM 磁碟。處理器和記憶體能夠由專用邏輯電路補充或併入專用邏輯電路系統中。

**【0067】** 當介紹本案揭示內容之元件或其示範性態樣或其實施方式時，希望冠詞「一」、「該」及「所述」意味存在一個或多個元件。

**【0068】** 希望術語「包括」、「包含」和「具有」是包含性的（inclusive），且意味除了所列元件之外可能還有其他元件。

**【0069】** 雖然前述內容是針對本案揭示內容的態樣，但是在不脫離本案揭示內容之基本範疇的情況下可設計本案揭示內容的其他和進一步的態樣，並且其範疇由所附的申請專利範圍所確定。

#### **【符號說明】**

#### **【0070】**

100：處理腔室

101：基板支撐組件

- 1 0 2 : 腔 室 主 體
- 1 0 3 : E S C
- 1 0 4 : 側 壁
- 1 0 5 : E S C 底 座 組 件
- 1 0 6 : 底 部
- 1 0 7 : 設 施 板
- 1 0 8 : 蓋
- 1 0 9 : 絕 緣 板
- 1 1 0 : 處 理 區 域
- 1 1 1 : 接 地 板
- 1 1 2 : 注 射 設 備
- 1 1 3 : 設 施 通 道
- 1 1 4 : 氣 體 控 制 盤
- 1 1 5 : 底 座 通 道
- 1 1 6 : 排 氣 通 口
- 1 1 7 : 冷 卻 器
- 1 1 8 : 線 圈
- 1 1 9 : 冷 卻 器
- 1 2 0 : 匹 配 電 路
- 1 2 2 : R F 電 源
- 1 2 6 : 吸 附 電 極
- 1 2 7 : 泵 送 系 統
- 1 2 8 : 電 阻 加 熱 器
- 1 3 2 : 底 表 面

- 1 3 4 : 吸 附 電 源
- 1 3 6 : 加 熱 器 電 源
- 1 6 0 : 系 統 控 制 器
- 2 0 0 : 方 法
- 2 1 0 ~ 2 6 0 : 操 作
- 3 0 0 : 基 板
- 3 1 0 : 矽 層
- 3 1 2 : 遮 罩 層
- 3 2 0 : 特 徵
- 3 2 2 : 頂 表 面
- 3 2 4 : 底 表 面
- 3 2 6 a , 3 2 6 b : 側 壁
- 3 3 0 : 惰 性 層
- 3 3 2 : 頂 表 面
- 3 3 4 : 底 表 面
- 3 4 0 : 含 氟 層
- 3 3 6 a , 3 3 6 b : 側 壁
- 3 5 0 : 鈍 化 層
- 3 6 0 a , 3 6 0 b : 部 分

**【生物材料寄存】**

國內寄存資訊(請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

國外寄存資訊(請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種蝕刻方法，包括：

使一第一稀有氣體（noble gas）流進一處理腔室的一處理區域；

使一基板的一暴露區域接觸該第一稀有氣體，使得該第一稀有氣體吸附於該暴露區域的一表面上，其中該基板維持在一低溫（cryogenic）的溫度，該低溫的溫度涵蓋該第一稀有氣體的一三相點溫度；

在該暴露區域的該表面上由該第一稀有氣體形成具一預定厚度的一第一層；

使一含氟前驅物氣體流進該處理區域；

在該第一層上從該含氟前驅物氣體形成具一預定厚度的一第二層；

從該第一層與該第二層形成一鈍化層；及

從該基板的多個暴露區域蝕刻材料。

【請求項2】 如請求項1所述之方法，其中該低溫的溫度是從約攝氏-105度至約攝氏-120度。

【請求項3】 如請求項1所述之方法，其中該低溫的溫度是從約攝氏-150度至約攝氏-160度。

【請求項4】 如請求項1所述之方法，其中該第一稀有氣體是選自氙與氬組成的群組。

【請求項5】 如請求項3所述之方法，其中該含氟前驅物氣體是選自 $\text{SF}_6$ 、 $\text{NF}_3$ 及 $\text{F}_2$ 組成的群組。

