



(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 I517240 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 01 月 11 日

(21)申請案號：100106949

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 03 月 02 日

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

(30)優先權：2010/03/10 美國

12/720,926

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

(72)發明人：甘古力尤達炎 GANGULY, UDAYAN (IN)；橫田義孝 YOKOTA, YOSHITAKA (JP)；奧森克里斯多夫 S OLSEN, CHRISTOPHER S. (US)；史寇特尼凱瑟馬修 D SCOTNEY-CASTLE, MATTHEW D. (GB)；尼古言維琪 NGUYEN, VICKY (US)；史林尼法森史瓦米奈森 SRINIVASAN, SWAMINATHAN (US)；劉煒 LIU, WEI (US)；史文博格玖漢尼斯 F SWENBERG, JOHANES F. (US)；馬丁荷西 A MARIN, JOSE A. (ES)；波拉克里斯那阿吉特 BALAKRISHNA, AJIT (US)；紐曼傑寇柏 NEWMAN, JACOB (US)；西根森史帝芬 C HICKERSON, STEPHEN C. (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

US 2007/0097580A1

US 2007/0175861A1

US 2008/0038673A1

US 2008/0066676A1

審查人員：王人毅

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：22 共 150 頁

(54)名稱

循環氧化與蝕刻之設備及方法

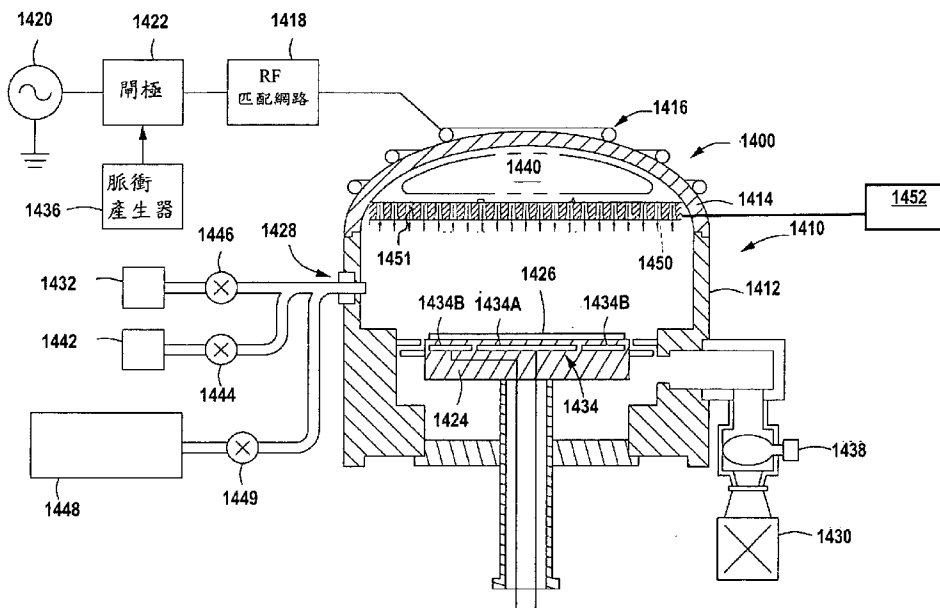
APPARATUS AND METHODS FOR CYCLICAL OXIDATION AND ETCHING

(57)摘要

在此描述用於製造適用於窄間距應用的半導體元件的設備及該半導體元件的製造方法。本案為各種單一腔室，該單一腔室配置以藉由氧化材料層表面來形成氧化物層而形成及/或塑形材料層；藉由蝕刻製程來移除至少一些該氧化物層；以及循環地重複該氧化以及移除製程直到該材料層成為所期望的形狀。在一些實施例中，該材料層可為半導體元件的浮動閘極。

Apparatus and methods for the manufacture of semiconductor devices suitable for narrow pitch applications and methods of fabrication thereof are described herein. Disclosed are various single chambers configured to form and/or shape a material layer by oxidizing a surface of a material layer to form an oxide layer; removing at least some of the oxide layer by an etching process; and cyclically repeating the oxidizing and removing processes until the material layer is formed to a desired shape. In some embodiments, the material layer may be a floating gate of a semiconductor device.

指定代表圖：



第13A圖

符號簡單說明：

1400 · · · 電漿反應
器

1410 · · · 製程腔室

1412 . . . 圓柱形側壁

1414 · · · 頂棚

1416 · · · 線圈天線

1418 · · · 阻抗匹配
網路

1420 · · · RF 功率產生器

1422 · · · 閘極

1424 · · · 基板支撐
基座

1426 · · · 基板

1428 · · · 氣體注入系統

1430 · · · 真空幫浦

1432 · · · 氧化氣體
儲槽

1434 · · · 加熱器

1434A · · · 內部加
熱構件

1434B · · · 外部加
熱構件

1436 · · · 脈衝產生器

1438 · · · 節流閥

1440 · · · 離子產生
區域

1442 · · · 還原氣體
儲槽1444 · · · 流動控制
閥門1446 · · · 流動控制
閥門

1448 · · · 蝕刻氣體
儲槽

- 1449 . . . 流動控制
閥門
- 1450 . . . 噴淋頭
- 1451 . . . 開口
- 1452 . . . 冷卻劑供
應

發明專利說明書

公告本

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫；惟已有申請案號者請填寫)

※ 申請案號：100106949

※ 申請日期：2011 年 3 月 2 日

※IPC 分類：

H01L 21/3065 (2006.07)

一、發明名稱：(中文/英文)

循環氧化與蝕刻之設備及方法

APPARATUS AND METHODS FOR CYCLICAL OXIDATION AND
ETCHING

二、中文發明摘要：

在此描述用於製造適用於窄間距應用的半導體元件的設備及該半導體元件的製造方法。本案為各種單一腔室，該單一腔室配置以藉由氧化材料層表面來形成氧化物層而形成及/或塑形材料層；藉由蝕刻製程來移除至少一些該氧化物層；以及循環地重複該氧化以及移除製程直到該材料層成為所期望的形狀。在一些實施例中，該材料層可為半導體元件的浮動閘極。

三、英文發明摘要：

Apparatus and methods for the manufacture of semiconductor devices suitable for narrow pitch applications and methods of fabrication thereof are described herein. Disclosed are various single chambers configured to form and/or shape a material layer by oxidizing a surface of a material layer to form an oxide layer; removing at least some of the oxide layer by an etching process; and cyclically repeating the oxidizing and removing processes until the material layer is formed to a desired shape. In some embodiments, the material layer may be a floating gate of a semiconductor device.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 13A ）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

