



(21)申請案號：107131673 (22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 09 月 10 日  
 (51)Int. Cl. : H01L21/768 (2006.01) H01L21/67 (2006.01)  
 (30)優先權：2017/09/13 美國 15/703,917  
 (71)申請人：美商蘭姆研究公司(美國) LAM RESEARCH CORPORATION (US)  
 美國  
 (72)發明人：亞伯 喬瑟夫 ABEL, JOSEPH (US)；艾嘉沃 普爾基特 AGARWAL, PULKIT  
 (IN)；飛利浦 理查 PHILLIPS, RICHARD (US)；庫瑪 普魯夏坦 KUMAR,  
 PURUSHOTTAM (IN)；拉芙依 艾里恩 LAVOIE, ADRIEN (US)  
 (74)代理人：許峻榮  
 (56)參考文獻：  
 US 2012/0009802A1 US 2016/0190008A1  
 審查人員：林士淵  
 申請專利範圍項數：21 項 圖式數：13 共 70 頁

## (54)名稱

使用犧牲蝕刻蓋層之高深寬比特徵部的介電間隙填充

## (57)摘要

本文中描述用於將材料沉積至高深寬比特徵部、多層堆疊中之特徵部、具有正傾斜側壁之特徵部、具有，傾斜側壁之特徵部、具有內凹輪廓之特徵部、及 / 或具有側壁形貌之特徵部中之方法及設備。方法涉及，將第一數量之材料（例如介電質，例如矽氧化物）沉積至特徵部中並且在基板之場表面上形成犧牲護盔，蝕刻第一數量之材料其中一些以打開特徵部開口及 / 或使特徵部側壁平滑，及沉積第二數量之材料以填充特徵部。犧牲護盔與沉積至特徵部中之第一數量之材料可為相同或不同的材料。

Methods and apparatuses for depositing material into high aspect ratio features, features in a multi-laminate stack, features having positively sloped sidewalls, features having negatively sloped sidewalls, features having a re-entrant profile, and/or features having sidewall topography are described herein. Methods involve depositing a first amount of material, such as a dielectric (e.g., silicon oxide), into a feature and forming a sacrificial helmet on the field surface of the substrate, etching some of the first amount of the material to open the feature opening and/or smoothen sidewalls of the feature, and depositing a second amount of material to fill the feature. The sacrificial helmet may be the same as or different material from the first amount of material deposited into the feature.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 902f . . . 特徵部
- 904f . . . 基板
- 906f . . . 襯墊
- 908f . . . 矽氧化物
- 910f . . . 空間
- 912f . . . 底部
- 916f . . . 殘段
- 999f . . . 護蓋

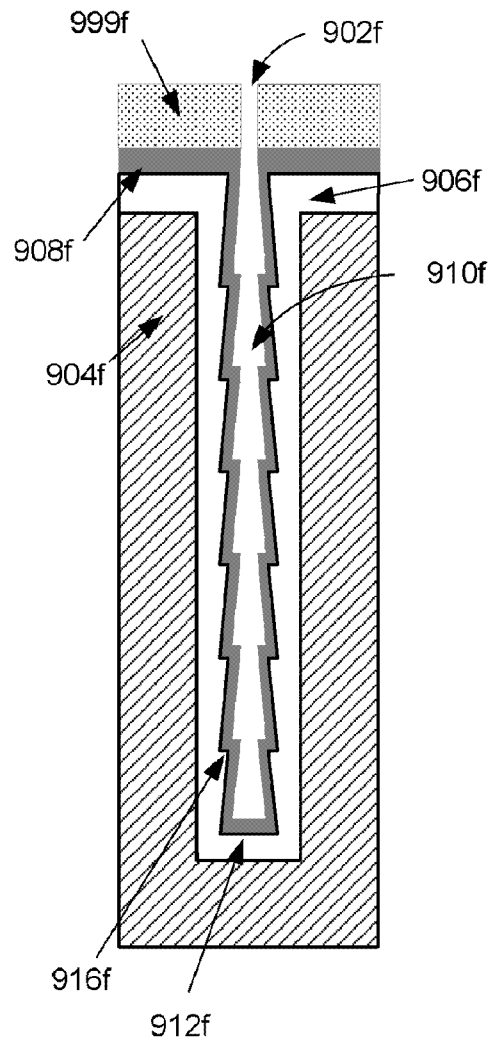


圖 9F



I791042

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】使用犧牲蝕刻蓋層之高深寬比特徵部的介電間隙填充

【英文發明名稱】DIELECTRIC GAPFILL OF HIGH ASPECT RATIO FEATURES UTILIZING A SACRIFICIAL ETCH CAP LAYER

## 【中文】

本文中描述用於將材料沉積至高深寬比特徵部、多層堆疊中之特徵部、具有正傾斜側壁之特徵部、具有，傾斜側壁之特徵部、具有內凹輪廓之特徵部、及 / 或具有側壁形貌之特徵部中之方法及設備。方法涉及，將第一數量之材料（例如介電質，例如矽氧化物）沉積至特徵部中並且在基板之場表面上形成犧牲護盔，蝕刻第一數量之材料其中一些以打開特徵部開口及 / 或使特徵部側壁平滑，及沉積第二數量之材料以填充特徵部。犧牲護盔與沉積至特徵部中之第一數量之材料可為相同或不同的材料。

## 【英文】

Methods and apparatuses for depositing material into high aspect ratio features, features in a multi-laminate stack, features having positively sloped sidewalls, features having negatively sloped sidewalls, features having a re-entrant profile, and/or features having sidewall topography are described herein. Methods involve depositing a first amount of material, such as a dielectric (e.g., silicon oxide), into a feature and forming a sacrificial helmet on the field surface of the substrate, etching some of the first amount of the material to open the feature opening and/or smoothen sidewalls of the feature, and depositing a second amount of material to fill the feature. The sacrificial

helmet may be the same as or different material from the first amount of material deposited into the feature.

【指定代表圖】 圖 9F

【代表圖之符號簡單說明】

902f 特徵部

904f 基板

906f 襯墊

908f 矽氧化物

910f 空間

912f 底部

916f 殘段

999f 護盔

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 使用犧牲蝕刻蓋層之高深寬比特徵部的介電間隙填充

【英文發明名稱】 DIELECTRIC GAPFILL OF HIGH ASPECT RATIO FEATURES  
UTILIZING A SACRIFICIAL ETCH CAP LAYER

### 【技術領域】

【0001】 本發明係關於使用犧牲蝕刻蓋層之高深寬比特徵部之介電間隙填充。

### 【先前技術】

【0002】 半導體製造處理涉及圖案化操作，包括在半導體基板上沉積及蝕刻各種材料。基板包括各種類型之特徵部，包括水平及垂直特徵部、具有傾斜側壁之負特徵部、具有內凹（re-entrant）特徵之特徵部、以及在具有二或更多材料之多層堆疊之基板中做為負特徵部之特徵部，俾使在特徵部側壁之表面上之材料組成根據特徵部之深度而變化。存在用於填充此類特徵部之各種技術，但當元件微縮且特徵部變得更小時，沒有空隙或接縫之特徵部填充變得越來越具有挑戰性。

### 【發明內容】

【0003】 本文提出用於處理半導體基板之方法及設備。一態樣關於一種填充基板上之特徵部之方法，該方法包括：提供基板至處理腔室，基板包括特徵部，特徵部包括特徵部開口及側壁形貌（topography），側壁形貌包括複數殘段（stub）在特徵部之側壁上；使用含矽前驅物及氧化劑以沉積第一數量之矽氧化物一持續時間，該持續時間不足以填滿特徵部；使第一數量之矽氧化物暴露至蝕刻劑，以蝕刻第一數量之矽氧化物其中至少一些；及在蝕刻第一數量之矽氧化物之後，沉積第二數量之矽氧化物在已蝕刻之該第一數量之該矽氧化物之上。

【0004】在各種實施例中，該等殘段在垂直於側壁平面上具有在 100 Å 與約 300 Å 之間之尺寸。

【0005】在各種實施例中，不足以沉積第一數量之矽氧化物至特徵部中之該持續時間在基板之場表面上形成矽氧化物之過載（overburden）。在一實施例中，使第一數量之矽氧化物暴露至蝕刻劑包括：相對於特徵部之內側，蝕刻在特徵部開口處或附近之第一數量之矽氧化物其中至少一些。

【0006】在各種實施例中，第二數量之矽氧化物係藉由電漿增強化學氣相沉積而加以沉積。在一些實施例中，該方法亦可包括：在沉積第二數量之矽氧化物之後，使第二數量之矽氧化物暴露至蝕刻劑之持續時間長於使第一數量之矽氧化物暴露至蝕刻劑所使用之持續時間。

【0007】在一些實施例中，特徵部之側壁包括二或更多材料層疊在一堆疊中。

【0008】在各種實施例中，第一數量之矽氧化物之沉積及第一數量之矽氧化物之暴露至蝕刻劑之實施沒有破真空。在各種實施例中，第一數量之矽氧化物之沉積及第一數量之矽氧化物之暴露至蝕刻劑是在相同腔室中實施。

【0009】在各種實施例中，第一數量之矽氧化物之暴露至蝕刻劑及第二數量之矽氧化物之沉積之實施沒有破真空。在一些實施例中，第一數量之矽氧化物之暴露至蝕刻劑及第二數量之矽氧化物之沉積是在相同腔室中實施。

【0010】在各種實施例中，第一數量之矽氧化物之沉積、第一數量之矽氧化物之暴露至蝕刻劑、及第二數量之矽氧化物之沉積之實施沒有破真空。在各種實施例中，第一數量之矽氧化物之沉積、第一數量之矽氧化物之暴露至蝕刻劑、及第二數量之矽氧化物之沉積是在相同腔室中實施。

【0011】在各種實施例中，第一數量之矽氧化物係藉由一或更多原子層沉積循環而加以沉積，一或更多原子層沉積循環之每一循環包括氧化劑及含矽前驅

物之複數交替脈衝。在各種實施例中，不足以填滿特徵部之持續時間是實施原子層沉積約 40 循環或更少之持續時間。在一些實施例中，在氧化劑之複數脈衝期間，點燃電漿。在各種實施例中，一或更多原子層沉積循環之每一循環更包括：在氧化劑及含矽前驅物之該等交替脈衝之間吹淨處理腔室。在一些實施例中，在沉積第一數量之矽氧化物之後且在使第一數量之矽氧化物暴露至蝕刻劑之前，吹淨處理腔室。在一些實施例中，在使第一數量之矽氧化物暴露至蝕刻劑之後且在沉積第二數量之矽氧化物之前，吹淨處理腔室。

**【0012】** 在各種實施例中，蝕刻劑為三氟化氮 ( $\text{NF}_3$ )、氟仿 ( $\text{CHF}_3$ )、八氟環丁烷 ( $\text{C}_4\text{F}_8$ )、四氟甲烷 ( $\text{CF}_4$ )、及其組合其中任一者。

**【0013】** 在各種實施例中，特徵部具有至少 5 微米之深度。在各種實施例中，特徵部具有至少 15:1 之深寬比。

**【0014】** 一種填充基板上之特徵部之方法，該方法包括：提供基板至處理腔室，基板包括特徵部，特徵部包括特徵部開口及側壁形貌，側壁形貌包括複數殘段在特徵部之側壁上；使用含矽前驅物及氧化劑以沉積第一數量之矽氧化物一持續時間，持續時間不足以填滿特徵部；在沉積第一數量之矽氧化物之後且在使第一數量之矽氧化物暴露至蝕刻劑之前，沉積犧牲護盔 (helmet)，犧牲護盔形成過載在基板之場表面上；使基板暴露至蝕刻劑，以蝕刻第一數量之矽氧化物其中至少一些；及在蝕刻第一數量之矽氧化物之後，沉積第二數量之矽氧化物在已蝕刻之第一數量之矽氧化物之上，以至少部分填滿特徵部。

**【0015】** 在各種實施例中，該等殘段在垂直於側壁平面上具有在 100 Å 與約 300 Å 之間之尺寸。

**【0016】** 在各種實施例中，犧牲護盔係藉由電漿增強化學氣相沉積而加以沉積。

**【0017】** 在各種實施例中，犧牲護盔包括矽氮化物。

【0018】 在各種實施例中，犧牲護盃包括矽氧化物。

【0019】 在各種實施例中，第一數量之矽氧化物之沉積及犧牲護盃之沉積之實施沒有破真空。在一些實施例中，第一數量之矽氧化物之沉積及基板之暴露至蝕刻劑之實施沒有破真空。在一些實施例中，第一數量之矽氧化物之沉積、犧牲護盃之沉積、及基板之暴露至蝕刻劑之實施沒有破真空。在一些實施例中，基板之暴露至蝕刻劑及第二數量之矽氧化物之沉積之實施沒有破真空。在一些實施例中，犧牲護盃之沉積、基板之暴露至蝕刻劑、及第二數量之矽氧化物之沉積之實施沒有破真空。在一些實施例中，第一數量之矽氧化物之沉積、犧牲護盃之沉積、基板之暴露至蝕刻劑、及第二數量之矽氧化物之沉積之實施沒有破真空。

【0020】 在各種實施例中，第一數量之矽氧化物之沉積及犧牲護盃之沉積是在相同腔室中實施。在一些實施例中，第一數量之矽氧化物之沉積及基板之暴露至蝕刻劑是在相同腔室中實施。在一些實施例中，第一數量之矽氧化物之沉積、犧牲護盃之沉積、及基板之暴露至蝕刻劑是在相同腔室中實施。在一些實施例中，犧牲護盃之沉積、基板之暴露至蝕刻劑及第二數量之矽氧化物之沉積是在相同腔室中實施。在一些實施例中，第一數量之矽氧化物之沉積、犧牲護盃之沉積、基板之暴露至蝕刻劑、及第二數量之矽氧化物之沉積是在相同腔室中實施。

【0021】 在各種實施例中，第一數量之矽氧化物係藉由一或更多原子層沉積循環而加以沉積，一或更多原子層沉積循環之每一循環包括氧化劑及含矽前驅物之複數交替脈衝。在各種實施例中，不足以填滿特徵部之持續時間是實施原子層沉積約 40 循環或更少之持續時間。在一些實施例中，在氧化劑之複數脈衝期間，點燃電漿。在各種實施例中，一或更多原子層沉積循環之每一循環更包括：在氧化劑及含矽前驅物之該等交替脈衝之間吹淨處理腔室。在一些實施例中，在沉積第一數量之矽氧化物之後且在使第一數量之矽氧化物暴露至蝕刻劑之前，吹

淨處理腔室。在一些實施例中，在使第一數量之矽氧化物暴露至蝕刻劑之後且在沉積犧牲護蓋之前，吹淨處理腔室。

**【0022】** 在各種實施例中，蝕刻劑為三氟化氮 ( $\text{NF}_3$ )、氟仿 ( $\text{CHF}_3$ )、八氟環丁烷 ( $\text{C}_4\text{F}_8$ )、四氟甲烷 ( $\text{CF}_4$ )、及其組合其中任一者。

**【0023】** 在各種實施例中，特徵部具有至少 5 微米之深度。在各種實施例中，特徵部具有至少 15:1 之深寬比。

**【0024】** 另一態樣關於一種填充基板上之特徵部之方法，方法包括：提供基板至處理腔室，基板包括特徵部，特徵部包括特徵部開口及複數側壁，該等側壁具有一或更多內凹表面；沉積第一數量之材料一持續時間，該持續時間不足以填滿特徵部；使第一數量之材料暴露至蝕刻劑，以蝕刻在特徵部中之第一數量之材料其中至少一些；及在蝕刻第一數量之材料之後，沉積第二數量之材料在已蝕刻之第一數量之材料之上，其中材料係矽碳化物、矽氮化物、矽、鎢、鈦、銅、鈷及鋁其中任一者。

**【0025】** 在各種實施例中，足以沉積第一數量之材料至特徵部中之持續時間在基板之場表面上形成矽氧化物之過載。

**【0026】** 在各種實施例中，使第一數量之材料暴露至蝕刻劑包括：相對於特徵部之內側，蝕刻在特徵部開口處或附近之第一數量之材料其中至少一些。

**【0027】** 在各種實施例中，第二數量之材料係藉由電漿增強化學氣相沉積而加以沉積。

**【0028】** 在一些實施例中，方法亦包括：在沉積第二數量之材料之後，使第二數量之材料暴露至蝕刻劑之持續時間長於使第一數量之材料暴露至蝕刻劑所使用之持續時間。

**【0029】** 在各種實施例中，特徵部之該等側壁包括二或更多材料層疊在堆疊中。

【0030】在各種實施例中，第一數量之材料之沉積及第一數量之材料之暴露至蝕刻劑之實施沒有破真空。

【0031】在各種實施例中，第一數量之材料之暴露至蝕刻劑及第二數量之材料之沉積之實施沒有破真空。

【0032】另一態樣關於一種填充基板上之特徵部之方法，方法包括：提供基板至處理腔室，基板包括特徵部，特徵部包括特徵部開口及側壁形貌，側壁形貌包括複數殘段在特徵部之側壁上；沉積第一數量之第一材料一持續時間，該持續時間不足以填滿特徵部；在沉積第一數量之第一材料之後且在使第一數量之第一材料暴露至蝕刻劑之前，沉積犧牲護蓋，犧牲護蓋形成過載在基板之場表面上，犧牲護蓋包括第二材料；使基板暴露至蝕刻劑，以蝕刻第一數量之第一材料其中至少一些；及在蝕刻第一數量之第一材料之後，沉積第二數量之氧化物在已蝕刻之第一數量之第一材料之上，以至少部分填滿特徵部。

【0033】在各種實施例中，該等殘段在垂直於側壁平面上具有在 100 Å 與約 300 Å 之間之尺寸。

【0034】在各種實施例中，第一材料係不同於第二材料。在各種實施例中，第一材料在組成上與第二材料相同。在各種實施例中，第二材料係藉由電漿增強化學氣相沉積而加以沉積。

【0035】在各種實施例中，第一材料係藉由原子層沉積而加以沉積。在一些實施例中，第一材料之沉積係藉由同時引入含矽前驅物及含氮反應物並點燃電漿以形成矽氮化物。在各種實施例中，含氮反應物係與氧一起引入。在一些實施例中，蝕刻劑是含鹵素蝕刻劑。例如，在一些實施例中，蝕刻劑是三氟化氮。在各種實施例中，當使用蝕刻劑時，犧牲護蓋具有相對於第一材料之蝕刻選擇性。在一些實施例中，犧牲護蓋對第一材料之蝕刻選擇性是在約 1:2 與約 1:5 之間，其中第一材料之蝕刻比犧牲護蓋快約 2 至約 5 倍。

【0036】另一態樣關於一種用於處理半導體基板之設備，包括：(a) 至少一處理腔室，包括用以固持半導體基板之基座；(b) 至少一出口，用以耦接至真空；(c) 一或更多處理氣體入口，耦接至一或更多處理氣體源；及 (d) 控制器，用以控制在設備中之複數操作，包括複數機器可讀指令以進行：(i) 引入含矽前驅物及氧化劑，以在半導體基板上沉積第一數量之矽氧化物一持續時間，該持續時間不足以填滿在半導體基板上之特徵部，特徵部具有特徵部開口及側壁形貌，側壁形貌具有複數殘段在特徵部之側壁上；(ii) 引入蝕刻劑至該至少一處理腔室一持續時間，以蝕刻第一數量之矽氧化物其中至少一些；及 (iii) 在引入蝕刻劑至該至少一處理腔室之後，引入含矽前驅物及氧化劑，以沉積第二數量之矽氧化物在已蝕刻之第一數量之矽氧化物之上。

【0037】在各種實施例中，控制器更包括：用以設定步驟 (iii) 之持續時間長於步驟 (i) 之持續時間之指令。在各種實施例中，控制器更包括：用以使步驟 (i) 及步驟 (ii) 實施而沒有破真空之機器可讀指令。

【0038】在各種實施例中，設備亦包括：電漿產生器，用以產生電漿。在一些實施例中，控制器更包括：用以在引入氧化劑時點燃電漿之指令。

【0039】另一態樣關於一種用於處理半導體基板之設備，包括：(a) 至少一處理腔室，包括用以固持半導體基板之基座；(b) 至少一出口，用以耦接至真空；(c) 一或更多處理氣體入口，耦接至一或更多處理氣體源；及 (d) 控制器，用以控制在設備中之複數操作，包括複數機器可讀指令以進行：(i) 引入用於沉積第一數量之材料之沉積前驅物及反應物一持續時間，該持續時間不足以填滿在半導體基板上之特徵部；(ii) 引入蝕刻劑，以蝕刻在特徵部中之第一數量之材料其中至少一些；及 (iii) 在引入蝕刻劑之後，引入沉積前驅物及反應物，以沉積第二數量之材料在已蝕刻之第一數量之材料之上，其中材料係矽碳化物、矽氮化物、矽、鎢、鈦、銅、鈷及鋁其中任一者。

【0040】 在各種實施例中，控制器更包括：用以設定步驟 (iii) 之持續時間長於步驟 (i) 之持續時間之指令。在各種實施例中，控制器更包括：用以使步驟 (i) 及步驟 (ii) 實施而沒有破真空之機器可讀指令。