【請求項6】 如請求項1所述之方法，其中重複該蝕刻方

法達多個循環以達成該基板的一目標蝕刻深度。

【請求項7】 如請求項1所述之方法，進一步包括：在使該含氟前驅物氣體流進該處理區域之前，停止該第一稀有氣體進入該處理區域的流動。

【請求項8】 如請求項1所述之方法，其中使該第一稀有氣體流進該處理區域以及使該含氟前驅物氣體流進該處理區域至少部分地重疊。

【請求項9】 如請求項1所述之方法，其中形成該鈍化層包括：將該第一層與該第二層暴露於能量，該能量選自由電漿與紫外線光子組成之群組。

【請求項10】 如請求項1所述之方法，其中該基板包括一低k介電材料。

【請求項11】 如請求項1所述之方法，其中該基板包括一矽層。

【請求項12】 一種蝕刻方法，包括：

於定位在一處理腔室的一處理區域中的一基板支撐件上接收一基板，該基板支撐件具有一冷卻器

(chiller)；

使一第一稀有氣體流進該處理區域；

使該基板的一暴露區域接觸該第一稀有氣體，使得該第一稀有氣體吸附於該暴露區域的一表面上，其中藉由該冷卻器將該基板冷卻至約攝氏-100度或更低的一低溫的溫度，且該低溫的溫度涵蓋該第一稀有氣體的一三相點溫度；

在該暴露區域的該表面上由該第一稀有氣體形成具一預定厚度的一第一層；

使一含氟前驅物氣體流進該處理區域；

在該第一層上從該含氟前驅物氣體形成具一預定厚度的一第二層；

從該第一層與該第二層形成一鈍化層；及

從該基板的多個暴露區域蝕刻一材料。

【請求項 13】如請求項 12 所述之方法，其中該低溫的溫度是從約攝氏 -105 度至約攝氏 -120 度。

【請求項 14】如請求項 12 所述之方法，其中該含氟前驅物氣體是選自  $\text{SF}_6$ 、 $\text{NF}_3$  及  $\text{F}_2$  組成的群組。

【請求項 15】如請求項 14 所述之方法，其中該第一稀有氣體是氬。

【請求項 16】如請求項 12 所述之方法，其中從該基板的該多個暴露區域蝕刻該材料包括：

施加一偏壓電壓至該基板支撐件中之一電極；及

使氮氣流進該處理區域。

【請求項 17】如請求項 12 所述之方法，其中該鈍化層形成在一特徵之多個側壁上，該特徵形成於該基板中，並且當該特徵於該基板中以一垂直方向受蝕刻時該鈍化層防止或減緩該特徵的橫向蝕刻。