1400 電漿反應器	1410 製程腔室
1412 圓柱形側壁	1414 頂棚
1416 線圈天線	1418 阻抗匹配網路
1420 RF 功率產生器	1422 閘極
1424 基板支撐基座	1426 基板
1428 氣體注入系統	1430 真空幫浦
1432 氧化氣體儲槽	1434 加熱器
1434A 內部加熱構件	1434B 外部加熱構件
1436 脈衝產生器	1438 節流閥
1440 離子產生區域	1442 還原氣體儲槽
1444 流動控制閥門	1446 流動控制閥門
1448 蝕刻氣體儲槽	1449 流動控制閥門
1450 噴淋頭	1451 開口
1452 冷卻劑供應	

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：
無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明的實施例大體而言是關於半導體製造製程以及半導體元件之領域，更特定而言之，是關於製造適用於窄間距應用的元件之設備及方法。

【先前技術】

藉由簡單地收縮元件結構來縮小半導體元件通常無法產生可被接受的小尺寸結構。舉例來說，在 NAND 快閃記憶體中，當浮動閘極被縮小時，浮動閘極的電容性耦合(例如，側壁電容)也因此隨浮動閘極的表面積而被縮小。因此，浮動閘極的表面積越小時，介於浮動閘極以及例如，控制閘極之間的電容性耦合也會越小。一般來說，假若 NAND 快閃記憶體仍可維持運作，則為了縮小而犧牲電容性耦合的抉擇是可接受的。不幸的是，當元件節點變成足夠小，以致介於浮動閘極與控制閘極之間的電容性耦合變得太小而無法有效地在可允許的操作電壓下操作該元件時，縮小是有限的。並且，介於相鄰浮動閘極之間的寄生電容(即，雜訊)的增加，超出 NAND 快閃記憶體中系統控制器讀取錯誤的極限。因此，在此條件下不可能有具功能性的 NAND 快閃記憶體。

在此提供用於製造具有較小表面積的元件，例如，NAND 元件及其他元件的方法以及設備。

【發明內容】

在此描述製造適用於窄間距應用的半導體元件的設備及方法。雖然在此所描述的各種元件以及方法並非意圖被限制為製造特定種類的元件，但在此所描述的設備及方法特別適用於製造包含浮動閘極的半導體元件，該浮動閘極在接近浮動閘極底面具有一第一寬度，該第一寬度比接近浮動閘極頂部的一第二寬度來的大。在一些實施例中，浮動閘極的寬度由第一寬度非線性減少至第二寬度。

在一些實施例中，用於處理一基板的設備可包含：一製程腔室，該製程腔室中設置有基板支撐件，且配置該基板支撐件以支撐一基板，該基板支撐件更進一步具有與該基板支撐件耦接的一溫度控制系統，用於將基板支撐件的溫度控制在接近一第一溫度；一氣體來源，以提供至少一含氧氣體、一惰性氣體以及一蝕刻氣體；一電漿氣體來源，該電漿氣體來源耦接至該製程腔室，用以提供能量給該氣體來源所提供的氣體，而形成氧化電漿或蝕刻電漿之至少一者；以及一熱源，該熱源耦接至該製程腔室，用以提供能量給該基板，而選擇性地升高基板的溫度至高於該第一溫度的一第二溫度。下文將描述本發明的其他以及更進一步的實施例。

根據一或多個實施例，可在少於約 3 分鐘內於腔室中

完成氧化(及/或氮化)以及蝕刻步驟的完整製程程序。在特定實施例中，可在少於約 2 分鐘內於腔室中完成氧化及/或氮化與蝕刻步驟的完整製程程序，以及在更特定實施例中，可在少於約 1 分鐘內，例如 45 秒或 30 秒，於腔室中完成氧化及/或氮化與蝕刻步驟的完整製程程序。

【實施方式】

在此描述一種設備以及方法，用於在單一腔室中氧化半導體元件的材料層表面用以形成氧化層，以及藉由蝕刻來移除該氧化層的至少一部份。雖然本發明並未限制為特定元件，但所描述的設備以及方法可用於製造適用於窄間距應用的半導體元件以及結構。如在此所使用之窄間距應用包含 32 nm 或更小的半間距(例如，32 nm 或更小的元件節點)。如在此所使用的用語「間距」是指介於半導體元件的平行結構或相鄰結構之間的測量值。可在相鄰或實質上平行結構的相同側由一側至另一側來測量該間距。當然，也可將該半導體元件以及結構使用在具有較大間距的應用中。該半導體元件可為，例如，NAND 或 NOR 快閃記憶體，或其他適合的元件。在一些實施例中，該半導體元件可維持或改善介於浮動閘極與例如，元件的控制閘極之間的側壁電容，因而降低在相鄰元件中介於相鄰浮動閘極之間的干擾(亦即，雜訊)。在此所揭露的本發明的設備以及方法可有效地限制非期望的作

用，例如氧氣擴散，該氧氣擴散，例如在製程期間會使穿隧氧化層變厚。更進一步地，可有益地提供本發明的設備與方法來製造其他元件或結構，例如鰭式場效電晶體(FinFET)元件、硬光罩結構或其他結構，以克服在傳統微影圖案化所施加的臨界尺度的尺寸限制。除非另有解釋，應理解到在此所揭露關於形成一個結構的特定氧化作用與蝕刻設備及製程，可用於形成在此所揭露的任何其他結構。

因此，本發明實施例提供用於在單一腔室或工具中執行一層接著一層的循環氧化與蝕刻的設備與方法，該設備與方法能夠具有比在分離腔室或工具中執行該些製程還要高的產出量。當需要在分離腔室中執行多個循環氧化與蝕刻的處理周期時，因腔室內部的傳輸時間會使得產出量變差。假如提供能夠執行多個製程的腔室或工具，則可提升產出量。然而，仍無法相信可獲得能夠執行需要非常不同溫度的多個蝕刻以及氧化製程的腔室。根據一或多個實施例，提供數種腔室或工具，可在單一腔室中快速地加熱及冷卻基板，因此允許執行循環氧化及/或氮化與蝕刻製程。在一或多個實施例中，在此所揭露的製程腔室可在少於 5 分鐘內、少於 4 分鐘內、少於 3 分鐘內、少於 2 分鐘內、少於 1 分鐘內、少於 30 秒內執行如在此所描述的單一的氧化以及蝕刻循環。在一或多個實施例中，可在約 200°C 至 800°C 之間的溫度下執行該氧化製程，更特定地為約 300°C 至 500°C 之間的溫度下

執行，以及在低於約 150°C 的溫度下執行一部份的蝕刻製程，更特定地為低於約 120°C ，且更特定地為低於或等於約 100°C 。在一或多個實施例中，該蝕刻製程利用使用電漿的乾式蝕刻製程，例如含氟電漿，且該蝕刻製程包含在低於約 50°C 下所執行的一製程，特定地為低於約 40°C ，且更特定地為在約 25°C 至 35°C 的範圍中，接著在超過約 100°C 的溫度下執行一步驟，例如在約 100°C 至約 200°C 的範圍中。