【0041】 在各種實施例中，設備亦包括：電漿產生器，用以產生電漿。在一些實施例中，控制器更包括：用以在引入氧化劑時點燃電漿之指令。

【0042】 另一態樣關於一種用於處理半導體基板之設備，包括：(a) 至少一處理腔室，包括用以固持半導體基板之基座；(b) 至少一出口，用以耦接至真空；(c) 一或更多處理氣體入口，耦接至一或更多處理氣體源；及 (d) 控制器，用以控制在設備中之複數操作，包括複數機器可讀指令以進行：(i) 引入含矽前驅物及氧化劑，以在半導體基板上沉積第一數量之矽氧化物一持續時間，該持續時間不足以填滿在半導體基板上之特徵部，特徵部具有特徵部開口及側壁形貌，側壁形貌具有複數殘段在特徵部之側壁上；(ii) 引入用於沉積犧牲護盔之一或更多處理氣體，犧牲護盔形成過載在半導體基板之場表面上；(iii) 引入蝕刻劑至該至少一處理腔室一持續時間，以蝕刻第一數量之矽氧化物其中至少一些；及 (iv) 在引入蝕刻劑至該至少一處理腔室之後，引入含矽前驅物及氧化劑，以沉積第二數量之矽氧化物在已蝕刻之第一數量之矽氧化物之上。

【0043】 在各種實施例中，控制器包括：用以在步驟 (ii) 期間傳送第二含矽前驅物及含氮反應物以沉積犧牲護盔之指令，犧牲護盔包括矽氮化物。

【0044】 另一態樣關於一種用於處理半導體基板之設備，包括：(a) 至少一處理腔室，包括用以固持半導體基板之基座；(b) 至少一出口，用以耦接至真空；(c) 一或更多處理氣體入口，耦接至一或更多處理氣體源；及 (d) 控制器，用以控制在設備中之複數操作，包括複數機器可讀指令以進行：(i) 引入用於沉積第一材料之第一組沉積前驅物，以在半導體基板上沉積第一數量之第一材料一持續時間，該持續時間不足以填滿在半導體基板上之特徵部；(ii) 引入用於沉積犧牲護

盃之一或更多處理氣體，犧牲護盃形成過載在半導體基板之場表面上，犧牲護盃包括第二材料；(iii) 引入蝕刻劑至該至少一處理腔室一持續時間，以蝕刻第一數量之第一材料其中至少一些；及 (iv) 在引入蝕刻劑至該至少一處理腔室之後，引入第一組沉積前驅物，以沉積第二數量之第一材料在已蝕刻之第一數量之第一材料之上。

【0045】 在各種實施例中，第一材料係不同於第二材料。在各種實施例中，第一材料在組成上與第二材料相同。

【0046】 以下將參考圖式以進一步說明這些及其它態樣。

#### 【圖式簡單說明】

【0047】 圖 1A-1E 為具有各種類型之特徵部之示例性基板之示意圖。

【0048】 圖 2A-2E 為具有填充著材料之各種類型之特徵部之示例性基板之示意圖。

【0049】 圖 3A-3D 為在具有內凹特徵部之基板中之示例性特徵部之示意圖，示例性特徵部遭受特徵部填充。

【0050】 圖 4A-4D 為在具有側壁波形起伏之基板中之示例特徵部之示意圖，示例性特徵部遭受特徵部填充。

【0051】 圖 5A-5C 為在具有多層堆疊之基板中之示例性特徵部之示意圖，示例性特徵部遭受特徵部填充。

【0052】 圖 6 和 7 為處理流程圖，描繪在根據某些所揭示的實施例之方法中所實施之操作。

【0053】 圖 8A-8D 為根據某些所揭示的實施例之具有內凹特徵部之基板中之示例性特徵部之示意圖，示例性特徵部遭受特徵部填充。

【0054】 圖 9A-9D 為根據某些所揭示的實施例之具有側壁形貌之基板中之示例性特徵部之示意圖，示例性特徵部遭受特徵部填充。

【0055】圖 9E-9H 為根據某些所揭示的實施例之具有側壁形貌之基板中之示例性特徵部之示意圖，示例性特徵部遭受特徵部填充。

【0056】圖 10A-10C 為根據某些所揭示的實施例之具有多層堆疊之基板中之示例性特徵部之示意圖，示例性特徵部遭受特徵部填充。

【0057】圖 11 為時序示意圖，描繪根據某些所揭示的實施例所實施之操作之範例。

【0058】圖 12 為用於實施某些所揭示的實施例之示例性處理腔室之示意圖。

【0059】圖 13 為用於實施某些所揭示的實施例之示例性處理工具之示意圖。

#### 【實施方式】

【0060】在以下的敘述中，將提出數個特定細節以提供對於本發明實施例之徹底瞭解。所揭示的實施例可在缺乏部分或全部此些特定細節之情況下實施。在其它情況下，不詳細說明習知之處理操作，以免不必要地模糊所揭示的實施例。雖然將利用特定的實施例來說明所揭示的實施例，但應當瞭解，其並非意圖限制所揭示的實施例。

【0061】半導體製造處理通常包括，使用化學氣相沉積（CVD）及 / 或原子層沉積（ALD）方法之介電質間隙填充，以填充特徵部。本文中描述了利用材料（例如介電質或金屬材料，包括但不限於矽氧化物）填充特徵部之方法、以及相關的系統及設備。本文中所述之方法可用於填充垂直的負特徵部。形成在基板中之特徵部可藉由狹窄及 / 或內凹的開口、特徵部內之收縮（constriction）及高深寬比其中一或多者來描述其特性。基板可為矽晶圓，例如 200 mm 晶圓、300 mm 晶圓或 450 mm 晶圓，包括具有一或更多層材料（例如介電質、導電或半導體材料）沉積於其上之晶圓。

【0062】特徵部可形成在這些層其中一或更多者中。例如，特徵部可至少部分地形成在介電層中。如本文中所述之單一基板包括具有二或更多材料之多層堆疊，例如 ONON（氧化物-氮化物-氧化物-氮化物）堆疊、OPOP（多晶矽上之氧化矽）堆疊、或 OMOM 堆疊（金屬上之氧化矽，金屬例如為鎢、鈷或鉬），特徵部可形成在這類的多層基板中，其中特徵部之側壁包括二或更多組成。多層堆疊可在雙層（例如 ON）至 500 組合層（例如 {ON}<sub>150</sub>）之範圍中。特徵部也可具有傾斜的側壁或側壁形貌。側壁形貌包括具有一或更多殘段之鋸齒狀側壁，每一殘段在垂直於側壁平面上具有在 100 Å 與約 300 Å 之間之尺寸。在各種實施例中，側壁形貌之特徵在於二或更多殘段，其中二或更多殘段存在於特徵部深度方向之側壁上。換言之，在側壁上之一殘段之深度不同於存在側壁上之第二殘段之深度。此外，特徵部也可包括內凹輪廓。

【0063】特徵部孔在開口附近之尺寸（例如，開口直徑或線寬）亦可在約 1 nm 與約 1 微米之間，例如在約 25 nm 與約 300 nm 之間，例如約 200 nm。特徵部孔可被稱為未填充特徵部或簡稱為特徵部。在一些實行例中，特徵部孔之深寬比可為至少約 2：1、至少約 4：1、至少約 6：1、或至少約 20：1 或更大。

【0064】圖 1A-1E 顯示出具有各種類型之特徵部之示例性基板。圖 1A 顯示出在具有多層堆疊之基板中之特徵部 102a，多層堆疊包括在交替的水平層中之二組成 104a 及 114a，其中特徵部 102a 係藉由將一孔蝕刻至襯墊 106a 中而加以定義。應當注意，雖然在本文所述之各種範例中描繪了襯墊 106a，但是在一些實施例中，不存在襯墊。在存在襯墊之情況下，襯墊可為氮化物材料，例如但不限於矽氮化物，或者在一些實施例中，襯墊可為多晶矽材料。

【0065】圖 1B 顯示出在基板 104b 中之特徵部 102b，具有由襯墊 106b 所定義之直側壁。圖 1B 之特徵部 102b 具有高深寬比，具有直的側壁。圖 1C 顯示出在基板 104c 中之示例性特徵部 102c，具有襯墊 106c，從而形成具有正傾斜側

壁之特徵部 102c，其中在特徵部 102c 頂部處之特徵部開口 120c 大於在底部 112c 處之寬度。圖 1D 顯示出在基板 104d 中之特徵部 102d，其中特徵部 102d 係藉由在襯墊 106d 中蝕刻一孔而加以定義，且特徵部 102d 包括負傾斜側壁或內凹輪廓，其中在特徵部 102d 之頂部處之特徵部開口 120d 比特徵部 102d 之底部 112d 之寬度窄。圖 1E 顯示出在基板 104e 中之特徵部 102e，其中特徵部 102e 係藉由在襯墊 106e 中蝕刻一孔而加以定義，且特徵部 102e 包括具有殘段之側壁形貌。在一些例子中，由於用於形成特徵部之蝕刻類型、或者形成特徵部之一或更多材料，特徵部可具有側壁形貌。例如在圖 1A-1E 中所示之範例之特徵部之填充係取決於特徵部類型及輪廓。雖然可使用例如 CVD 及 ALD 之現有技術來填充這些特徵部，但是習知技術導致在特徵部內形成非期望的接縫或空隙。

【0066】圖 2A 顯示出具有襯墊 206a 之示例性特徵部 202a 在基板中，基板包括多層堆疊，該多層堆疊具有在交替層中之材料 204a 及 214a。介電材料 208a 藉由保形 ALD 而沉積至特徵部 202a 中，但是在特徵部 202a 之中間形成接縫 210a，因為自側壁生長之介電材料 208a 在特徵部 202a 之中間相遇，從而形成接縫 210a。

【0067】圖 2B 顯示出特徵部 202b 之類似現象，特徵部 202b 藉由 ALD 而填充有介電材料 208b 在襯墊 206b 上，襯墊 206b 定義了在基板 204b 中具有直的側壁之特徵部 202b。類似地，在圖 2C 中，正斜率特徵部 202c 包括在基板 204c 中之底部 212a 處之較窄的寬度且具有由襯墊 206c 所定義之側壁，亦導致當藉由保形 ALD 而沉積介電材料 208c 時形成接縫 210c。圖 2D 亦顯示出具有負斜率特徵部之特徵部 202d，其在底部 212d 處具有較寬的寬度、由在基板 204d 中之襯墊 206d 所定義。在此範例中，當沉積介電材料 208d 時，仍然形成接縫 210d。在一些例子中，由於 ALD 之保形填充，亦可能形成空隙在特徵部 202d 之底部處或其附近。圖 2E 顯示出特徵部 202e 之範例，具有由基板 204e 中之襯墊 206e 所

定義之側壁形貌。側壁形貌之特徵在於殘段 216e，且特徵部之底部 212e 寬於殘段 216e 處之寬度。當藉由 ALD 而沉積材料 208e 時，形成微空隙 210e，且特徵部不能完全被填充。微空隙可定義為直徑小於約 50 nm 之空隙，或者在一些實施例中，直徑在約 30 nm 與約 50 nm 之間、或直徑小於 30 nm，例如小於約 15 nm 寬。

【0068】已經提出了一些沉積 - 蝕刻 - 沉積 (dep-etch-dep) 技術以用介電材料填充各種特徵部。然而，現有的沉積 - 蝕刻 - 沉積技術亦導致對基板上之其它材料之非期望的蝕刻，因此導致材料損失。如下所述，圖 3A-3D、4A-4D 及 5A-5C 中提出了範例。

【0069】圖 3A 顯示出在基板 304a 中之特徵部 302a 之範例，其中特徵部輪廓由襯墊 306a 所定義。如圖所示，在 312a 處所描繪之特徵部之底部之寬度窄於在特徵部開口處或其附近之寬度之一部分，為此描繪出內凹輪廓。在習知的保形 ALD 中，材料 308b 逐層地填充特徵部 302b，如圖 3B 所示。在圖 3B 中，材料 308b 被描繪為沉積至特徵部 302b 中，其特徵部輪廓定義在基板 304b 之襯墊 306b 中。然而，ALD 沉積是保形的並且導致空隙 310b 之形成，而特徵部之底部 312b 被完全填充。習知的沉積 - 蝕刻 - 沉積涉及在 ALD 沉積之後之蝕刻，例如圖 3C 中所示。在圖 3C 中，回蝕已沉積的介電材料 308c 以打開基板 304c 中之特徵部 302c 之窄特徵部開口。然而，即使在將介電材料 308c 蝕刻至襯墊 306c 之表面之後，空隙 310c 仍然存在，而開口 308c 尚未打開。特徵部之底部 312c 保持填充。在習知的沉積 - 蝕刻 - 沉積中，實施蝕刻直到特徵部被打開以允許特徵部之進一步填充，因此如圖 3D 所示，回蝕導致襯墊 306d 之材料損失 316d 以打開特徵部 302d，並且能夠接近由材料 308d 之先前 ALD 沉積所形成之空隙 310d。在基板 308d 中之特徵部之底部 312d 保持填充。然而，這樣的材料損失 316d 是非期望的。

【0070】圖 4A-4D 亦顯示出非期望蝕刻之範例，其係由使用介電材料以填充特徵部之習知沉積 - 蝕刻 - 沉積處理所造成。圖 4A 包括在基板 404a 中之特徵部 402a，具有藉由在襯墊 406a 中蝕刻所形成之側壁形貌，側壁形貌具有殘段，其中在殘段處之特徵部寬度窄於在特徵部之底部 412a 處。在這樣的實施例中，一些殘段是處於相同的深度。在圖 4B 中，實施 ALD 以將介電材料 408b 保形地沉積至在襯墊 406b 上之特徵部 402b 中。應當注意，在特徵部 402b 之側壁上之沉積材料之間之空間 410b 保持打開，且材料 408b 沉積在殘段 416b 上，包括底部 412b。然而，為了避免在側壁形貌之間形成空隙，在圖 4C 中，已沉積的介電材料 408b 被回蝕以使已沉積的材料平滑，如材料 408c 之已平滑化的表面 414c 所示。應當注意，特徵部 402c 在基板 404c 之特徵部 402c 之殘段 416c 及底部 412c 附近仍然包括粗糙的沉積材料。在圖 4D 中，進一步回蝕基板 404，以容許沿著整個側壁之平滑化，以減少微孔隙之形成，如在特徵部之頂部 414d 處之平滑及在特徵部之底部 416d 處之平滑所示。應當注意，在特徵部之殘段 416d 及底部 412d 處或附近之介電材料 408d 被平滑化，俾使隨後的 ALD 沉積不會形成微孔隙。然而，這樣的回蝕導致襯墊 406d 之材料損失 416d，這可能因此在後續導致問題。

【0071】圖 5A-5C 亦顯示出具有二組成 504a 及 514a 之多層堆疊之基板之範例，其中基板包括特徵部 502a，材料 508a 保形地沉積在襯墊 506a 上。在圖 5B 中，材料 508b 被回蝕以打開特徵部 502b 之特徵部開口，但是這樣的蝕刻造成襯墊 506b 之蝕刻，從而造成漸縮的 (tapered) 輪廓。在圖 5C 之材料 508c 之後續沉積中，材料沉積在漸縮輪廓上，結果為具有填充特徵部但具有堆疊材料損失之基板。

【0072】在進行高深寬比特徵部及具有側壁形貌之特徵部之間隙填充時，現有技術之這些及其它問題導致非期望的特徵部輪廓。

【0073】本文中提出方法及設備，用於將介電材料沉積至具有高深寬比、側壁形貌、多層堆疊組成及內凹輪廓之特徵部中。方法包括調變的沉積 - 蝕刻 - 沉積持續時間及條件，以減少及消除特徵部輪廓及基板之下層之蝕刻，包括使用電漿增強化學氣相沉積在基板之場表面上沉積犧牲護蓋，從而導致在特徵部開口處之材料（可與沉積在特徵部中之材料相同或不同）之過載，並且實施更久的回蝕以打開該特徵部，同時僅僅消耗材料之犧牲過載而不蝕刻基板之下層，因此防止特徵部輪廓之蝕刻。

【0074】雖然以下描述聚焦於介電質特徵部填充，但是本揭示內容之態樣亦可用於以其它材料來填充特徵部。例如，使用本文中所述之一或更多技術之特徵部填充可用於利用其它材料來填充特徵部，其它材料包括含矽材料（例如，矽碳化物、矽氮化物、矽氧化物、矽）及含金屬材料（例如，鎢、鈦、銅、鈷、鋁、及其氮化物及碳化物）。

【0075】圖 6 為處理流程圖，描繪根據某些所揭示的實施例所實施之方法之操作。圖 6 中之操作可在約 50 °C 與約 650 °C 之間之基板溫度下實施。

【0076】在操作 602 中，提供具有特徵部之基板，特徵部具有側壁形貌。例如，特徵部可具有如圖 1E 中所繪示之輪廓。儘管關於圖 6 所述之範例係關於具有側壁形貌之特徵部，但是應當理解，在一些實施例中，所揭示的實施例可在具有垂直側壁之高深寬比特徵部、具有內凹輪廓之特徵部、具有正傾斜側壁之特徵部、具有負傾斜側壁之特徵部、以及在側壁上具有多堆疊組成之特徵部（分別如同圖 1B、1C、1D 及 1A 所示）其中任何一或多者上施行。可提供基板至處理腔室，處理腔室可位於用於處理一或更多晶圓之單站式或多站式設備之工作站內。

【0077】在操作 604 中，將第一數量之介電材料沉積在特徵部中。在各種實施例中，第一數量之介電材料不足以填滿特徵部。未充分填滿的特徵部係定義

為具有一些介電材料沉積在其中、且特徵部中存在一或更多空隙之特徵部。未充分填滿的特徵部包括沿著特徵部之側壁沉積材料、但特徵部開口保持打開之特徵部。在操作 604 期間之沉積可實施於約 0.1 Torr 與約 15 Torr 之間之腔室壓力下，例如約 6 Torr。

【0078】在各種實施例中，介電材料為矽氧化物。矽氧化物可藉由 ALD、電漿增強 ALD (PEALD)、CVD、或電漿增強 CVD (PECVD) 而加以沉積。ALD 為使用依序自限制反應來沉積材料之薄層之技術。ALD 處理使用表面媒介的 (surface-mediated) 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) 前驅物之傳送 / 吸附、(ii) 從腔室吹淨前驅物、(iii) 第二反應物之傳送及可選的電漿點燃、及 (iv) 從腔室吹淨副產物。第二反應物與吸附的前驅物之間之反應在基板表面上形成膜，並且影響膜之成份及性質，例如非均勻性、應力、濕蝕刻率、乾蝕刻率、電性（例如，崩潰電壓及漏電流）等。

【0079】在 ALD 處理之一範例中，基板表面包含一群表面活性位置，將該基板表面曝露至提供至容納該基板之腔室之一劑量之第一前驅物（例如，含矽前驅物）之氣相分配。第一前驅物之分子被吸附至基板表面上，包括第一前驅物之化學吸附物種及 / 或物理吸附分子。應當了解，如本文中所述，當化合物吸附至基板表面上時，吸附層可包括該化合物及該化合物之衍生物。例如，含矽前驅物之吸附層可包括該含矽前驅物、及該含矽前驅物之衍生物。在提供第一前驅物之後，接著將腔室抽空以去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物種。在一些實行例中，可能未將腔室完全抽空。例如，可將反應器抽空，俾使氣相之第一前驅物之分壓足夠低，以使反應減緩。將第二反應物（例如，含氧氣體）導入至腔室，使得這些分子其中一些與吸附在表面上之第一前驅物反應。在一些處理中，第二反應物立刻與吸附的第一前驅物進行反應。在其它實施例中，第二前驅物僅在暫時地施加活化源之後才進行反應。接著可再度使腔

室抽空，以去除未結合的第二反應物分子。如上所述，在一些實施例中，可能未將腔室完全抽空。額外的 ALD 循環可用於增加膜厚。

**【0080】** 在一些實施例中，ALD 方法包括電漿活化。如本文中所述，本文中所描述之 ALD 方法及設備可為保形膜沉積 (CFD) 方法，其大致上描述於美國專利申請案第 13/084,399 號 (現為美國專利第 8,728,956 號)，其申請日為 2011 年 4 月 11 日、且發明名稱為「PLASMA ACTIVATED CONFORMAL FILM DEPOSITION」，其整體內容併入於本文中作為參考。

**【0081】** 為了沉積矽氧化物，可使用一或更多含矽前驅物。根據所揭露的實施例，適用之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  $n \geq 0$ 。矽烷之範例為矽烷 ( $\text{SiH}_4$ )、二矽烷 ( $\text{Si}_2\text{H}_6$ )、及有機矽烷，例如甲基矽烷、乙基矽烷、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。

**【0082】** 鹵矽烷包含至少一鹵素基團，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) 在電漿點燃時可能形成會蝕刻矽材料之反應性鹵化物物種，但在一些實施例中，鹵矽烷在電漿點燃時可能未引入腔室中，所以可能減少來自鹵矽烷之反應性鹵化物物種之形成。具體之氯矽烷為四氯矽烷、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。

**【0083】** 胺基矽烷包含與矽原子鍵結之至少一氮原子，但亦可包含氫、氧、鹵素、及碳。胺基矽烷包含與矽原子鍵結之至少一氮原子，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 (分別為  $\text{H}_3\text{Si}(\text{NH}_2)$ 、