【請求項 18】一種蝕刻方法，包括：

於定位在一處理腔室的一處理區域中的一基板支撐件上接收一基板，該基板具有一基板表面及形成於該基板



表面上的至少一個特徵，該至少一個特徵從該基板表面延伸且具有多個側壁與一底表面，該基板支撐件具有一冷卻器，該冷卻器可操作以冷卻該基板；

將該基板冷卻至一低溫的溫度，該低溫的溫度涵蓋一氫前驅物氣體的一三相點溫度；

在至少該等側壁上面形成一氟化氫鈍化層，包括：

使該基板接觸該氫前驅物氣體，使得該氫前驅物氣體在該等側壁之一表面上形成具一預定厚度的一氫層；

使該氫層接觸一含氟前驅物氣體，而在該氫層上形成具一預定厚度的一含氟層；

將該氫層與該含氟層暴露於紫外線光子，而形成該氟化氫鈍化層；及

從該特徵之該底表面蝕刻一材料。

**【請求項 19】** 如請求項 18 所述之方法，其中從該特徵之該底表面蝕刻該材料包括：

施加一偏壓電壓至該基板支撐件中的一電極；

使氫氣流進該處理區域，而形成多個氫離子；及

以該等氫離子轟擊該氟化氫鈍化層。

**【請求項 20】** 如請求項 19 所述之方法，其中從該特徵之該底表面蝕刻該材料包括：將該底表面暴露於來自該氟化氫鈍化層的氟。

【發明圖式】

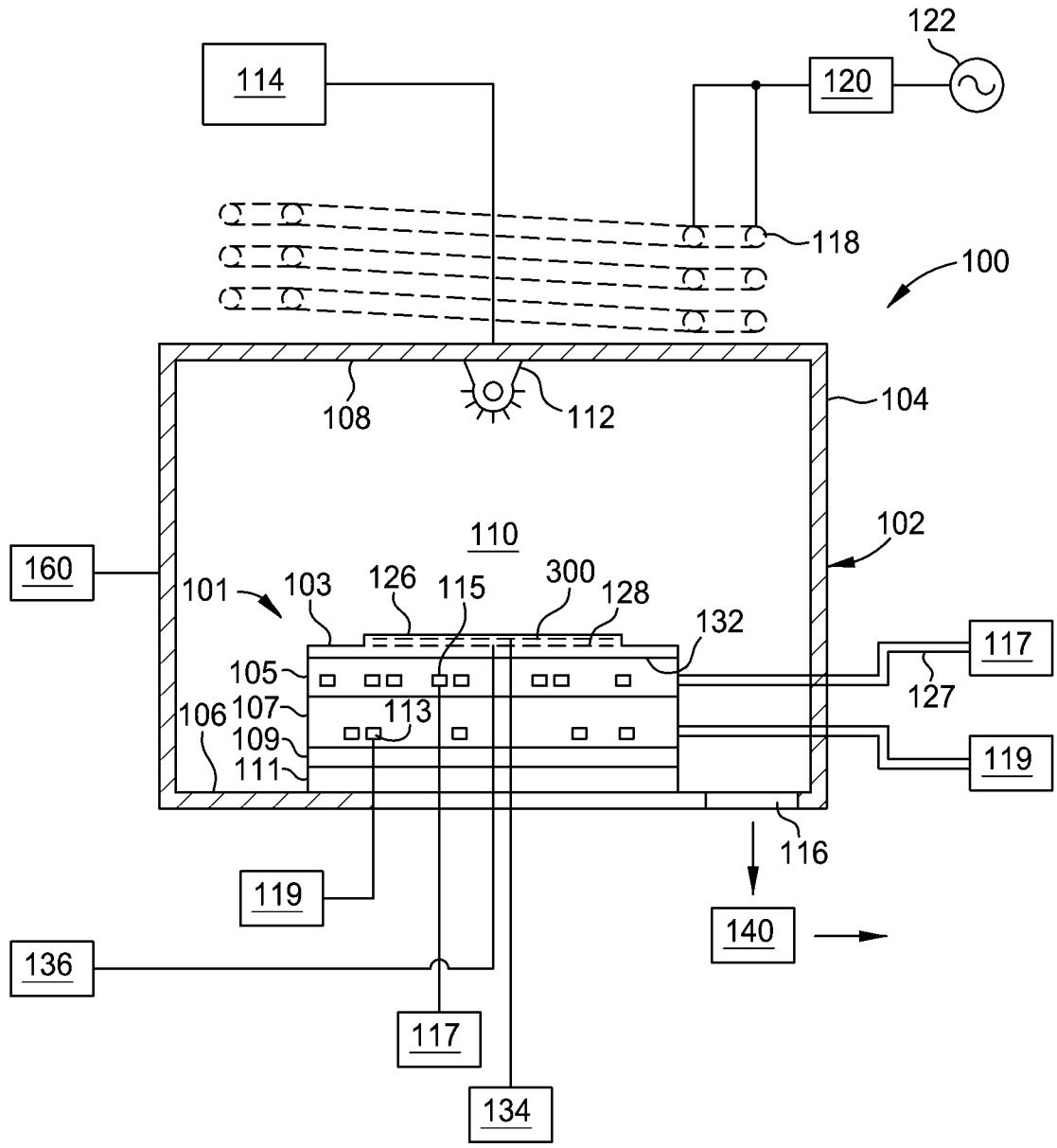


圖 1

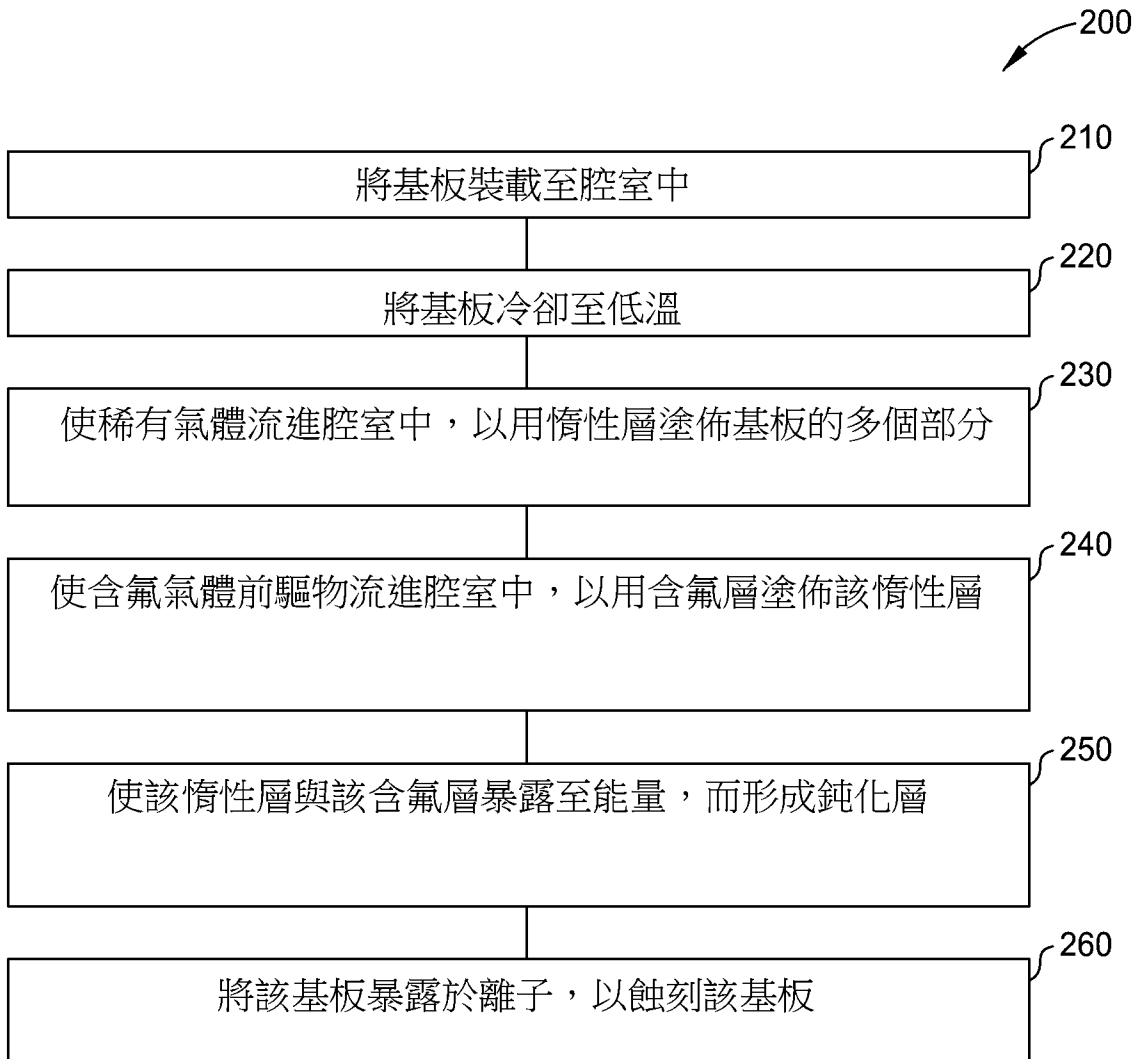


圖2



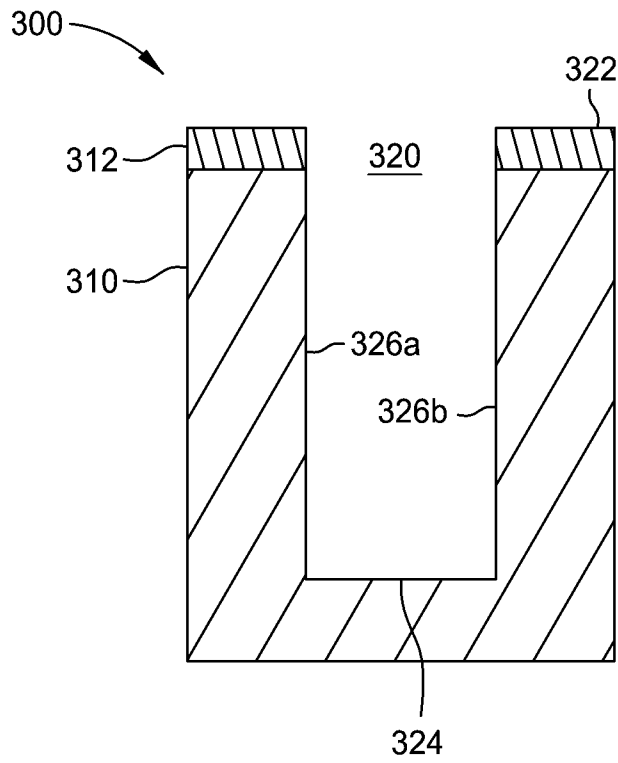