以下將參照第 1 圖來描述利用本發明的設備及/或方法實施例所製造的半導體元件的實例，該半導體元件為記憶體元件 100 的說明應用。記憶體元件 100 包含基板 102，在基板 102 上沉積有穿隧氧化物層 104。將浮動閘極 106 沉積於穿隧氧化物層 104 上。浮動閘極 106、穿隧氧化物層 104 以及基板 102 的下層部分可包含記憶體元件 100 的單元 103(或記憶單元)。記憶體元件的每一個單元是分開的。舉例來說，在記憶體元件 100 中，將淺溝槽絕緣(STI)區域 108 安置在介於每一個單元之間的基板 102 上(例如，與穿隧氧化物層 104 與浮動閘極 106 相鄰，在此處 STI 區域 108 將單元 103 與相鄰的單元 105 以及 107 分隔開來)。記憶體元件 100 更進一步包含內複晶矽介電(IPD)層 110 與控制閘極層 112，將該 IPD 層 110 設置在浮動閘極 106 上方。該 IPD 層 110 將浮動閘極 106 與控制閘極層 112 分隔開來。

基板 102 可包含一適當材料，例如結晶矽(例如，矽

<100>或矽<111>)、二氧化矽、應變矽、矽化鍺、經摻雜或未摻雜的多晶矽、經摻雜或未摻雜的矽晶圓、圖案化或未圖案化的晶圓、矽絕緣體(SOI)、碳摻雜的二氧化矽、氮化矽、經摻雜矽、鍺、砷化鎵、玻璃、藍寶石等等。在一些實施例中，基板 102 包含矽。穿遂氧化物層 104 可包含矽與氧或高 k 值的介電材料、或氮化矽(Si₃N₄)、單一或層疊結構(例如，二氧化矽/高-k 值/二氧化矽)等等，其中矽與氧例如為二氧化矽(SiO₂)、氮氧化矽(SiON)，該高 k 值的介電材料，例如鋁(Al)系、鈦(Hf)系、或釷(La)系、鋯(Zr)系的氧化物或氮氧化物。穿遂氧化物層 104 可具有任何適當的厚度，例如，介於約 5 至約 12nm。穿遂氧化物層 104 在每一個單元中可具有與浮動閘極 106 的底面實質相等的寬度。STI 區域 108 可包含矽與氧，例如二氧化矽(SiO₂)、氮氧化矽(SiON)等等。

浮動閘極 106 一般包含導電材料，例如多晶矽、金屬等等。浮動閘極 106 具有適用於幫助在相鄰單元之間(例如，在單元 103、105 與 107 之間)安置部份控制閘極層 112 的配置。因此，將浮動閘極形成倒「T」型。如在此所使用，用語「倒 T」通常意指浮動閘極 106 的上部部份相對於浮動閘極 106 的底面為凸出的幾何結構。此凸出結構提供空間給 IPD 層 110，用以在浮動閘極 106 的上方形形成 IPD 層 110，而不會完全填滿相鄰的浮動閘極 106 之間間隙，因而允許一部份的控制閘極層 112 可被安置在相鄰的浮動閘極 106 之間。

舉例來說，如第 1 圖所示，浮動閘極 106 通常以倒 T 的形狀來表示，該浮動閘極 106 具有底面 115 以及主幹 113(或浮動閘極 106 的上部部份)。浮動閘極 106 一般可具有任何用於特定應用的期望尺寸。在一些實施例中，浮動閘極 106 的高度可介於約 20 至約 100nm。在一些實施例中，底面 115 的厚度可小於或等於約 35nm。

由於浮動閘極 106 上部部份的凸出結構，因此浮動閘極 106 在接近浮動閘極 106 的底面 115 處具有第一寬度 109，該第一寬度 109 大於接近該浮動閘極 106 上方的第二寬度 111。在一些實施例中，第一寬度 109：第二寬度 111 的比例至少約 2：1。在一些實施例中，第一寬度 109 比第二寬度 111 超過約 4 nm 或更多、或約 6 nm 或更多、或介於約 4 至約 6 nm。浮動閘極 106 的寬度在底面 115 與浮動閘極 106 上方之間可為線性、非線性、連續、非連續地、以任何方式改變。在一些實施例中，如第 1 圖所說明，浮動閘極 106 的寬度在第一寬度 109 與第二寬度 111 之間為非線性改變。在一些實施例中，第一寬度可小於約 35 nm、或介於約 20 至約 35 nm。第二寬度可介於約 5 至約 30 nm，例如，5 nm、10 nm、12 nm、13 nm、14 nm、15 nm、20 nm、25 nm 或 30 nm。

如第 1 圖所說明，主幹 113 具有一側壁部份，該側壁部分具有實質垂直的輪廓。在一些實施例中，實質垂直表示與垂線呈小於或等於約 10 度、或小於或等於約 5 度、或小於或等於約 1 度。該側壁的實質垂直輪廓可高

達浮動閘極 106 總高度的約 40%、或大於約 40%。在一些實施例中，該實質垂直輪廓可大於浮動閘極 106 高度的約 40%。在一些實施例中，該實質垂直輪廓介於約 20 至約 100 nm 之間。

IPD 層 110 可包含任何適合的單一或多層介電材料。單一層的 IPD 包含如上述與穿隧氧化物層 104 相關的 SiO_2 、 SiON 、高-k 值介電材料等等。多層 IPD 的非限制性實例為多層的氧-氮-氧(ONO)層，該 ONO 層包含第一氧化物層、氮化物層、以及第二氧化物層。第一與第二氧化物層通常包含矽與氧，例如二氧化矽(SiO_2)、氮氧化矽(SiON)等等。氮化物層通常包含矽與氮，例如氮化矽(SiN)等等。在一些實施例中，亦可使用包含 SiO_2 /高-k/ SiO_2 (例如， $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$)的多層 IPD 層作為 IPD 層 110。在一些實施例中，將 IPD 層 110 沉積至介於約 12 至約 15 nm 的厚度。

在倒 T 形狀的浮動閘極 106 上的 IPD 層 110 的保形沉積(conformal deposition)可幫助在沉積的 IPD 層 110 中形成一壁 114。該壁 114 形成在相鄰的浮動閘極之間。在一些實施例中，該壁 114 具有介於約 4 nm 至約 20 nm 的寬度，以及介於約 20 至約 90 nm 的深度。