$\text{H}_2\text{Si}(\text{NH}_2)_2$ 、 $\text{HSi}(\text{NH}_2)_3$  及  $\text{Si}(\text{NH}_2)_4$  )，以及取代的一、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 )、叔丁基矽基胺甲酸酯( *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 (  $\text{N}(\text{SiH}_3)$  ) 。

**【0084】** 在操作 604 期間，亦使用額外的反應物。為了藉由 PECVD 沉積矽氧化物護盔，使氧化劑與含矽前驅物一起流動至處理腔室以進行反應，並且沉積矽氧化物在基板上。示例性氧化劑包括氧氣、水、二氧化碳、一氧化二氮及其組合。在各種實施例中，在點燃電漿時，使基板同時暴露至氧化劑及惰性氣體。例如，在一實施例中，在點燃電漿時，將氧及氫之混合物引至基板。示例性惰性氣體包括氮及氬。在一些實施例中，惰性氣體做為載氣以將處理氣體傳送至基板，並且在腔室之上游轉向。為了藉由 ALD 或 PEALD 進行沉積，含矽前驅物及反應物以脈衝的方式依序引入，其可藉由吹淨 ( *purging* ) 操作而分隔開。下面參考圖 7 進一步描述這些範例。

**【0085】** 在操作 604 中使用 ALD、PEALD、CVD 及 PECVD 其中任何之組合來沉積介電材料之實施例中，在二技術期間可使用相同的反應物及前驅物。在一些實施例中，可根據技術而選擇不同的前驅物。例如，在一些實施例中，可使用鹵矽烷而實施 ALD，然後使用矽烷做為含矽前驅物進行 PECVD。在一些實施例中，在用於沉積介電材料之一或更多技術期間點燃電漿。

**【0086】** 在操作 607 中，將犧牲護盔沉積在基板之場表面上。護盔為優先沉積在基板之場表面上 ( 相對於基板上之特徵部內部 ) 之材料之過載。在各種實施例中，護盔為用於緩衝後續的蝕刻處理之犧牲材料，以便保護下方的特徵部輪廓不被蝕刻或損壞。

【0087】 在各種實施例中，護盃材料生長在介電材料上，該介電材料係在操作 604 中所沉積並保留在基板之場表面上。因此，犧牲護盃不會在特徵部開口上方閉合，且特徵部開口保持打開。在各種實施例中，犧牲護盃是藉由 PECVD 而沉積。在後續的蝕刻操作 608 期間，犧牲護盃做為保護下方的基板及特徵部輪廓之一層。犧牲護盃與沉積至特徵部中之介電材料可為相同或不同的材料。例如，在一些實施例中，犧牲護盃是藉由 PECVD 而沉積之矽氧化物材料，而待沉積至特徵部中之材料亦為矽氧化物。

【0088】 在一些實施例中，護盃係沉積至在約 10 Å 與約 500 Å 之間之厚度。可使用 ALD、CVD 或兩者之組合來沉積護盃。在各種實施例中，護盃是藉由 PECVD 而沉積。在各種實施例中，使特徵部暴露至用以沉積護盃之沉積前驅物（例如，用於沉積矽氮化物護盃之含矽前驅物及含氮前驅物）足以形成護盃之持續時間。持續時間取決於特徵部開口之大小、特徵部開口之深度、用於沉積材料之技術、材料是否與沉積至特徵部中之材料相同或不同、以及如果材料與沉積至特徵部中之材料相同，已經沉積至特徵部中之材料量（若有的話）。

【0089】 在護盃材料與沉積至特徵部中之材料相同之一些實施例中，操作 604 之沉積可以循環的方式繼續，以沉積用於操作 607 之犧牲護盃。在各種實施例中，藉由 PEALD 或 ALD 以實施操作 604，而藉由 PECVD 以實施操作 607。在護盃材料與沉積至特徵部中之材料相同之情況下，在操作 604 及操作 607 兩者中可使用相同的前驅物。例如，以上關於操作 604 所述之任何前驅物及反應物可用於在操作 607 中沉積矽氧化物護盃。

【0090】 在一些實施例中，犧牲護盃與沉積至特徵部中之材料是不同的材料。例如，在一些實施例中，犧牲護盃是藉由 PECVD 所沉積之矽氮化物材料，而待沉積至特徵部中之材料是矽氧化物。在各種實施例中，當暴露至操作 608 中所使用之蝕刻劑時，犧牲護盃具有相對於待沉積材料之蝕刻選擇性，俾使操作

608 中之蝕刻不會損壞犧牲護盃，因此護盃可承受待沉積至特徵部中之材料之沉積及蝕刻之許多循環。在一些實施例中，護盃是矽氮化物材料，矽氮化物材料是由使用矽前驅物及氮電漿（同時或以個別的交替脈衝）之 PECVD 或 PEALD 所沉積。在各種實施例中，在使用矽氧化物以沉積第一數量之矽氧化物在特徵部中之後，實施矽氮化物護盃之形成，並且沉積矽氮化物在基板之場表面上。在各種實施例中，做為護盃之矽氮化物在蝕刻期間增加了對氧化物之蝕刻選擇性。對於藉由 CVD 之沉積，可使基板暴露至沉積前驅物（例如用於沉積矽氧化物之含矽前驅物及氧化劑）在約 2 秒與約 120 秒之間之持續時間。在一些實施例中，使用電漿增強處理（例如，PEALD 或 PECVD）以沉積護盃。

**【0091】** 為了藉由 PECVD 以沉積矽氮化物護盃，使含氮氣體（例如氮）與含矽前驅物一起流入處理腔室以形成矽氮化物。在各種實施例中，用電漿點燃氮以形成矽氮化物。

**【0092】** 在一範例中，使用矽烷做為矽前驅物，用於實施矽氮化物及 / 或矽氧化物之 PECVD。在藉由 PECVD 之沉積期間，前驅物及反應物以各種流率而流動。例如，為了沉積矽氧化物，矽烷可與氮及 / 或一氧化二氮一起流動。矽烷可以在約 50 sccm 與約 200 sccm 之間之流率引入，例如約 75 sccm。氮可以在約 1000 sccm 與約 15000 sccm 之間之流率引入，例如約 3000 sccm。一氧化二氮可以在約 5000 sccm 與約 25000 sccm 之間之流率引入，例如約 20000 sccm。

**【0093】** 在操作 608 中，從特徵部開口蝕刻介電材料，以在特徵部中留下部分蝕刻的介電材料。可實施蝕刻足以加寬特徵部開口之持續時間，俾使後續的沉積能夠到達特徵部之底部。例如，在一些實施例中，實施蝕刻之持續時間在約 100 秒與約 400 秒之間，例如約 115 秒、或約 200 秒、或約 300 秒、或約 400 秒。在各種實施例中，實施蝕刻之持續時間足以打開特徵部開口，而不去除在操作 604 中沉積至特徵部中之介電材料層下方之材料。在各種實施例中，蝕刻之實施

對於護蓋材料具有蝕刻選擇性。例如，在一些實施例中，三氟化氮（ $\text{NF}_3$ ）是在操作 608 期間所使用之蝕刻劑，且矽氧化物對犧牲矽氮化物護蓋之蝕刻選擇性在約 3：1 與約 5：1 之間。

**【0094】** 在操作 604 涉及過載或護蓋之沉積之一些實施例中，實施蝕刻俾使特徵部開口露出，同時消耗在場表面上之一些但不是全部的犧牲介電材料護蓋，從而留下部分蝕刻的介電層在特徵部中。即使護蓋與待沉積的材料是不同的材料，亦可能消耗一些護蓋。然而，在一些實施例中，護蓋是由對於沉積至特徵部中之材料具有蝕刻選擇性之不同材料所構成，允許護蓋在相同的處理條件下承受更長的蝕刻時間，而不會像由相同材料（與所沉積的材料相同）所構成之護蓋那樣快速地被消耗。在一些實施例中，護蓋是由對於沉積至特徵部中之材料具有蝕刻選擇性之不同材料所構成，允許沉積較薄的護蓋，同時仍然減少特徵部輪廓之蝕刻。

**【0095】** 所選擇的蝕刻劑取決於待蝕刻之材料。例如，為了蝕刻矽氧化物，可使用含氟蝕刻化學品進行蝕刻，例如藉由流動三氟化氮（ $\text{NF}_3$ ）。用於蝕刻矽氧化物之示例性蝕刻劑包括三氟化氮、氟仿（ $\text{CHF}_3$ ）、八氟環丁烷（ $\text{C}_4\text{F}_8$ ）、四氟甲烷（ $\text{CF}_4$ ）及其組合。用於蝕刻矽碳化物、矽氮化物、矽、鎢、鈦、銅、鈷及鋁（這些材料係用於特徵部填充）之示例性蝕刻劑包括氫溴酸（ $\text{HBr}$ ）、氟代甲烷（ $\text{CH}_3\text{F}$ ）、氯（ $\text{Cl}_2$ ）、四氟化矽（ $\text{SiF}_4$ ）、四氟甲烷（ $\text{CF}_4$ ）、三氯化硼（ $\text{BCl}_3$ ）、氟仿（ $\text{CHF}_3$ ）及其組合。

**【0096】** 在另一範例中，為了蝕刻矽碳化物（其中矽碳化物待沉積至特徵部中），可使用氫溴酸或  $\text{CH}_3\text{F}$  進行蝕刻。

**【0097】** 在另一範例中，為了蝕刻矽氮化物（其中矽氮化物待沉積至特徵部中），可使用  $\text{CH}_3\text{F}$  進行蝕刻。

【0098】在各種實施例中，蝕刻劑可與一或更多載氣（例如氧、氮及 / 或氫）一起流動。

【0099】在各種實施例中，在操作 608 期間點燃電漿以加強蝕刻。在一些實施例中，使用射頻電漿以點燃電漿。在一些實施例中，可將自偏壓施加至在蝕刻期間固持基板之供電基座。在各種實施例中，在使三氟化氮氣體流動之同時，點燃電漿，電漿功率在約 1000 W 與約 5000 W 之間。在各種實施例中，電漿係原位地 (in-situ) 產生。在一些實施例中，電漿可在遠端電漿腔室中遠端地產生，然後傳送至容納基板之處理腔室。

【0100】在一些實施例中，操作 604 及 608 在不同腔室中實施。在一些實施例中，操作 604 及 608 在同一腔室中實施。在一些實施例中，在不破真空之情況下實施操作 604 及 608。例如，在一些實施例中，操作 604 及 608 在多站式腔室中之不同工作站中實施而不破真空。因為沉積及蝕刻可在相同腔室中或在相同工具中實施，所揭示的實施例提高了效率。

【0101】在一些實施例中，可實施操作 608 以使側壁平滑。所揭示的實施例亦可適用於在沉積至具有側壁形貌之特徵部期間使側壁平滑，俾使在介電材料之複數沉積之間所實施之蝕刻用於使表面平坦並減少在特徵部側壁上之殘段之存在。可藉由調變持續時間及電漿功率以實施蝕刻，蝕刻之持續時間足以使沉積在特徵部側壁上之介電材料平滑，而不使基板上之下方材料外露。在實施側壁之平滑化時，蝕刻之持續時間可為約 200 秒或小於約 200 秒、或短於打開特徵部開口之持續時間。

【0102】在操作 610 中，在部分蝕刻的介電材料上沉積第二數量之介電材料。在各種實施例中，第二數量之介電材料係藉由 ALD、PEALD、CVD、PECVD 或其任何組合加以沉積。可使用任何合適的前驅物及反應物以進行沉積。例如，為了沉積第二數量之矽氧化物，以上關於操作 604 所述之任何含矽前驅物可用於

操作 610。類似地，可使用用於與前驅物進行反應之任何合適的反應物。例如，為了沉積矽氧化物，可使用氧化劑（例如，氧或一氧化二氮）與含矽前驅物進行反應。以上關於操作 604 所述之任何氧化劑可用於操作 610 中。

**【0103】** 在一些實施例中，在操作 604 與操作 608 之間吹淨處理腔室。在一些實施例中，在操作 608 與 610 之間吹淨處理腔室。在一些實施例中，在操作 610 之後吹淨處理腔室。吹淨腔室可涉及使吹淨氣體（*purge gas*）或吹掃氣體（*sweep gas*）流動，吹淨氣體或吹掃氣體可為在其它操作中所使用之載氣，或可為不同的氣體。示例性吹淨氣體包括氫、氮、氬、及氦。在各種實施例中，吹淨氣體為惰性氣體。示例性惰性氣體包括氫、氮及氦。在一些實施例中，吹淨可涉及抽空腔室。在一些實施例中，吹掃可包括一或更多抽空子階段，用於抽空處理腔室。或者，應當理解，在一些實施例中可省略吹淨。吹淨可實施任何合適的持續時間，例如在約 0.1 秒與約 2 秒之間。

**【0104】** 在一些實施例中，第二數量之介電材料係填滿特徵部。在一些實施例中，實施更多的操作直到填滿特徵部。例如，在一些實施例中，以循環的方式重複操作 604、608 及 610。在一些實施例中，在實施操作 604 之後，依序地重複操作 608 及 610。

**【0105】** 在一些實施例中，操作 604 包括，藉由 ALD 而沉積第一數量之介電特徵部以及藉由 PECVD 而沉積護蓋，並且在沉積護蓋之後實施操作 608 中之蝕刻。在一些實施例中，護蓋與用於填充特徵部之介電質是不同的材料。例如，在一些實施例中，矽氧化物被沉積在特徵部中，但是在蝕刻之前矽氮化物被沉積做為護蓋。在一些實施例中，當待沉積至特徵部中之材料為矽氧化物時，使用矽氮化物做為護蓋，可用於在蝕刻期間達成矽氮化物犧牲護蓋材料相對於矽氧化物材料之高蝕刻選擇性，以防止沉積在特徵部中之材料之去除。此外，相對於使用矽氧化物做為護蓋，使用矽氮化物護蓋可容許對沉積較少之矽氮化物進行較長持

續時間之蝕刻。例如，對於沉積厚度相同之矽氮化物護蓋與矽氧化物護蓋，矽氧化物護蓋之蝕刻將比矽氮化物護蓋更快。因此，需使用較厚的矽氧化物護蓋，以達到用於打開使用較薄的矽氮化物材料之特徵部之特定蝕刻持續時間。

【0106】圖 7 提供了根據某些所揭示的實施例所實施之示例性方法之示例性處理流程圖。在圖 7 中之示例性處理包括各種操作（例如，圖 6 之操作 604、608 及 610）之重複。

【0107】在操作 701 中，將具有側壁形貌之特徵部之基板提供至處理腔室。雖然本文中所述之範例涉及具有側壁形貌之特徵部，但應當了解，這樣的實施例可應用於具有在多層堆疊中之特徵部、具有正傾斜側壁之特徵部、具有負傾斜側壁之特徵部、及具有內凹輪廓之特徵部之基板。操作 701 可對應至以上關於圖 6 所述之操作 602 之實施例。

【0108】在操作 702a-1、702b-1、702c-1 及 702d-1 中，可以將第一數量之介電材料沉積至特徵部中，在一些實施例中，這樣的操作可對應至以上關於圖 6 所述之操作 604 之實施例。在此特定範例中，操作 702a-1 到 702d-1 可構成一 ALD 循環。在操作 702a-1 中，使基板暴露至含矽前驅物（例如以上關於操作 604 所述之任何含矽前驅物），以使前驅物吸附至特徵部之表面上。在各種實施例中，此操作為自限制的。在一些實施例中，前驅物吸附至特徵部表面上之所有活性位置其中一部分。在操作 702b-1 中，任選地吹淨處理腔室，以去除任何未吸附的含矽前驅物。在操作 702c-1 中，使基板暴露至氧化劑並點燃電漿，以在特徵部中形成第一矽氧化物層。在各種實施例中，此層為沉積在特徵部中之第一數量之介電材料，如以上關於圖 6 之操作 604 中所述。在各種實施例中，操作 702c-1 將吸附的含矽前驅物層轉換為矽氧化物。在操作 702d-1 中，任選地吹淨處理腔室，以去除由含矽前驅物與氧化劑之間之反應所產生之副產物。根據需要，可任

選地重複操作 702a-1 至 702d-1 二或更多循環，以在特徵部中將矽氧化物沉積至期望厚度。

【0109】 在操作 708a 中，從特徵部中部分地蝕刻第一數量之矽氧化物。在各種實施例中，此對應於圖 6 之操作 608。實施操作 708a 之持續時間可足以打開特徵部開口。例如，在一些實施例中，操作 702a-1 至 702d-1 之循環可沉積矽氧化物至特徵部中直到夾斷 (pinch-off)，在其上實施操作 708a 以打開特徵部開口，從而允許後續的沉積。可使用以上關於操作 608 所述之任何蝕刻化學品。在一些實施例中，點燃電漿以促進蝕刻。應當了解，蝕刻化學品及電漿條件取決於沉積在特徵部中之材料。例如，對於矽氧化物之沉積，操作 708a 可涉及，使三氟化氮流動並且以在約 1000 W 與約 5000 W 之間之功率點燃電漿，以蝕刻矽氧化物。

【0110】 在操作 710 中，使基板暴露至含矽前驅物及氧化劑，以藉由 PECVD 形成第二數量之矽氧化物。此可對應於上述之圖 6 之操作 610。在一些實施例中，所使用之含矽前驅物與操作 702a-1 中相同。在一些實施例中，所使用之含矽前驅物不同於在 702a-1 中所使用之含矽前驅物。含矽前驅物之選擇取決於所用之氧化劑及所用之技術 (ALD、PEALD、CVD、PECVD 等)。氧化劑亦可與在操作 702c-1 中所使用之氧化劑相同或不同。第二數量之矽氧化物可用於沉積護蓋在基板之場表面上。

【0111】 在操作 708b 中，可從特徵部開口蝕刻矽氧化物。此可對應於如上所述之圖 6 之操作 608 之重複操作。在一些實施例中，在操作 710 中所沉積之護蓋保護在矽氧化物下方之材料及特徵部輪廓，俾使護蓋被蝕刻，同時蝕刻特徵部開口 (相對於特徵部之內部)。例如，特徵部開口之蝕刻可涉及蝕刻特徵部之深度之頂部 5 % 或頂部 10 %。在一些實施例中，由於特徵部之高深寬比，蝕刻物種可能不會到達特徵部之底部，因此，只有沉積在特徵部中之材料之頂部約 50 %

被蝕刻。可藉由使用在約 1000 W 與約 5000 W 之間之電漿功率來調變這樣的蝕刻，持續時間在 2 秒與約 200 秒之間。

【0112】操作 702a-2 至 702d-2 可構成一 ALD 循環。這樣的範例顯示出，例如，圖 6 之操作 604 之重複。操作 702a-2 可與操作 702a-1 相同或涉及相同的前驅物及條件，操作 702b-2 可與操作 702b-1 相同或涉及相同的吹淨條件，操作 702c-2 可與操作 702c-1 相同或涉及相同的氧化劑及 / 或電漿條件，操作 702d-2 可與操作 702d-1 相同或涉及相同的吹淨條件。在操作 702a-2 期間，使基板暴露至含矽前驅物，以使前驅物吸附至特徵部表面，特徵部表面包括在先前操作中經過沉積及 / 或蝕刻之矽氧化物。在一些實施例中，可任選地重複操作 702a-1、702b-1、702c-1、702d-1、708a、710、708b、702a-2、702b-2、702c-2 及 702d-2，直到填滿特徵部為止。

【0113】圖 8A-8D 顯示根據某些所揭示的實施例之具有特徵部 802a 之基板 804a 之範例，特徵部 802a 具有由襯墊 806a 所定義之內凹特徵部、以及特徵部底部 812a，遭受特徵部填充操作。在圖 8B 中，在基板上沉積第一數量之矽氧化物 808b 以形成護盔。雖然以矽氧化物做為範例，但在一些實施例中，護盔為矽氮化物或矽氮氧化物。由於內凹輪廓，所以形成空隙 810b。此可對應於在圖 6 之操作 604 中之沉積。在圖 8C 中，回蝕基板，如已蝕刻的矽氧化物 808c 中所示。此可對應於圖 6 之操作 608。在圖 8D 中，基板回蝕完成，且特徵部打開，如外露的空隙 810d 所示，且在回蝕期間犧牲護盔被消耗，而沒有材料損失 816d。相較於圖 3D，現在可利用後續的 ALD 操作來沉積矽氧化物以填充特徵部 802d 而沒有空隙。

【0114】圖 9A-9D 顯示根據某些所揭示的實施例之具有特徵部 902a 之基板 904a 之範例，特徵部 902a 具有由具有殘段 916a 之襯墊 906a 所定義之特徵部輪廓、以及特徵部底部 912a，遭受特徵部填充操作。在圖 9B 中，將第一數量之

矽氧化物 908b 沉積在基板上以形成護盔，如沉積在襯墊 906b 之場表面上之過載中所示。由於側壁形貌，在已沉積的矽氧化物之側壁之間存在空間 910b。此沉積可對應至在圖 6 之操作 604 中之沉積。在圖 9C 中，基板被回蝕，如已蝕刻的矽氧化物 908c 中所示，產生平滑化的表面 914c。此可對應於圖 6 之操作 608。在圖 9D 中，基板回蝕完成，特徵部打開，且如圖所示在 914d 及 916d 處之側壁皆被平滑化，犧牲護盔在回蝕期間被消耗，而沒有材料損失 916d。相較於圖 4D，現在可利用後續的 ALD 操作來沉積矽氧化物以填充特徵部 902d 而沒有空隙。