圖3A

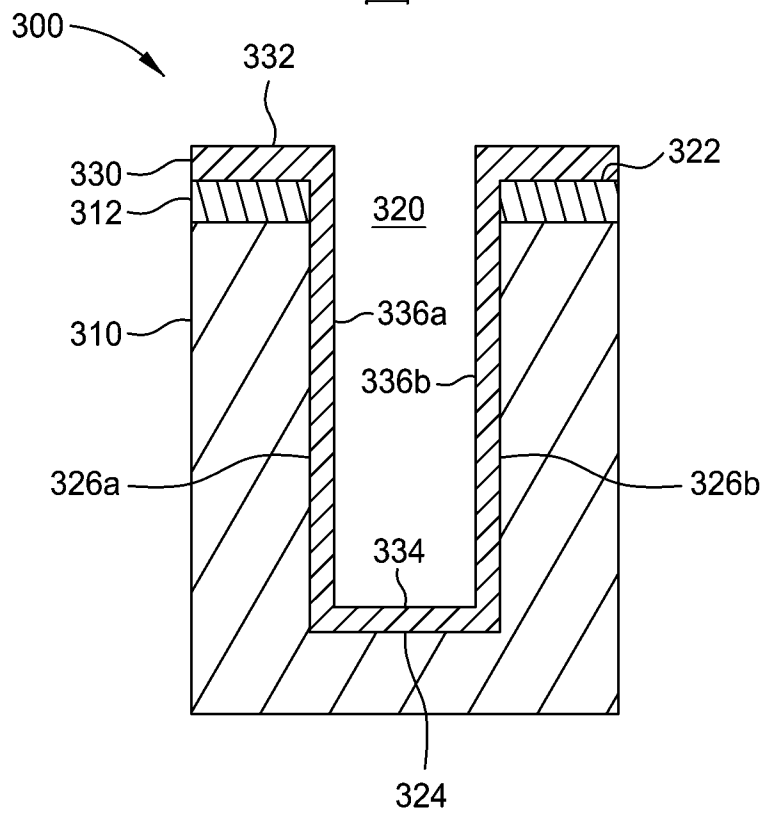


圖3B



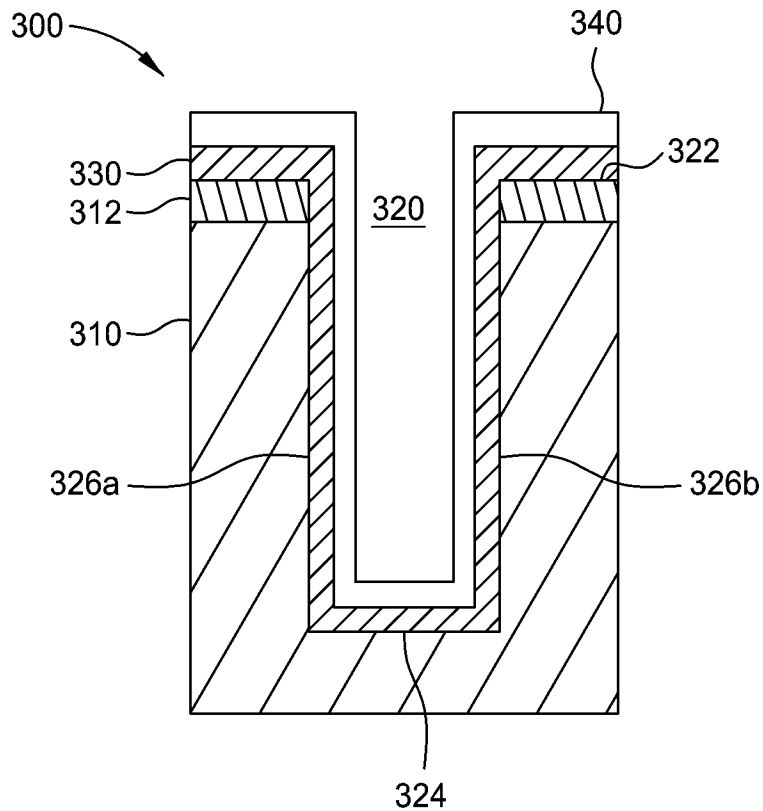


圖3C

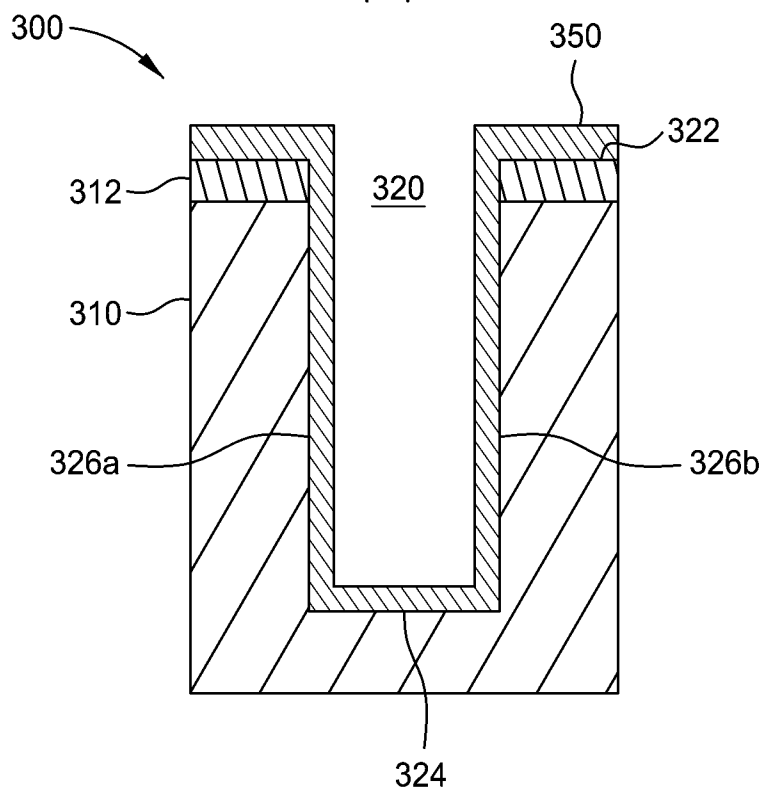


圖3D



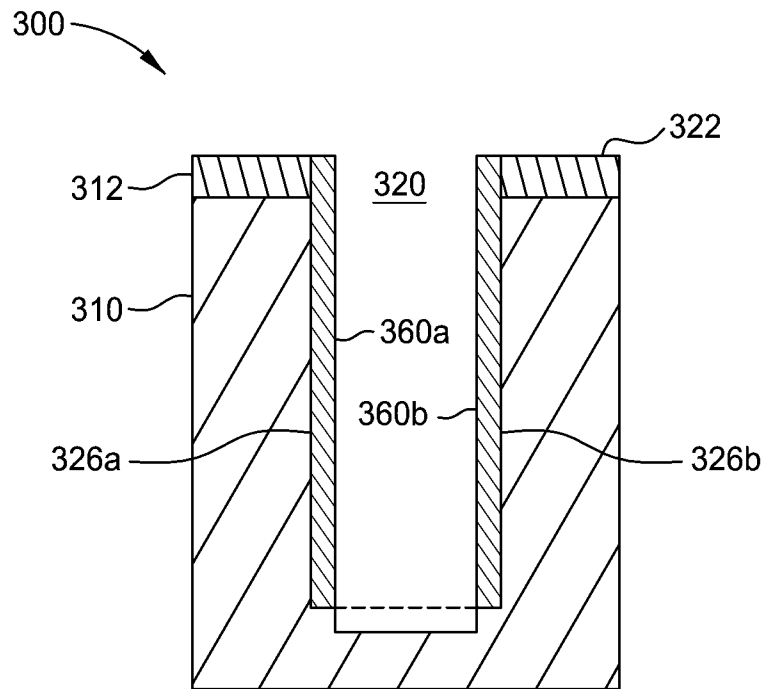


圖3E