可選擇地，在沉積 IPD 之前，可藉由以下方式來界定在相鄰浮動閘極之間的 IPD 穿透的深度程度：藉由沉積一材料層(例如， SiO_2)來填滿相鄰浮動閘極之間的間隙，且藉由例如化學機械平坦化(CMP)來平坦化該材料層用

以移除落在浮動閘極 106 上方的多餘材料。接著，將相鄰浮動閘極之間間隙中所殘留的材料蝕刻至一期望深度，用以設定介於浮動閘極之間的 IPD 穿透程度。

將控制閘極層 112 沉積在 IPD 層 110 的頂部與該壁 114 中，用以形成控制閘極。控制閘極層 112 通常包含導電材料，例如多晶矽、金屬等等。壁 114 的加入可在接近浮動閘極 106 的側壁處為控制閘極層 112 提供較大的表面積。藉由該壁 114 的幫助所增加的控制閘極層 112 的表面積可有效改善介於浮動閘極 106 的側壁與控制閘極之間的電容性耦合。除此之外，沉積在相鄰浮動閘極之間(例如，單元 103 與單元 105 的浮動閘極)的該壁 114 可降低相鄰浮動閘極之間的寄生電容、浮動閘極干擾、雜訊等等。此外，對於相同的浮動閘極高度來說，與近似矩形形狀比較起來，浮動閘極 106 的倒 T 形狀可降低表面積。該減少的截面積可有利地降低在位元線方向上(例如，在記憶體元件的不同字元線以及相同位元線中)介於相鄰浮動閘極之間的寄生電容。有利地來說，藉由控制浮動閘極的高度可獨立控制介於浮動閘極與控制閘極之間的側壁電容(例如，維持在期望程度)。

第 2 圖是根據本發明的一些實施例來繪示方法 200，該方法 200 用於製造具有浮動閘極幾何結構的半導體元件。可在任何適合的單一腔室中執行在此所描述的方法，該適合的單一腔室配置用於氧化以及蝕刻，且具有在不同溫度下進行處理的能力。根據一或多個實施例，

在涉及循環氧化與蝕刻的製程中，在相對高的溫度下執行氧化，以及在相對低的溫度下執行蝕刻。舉例來說，根據一或多個實施例，在 500°C 以及高於 500°C 的溫度下執行氧化、或在 500°C 以及低於 500°C 的溫度下執行氧化，更特定為 400°C 以及低於 400°C 下執行氧化。舉例來說，可在低溫下執行部份蝕刻製程，例如室溫，如 20°C、25°C 或 30°C。應瞭解到，可在較高溫度下執行蝕刻製程，例如高達約 75°C。在蝕刻之後，預期升高溫度至約 100°C，用以昇華化合物，以下將更詳細描述之。

本發明的態樣適用於在單一腔室中執行氧化製程、蝕刻製程以及昇華。可藉由電漿氧化、快速熱氧化(RTO)、自由基氧化等等來執行氧化製程。適合的氧化腔室包含電漿腔室，例如電漿浸沒離子注入(Plasma Immersion Ion Implantation; P3I)或去耦合電漿氧化(DPO)。或者，可使用熱氧化腔室，例如由位於加州聖大克勞拉市的應用材料股份有限公司所販售的 RADIANCE®、VANTAGE® RADOX™ 腔室，或包含遠端及/或近距離電漿來源的燃燒爐。可利用各種氧化化學來執行示例性的熱氧化製程，該氧化化學包含改變在氧化氣體混合物中的還原氣體濃度，該還原氣體諸如一或多種的氫氣(H₂)、氨氣(NH₃)等等，該氧化氣體混合物包含氧化氣體，例如一或多種的氧氣(O₂)、一氧化氮(NO)、一氧化二氮(N₂O)等等，以及可選擇性包含惰性氣體，例如一或多種的氮氣(N₂)、氬氣(Ar)、氦氣(He)等等。示例性電漿氧化製程可使用如

熱氧化製程所述的任何氧化化學，並且可在使用或不使用加熱夾盤(heating chuck)下執行該電漿氧化製程。亦可施加光化學製程，例如在紫外光(UV)存在下，使用氧化物(例如氧氣)來形成氧化物層，或施加濕式化學氧化，例如使用化學溶液，該化學溶液包含硝酸(HNO_3)、其他適用於氧化的酸。然而，通常這些腔室被配置成僅能執行氧化製程，而無法配置用於執行低溫處理，例如低溫蝕刻。因此，需要修飾這些腔室，以達到在氧化與蝕刻之間所需要的快速溫度變化。以下將提供特定的詳細說明。

或者，可在任何適當且經修飾的蝕刻腔室中執行在此所描述的方法實施例，該蝕刻腔室配置用於濕式或乾式蝕刻、反應性離子蝕刻(RIE)等等。示例性蝕刻腔室包含由位於加州聖大克勞拉市的應用材料股份有限公司販售的 SICONITM、Producer[®]或 CarinaTM 腔室。一非限制的示例性乾式蝕刻製程包含氮氣(NH_3)或三氟化氮(NF_3)氣體或無水氟化氫(HF)氣體混合物與遠端電漿，該氮氣(NH_3)或三氟化氮(NF_3)氣體或無水氟化氫(HF)氣體混合物與遠端電漿在低溫下(例如，約 30°C)可凝結在二氧化矽上，並且反應形成可在中等溫度下(例如，大於 100°C)昇華的化合物，用以蝕刻二氧化矽。此示例性蝕刻製程可隨著時間減少，並且最終會在一點上達到飽和，在該點處除非將一部份的化合物移除(例如，藉由上述的昇華製程)，否則不會產生更進一步的蝕刻。可使用上述的機

制及/或藉由定時的蝕刻製程(例如，蝕刻一段預定時間)來控制該蝕刻製程。示例的濕式蝕刻製程可包含氟化氫(HF)等等。示例的電漿或遠端電漿蝕刻製程包含一或多種蝕刻劑，例如四氟化碳(CF₄)、三氟甲烷(CHF₃)、六氟化硫(SF₆)、氫氣(H₂)等等，並且可在使用或不使用加熱夾盤下執行。對於不同材料組合物(例如，不均勻表面等等)來說，可操控該蝕刻選擇性為約 1 至約 1000。舉例來說，在一些實施例中，在二氧化矽蝕刻中，對於矽的蝕刻選擇性可約為 100。當蝕刻速率下降至初始蝕刻速率的約 0%至約 90%、或至約 75%時，可終止蝕刻，用以提供被蝕刻材料的厚度控制。舉例來說，在一些實施例中，如上所述的終止蝕刻製程可提供進行蝕刻時的厚度控制。當蝕刻沉積在不均勻材料(例如，包含矽與二氧化矽)上的氧化物層時，上述的控制是特別有益的。將需要修飾諸如 SICONI 腔室的蝕刻腔室，以在該腔室中執行氧化製程，以下將詳細敘述之。