**【0115】** 圖 9E-9H 顯示根據某些所揭示的實施例之具有特徵部 902e 之基板 904e 之範例，特徵部 902e 具有由具有殘段 916e 之襯墊 906e 所定義之特徵部輪廓、以及特徵部底部 912e，遭受特徵部填充操作。在圖 9F 中，將第一數量之矽氧化物 908f 沉積至特徵部 902f 中，並且將矽氮化物護盔 999f 沉積在基板上，如沉積在襯墊 906f 之場表面上之過載中所示。此沉積可對應至在圖 6 之操作 604 及 607 中之沉積。由於側壁形貌，在已沉積的矽氧化物之側壁之間存在空間 910f。在圖 9G 中，基板被回蝕，如已蝕刻的矽氧化物 908g 所示，產生平滑化的表面 914g。此可對應於圖 6 之操作 608。應當注意，矽氮化物具有對矽氧化物之蝕刻選擇性，所以大部分的矽氧化物保留，且矽氮化物護盔可承受蝕刻操作更長的持續時間；然而，由於此處的蝕刻選擇性不一定是無限大的，所以在蝕刻處理中可能去除一些矽氮化物。在圖 9H 中，基板回蝕完成，特徵部打開，且如圖所示在 914h 及 916h 處之側壁皆被平滑化，犧牲護盔具有相對於矽氧化物之蝕刻選擇性，而沒有材料損失 916h。應當注意，在一些實施例中，可能去除一些護盔 999h，但不像矽氧化物那麼多（在相同的蝕刻條件下）。相較於圖 4D，現在可利用後續的 ALD 操作來沉積矽氧化物以填充特徵部 902h，而沒有空隙。

**【0116】** 圖 10A-10C 顯示根據某些所揭示的實施例之具有多層堆疊之基板之範例，多層堆疊具有二材料 1004a 及 1014a，具有遭受特徵部填充操作之特徵

部 1002a。將第一數量之矽氧化物 1008a 沉積在基板上以形成護蓋。此可對應於在圖 6 之操作 604 中之沉積。在圖 10B 中，基板被回蝕，如已蝕刻的矽氧化物 1008b 中所示。此可對應於圖 6 之操作 608。相較於圖 5C，在圖 10C 中，利用後續的 ALD 操作來沉積矽氧化物以填充特徵部 1002c，而不損壞特徵部輪廓。

【0117】圖 11 為根據圖 6 之重複操作之範例之示例性脈衝之時序圖，其使用 PEALD 及 PECVD 之組合以在沉積操作期間沉積矽氧化物。圖 11 顯示在示例性處理 1100 中之複數階段之各種處理參數，例如載氣或吹淨氣體流動、含矽前驅物流動、氧化劑流動、電漿功率及蝕刻劑流動。線條表示流動或電漿功率何時打開及關閉。其它未顯示在圖 11 中之處理參數亦可能與調變某些所揭示的實施例有關；這類的參數包括，但不限於，前驅物、惰性、反應物及蝕刻劑氣體之流率、基板溫度及處理腔室壓力。

【0118】處理 1100 包括 ALD 循環 1102-1、蝕刻階段 1108-1、ALD 循環 1110-1、PECVD 暴露階段 1110-2、長回蝕階段 1108-2 及 ALD 循環 1102-2。雖然在圖 11 中顯示特定順序之示例性操作，但是應當了解，此僅為一範例，且 ALD、PECVD 及蝕刻之其它變型可使用於具有各種類型及各種材料之特徵部之基板。此外，雖然圖 11 顯示用於沉積矽氧化物之矽前驅物及氧化劑流動，但應當了解，實施例可適用於沉積任何期望的材料，例如本文其它處所述。

【0119】ALD 循環 1102-1 包括含矽前驅物暴露階段 1102a、吹淨階段 1102b、氧化劑暴露階段 1102c 及吹淨階段 1102d。在含矽前驅物暴露階段 1102a 中，使氫流動做為載氣，含矽前驅物氣體流動打開，同時氧化劑及蝕刻劑流動關閉，且電漿關閉。在吹淨階段 1102b 中，氫氣保持打開，而含矽氣體、氧化劑氣體及蝕刻劑氣體流動關閉，且電漿關閉。在氧化劑暴露階段 1102c 中，氧化劑及吹淨氣體流動打開，同時電漿打開，且含矽前驅物及蝕刻劑氣體流動關閉。在吹淨階段 1102d 中，氫氣打開，同時含矽氣體流動、氧化劑氣體流動及蝕刻劑氣體

流動關閉，且電漿關閉。雖然描繪了一 ALD 循環，但應當了解，在一些實施例中可以實施複數循環。

【0120】蝕刻階段 1108-1 包括一蝕刻階段 1108a，藉此氫氣及蝕刻劑氣體流動打開，且電漿打開，同時含矽前驅物及氧化劑氣體流動關閉。

【0121】在吹淨階段 1153a 中，氫做為吹淨氣體且氫氣流動打開，同時含矽前驅物氣體、氧化劑氣體及蝕刻劑氣體流動關閉，且電漿關閉。

【0122】在蝕刻階段 1108-1 之蝕刻之後，實施 ALD 循環 1110-1 以沉積更多矽氧化物材料。ALD 循環 1110-1 包括來自 ALD 循環 1102-1 之重複操作，俾使 ALD 循環 1110-1 包括含矽前驅物暴露階段 1102a、吹淨階段 1102b、氧化劑暴露階段 1102c 及吹淨階段 1102d。在含矽前驅物暴露階段 1102a 中，使氫流動做為載氣，含矽前驅物氣體流動打開，同時氧化劑及蝕刻劑流動關閉，且電漿關閉。在吹淨階段 1102b 中，氫氣保持打開，而含矽氣體、氧化劑氣體及蝕刻劑氣體流動關閉，且電漿關閉。在氧化劑暴露階段 1102c 中，氧化劑及吹淨氣體流動打開，同時電漿打開，且含矽前驅物及蝕刻劑氣體流動關閉。在吹淨階段 1102d 中，氫氣打開，同時含矽氣體流動、氧化劑氣體流動及蝕刻劑氣體流動關閉，且電漿關閉。雖然描繪了一 ALD 循環，但應當了解，在一些實施例中可以實施複數循環。

【0123】在此範例中，在蝕刻階段 1108-1 之蝕刻之後，實施 ALD 循環 1110-1 及 PECVD 暴露 1110-2 之組合，以沉積第二數量之矽氧化物。在 PECVD 暴露階段 1110-2 期間，僅描繪 PECVD 暴露 1110 之一操作，藉此使氫流動，使含矽前驅物氣體流動，使氧化劑氣體流動，並且點燃電漿以沉積矽氧化物。應當了解，含矽前驅物可與在 ALD 循環 1102-1 及 1110-1 中所使用之含矽前驅物相同或不同。PECVD 暴露 1110-2 可對應至在基板之場表面上形成護盔。

【0124】在長回蝕階段 1108-2 中，描繪較長的蝕刻持續時間 1108b，藉此使氫流動，使蝕刻氣體流動，並且點燃電漿以促進蝕刻，同時關閉含矽前驅物及氧化劑氣體流動。此可對應於在基板上形成犧牲護蓋之後藉由蝕刻打開特徵部開口。

【0125】吹淨階段 1153b 涉及使氫氣流動，同時含矽氣體、氧化劑氣體及蝕刻劑氣體流動關閉，且電漿關閉。ALD 循環 1102-2 包括來自 ALD 循環 1102-1 之重複操作，俾使 ALD 循環 1102-2 包括含矽前驅物暴露階段 1102a、吹淨階段 1102b、氧化劑暴露階段 1102c 及吹淨階段 1102d。在含矽前驅物暴露階段 1102a 中，使氫流動做為載氣，含矽前驅物氣體流動打開，同時氧化劑及蝕刻劑流動關閉，且電漿關閉。在吹淨階段 1102b 中，氫氣保持打開，而含矽氣體、氧化劑氣體及蝕刻劑氣體流動關閉，且電漿關閉。在氧化劑暴露階段 1102c 中，氧化劑及吹淨氣體流動打開，同時電漿打開，含矽前驅物及蝕刻劑氣體流動關閉。在吹淨階段 1102d 中，氫氣打開，同時含矽氣體流動、氧化劑氣體流動及蝕刻劑氣體流動關閉，且電漿關閉。雖然描繪了一 ALD 循環，但應當了解，在一些實施例中可以實施複數循環。

## 設備

【0126】圖 12 描繪原子層沉積 (ALD) 處理工作站 1200 之實施例之概要圖，處理工作站 1200 具有用以維持低壓環境之處理腔室本體 1202。這樣的工作站可用於實施某些所揭示的實施例，包括藉由 ALD、PEALD、CVD、PECVD 之沉積，還有回蝕操作。在共同的低壓處理工具環境中，可包括複數 ALD 處理工作站 1200。例如，圖 13 描繪多工作站式處理工具 1300 之一實施例。在一些實施例中，藉由一或更多電腦控制器 1250，可編程地調整 ALD 處理工作站 1200 之一或更多硬體參數，包含以下所詳細討論者。

【0127】 ALD 處理工作站 1200 與反應物傳送系統 1201a 流體連通，反應物傳送系統 1201a 用於將處理氣體傳送至分配噴淋頭 1206。反應物傳送系統 1201a 包括混合容器 1204，用於混合及 / 或調節處理氣體以傳送至噴淋頭 1206，處理氣體例如為含矽前驅物氣體、或氧化劑氣體（例如，氧或一氧化二氮）、惰性氣體、蝕刻劑氣體（例如，三氟化氮）。一或更多混合容器入口閥 1220 可控制處理氣體至混合容器 1204 之引入。三氟化氮及 / 或氧化劑電漿亦可被傳送至噴淋頭 1206、或可產生在 ALD 處理工作站 1200 中。

【0128】 做為一範例，圖 12 之實施例包括汽化點 1203，用於將待供應至混合容器 1204 之液體反應物汽化。在一些實施例中，汽化點 1203 可為加熱的汽化器。由這樣的汽化器所產生之飽和反應物蒸汽可能在下游之傳送管路中凝結。讓不相容之氣體暴露至凝結的反應物可能產生小微粒。這些小微粒可能堵塞管道、阻礙閥操作、污染基板等。解決這些問題之一些方法涉及吹淨及 / 或抽空傳送管路，以去除殘留的反應物。然而，吹淨傳送管路可能增加處理工作站之循環時間，從而降低處理工作站之產能。因此，在一些實施例中，汽化點 1203 下游之傳送管路可為伴熱的（heat-traced）。在一些範例中，混合容器 1204 亦可為伴熱的。在一非限制性範例中，汽化點 1203 下游之管路具有漸增的溫度分佈，從大約 100 °C 至在混合容器 1204 處之大約 150 °C。

【0129】 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被汽化。例如，液體注射器可將液體反應物脈衝注入至在混合容器上游之載氣流中。在一實施例中，液體注射器可藉由使液體從較高壓力快速移動至較低壓力而使反應物汽化。在另一範例中，液體注射器可使液體霧化為分散的微滴，該分散的微滴隨後在加熱的傳送管路中被汽化。較小的液滴之汽化可能比較大之液滴更快，因而縮短在液體注入與完全汽化之間之延遲。較快的汽化可減少在汽化點 1203

下游之管路長度。在一情況中，液體注射器可直接安裝至混合容器 1204。在另一情況中，液體注射器可直接安裝至噴淋頭 1206。

**【0130】** 在一些實施例中，可設置在汽化點 1203 上游之液體流量控制器（LFC），以控制用於汽化及傳送至處理工作站 1200 之液體之質流。例如，LFC 可包括位於 LFC 下游之熱質流計（MFM）。接著，可調整 LFC 之柱塞閥，以因應於由比例-積分-微分（PID）控制器（與 MFM 係電性連通）所提供之反饋控制信號。然而，使用反饋控制可能花費 1 秒或更久來使液體流量穩定。這可能延長用於注入液體反應物之時間。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進行動態地切換。在一些實施例中，此可藉由使 LFC 之感測管及 PID 控制器失效而實施。

**【0131】** 噴淋頭 1206 將處理氣體朝向基板 1212 分配。在圖 12 所示之實施例中，基板 1212 位於噴淋頭 1206 下方，並且顯示為置於基座 1208 上。噴淋頭 1206 可具有任何適當的形狀，並且可具有任何適當數目及配置之埠口，用以分配處理氣體至基板 1212。

**【0132】** 在一些實施例中，基座 1208 可上升或下降，以使基板 1212 暴露至在基板 1212 與噴淋頭 1206 之間之容積。應當了解，在一些實施例中，可藉由適當的電腦控制器 1250 以可編程的方式調整基座高度。

**【0133】** 在另一情況下，在點燃電漿之實施例中，在處理中之電漿活化循環期間，調整基座 1208 之高度可造成電漿密度之改變。在處理階段結束時，基座 1208 可在另一基板轉移階段期間下降，以容許基板 1212 從基座 1208 移除。

**【0134】** 在某些實施例中，基座 1208 可透過加熱器 1210 控制溫度。在一些實施例中，可將基座 1208 加熱至在約 50 °C 與約 650 °C 之間之溫度。在一些實施例中，可將基座設定在約 50 °C 與約 500 °C 之間之溫度，例如在約 200 °C 與

約 275 °C 之間之溫度。在一些實施例中，可將基座設定在約 50 °C 與約 300 °C 之間之溫度。在一些實施例中，可將基座設定在約 200 °C 與約 275 °C 之間之溫度。

**【0135】** 此外，在一些實施例中，處理工作站 1200 之壓力控制可藉由蝶形閥 1218 而提供。如圖 12 之實施例中所示，蝶形閥 1218 節流由下游真空泵（未顯示）所提供之真空。然而，在一些實施例中，處理工作站 1200 之壓力控制亦可藉由改變一或更多氣體導入至處理工作站 1200 之流率而加以調整。

**【0136】** 在一些實施例中，噴淋頭 1206 之位置可相對於基座 1208 而加以調整，以改變在基板 1212 與噴淋頭 1206 之間之容積。此外，應當了解，在本揭示內容之範疇內，基座 1208 及 / 或噴淋頭 1206 之垂直位置可藉由任何適當的機構而加以改變。在一些實施例中，基座 1208 可包括旋轉軸，用於旋轉基板 1212 之位向。應當了解，在一些實施例中，這些示例性調整其中一或更多者可藉由一或更多適當的電腦控制器 1250 而編程地加以實施。

**【0137】** 在可使用上述電漿之一些實施例中，噴淋頭 1206 及基座 1208 與用來對電漿施加功率之射頻（RF）電源 1214 及匹配網路 1216 電性連通。在一些實施例中，藉由控制處理工作站壓力、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，可控制電漿之能量。例如，RF 電源 1214 及匹配網路 1216 可在任何合適的功率下操作，以形成具有期望的自由基物種組成之電漿。合適功率之範例係說明在上文中。類似地，RF 電源 1214 可提供任何適當頻率之 RF 功率。在一些實施例中，RF 電源 1214 可配置成彼此獨立地控制高頻及低頻 RF 電源。示例性低頻 RF 頻率可包括，但不限於，在 0 kHz 與 500 kHz 之間之頻率。示例性高頻 RF 頻率可包括，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 之頻率。應當了解，任何適當的參數都可分離地或連續地加以調控，以提供用於

表面反應之電漿能量。根據工作站是否正在實施沉積或蝕刻，可改變電漿功率。例如，示例性蝕刻電漿功率包括 1000 W 至 5000 W。

**【0138】** 在一些實施例中，電漿可藉由一或更多電漿監控器而受到原位（in-situ）監控。在一情況中，電漿功率可藉由一或更多電壓、電流感測器（例如，VI 探針）而加以監控。在另一情況中，電漿密度及 / 或處理氣體濃度可藉由一或更多光學放射光譜感測器（OES）而加以量測。在一些實施例中，一或更多電漿參數可基於來自這樣的原位電漿監控器之測量結果而編程地加以調整。例如，OES 感測器可使用在用於提供電漿功率之編程控制之反饋迴路中。應當了解，在一些實施例中，可使用其它監控器以監控電漿及其它處理特性。這樣的監控器可包括，但不限於，紅外線（IR）監控器、音訊監控器、及壓力轉換器。

**【0139】** 在一些實施例中，用於控制器 1250 之指令可透過輸入 / 輸出控制（IOC）序列指令而提供。在一範例中，用於設定處理階段之條件之指令可包括在處理配方之相對應的配方階段中。在一些例子中，可依序地設置處理配方階段，俾使用於處理階段之所有指令與該處理階段係同時執行。在一些實施例中，用以設定一或更多反應器參數之指令可包括在配方階段中。例如，第一配方階段可包括：用於設定惰性氣體及 / 或反應物氣體（例如第一前驅物，例如含矽前驅物）之流率之指令、用於設定載氣（例如，氬）之流率之指令、以及用於第一配方階段之時間延遲指令。隨後的第二配方階段可包括：用於調控或停止惰性氣體及 / 或反應物氣體之流率之指令、及用於調控載氣或吹淨氣體之流率之指令、及用於第二配方階段之時間延遲指令。第三配方階段可包括：用於調控第二反應物氣體（例如，氧）之流率之指令、用於調控載氣或吹淨氣體之流率之指令、以及用於第三配方階段之時間延遲指令。隨後的第四配方階段可包括：用於調控或停止蝕刻劑氣體之流率之指令、用於調控載氣或吹淨氣體之流率之指令、及用於第四配方階段之時間延遲指令。第五配方階段可包括：用於分別調控用於沉積矽氮

化物或氧化物護盃之含矽氣體和含氮或含氧氣體之流率之指令、用於調控載氣或吹淨氣體之流率之指令、以及用於第五配方階段之時間延遲指令。應當了解，這些配方階段可在本揭示內容之範疇內以任何適當方式進一步再分割及 / 或重複。在一些實施例中，控制器 1250 可包括下述關於圖 13 之系統控制器 1350 之任何特徵。

**【0140】** 如上所述，一或更多處理工作站可包含在多工作站式處理工具中。圖 13 顯示多工作站式處理工具 1300 之實施例之概要圖，具有入站裝載室 1302 及出站裝載室 1304，入站裝載室 1302 及出站裝載室 1304 其中任一者或兩者可包括遠端電漿源。在大氣壓力下之機械臂 1306 係用以將晶圓自卡匣(透過盒 1308 而裝載)經由大氣埠 1310 移動至入站裝載室 1302 中。晶圓係藉由機械臂 1306 而放置在入站裝載室 1302 中之基座 1312 上，關閉大氣埠 1310，且抽空裝載室。在入站裝載室 1302 包括遠端電漿源之情況中，可使晶圓在被導入處理腔室 1314 之前、在裝載室中暴露至遠端電漿處理。此外，晶圓亦可在入站裝載室 1302 中進行加熱，例如，以移除濕氣及吸附的氣體。接著，打開往處理腔室 1314 之腔室傳送埠 1316，另一機械臂(未顯示)將晶圓放置在反應器中、且在顯示於反應器中之第一工作站之基座上，以進行處理。雖然圖 13 中所繪示之實施例包括裝載室，但應當了解，在一些實施例中，晶圓可直接進入處理工作站中。

**【0141】** 在圖 13 所示之實施例中，所描繪的處理腔室 1314 包括四處理工作站，編號為 1 到 4。每一工作站具有加熱的基座(顯示於工作站 1 之 1318)及氣體管線入口。應當了解，在一些實施例中，每一處理工作站可具有不同或多個目的。例如，在一些實施例中，處理工作站可在 ALD 與電漿增強 ALD 處理模式之間進行切換。額外或替代地，在一些實施例中，處理腔室 1314 可包括一或更多匹配成對的 ALD 及電漿增強 ALD 處理工作站。儘管所描繪的處理腔室 1314 包括四工作站，但應當理解，根據本揭示內容之處理腔室可具有任何適當數目之

工作站。例如，在一些實施例中，處理腔室可具有五或更多工作站，然而在其它實施例中，處理腔室可具有三或更少工作站。

【0142】圖 13 描繪晶圓搬運系統 1390 之實施例，用以在處理腔室 1314 中轉移晶圓。在一些實施例中，晶圓搬運系統 1390 可在各種處理工作站之間及 / 或在處理工作站與裝載室之間轉移晶圓。應當了解，可採用任何適當的晶圓搬運系統。非限制性範例包括晶圓旋轉架及晶圓搬運機械臂。圖 13 亦描繪系統控制器 1350 之實施例，用以控制處理工具 1300 之處理條件及硬體狀態。系統控制器 1350 可包括一或更多記憶體裝置 1356、一或更多大容量儲存裝置 1354、及一或更多處理器 1352。處理器 1352 可包括 CPU 或電腦、類比及 / 或數位輸入 / 輸出連接、步進馬達控制器板等。

【0143】在一些實施例中，系統控制器 1350 控制處理工具 1300 之所有活動。系統控制器 1350 執行系統控制軟體 1358，系統控制軟體 1358 係儲存於大容量儲存裝置 1354 中、載入至記憶體裝置 1356 中、以及在處理器 1352 上執行。或者，可將控制邏輯硬編碼於控制器 1350 中。為了這些目的，可使用特殊應用積體電路、可編程邏輯裝置（例如，場域可編程閘陣列，或 FPGA）及類似者。在以下討論中，在使用「軟體」或「編碼」之任何情況中，可適當地使用功能上可比較的硬編碼邏輯。系統控制軟體 1358 可包括用以控制以下者之指令：時序、氣體之混合、氣體流率、腔室及 / 或工作站壓力、腔室及 / 或工作站溫度、晶圓溫度、目標功率位準、RF 功率位準、基板基座、夾盤及 / 或托座位置、及藉由處理工具 1300 而執行之特定處理之其它參數。系統控制軟體 1358 可以任何適當的方式加以配置。例如，可撰寫各種處理工具元件子程序或控制物件，以控制用於實行各種處理工具處理之處理工具元件之操作。系統控制軟體 1358 可以任何適當的電腦可讀程式語言加以編碼。

【0144】 在一些實施例中，系統控制軟體 1358 可包括輸入 / 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，可採用儲存於與系統控制器 1350 相聯繫之大容量儲存裝置 1354 及 / 或記憶體裝置 1356 上之其它電腦軟體及 / 或程式。用於此目的之程式或程式片段之範例包括基板定位程式、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。

【0145】 基板定位程式可包括用於處理工具元件之程式碼，處理工具元件係用以將基板裝載至基座 1318 上，並且控制在基板與處理工具 1300 之其它零件之間之間距。

【0146】 處理氣體控制程式可包括用以控制氣體組成 (例如，如本文所述之含矽氣體、氧化劑氣體、蝕刻劑氣體、載氣、及吹淨氣體) 及流率之編碼，以及任選地，用以在沉積之前使氣體流動至一或更多處理工作站中以穩定處理工作站壓力之編碼。壓力控制程式可包括用以控制處理工作站内壓力之編碼，其係藉由調節，例如，在處理工作站之排氣系統中之節流閥、進入處理工作站之氣體流動、等。

【0147】 加熱器控制程式可包括用以控制至加熱單元之電流之編碼，加熱單元係用以加熱基板。或者，加熱器控制程式可控制熱轉移氣體 (例如，氦) 至基板之傳送。

【0148】 根據本文中之實施例，電漿控制程式可包括用以對施加至一或更多處理工作站中之處理電極之 RF 功率位準進行設定之編碼。

【0149】 根據本文中之實施例，壓力控制程式可包括用以維持在反應腔室中之壓力之編碼。

【0150】 在一些實施例中，可具有與系統控制器 1350 相聯繫之使用者介面。使用者介面可包括顯示螢幕、設備及 / 或處理條件之圖形軟體顯示、以及使用者輸入裝置，例如指示裝置、鍵盤、觸控螢幕、麥克風、等。

【0151】 在一些實施例中，由系統控制器 1350 所調整之參數可能與處理條件有關。非限制性範例包括處理氣體組成及流率、溫度、壓力、電漿條件（例如，RF 偏壓功率位準）等。這些參數可以配方之形式而提供給使用者，配方可利用使用者介面而輸入。

【0152】 藉由系統控制器 1350 之類比及 / 或數位輸入連接，可自各種處理工具感測器而提供用以監控處理之訊號。用以控制處理之訊號可在處理工具 1300 之類比及數位輸出連接上進行輸出。可受監控之處理工具感測器之非限制性範例包括質流控制器、壓力感測器（例如，壓力計）、熱偶等。適當編程的反饋及控制演算法可與來自這些感測器之資料一起用來維持處理條件。

【0153】 系統控制器 1350 可提供用以實施上述沉積處理之程式指令。程式指令可控制各種處理參數，例如 DC 功率位準、RF 偏壓功率位準、壓力、溫度、等。根據本文中所述之各種實施例，指令可控制參數，以操作膜堆疊之原位沉積。

【0154】 典型地，系統控制器 1350 將包括一或更多記憶體裝置、以及一或更多用以執行指令之處理器，俾使設備將執行根據所揭示的實施例之方法。機器可讀媒體可耦接至系統控制器 1350，該機器可讀媒體包括用以根據所揭示的實施例而控制處理操作之指令。

【0155】 在一些實行例中，系統控制器 1350 為系統之一部分，其可為上述範例之一部分。這樣的系統可包括半導體處理設備，包括一處理工具或複數處理工具、一腔室或複數腔室、用以進行處理之一平台或複數平台、及 / 或特定的處理元構件（晶圓基座、氣體流動系統、等）。這些系統可與電子元件整合，電子元件係用以於半導體晶圓或基板之處理之前、期間內、及之後控制它們之操作。電子元件可稱為「控制器」，控制器可控制一系統或複數系統之各種構件或子部分。根據處理條件及 / 或系統類型，系統控制器 1350 可被程式化，以控制本文中所揭示之任何處理，包括處理氣體之傳送、溫度設定（例如，加熱及 / 或冷卻）、

壓力設定、真空設定、功率設定、射頻（RF）產生器設定、RF 匹配電路設定、頻率設定、流率設定、流體傳送設定、定位及操作設定、晶圓傳遞進入與離開連接至特定系統或與特定系統接合之工具及其它傳遞工具及 / 或裝載室。

【0156】 廣義而言，系統控制器 1350 可定義為具有用以接收指令、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、及達成類似功能之各種積體電路、邏輯、記憶體、及 / 或軟體之電子元件。積體電路可包括儲存程式指令之韌體形式之晶片、數位信號處理器（DSP）、定義為特殊應用積體電路（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）之形式通訊至系統控制器 1350 之指令，定義了用以在半導體晶圓上、或對半導體晶圓、或對系統實施特定處理之操作參數。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 / 或晶粒之製造期間內完成一或更多處理步驟之配方之一部分。

【0157】 在一些實行例中，系統控制器 1350 可為電腦之一部分或耦接至電腦，該電腦與系統整合、耦接至系統、以其它方式網路連接至系統、或其組合。例如，系統控制器 1350 可在「雲端」或晶圓廠主機電腦系統之全部或部分中，使得晶圓處理之遠端控制得以進行。電腦可使得對系統之遠端控制得以進行，以監控制造操作之當前處理、檢驗過去製造操作之歷史記錄、檢驗複數製造操作之趨勢或效能評量、改變當前處理之參數、設定在當前處理之後之處理步驟、或開始新的處理。在一些範例中，遠端電腦（例如伺服器）可透過網路而將處理配方提供至系統，網路可包括區域網路或網際網路。遠端電腦可包括使用者界面，該使用者介面使得參數及 / 或設定之輸入或程式化得以進行，該參數及 / 或設定接著從遠端電腦被傳遞至該系統。在一些範例中，系統控制器 1350 接收數據形式之指令，指令為待於一或更多操作期間內執行之處理步驟其中每一者指定了複數

參數。應當了解，該等參數可針對待執行之處理類型、及系統控制器 1350 與其接合或對其進行控制之工具類型。因此，如上所述，系統控制器 1350 可為分散式的，例如藉由包括以網路連接在一起並朝著共同目標（例如本文中所述之處理及控制）工作之一或更多獨立控制器。用於這樣的目標之分散式控制器之範例將是腔室中之一或更多積體電路，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之一部分）之一或更多積體電路相連通，而結合以控制腔室中之處理。

**【0158】** 非限制性地，示例性系統可包括電漿蝕刻腔室或模組、沉積腔室或模組、旋轉清洗腔室或模組、金屬電鍍腔室或模組、清洗腔室或模組、斜邊蝕刻腔室或模組、物理氣相沉積（PVD）腔室或模組、化學氣相沉積（CVD）腔室或模組、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、及關於或用於半導體晶圓之加工及 / 或製造之任何其它半導體處理系統。

**【0159】** 如上所述，取決於待由工具所執行之處理步驟，系統控制器 1350 可與下列之一或多者通訊：其它工具電路或模組、其它工具構件、叢集工具、其它工具介面、相鄰工具、鄰近工具、位於工廠各處之工具、主電腦、另一控制器、或在半導體製造工廠中將晶圓容器移入及移出工具位置及 / 或裝載埠之材料傳送用工具。

**【0160】** 用於實施本文中所揭示之方法之合適設備係進一步討論及描述於 2011 年 4 月 11 日所申請且發明名稱為「PLASMA ACTIVATED CONFORMAL FILM DEPOSITION」之美國專利申請案第 13/084,399 號（現為美國專利第 8,728,956 號）、及 2011 年 4 月 11 日所申請且發明名稱為「SILICON NITRIDE FILMS AND METHODS」之美國專利申請案第 13/084,305 號，每一者之全部內容係併入本文中。

【0161】本文中所述之設備 / 處理可與，例如，用於加工或製造半導體元件、顯示器、LED、光伏面板等之微影圖案化工具或處理一起使用。一般而言，雖然並非必要，但此類工具 / 處理會在一共同的製造廠房中一起使用或進行。膜之微影圖案化通常包括下述操作之一些或全部，每一操作以幾個可能的工具而提供：(1) 在工作件（亦即，基板）上光阻之塗佈，使用旋塗式或噴塗式工具；(2) 光阻之固化，使用加熱板或加熱爐或 UV 固化工具；(3) 以工具（例如，晶圓步進機）使光阻暴露至可見光或 UV 光或 x 射線光；(4) 使光阻顯影，以便使用工具（例如，濕式清洗台）選擇性地移除光阻及從而使其圖案化；(5) 使用乾式或電漿輔助蝕刻工具，將光阻圖案轉移至下方膜或工作件中；及 (6) 使用工具（例如，RF 或微波電漿光阻剝除器）移除光阻。

## 實驗

### 實驗 1

【0162】在具有 15 : 1 特徵部之基板上進行實驗，該特徵部具有 5 微米之深度，具有凹陷的鎢及矽氧化物殘段及內凹在特徵部頂部處之特徵部開口附近。在這樣的基板上實施矽氧化物之習知原子層沉積，此導致氧化物殘段在側壁上聚集在一起之空隙。在特徵部頂部處之內凹亦導致頂部空隙。使另一個類似的基板暴露於 300 個 ALD 循環、使用  $\text{NF}_3$  之回蝕、多個 ALD 循環、使用 PECVD 沉積護盔 60 秒、長時間回蝕及 ALD 沉積以填充特徵部。基板沒有產生空隙，且沒有從特徵部開口處之轉角移除材料。這些結果顯示，某些所揭示的沉積 - 蝕刻 - 沉積操作在用於在具有側壁形貌之高深寬比特徵部之介電材料之無空隙間隙填充時之可行性。

### 實驗 2

【0163】 在具有深度為 160 nm 之凹陷特徵部之基板上進行實驗，其中凹陷特徵部之表面是矽氮化物，在特徵部頂部處之特徵部開口是 25 nm，且側壁在深度方向上朝特徵部底部變窄。使用 40 個 ALD 之循環將矽氧化物沉積至特徵部中，該 ALD 使用胺基矽烷前驅物及  $\text{N}_2\text{O} / \text{O}_2$  之電漿。在 ALD 之後，藉由 PECVD 以沉積矽氧化物護盔至 125 Å 之厚度。在護盔沉積之後，使用  $\text{NF}_3$  蝕刻基板 32 秒之持續時間。護盔在蝕刻期間完全消耗。實施後續的 ALD 以完成特徵部之填充。特徵部被充滿，且沒有或很少空隙形成。

【0164】 在具有深度為 160 nm 之凹陷特徵部之基板上進行實驗，其中凹陷特徵部之表面是矽氮化物，在特徵部頂部處之特徵部開口是 25 nm，且側壁在深度方向上朝特徵部底部變窄。使用 40 個 ALD 之循環將矽氧化物沉積至特徵部中，該 ALD 使用胺基矽烷前驅物及  $\text{N}_2\text{O} / \text{O}_2$  之電漿。在 ALD 之後，藉由 PECVD 以沉積矽氮化物護盔至 125 Å 之厚度，該 PECVD 使用胺基矽烷前驅物及氮電漿。在護盔沉積之後，使用  $\text{NF}_3$  蝕刻基板 32 秒之持續時間。在蝕刻之後，超過 50 % 之護盔仍然存在。實施後續的 ALD 以完成特徵部之填充。矽氮化物護盔對藉由 ALD 所沉積之矽氧化物之蝕刻選擇性允許較長的蝕刻持續時間，以打開特徵部。

【0165】 在具有深度為 160 nm 之凹陷特徵部之基板上進行實驗，其中凹陷特徵部之表面是矽氮化物，在特徵部頂部處之特徵部開口是 25 nm，且側壁在深度方向上朝特徵部底部變窄。使用 40 個 ALD 之循環將矽氧化物沉積至特徵部中，該 ALD 使用胺基矽烷前驅物及  $\text{N}_2\text{O} / \text{O}_2$  之電漿。在 ALD 之後，藉由 PECVD 以沉積矽氮化物護盔至 65 Å 之厚度，該 PECVD 使用胺基矽烷前驅物及氮電漿。在護盔沉積之後，使用  $\text{NF}_3$  蝕刻基板 32 秒之持續時間。護盔在蝕刻期間完全消耗。實施後續的 ALD 以完成特徵部之填充。由於矽氮化物護盔對藉由 ALD 所沉

積之矽氧化物之蝕刻選擇性，能夠使用較薄的護蓋，且仍然達成無空隙之特徵部填充。

## 結論

【0166】 儘管上述實施例已為了清楚理解之目的而詳細地加以描述，但顯然地，在所附申請專利範圍之範疇中，可實行某些變更及修改。應當注意，有許多替代的方式來實施本案實施例之處理、系統及設備。因此，本案實施例應被視為是用於說明的而不是限制性的，且本案實施例不應被限制於本文中所提出之細節。

## 【符號說明】

### 【0167】

1 處理工作站

2 處理工作站

3 處理工作站

4 處理工作站

102a, 102b, 102c, 102d, 102e 特徵部

104a 組成

104b, 104c, 104d, 104e 基板

106a, 106b, 106c, 106d, 106e 襯墊

112c, 112d, 112e 底部

114a 組成

120c, 120d 特徵部開口

202a, 202b, 202c, 202d, 202e 特徵部

204a 材料

204b, 204c, 204d, 204e	基板
206a, 206b, 206c, 206d, 206e	襯墊
208a, 208b, 208c, 208d, 208e	介電材料
210a, 210b, 210c, 210d	接縫
210e	微空隙
212a, 212d, 212e	底部
214a	材料
216e	殘段
302a, 302b, 302c, 302d	特徵部
304a, 304b, 304c, 304d	基板
306a, 306b, 306c, 306d	襯墊
308b, 308c, 308d	材料
310b, 310c, 310d	空隙
312a, 312b, 312c, 312d	底部
316d	材料損失
402a, 402b, 402c, 402d	特徵部
404a, 404b, 404c, 404d	基板
406a, 406b, 406c, 406d	襯墊
408b, 408c, 408d	材料
410b	空間
412a, 412b, 412c, 412d	底部
414c	已平滑化的表面
414d	頂部
416a, 416b, 416c, 416d	殘段

502a, 502b, 520c	特徵部
504a	組成
506a, 506b, 506c	襯墊
508a, 508b, 508c	材料
514a	組成
602	操作
604	操作
607	操作
608	操作
610	操作
701	操作
702a-1, 702a-2	操作
702b-1, 702b-2	操作
702c-1, 702c-2	操作
702d-1, 702d-2	操作
708a, 708b	操作
710	操作
802a, 802b, 802c, 802d	特徵部
804a, 804b, 804c, 804d	基板
806a, 806b, 806c, 806d	襯墊
808b, 808c, 808d	矽氧化物
810b, 810c, 810d	空隙
812a, 812b, 812c, 812d	底部
816d	材料損失

902a, 902b, 902c, 902d, 902e, 902f, 902g, 902h	特徵部
904a, 904b, 904c, 904d, 904e, 904f, 904h	基板
906a, 906b, 906c, 906d, 906e, 906f, 906g, 906h	襯墊
908b, 908c, 908d, 908f, 908g, 908h	矽氧化物
910b, 910f	空間
912a, 912b, 912c, 912d, 912e, 912f, 912g, 912h	底部
914c, 914g	已平滑化的表面
914d, 914h	側壁
916a, 916b, 916c, 916d, 916e, 916f, 916g, 916h	殘段
916d, 916h	側壁
999f, 999h	護蓋
1002a, 1002b, 1002c	特徵部
1004a	材料
1006a, 1006b, 1006c	襯墊
1008a, 1008b, 1008c	矽氧化物
1014a	材料
1100	處理
1102-1, 1102-2	ALD 循環
1102a	含矽前驅物暴露階段
1102b	吹淨階段
1102c	氧化劑暴露階段
1102d	吹淨階段
1108-1	蝕刻階段
1108-2	長回蝕階段

- 1108a 蝕刻階段
- 1108b 蝕刻
- 1110 PECVD 暴露
- 1110-1 ALD 循環
- 1110-2 PECVD 暴露階段
- 1153a, 1153b 吹淨階段
- 1200 處理工作站
- 1201a 反應物傳送系統
- 1202 處理腔室本體
- 1203 汽化點
- 1204 混合容器
- 1206 噴淋頭
- 1208 基座
- 1210 加熱器
- 1212 基板
- 1214 射頻 (RF) 電源
- 1216 匹配網路
- 1218 蝶形閥
- 1220 混合容器入口閥
- 1250 電腦控制器
- 1300 多工作站式處理工具
- 1302 入站裝載室
- 1304 出站裝載室
- 1306 機械臂

- 1308 盒
- 1310 大氣埠
- 1312 基座
- 1314 處理腔室
- 1316 腔室傳送埠
- 1318 基座
- 1350 系統控制器
- 1352 處理器
- 1354 大容量儲存裝置
- 1356 記憶體裝置
- 1358 系統控制軟體
- 1390 晶圓搬運系統

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】一種填充基板上之特徵部之方法，該方法包括：

提供該基板至一處理腔室，該基板包括該特徵部，該特徵部包括一特徵部開口及複數側壁，該等側壁具有側壁形貌，該側壁形貌包括該側壁之一表面上的複數殘段及該等殘段之間的複數區域；

使用一前驅物及一第二反應物在該側壁形貌上保形地沉積一第一數量之一材料至該特徵部中一持續時間，以形成具有該側壁形貌的該第一數量之該材料，該持續時間不足以填滿該特徵部；

使該第一數量之該材料暴露至一蝕刻劑，以蝕刻該第一數量之該材料其中至少一些，而使該第一數量之該材料平滑並形成已蝕刻之第一數量之該材料；  
及

在蝕刻該第一數量之該材料之後，沉積一第二數量之該材料在已蝕刻之該第一數量之該材料之上，

其中該材料係選自於由矽碳化物、矽氮化物、矽、矽氧化物、鎢、鈦、銅、鈷及鋁所構成之群組。

【第2項】如申請專利範圍第1項之填充基板上之特徵部之方法，其中不足以沉積該第一數量之該材料至該特徵部中之該持續時間在該基板之一場表面上形成該材料之過載。

【第3項】如申請專利範圍第2項之填充基板上之特徵部之方法，其中使該第一數量之該材料暴露至該蝕刻劑包括：相對於該特徵部之內側，優先蝕刻在該特徵部開口處的該等殘段之間之複數區域處或附近之該第一數量之該材料其中該至少一些。

【第4項】如申請專利範圍第3項之填充基板上之特徵部之方法，其中該第二數量之該材料係藉由電漿增強化學氣相沉積而加以沉積。

【第5項】如申請專利範圍第4項之填充基板上之特徵部之方法，更包括：在沉積該第二數量之該材料之後，使該第二數量之該材料暴露至該蝕刻劑之一持續時間長於使該第一數量之該材料暴露至該蝕刻劑所使用之該持續時間。

【第6項】如申請專利範圍第1-5項其中任一項之填充基板上之特徵部之方法，其中該特徵部之該等側壁包括二或更多材料層疊在一堆疊中。

【第7項】如申請專利範圍第1-5項其中任一項之填充基板上之特徵部之方法，其中該第一數量之該材料之該沉積及該第一數量之該材料之該暴露至該蝕刻劑之實施沒有破真空。

【第8項】如申請專利範圍第1-5項其中任一項之填充基板上之特徵部之方法，其中該第一數量之該材料之該暴露至該蝕刻劑及該第二數量之該材料之該沉積之實施沒有破真空。

【第9項】一種填充基板上之特徵部之方法，該方法包括：

提供該基板至一處理腔室，該基板包括該特徵部，該特徵部包括一特徵部開口及側壁形貌，該側壁形貌包括複數殘段在該特徵部之該側壁上；

沉積一第一數量之第一材料一持續時間，該持續時間不足以填滿該特徵部；

在沉積該第一數量之第一材料之後且在使該第一數量之該第一材料暴露至一蝕刻劑之前，沉積一犧牲護盔，該犧牲護盔形成一過載在該基板之一場表面上，該犧牲護盔包括一第二材料；