因此，在單一腔室中所執行的方法 200 開始於步驟 202，在步驟 202 中提供一基板，該基板具有將成為浮動閘極的材料層。舉例來說，如第 3A 圖所示，基板 102 與材料層 304 可為部分製造的記憶體元件 300 的一部份。記憶體元件 300 可包含基板 102，該基板 102 上設置有穿遂氧化物層 104。將材料層 304 沉積在穿遂氧化物層 104 上方。將淺溝槽絕緣(STI)區域 302(類似 STI 區域 108)沉積在與穿遂氧化物層 104 以及材料層 304 相鄰

處。在方法 200 開始之前，所執行用以提供基板以及部分製造的記憶體元件 300 的其他製造方法包含：在 STI 區域 302 中沉積絕緣材料(例如，二氧化矽)；以材料層 304 的上表面來平坦該絕緣材料的位準；以及將該絕緣材料向下蝕刻至所期望的位準，用以產生具有材料層 304 的基板，且根據在此所提供的技術準備將該材料層 304 處理為浮動閘極。

材料層 304 可包含導電材料，例如多晶矽、金屬等等。材料層 304 通常具有略為梯形或矩形的截面。材料層 304 通常具有適合的起始形狀，當藉由在此所述的方法來進行氧化及/或蝕刻時，使該材料層 304 可成為具有如上所述與第 1 圖相關的倒 T 形狀的浮動閘極(例如，將材料層 304 進行圖案化與蝕刻，以幫助形成 STI 結構 302，且所產生的材料層 304 的輪廓可成為在此所述的更進一步處理的起始點)。

如第 3B 圖所示，在步驟 204 中，選擇性氧化該材料層 304，以形成氧化物層 306。將氧化物層 306 形成在該材料層 304 的上方以及側壁上，並且該氧化物層 306 可包含二氧化矽、金屬氧化物等等。在一些實施例中，氧化物層 306 可消耗材料層 304 至約 3 至約 15 nm 的深度，或約 10 nm。如第 3B 圖所示，氧化物層 306 可進一步消耗(或以其他侵蝕或置換的方式)一部分的 STI 區域 302。可使用濕式或乾式氧化、快速熱氧化(RTO)、自由基氧化、電漿氧化(例如，去耦合電漿氧化(DPO))、或在此所

述任何其他氧化製程來形成氧化物層 306。在一些期望低熱預算及/或降低氧氣擴散的實施例中，可使用電漿氧化或自由基氧化。在材料層 304 進行氧化期間，需要低熱預算來避免穿遂氧化物層 104 的增厚作用。如在此所使用，低熱預算代表在 850°C 的尖峰溫度下，少於數十分鐘的爐操作的熱預算。

接著，如第 3C 圖所說明，在步驟 206 中，在與執行氧化步驟 204 相同的腔室中，藉由蝕刻製程來移除氧化物層 306。在進行材料層 304 的氧化並且移除以氧化物層 306 之後，該材料層 304 的殘留部分通常為倒 T 形狀，例如，與第 1 圖所繪示的浮動閘極 106 類似的形狀。蝕刻製程可使用化學試劑或氣體，包含氫氟酸(HF)、氫氯酸(HCl)、或其他在此所揭露的蝕刻製程等等。該蝕刻製程具選擇性的，例如，可選擇性地移除氧化物層 306。在一實施例中，該蝕刻製程對二氧化矽具選擇性，且相對於包含多晶矽的材料層，可移除具有二氧化矽的氧化物層 306。在移除氧化物層 306 期間，該蝕刻製程可更進一步移除一部分的 STI 區域 302。

在完成蝕刻製程以形成具有倒 T 形狀的浮動閘極之後，方法 200 通常在此結束。記憶體元件的更進一步處理可包含 IPD 層與控制閘極層的沉積，與第 1 圖所描述的 IPD 層與控制閘極層類似。在一些實施例中，在沉積 IPD 層之前，將介於相鄰的材料層 304 之間與 STI 區域 302 上方的區域以間隙填充材料填滿，該間隙填充材料

例如為二氧化矽或包含 STI 區域 302 的相同材料。接著，可藉由化學機械平坦化 (CMP)、或任何適合的平坦化方法，將填滿的區域上方進行平坦化，使該區域與材料層 304 上方為實質上平整。在間隙填滿與化學機械平坦化之後，接著蝕刻間隙填充材料，以在沉積 IPD 層之前，在相鄰的材料層 304 之間設定 IPD 所期望的穿透深度。

或者，如第 4 圖所繪示，可使用方法 400 來形成具有倒 T 形狀的浮動閘極。參考第 5A 至 5E 圖來說明方法 400，第 5A 至 5E 圖是根據方法 400 的實施例來繪示記憶體元件 300 的製造階段。方法 400 包含沉積犧牲氮化物層，在使用氧化製程來氧化材料層 304 期間，該犧牲氮化物層可用來限制氧氣的擴散。期望在如下所述的氧化物層移除製程期間，限制氧氣的擴散以避免穿遂氧化物層 104 的非預期增厚作用及/或避免非預期移除部分的穿遂氧化物層 104 及/或 STI 區域 302(或間隙填充材料)。

方法 400 通常開始於步驟 402，在步驟 402 中提供如第 5A 圖所示的部分製造的記憶體元件 300。上文中已描述記憶體元件 300，且該記憶體元件 300 包含基板 102，該基板 102 上設置有穿遂氧化物層 104 以及在穿遂氧化物層 104 上方設置有材料層 304。記憶體元件 300 更包含設置在基板 102 中並且與穿遂氧化物層 104 以及材料層 304 相鄰的 STI 層 302。

如第 5C 圖所示，在步驟 404 中，將氮化物層 502 形成在材料層 304 與 STI 區域 302 的暴露表面上。可以任何

適合的氮化製程來形成該氮化物層 502，例如，電漿氮化或氮化矽沉積。氮化物層 502 包含氮化矽(SiN)、氮氧化矽(SiON)或兩者。在材料層 304 與 STI 區域 302 的水平表面上所形成的氮化物層 502 的厚度比在材料層 304 的側壁上所形成的氮化物層 502 來的厚(例如，藉由方向性的氮化製程)。在一些實施例中，在材料層 304 與 STI 區域 302 的水平表面上的氮化物層厚度：在材料層 304 的側壁上的氮化物層厚度比例為約 2：1 至約 10：1。在一些實施例中，氮化物層 502 在材料層 304 與 STI 區域 302 的水平表面上具有約 5 至約 10 nm 的厚度。在一些實施例中，氮化物層 502 在材料層 304 的側壁上具有約 1 nm 或小於 1 nm 的厚度。