使該基板暴露至該蝕刻劑，以蝕刻該第一數量之該第一材料其中至少一些；及

在蝕刻該第一數量之該第一材料之後，沉積一第二數量之該材料在已蝕刻之該第一數量之該第一材料之上，以至少部分填滿該特徵部。

**【第10項】** 如申請專利範圍第9項之填充基板上之特徵部之方法，其中該第一材料係不同於該第二材料。

**【第11項】** 如申請專利範圍第9項之填充基板上之特徵部之方法，其中該第一材料在組成上與該第二材料相同。

**【第12項】** 一種用於處理半導體基板之設備，該設備包括：

- (a) 至少一處理腔室，該至少一處理腔室包括用以固持該半導體基板之一基座；
- (b) 至少一出口，用以耦接至一真空；
- (c) 一或更多處理氣體入口，耦接至一或更多處理氣體源；及
- (d) 一控制器，用以控制在該設備中之複數操作，包括複數機器可讀指令以進行：
  - (i) 引入用於沉積一第一數量之材料之一沉積前驅物及反應物一持續時間，該持續時間不足以填滿在該半導體基板上之一特徵部，該特徵部具有一特徵部開口及側壁形貌，該側壁形貌具有複數殘段在該特徵部之側壁上；
  - (ii) 引入用於沉積一犧牲護蓋的一或更多處理氣體，該犧牲護蓋形成一過載在該半導體基板之一場表面上；

- (iii) 引入一蝕刻劑至該至少一處理腔室一持續時間，以蝕刻該第一數量之該材料其中至少一些；及
- (iv) 在引入該蝕刻劑至該至少一處理腔室之後，引入該沉積前驅物及該反應物，以沉積一第二數量之該材料在已蝕刻之該第一數量之該材料之上，

其中該材料係矽碳化物、矽氮化物、矽、鎢、鈦、銅、鈷及鉬其中任一者。

【第13項】如申請專利範圍第 12 項之用於處理半導體基板之設備，其中該控制器更包括：用以使步驟 (iv) 之該持續時間長於步驟 (i) 之該持續時間之指令。

【第14項】如申請專利範圍第 12 項之用於處理半導體基板之設備，其中該控制器更包括：用以使步驟 (i) 及步驟 (ii) 實施而沒有破真空之機器可讀指令。

【第15項】如申請專利範圍第 12 項之用於處理半導體基板之設備，更包括：一電漿產生器，用以產生一電漿。

【第16項】如申請專利範圍第 12 項之用於處理半導體基板之設備，其中該控制器更包括：用以在引入該反應物時使一電漿產生之指令。

【第17項】一種用於處理半導體基板之設備，該設備包括：

- (a) 至少一處理腔室，該至少一處理腔室包括用以固持該半導體基板之一基座；
- (b) 至少一出口，用以耦接至一真空；
- (c) 一或更多處理氣體入口，耦接至一或更多處理氣體源；及

- (d)一控制器，用以控制在該設備中之複數操作，包括複數機器可讀指令以進行：
- (i) 引入一含矽前驅物及一氧化劑，以在該半導體基板上沉積一第一數量之矽氧化物一持續時間，該持續時間不足以填滿在該半導體基板上之一特徵部，該特徵部具有一特徵部開口及側壁形貌，該側壁形貌具有複數殘段在該特徵部之該側壁上；
  - (ii) 引入用於沉積一犧牲護盃之一或更多處理氣體，該犧牲護盃形成一過載在該半導體基板之一場表面上；
  - (iii) 引入一蝕刻劑至該至少一處理腔室一持續時間，以蝕刻該第一數量之該矽氧化物其中至少一些；及
  - (iv) 在引入該蝕刻劑至該至少一處理腔室之後，引入該含矽前驅物及該氧化劑，以沉積一第二數量之矽氧化物在已蝕刻之該第一數量之該矽氧化物之上。

**【第18項】** 如申請專利範圍第 17 項之用於處理半導體基板之設備，其中該控制器包括：用以在步驟 (ii) 期間傳送一第二含矽前驅物及一含氮反應物以沉積該犧牲護盃之指令，該犧牲護盃包括矽氮化物。

**【第19項】** 一種用於處理半導體基板之設備，該設備包括：

- (a) 至少一處理腔室，該至少一處理腔室包括用以固持該半導體基板之一基座；
- (b) 至少一出口，用以耦接至一真空；
- (c) 一或更多處理氣體入口，耦接至一或更多處理氣體源；及

- (d) 一控制器，用以控制在該設備中之複數操作，包括複數機器可讀指令以進行：
- (i) 引入用於沉積一第一材料之一第一組沉積前驅物，以在該半導體基板上沉積一第一數量之該第一材料一持續時間，該持續時間不足以填滿在該半導體基板上之一特徵部；
  - (ii) 引入用於沉積一犧牲護盔之一或更多處理氣體，該犧牲護盔形成一過載在該半導體基板之一場表面上，該犧牲護盔包括一第二材料；
  - (iii) 引入一蝕刻劑至該至少一處理腔室一持續時間，以蝕刻該第一數量之該第一材料其中至少一些；及
  - (iv) 在引入該蝕刻劑至該至少一處理腔室之後，引入該第一組沉積前驅物，以沉積一第二數量之該第一材料在已蝕刻之該第一數量之該第一材料之上。

**【第20項】** 如申請專利範圍第 19 項之用於處理半導體基板之設備，其中該第一材料係不同於該第二材料。

**【第21項】** 如申請專利範圍第 19 項之用於處理半導體基板之設備，其中該第一材料在組成上與該第二材料相同。

【發明圖式】

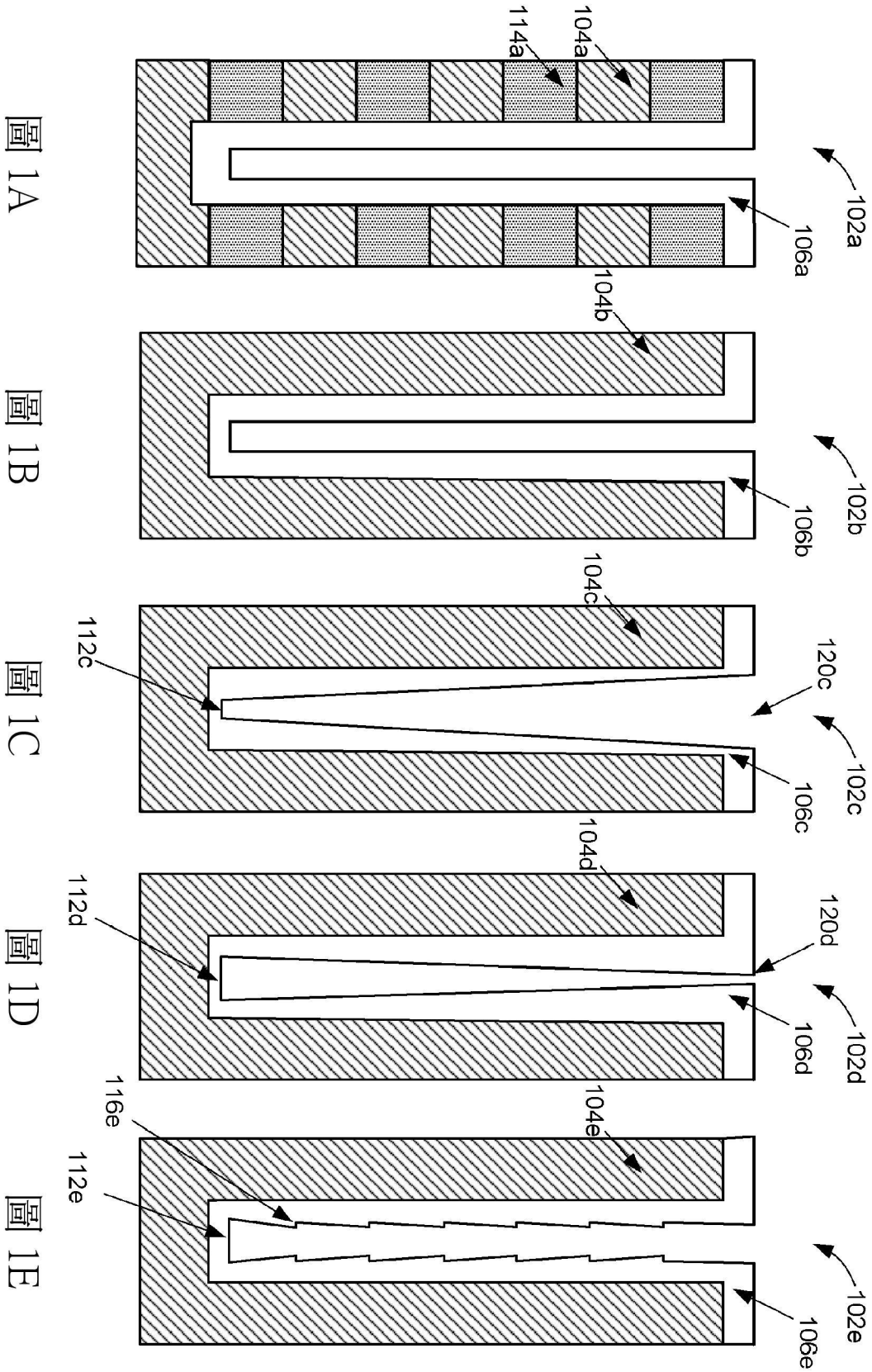


圖 1A

圖 1B

圖 1C

圖 1D

圖 1E

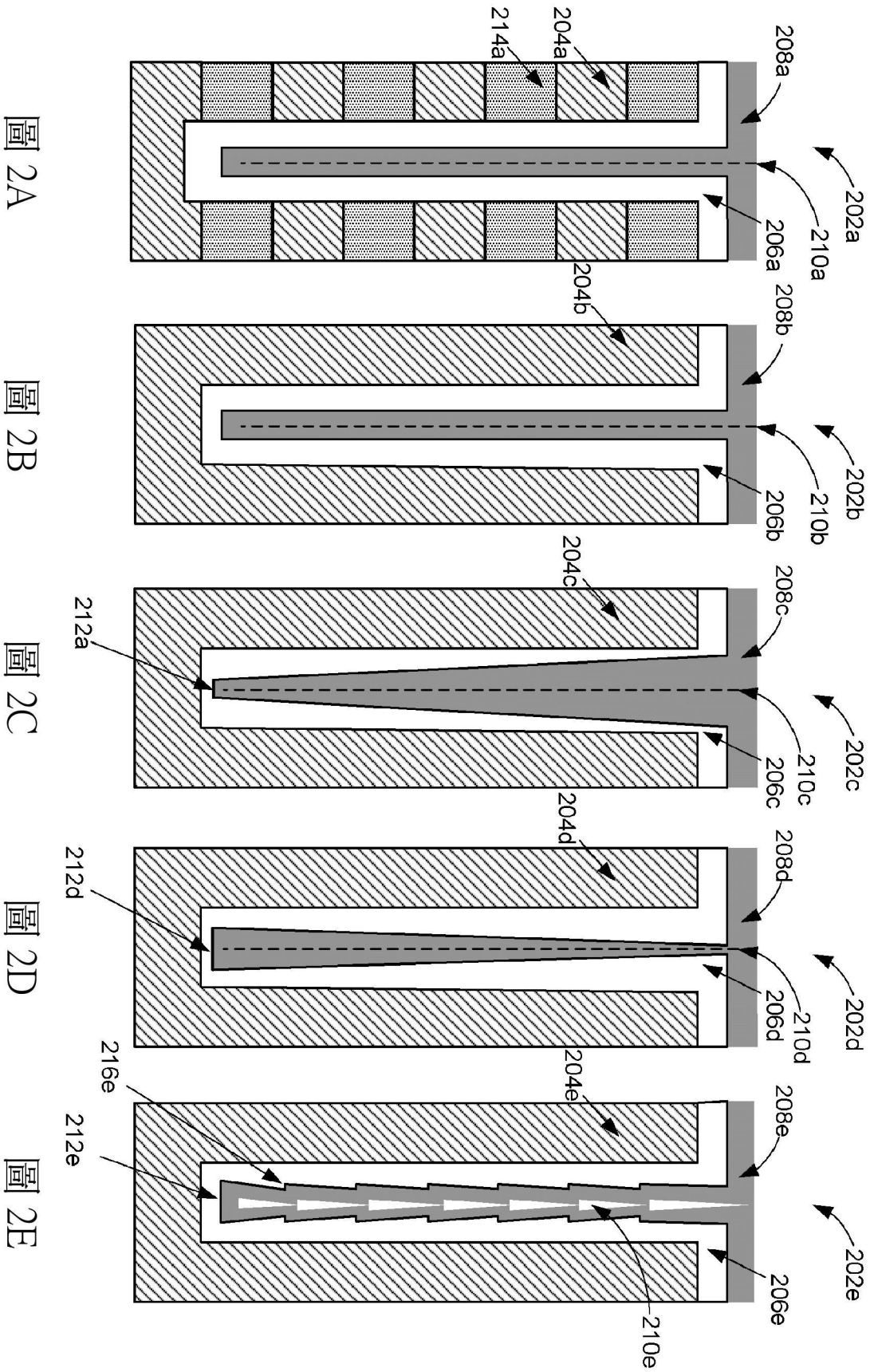


圖 2A

圖 2B

圖 2C

圖 2D

圖 2E

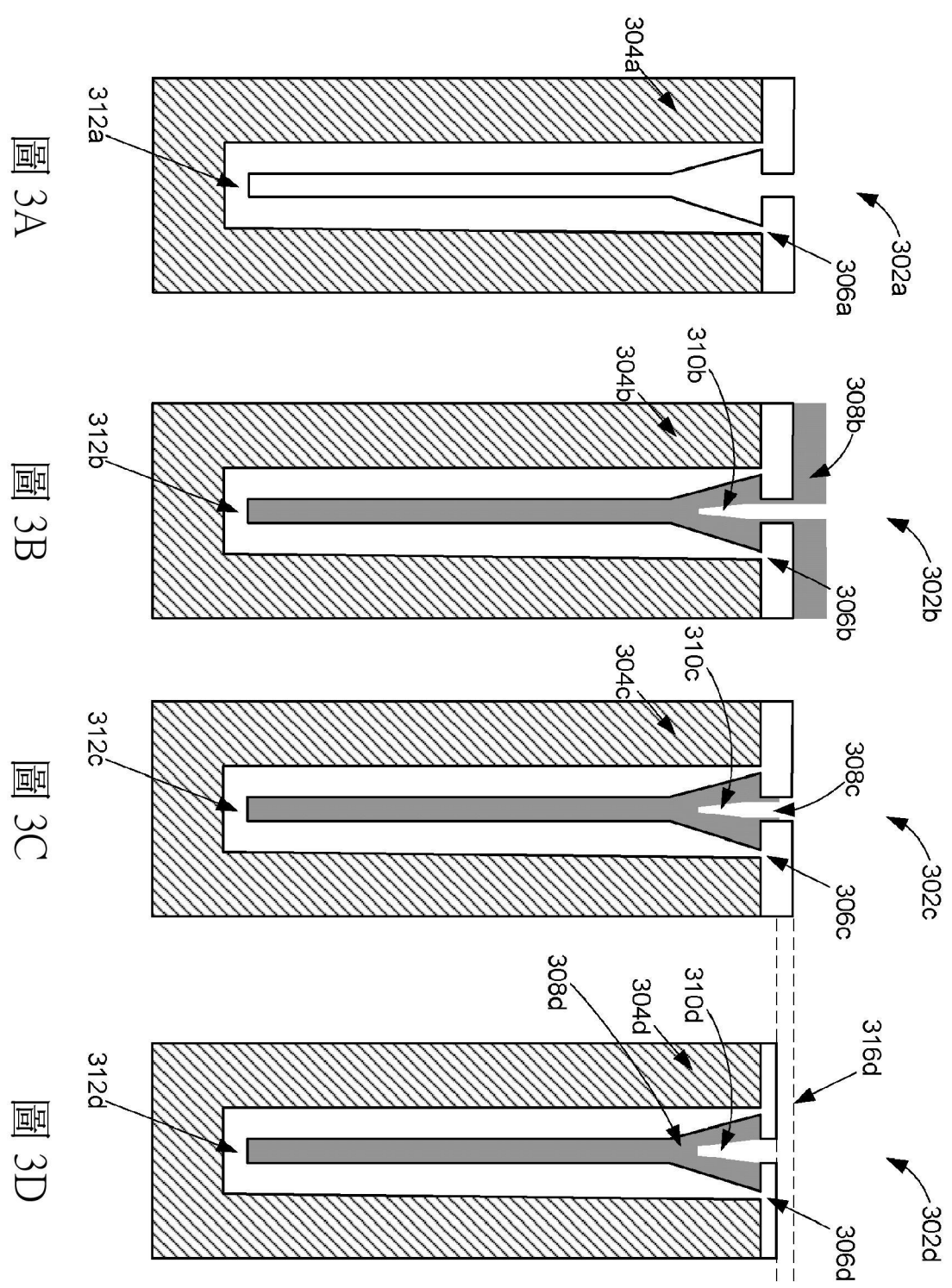


圖 3A

圖 3B

圖 3C

圖 3D

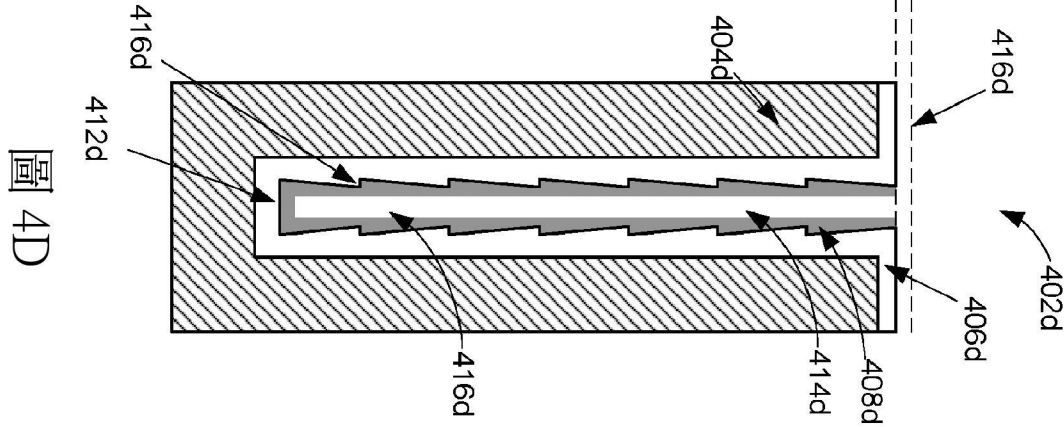
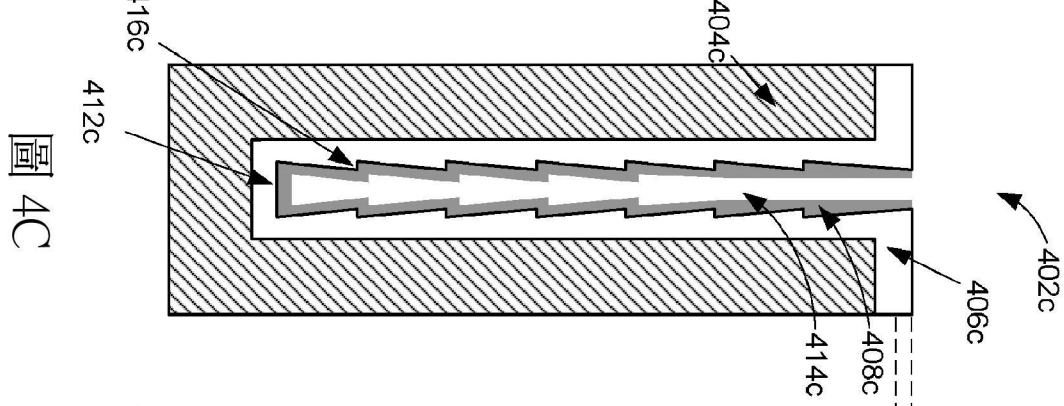
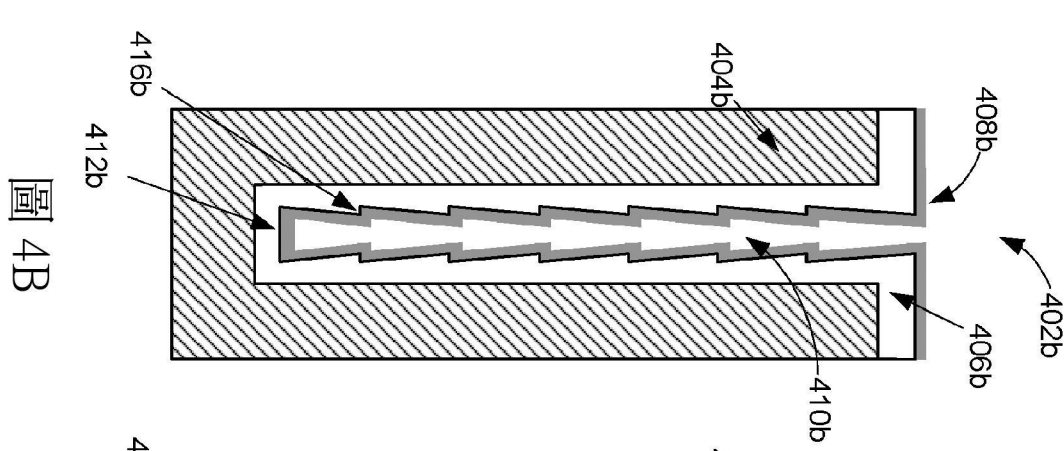
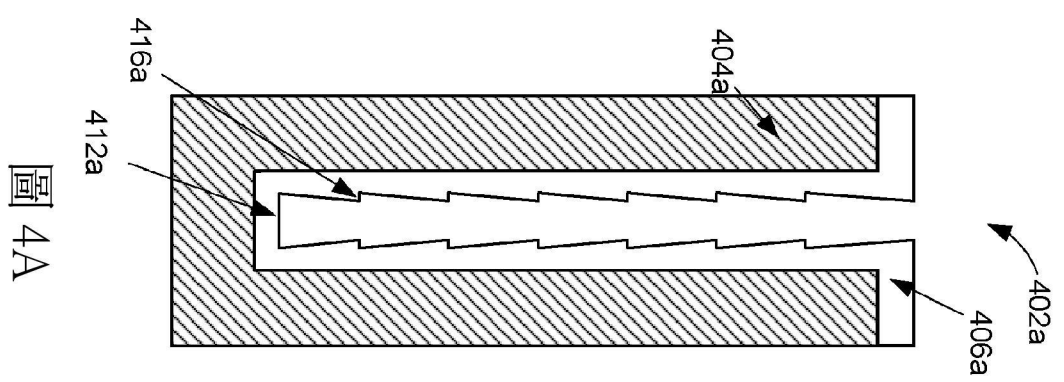


圖 4A

圖 4B

圖 4C

圖 4D

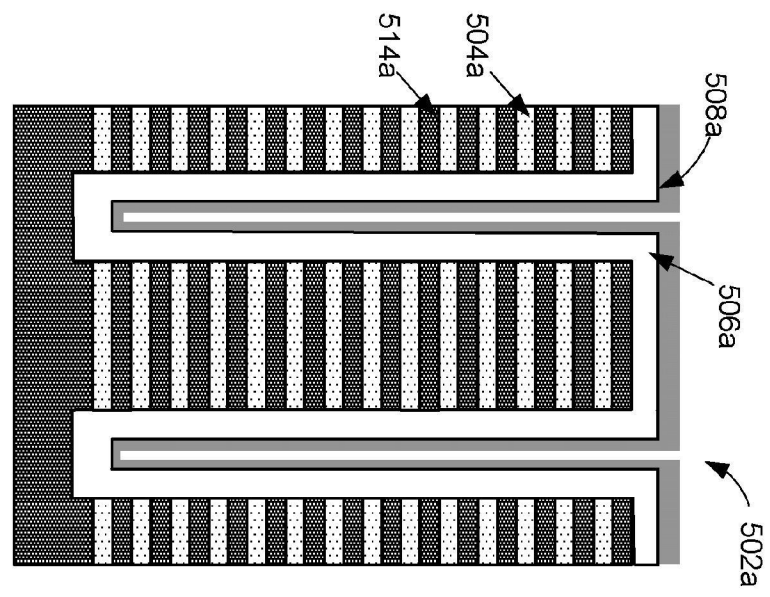


圖 5A

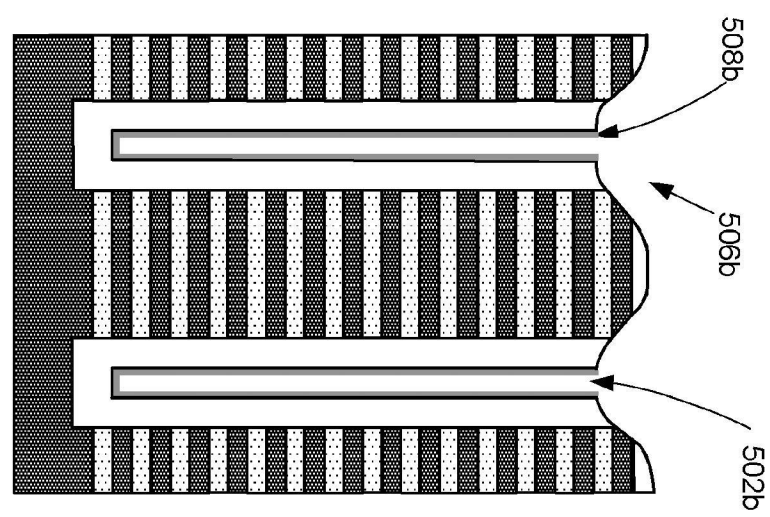


圖 5B

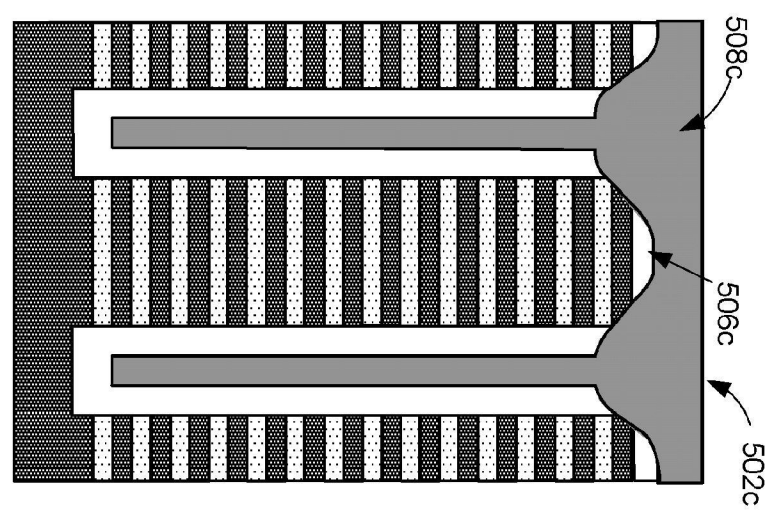


圖 5C

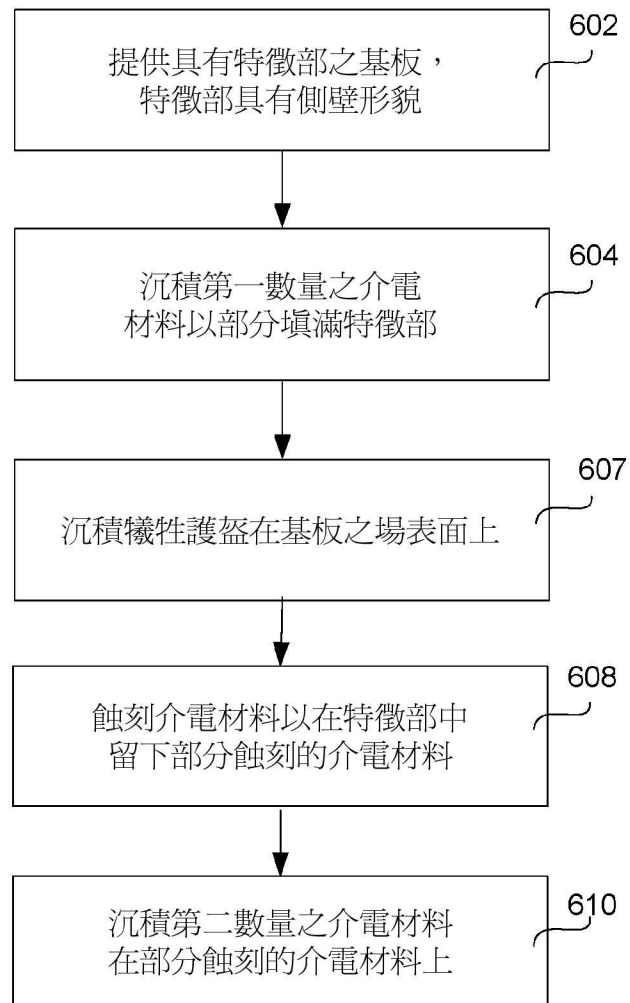


圖 6

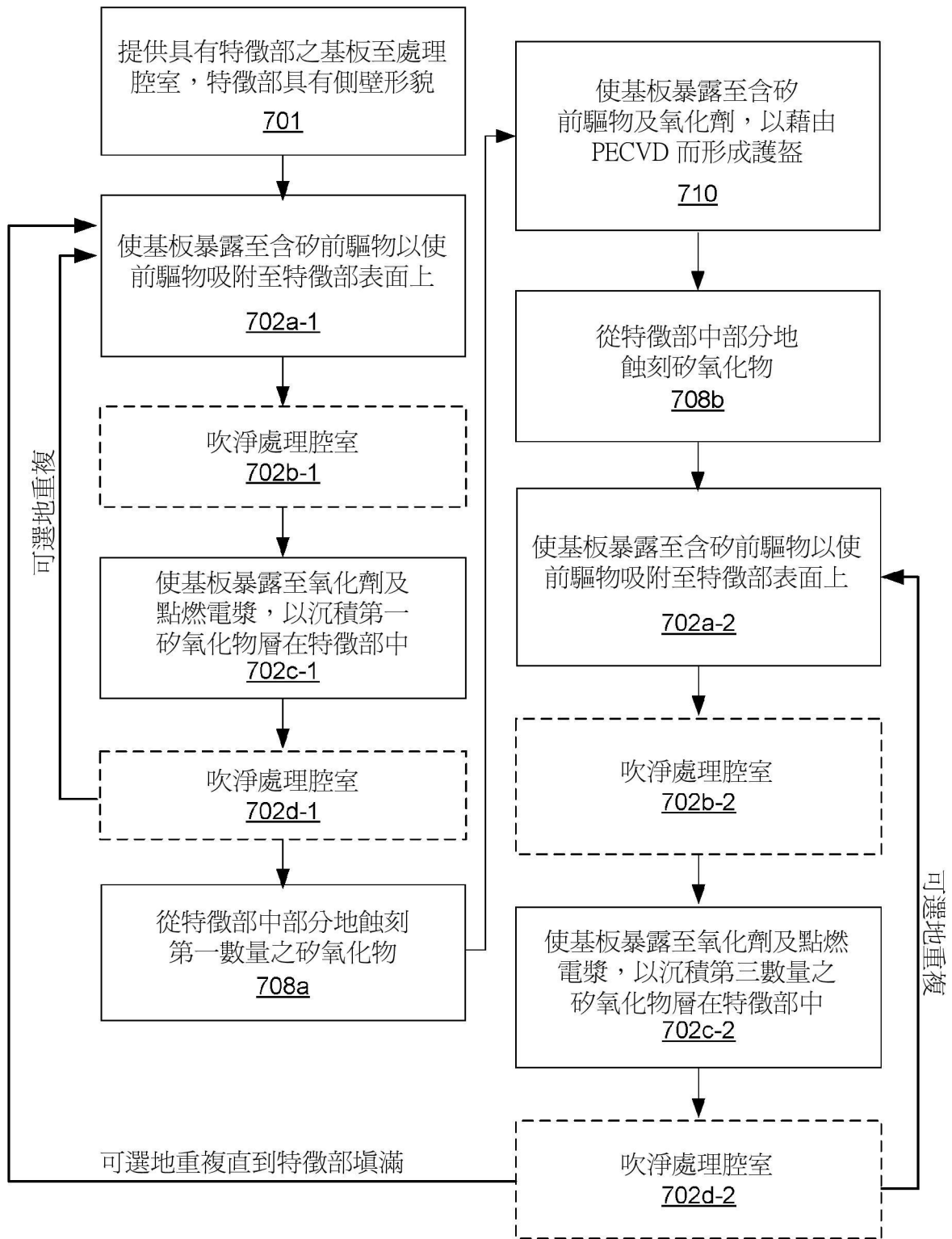


圖 7

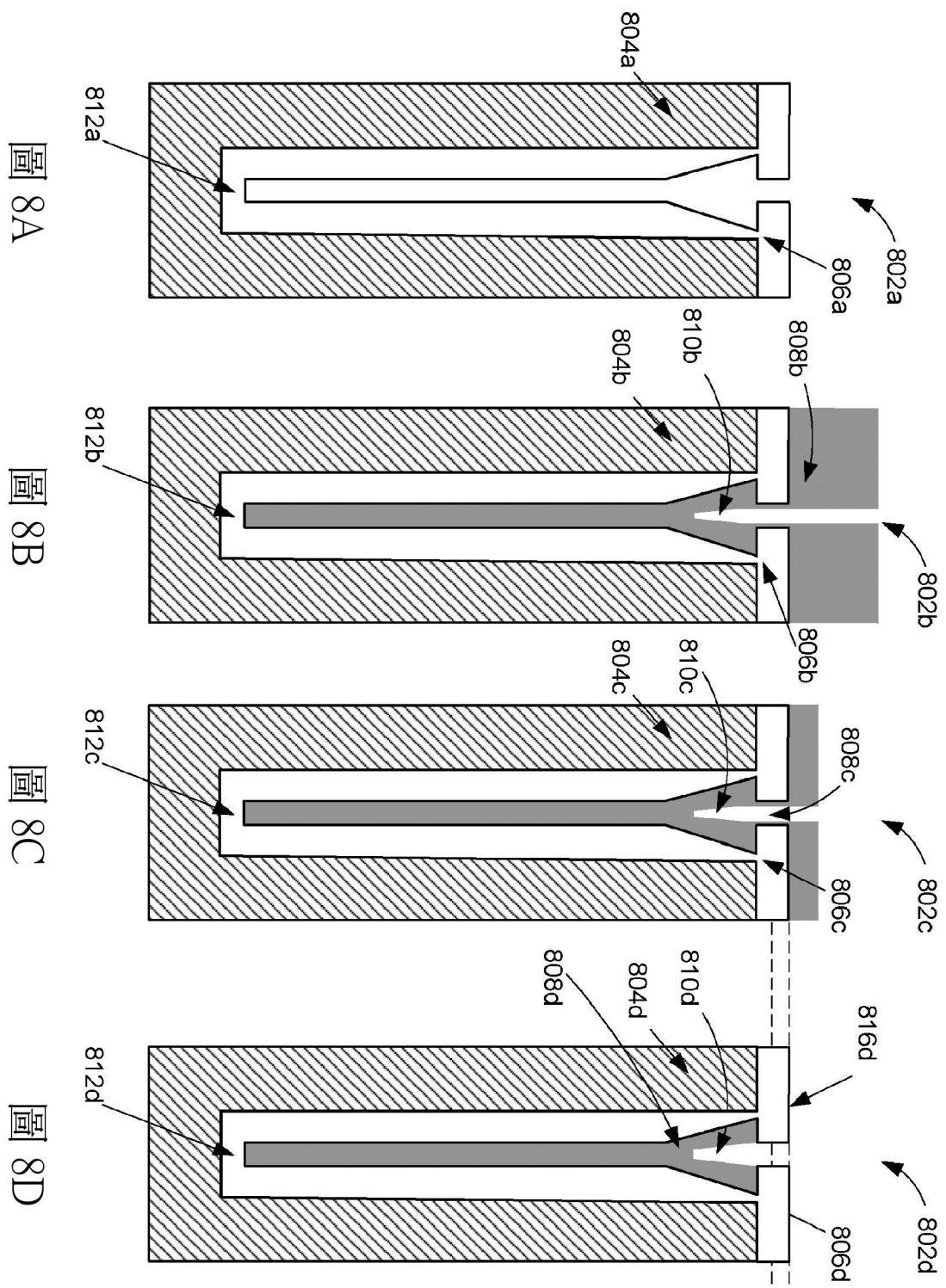


圖 8A

圖 8B

圖 8C

圖 8D

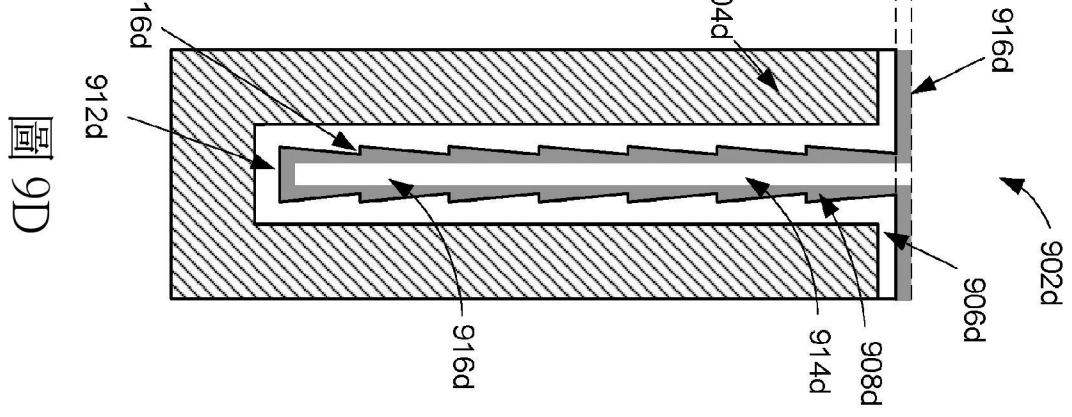
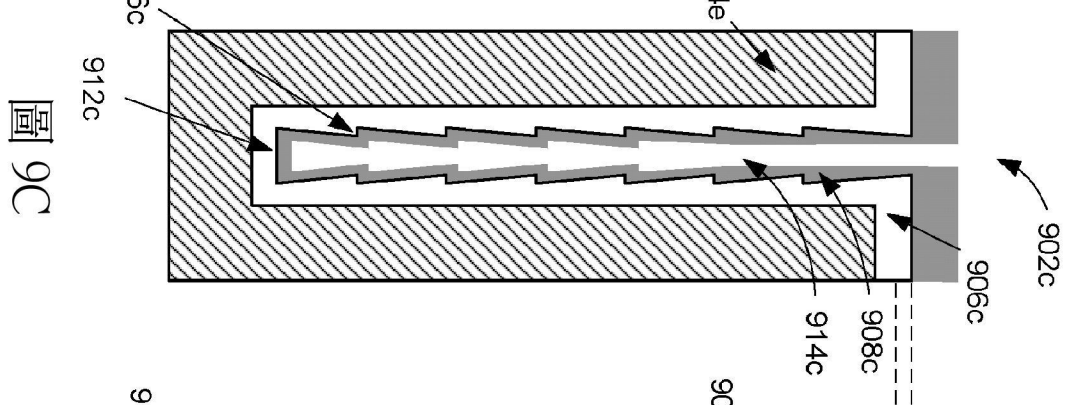
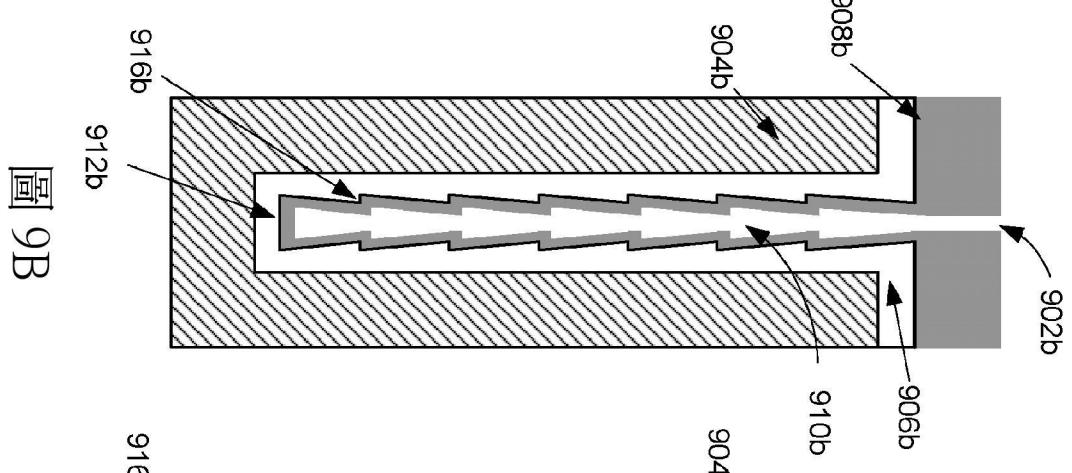
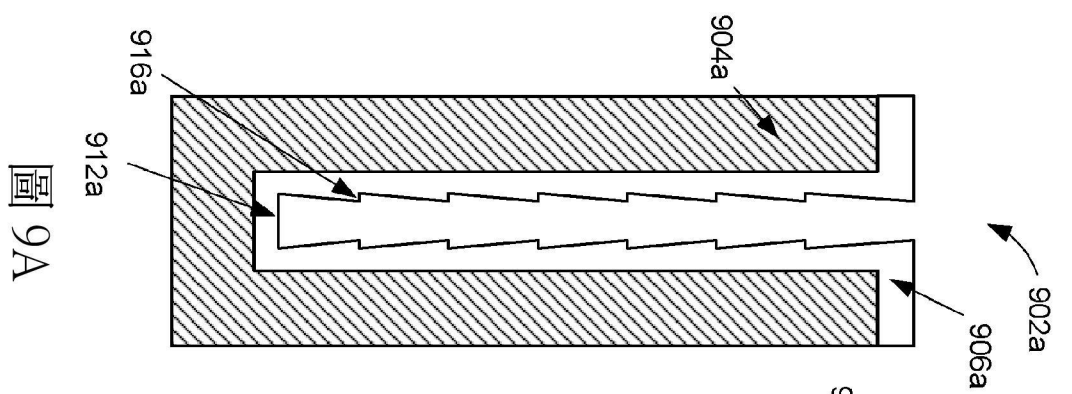