在步驟 406 中，可選擇性地氧化氮化物層 502 與材料層 304，以形成氮氧化物層 504 與氧化物層 506。在與氮化步驟 404 相同的腔室中執行氧化製程。氧化步驟 406 包含上述與方法 200 相關的任何適合的氧化製程，並且可在第 5C 至 5D 圖所描述的單一階段製程中執行氧化步驟 406。如第 5C 圖所繪示，最初，氧化製程可幫助氮氧化物層 504 的形成。氮氧化物層 504 可消耗在材料層 304 與 STI 區域 302 的水平表面上的一部分氮化物層 502，並且可實質消耗在材料層 304 側壁上的全部氮化物層 502。在水平表面上的氮化物層 502 的增加厚度可限制或避免該水平表面的下層表面的氧化。隨著位在材料層 304 側壁上的氮化物層 502 的消耗，該氧化製程可消耗一部

分的材料層 304。因為設置在水平表面上殘留未消耗的氮化物層 502，所以材料層側壁的氧化會比在水平表面上進行的更快。

如第 5D 圖所說明，通常藉由消耗側壁內部的材料層 304，在材料層 304 的側壁上以一較快速率來進行氧化製程，而形成氮氧化物層 506。材料層 304 的殘留未消耗的部分通常為所期望的倒 T 形狀。並且，如第 5D 圖所說明，儘管是以比消耗側壁上的材料層 304 還要慢的速率下，該氧化製程仍繼續消耗一部分殘留的氮化物層 502 與一部分的 STI 區域 302。

在步驟 408 中，如第 5E 圖所說明，移除氮氧化物層 504 與氮氧化物層 506，產生具有倒 T 形狀的浮動閘極。可藉由與上述方法 200 相關的蝕刻製程來移除該等層，例如，濕式或乾式化學蝕刻、反應離子蝕刻等等。該蝕刻製程是具有選擇性的，例如，可選擇性移除氮氧化物層 504 與氮氧化物層 506。在一實施例中，蝕刻製程對於二氧化矽 (SiO_2)、氮氧化物矽 (SiON) 與氮化矽 (SiN) 具選擇性，且在對包含多晶矽的材料層 304 具選擇性的情況下，移除包含氮化矽 (SiN) 的氮化物層 502、包含氮氧化物矽 (SiON) 的氮氧化物層 504 以及包含二氧化矽 (SiO_2) 的氮氧化物層 506。如第 5E 圖所說明，蝕刻製程可進一步地選擇性移除一部分的 STI 區域 302。在一些實施例中，蝕刻製程可為多段式蝕刻製程。例如，最初的蝕刻製程可僅對二氧化矽 (SiO_2) 具選擇性，用以移除氮氧化物層 506。接著，

蝕刻製程可對氮氧化矽 (SiON) 與氮化矽 (SiN) 具選擇性，用以移除氮氧化物層 504 與氮化物層 502。在完成蝕刻製程以形成具有倒 T 形狀的浮動閘極之後，可進一步處理記憶體元件 200，例如藉由沉積 IPD 層與控制閘極層，類似於有關第 1 圖所描述的 IPD 層與控制閘極層。如上所述，可在沉積 IPD 層之前執行間隙填充與相鄰材料層 304 之間的已填充區域的 CMP，以及接著蝕刻該已填充區域的步驟。

如上所述，在一些實施例中可能想要低熱預算(例如，材料的低擴散，該材料例如為一或多個摻雜劑、氧或矽)，例如，用以限制穿遂氧化物層 104 或 STI 區域 302 的增厚。然而，假如能夠限制此種非期望的增厚作用，則可以使用高熱預算的製程(亦即，高氧氣擴散)。例如，高熱預算製程(例如，濕式、乾式、或快速熱氧化)可提供共形氧化、較快的氧化速率、較厚的氧化(例如，約 5 至約 15 nm 的厚度)以及更有效率的側壁氧化。此外，高熱預算氧化製程可降低對不同晶體方向的材料層(用於形成浮動閘極)的選擇性，因此在氧化期間有益地產生平滑表面。例如，當使用包含多晶矽的材料層來形成浮動閘極時，期望可降低對不同晶體方向的敏感度。例如，該平滑表面可藉由降低接面電阻等等而有益地促進記憶體元件的可靠度。

因此，在一些實施例中，如以下與第 6 圖相關的描述，使用具有材料層 702 的部分製造的記憶體元件 700，以

形成具有倒 T 形狀的浮動閘極。例如，相較於分別於第 3A 與 5A 圖所說明的材料層 304，材料層 702 可以較高。此外，STI 區域 302 的高度可根據材料層 702 的高度來縮小(例如，如上所述，藉由沉積以及回蝕間隙填充材料，如二氧化矽)，用於在 STI 區域 302 的曝露表面與穿遂氧化物層之間提供一增加距離，因而在高熱預算製程期間幫助抵抗在穿遂氧化物層中的氧化擴散。在一些實施例中，介於材料層 702 頂部與 STI 區域 302 頂部之間的間距實質上是與第 3A 與 5A 圖中所說明的類似結構的間距是等距的。相較於第 3A 與 5A 圖中類似的記憶體元件，材料層 702 與 STI 區域 302 二者增加的高度可有利地延長氧原子必須移動抵達穿遂氧化物層 104 的距離。兩結構所增加的高度可允許使用較高的熱預算氧化製程，同時限制穿遂氧化物層 104 的增厚。因此，藉由增加在記憶體元件 700 中的 STI 區域 302 的高度，可有益地使用高熱預算氧化製程，以形成具有倒 T 形狀的浮動閘極。在進行高熱預算氧化製程以及移除所形成的氧化物層後，接著使用蝕刻製程及/或更容易控制的低熱預算氧化製程來降低在浮動閘極底部的厚度。將在下述內容中參考第 6 至 8 圖來描述高熱預算氧化製程與蝕刻製程或低熱預算氧化製程的合併使用。

舉例來說，第 6 圖是根據本發明的一些實施例來說明製造具有浮動閘極的半導體元件的方法 600。方法 600 是參考第 7A 至 7D 與 8A 至 8B 圖來說明，第 7A 至 7D

與 8A 至 8B 圖是根據方法 600 的實施例來描述記憶體元件 700 的製造階段。

方法 600 通常開始於步驟 602，在步驟 602 中提供具有材料層的基板，該材料層將形成浮動閘極。例如，如第 7A 圖所示，基板 102 與材料層 702 可為部分製造的記憶體元件 700 的一部分。記憶體元件 700 包含基板 102，該基板 102 具有設置在基板 102 上的穿遂氧化物層 104。材料層 702 可設置在穿遂氧化物層 104 上方。淺溝槽絕緣(STI)區域 302 可設置在基板上，該 STI 區域 302 與穿遂氧化物層 104 及材料層 702 相鄰。在上述內容中已說明基板 102、穿遂氧化物層 104 以及 STI 區域 302。

材料層 702 包含導電材料，例如多晶矽、金屬等等。材料層 702 具有一起始形狀，該形狀包含實質矩形的截面或略呈梯形的截面。材料層 702 通常可具有任何適合的起始形狀，使得當以在此所描述的方法進行氧化及/或蝕刻時，可將材料層 702 形成具有倒 T 形狀的浮動閘極。材料層 702 具有大於約 30 nm 的高度、或高達約 130 nm 的高度。材料層 702 具有大於約 2:1 的高寬比。

接著，在步驟 604 中，可選擇性氧化材料層 702，以形成第一氧化物層 704，如第 7B 圖所示。將第一氧化物層 704 形成在材料層 702 的上方與材料層 702 的側壁上，且該第一氧化物層 704 包含氧化矽、金屬氧化物等等。在一些實施例中，第一氧化物層 704 可消耗材料層 702 至約 5 至約 15 nm、或約 10 nm 的深度。第一氧化物

層 704 可進一步使一部分的 STI 區域 302 變的更厚。可使用濕式或氧化、快速熱氧化(RTO)、自由基氧化、或電漿氧化(例如，去耦合電漿氧化(DPO))來執行氧化物層的形成。在一些希望較低的熱預算及/或降低氧氣擴散的實施例中，使用電漿氧化或自由基氧化。在進行材料層 702 的氧化期間，需要低熱預算來避免穿遂氧化物層 104 的增厚。

在氧化之後，材料層 702 的殘留部分通常為倒 T 形狀，該倒 T 形狀具有比預期最終形狀更大的尺寸(例如，底部的高度較大及/或主幹的寬度較大)。在步驟 606 中，在與步驟 604 相同的腔室中藉由蝕刻製程將第一氧化物層 704 移除，產生具有一般倒 T 形狀的浮動閘極，如第 7C 圖中所說明的材料層 702 的殘留部分。該蝕刻製程可為濕式或乾式蝕刻、或反應性離子蝕刻。該蝕刻製程可使用包含氫氟酸(HF)、氫氯酸(HCl)等等的化學物質或氣體。該蝕刻製程具選擇性，例如，可選擇性地移除第一氧化物層 704。在一些實施例中，蝕刻製程對二氧化矽具選擇性，且相對於包含多晶矽的材料層而移除包含二氧化矽的第一氧化物層 704。在移除第一氧化物層 704 期間，蝕刻製程可更進一步地移除一部分的 STI 區域 302。

在步驟 608 中，使用蝕刻製程來移除另外一部分的殘留材料層 702，以形成具有期望倒 T 形狀的浮動閘極，如第 7D 圖所示。該蝕刻製程可為濕式或乾式蝕刻、或反

應性離子蝕刻等等。在一些實施例中，蝕刻製程為反應性離子蝕刻。如上所述，使用方法 600 所形成的浮動閘極尺寸與使用方法 200 及 400 所形成的浮動閘極尺寸相似。

在蝕刻材料層 702 以形成具有倒 T 形狀與上述尺寸的浮動閘極之後，方法 600 通常會結束，且可執行更進一步的處理以完成記憶體元件的製造。記憶體元件 700 的更進一步處理可包含如上所述的 IPD 層與控制閘極層的沉積。可選擇地，在沉積 IPD 層之前，執行間隙填充與 CMP 製程，接著將已填充區域反蝕以控制在相鄰浮動閘極之間的區域中的 IPD 層的期望深度，如上所述。

或者，在一些實施例中，在移除第一氧化物層 704 之後，方法 600 由相同的腔室 606 進行至腔室 610，在腔室 610 中將材料層選擇性氧化以形成第二氧化物層 706。將第二氧化物層 706 形成在材料層 702 的殘留部分的上方與側壁處，如第 8A 圖所示，且第二氧化物層 706 包含氧化矽、金屬氧化物等等。在一些實施例中，第二氧化物層 706 可消耗材料層 702 至約 5 至約 15 nm、或約 10 nm 的深度。可使用濕式或氧化、快速熱氧化 (RTO)、自由基氧化、或電漿氧化(例如，去耦合電漿氧化(DPO))來執行氧化物層的形成，且因為期望較低熱預算及/或降低氧氣擴散，可使用電漿氧化或自由基氧化。在一些實施例中，可將低熱預算定向氧化(例如，電漿氧化)用於第二氧化物層 706 在材料層 702 的水平表面上以

高於側壁表面的速率來成長的情況中。

在進行選擇性氧化以形成第二氧化物層 706 之後，材料層 702 的殘留部分通常為倒 T 形狀。在步驟 612 中，藉由蝕刻製程移除第二氧化物層 706，以完成具有倒 T 形狀的浮動閘極之形成，如第 8B 圖中所說明的材料層 702 的殘留部分。該蝕刻製程可為乾式蝕刻、或反應性離子蝕刻。該蝕刻製程可使用包含氫氟酸(HF)、氫氯酸(HCl)等等的化學物質或氣體。蝕刻製程可具選擇性，例如，對於移除第二氧化物層 706 具選擇性。在一實施例中，蝕刻製程可對二氧化矽具選擇性，且相對於包含多晶矽的材料層 702 而移除包含二氧化矽的第二氧化物層 706。在移除第二氧化物層 706 期間，蝕刻製程可更進一步地移除一部分的 STI 區域 302。

在蝕刻材料層 702 的殘留部分以移除第二氧化物層 706 且形成具有倒 T 形狀的浮動閘極之後，方法 600 通常會結束。以方法 600 所形成的浮動閘極與在步驟 608 中所述的浮動閘極具有相同尺寸。記憶體元件 700 的更進一步處理包含如上所述的 IPD 層與控制閘極層的沉積。

如上所述，雖然對於一些實施例來說高熱預算製程是較有益的，但是當施加較高熱預算時，材料層(如上述的材料層 702)的氧化速率會傾向飽和。舉例來說，氧化速率傾向飽和的情形會造成無法將材料層 702 成形為具有期望尺寸的形狀、造成穿遂氧化物層 104 的增厚、或兩

者均會發生。更進一步地來說，即使在較低溫度範圍下(例如， 30°C)起始氧化速率是高的，然而在使用任何寬溫度範圍(例如介於約 30 至約 1100°C 之間)的情況下仍會造成氧化速率的飽和。對於在此所揭露的所有氧化步驟而言，此溫度範圍是有效的。此外，可在室溫或更低溫度下產生基於電漿氧化或光化學(UV 或臭氧)、或乾式/濕式化學(例如臭氧、硝酸、過氧化氫)氧化。因此，本發明人已經發展出一種用於塑形材料層(例如材料層 702)的方法，該方法有益地使用如下所述的高起始氧化速率。