圖 9A

圖 9B

圖 9C

圖 9D

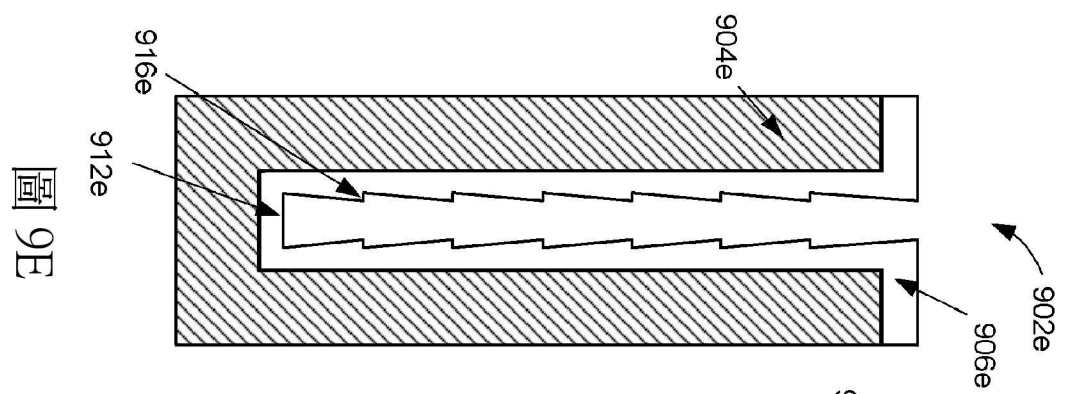


圖 9E

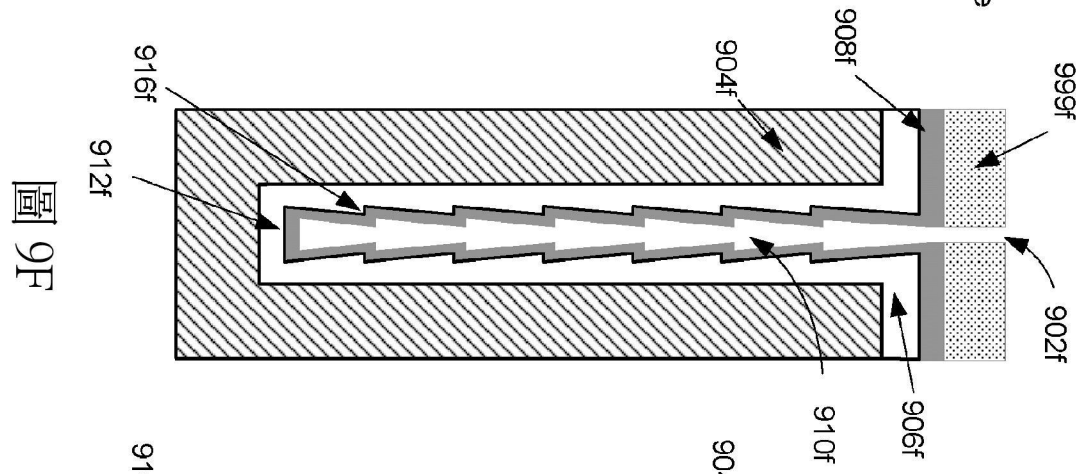


圖 9F

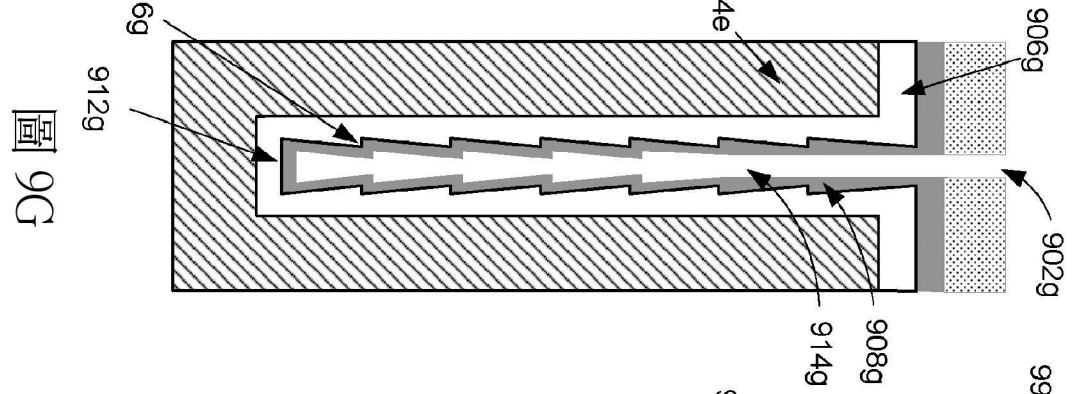


圖 9G

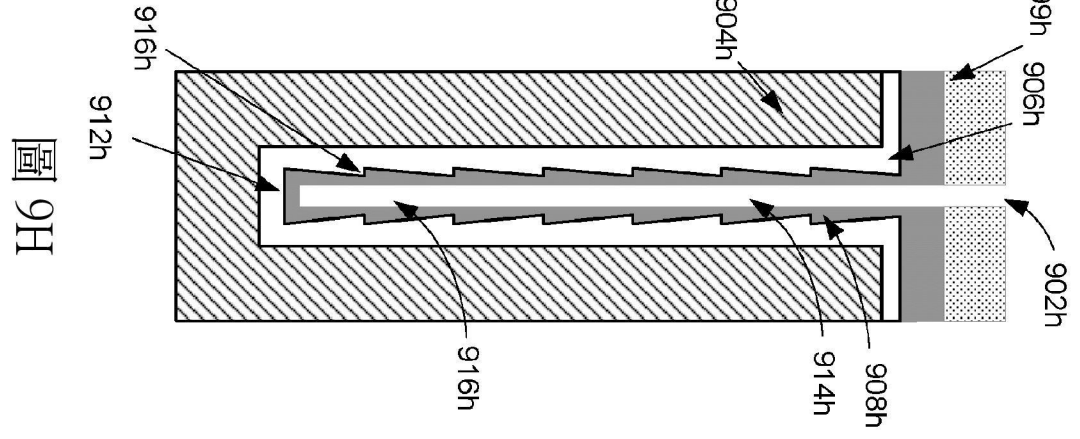


圖 9H

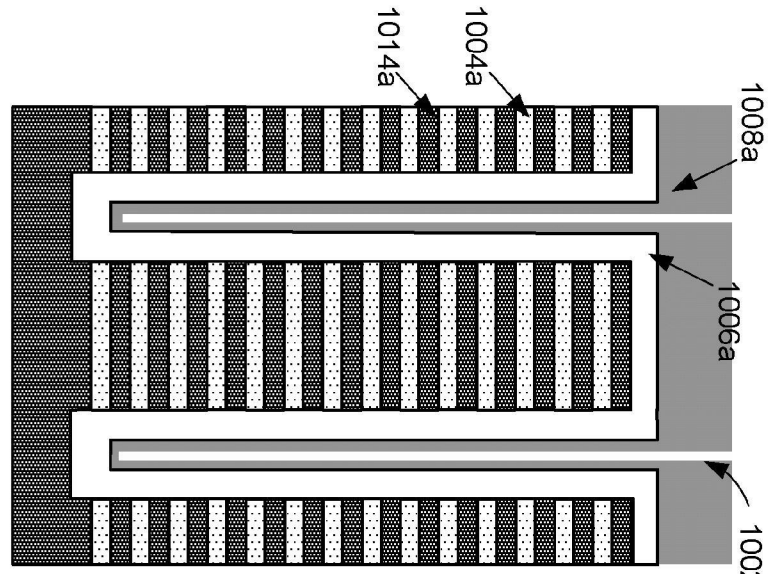


圖 10A

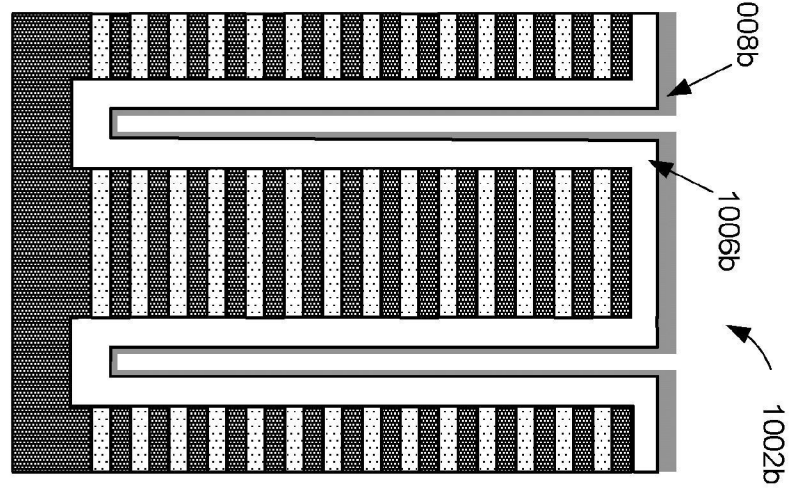


圖 10B

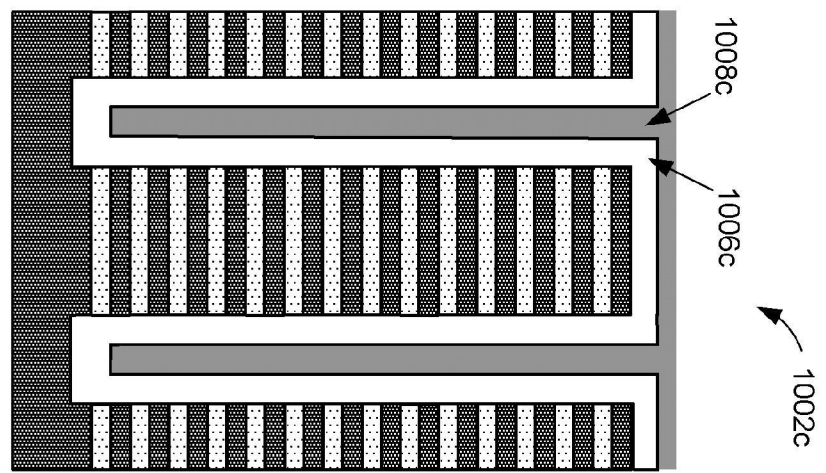


圖 10C

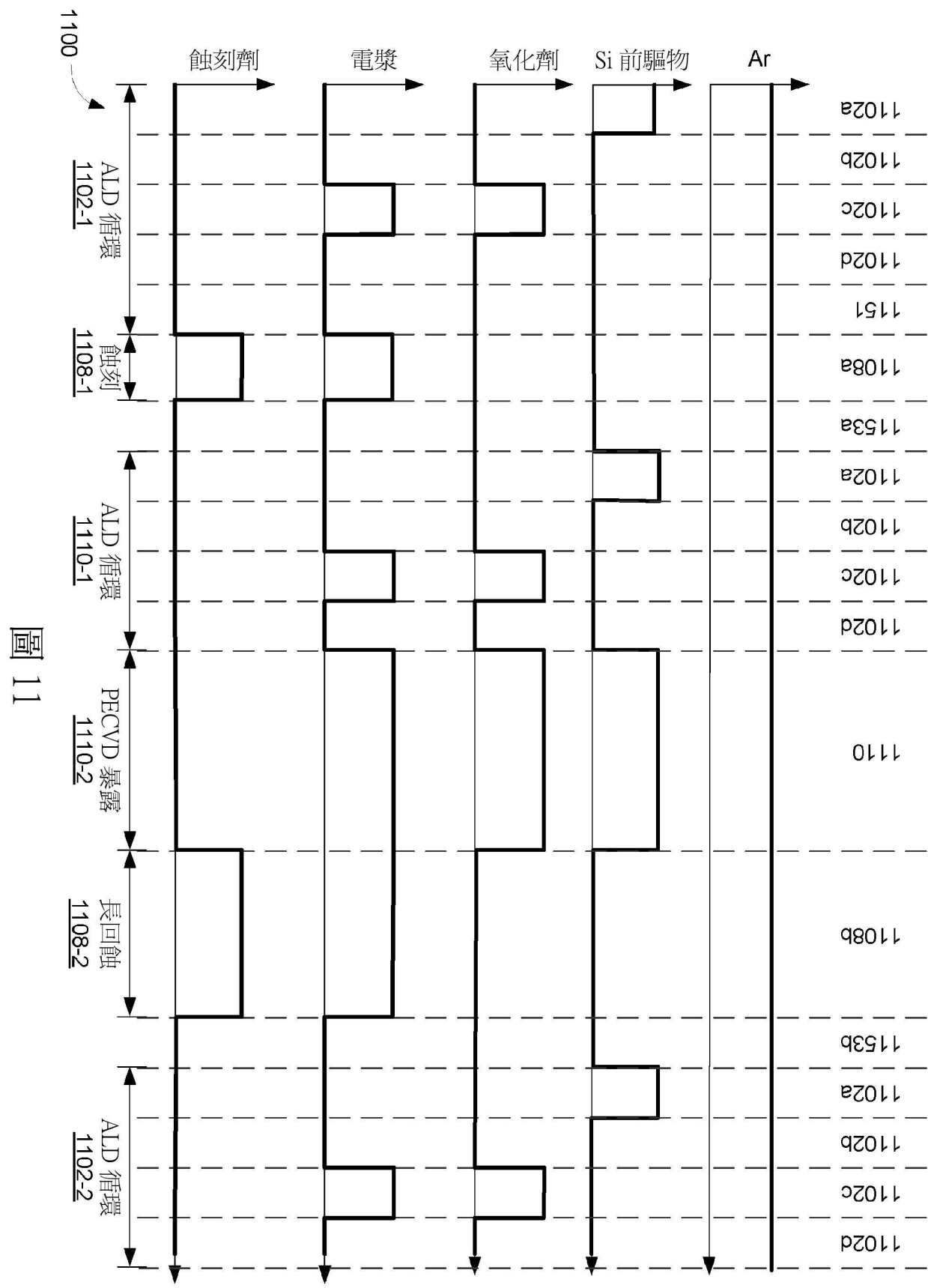


圖 11

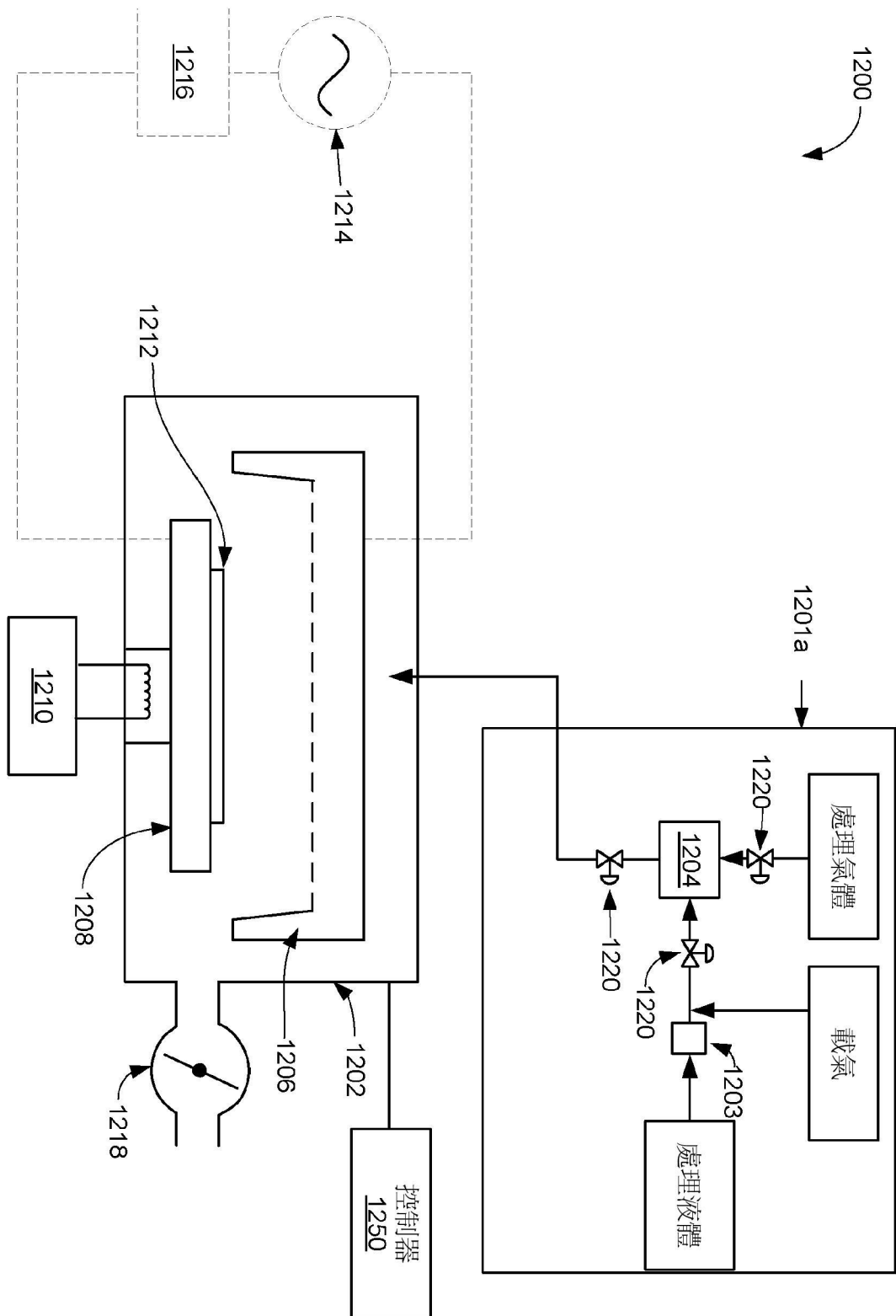


圖 12

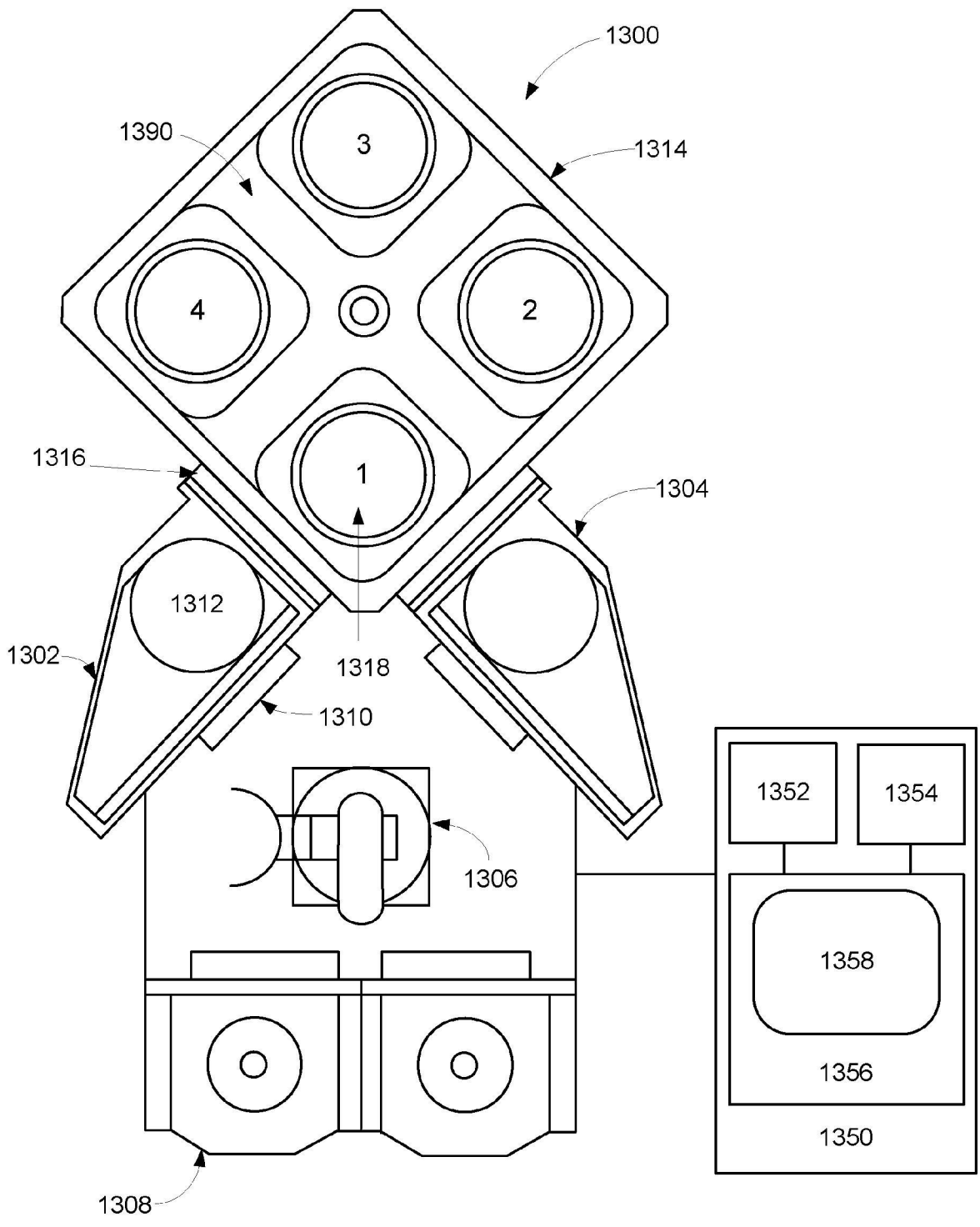


圖 13