第 9 圖中繪示說明在高熱預算下氧化速率的飽和，第 9 圖通常描述氧化物層厚度與時間的函數。等溫線 1000 代表一氧化製程，該氧化製程在所需的任意溫度下連續成長氧化物層。最初，在等溫線 1000 的第一週期 1002 時間內，該氧化速率是高的，以在第一週期 1002 期間所成長的第一氧化物層厚度 1004 來說明之。隨著時間(以及熱預算)增加，氧化速率開始飽和。例如，在第二週期 1006 期間(該第二週期 1006 與第一週期 1002 等長且立即跟隨在第一週期 1002 之後)，在第二週期 1006 期間所成長的第二氧化物層厚度 1008 小於第一氧化物層厚度 1004，這是歸因於在第二週期 1006 期間的較慢氧化速率。本發明人已更進一步發現在各種溫度下伴隨產生的等溫線 1000 的一般形狀。

因此，為了將材料層 702 塑形至預期形狀，需要高熱預算來達成所需要的氧化物層厚度，以形成期望的浮動

間極尺寸。不幸的是，在製造某些結構期間，高熱預算氧化製程的應用會非期望地造成氧氣(O_2)擴散至曝露的氧化物層(例如，穿遂氧化物層 104)，導致氧化物層非期望地增厚。

因此，在方法 600 的一些實施例中，重複的氧化與蝕刻製程可有益地使用施加在第一週期 1002 期間的高起始氧化速率，如上述第 9 圖所說明。例如，在一些實施例中，在步驟 604 中，在一起始氧化速率下將材料層(例如，材料層 702)表面氧化，以形成氧化物層(例如，第一氧化物層 704)。可將材料層 702 氧化歷經第一週期時間(例如，第一週期 1002)，在此時該氧化速率是相對高的。在氧化速率降低至預定值之後，例如，在第二週期 1006 期間，終止氧化製程。在一些實施例中，當氧化速率為起始氧化速率的約 90%或更低、或約 75%或更低時，則終止第一氧化物層 704 的形成。在一些實施例中，當氧化速率介於起始速率的約 0%至約 90%或、或約 75%時，則終止第一氧化物層 704 的形成。

一旦終止氧化製程，在步驟 606 中，藉由蝕刻製程將至少一些的第一氧化物層 704 移除(如上所述以及如第 7C 圖所述)。如第 7C 圖所說明，一旦該第一氧化物層 704 被移除，材料層 702 會至少部分成為如上述所期望的形狀。移除第一氧化物層 704 提供材料層 702 的剛曝露的表面，該剛曝露的表面可更進一步地被氧化直到形成所期望的氧化物層形狀。在一些實施例中，蝕刻製程

可為兩段凝結以及昇華蝕刻製程，如上所述。在一些實施例中，當蝕刻速率下降至起始蝕刻速率的約 0% 至約 75%、或至約 90% 時，則會終止蝕刻製程。蝕刻速率的下降可歸因於材料對比(例如，Si 對 SiO_2 的選擇性)或擴散相對飽和度(例如，在同質的 SiO_2 層)。在蝕刻製程期間，蝕刻速率對時間的相依性可在犧牲氧化期間提供額外或獨立的材料移除控制方法。此提供在異質的表面(Si/SiO_2)上一層一層移除的能力，如示例在浮動閘極形成結構中。當由異質的基板上移除氧化材料時，可有利地使用上述方法以避免移除非均勻的材料。

舉例來說，在步驟 610 中，將部份塑形的材料層 702 的曝露表面再次氧化，以形成另一氧化物層(例如，第二氧化物層 706)。以一起始氧化速率來進行氧化製程，該起始氧化速率實質相等於上述用於移除第一氧化物層 704 的起始氧化速率。如上所述，在氧化速率下降至預定值後，例如在第二週期 1006 期間，則終止氧化製程。所期望的製程終止點可為任何與上述相似的時間。於第 8A 圖中說明形成第二氧化物層 706 的氧化製程。

一旦終止重複的氧化製程，在步驟 612 中，可藉由蝕刻製程來移除至少一些的第二氧化物層 706(如上所述且於第 8B 圖中說明)。如第 8B 圖所說明，一旦第二氧化物層 706 被移除，該材料層 702 可形成期望形狀，如上所述。或者，將第二氧化物層 706 移除可再次提供材料層 702 剛曝露的表面，該剛曝露的表面可更進一步的被氧

化直到形成所期望的材料層形狀。因此，雖然所揭露為只重複一次氧化以及蝕刻製程，但這些製程可視需求連續重複許多次，以形成所期望的材料層形狀(亦即，可將製程重複一或多次)。

與連續執行的氧化製程相比，氧化以及移除氧化物層的循環製程中的氧化能夠在相同熱預算下形成較多的氧化物。在單一腔室中執行氧化以及移除氧化物層的循環製程可大幅提高製程生產量。例如，如第 9 圖所顯示，一連續實施氧化製程(例如在第一週期 1002 與第二週期 1006 所實施的等溫線 1000)將形成具有厚度為第一厚度 1004 與第二厚度 1008 總合的氧化物層。然而，在使用與連續氧化製程相同的熱預算下，循環的氧化與移除製程可導致總氧化物厚度(例如，第一氧化物層 704 與第二氧化物層 706 的厚度總合)為第一厚度 1004 的兩倍，該循環的氧化與移除製程例如為在第一週期 1002 期間形成第一氧化物層(例如，第一氧化物層 704)、移除第一氧化物層以及在第二週期 1006 期間氧化材料層以形成第二氧化物層(例如，第二氧化物層 706)。

在第 9 圖中說明循環的氧化與移除製程的等溫線 1010。如說明，在第一週期 1002 之後，等溫線 1010 實質上偏離等溫線 1000(代表連續氧化製程)。然而，僅為了說明，在第 9 圖中，將等溫線 1010 描繪為直線。根據如何實施循環的氧化與移除製程，該等溫線 1010 可為任何形狀。例如，假如每一個重複的氧化製程均進行相

同週期時間(例如第一週期 1002)，那麼在第一週期 1002 期間在每一個連續步驟下該等溫線 1010 可具有重複等溫線 1010 的形狀。或者，將循環的氧化與移除製程中的連續步驟實施與第一週期(未圖示)不同的期間，該等溫線 1010 的形狀可因此改變。然而，在循環的氧化與移除製程期間所形成的總氧化物將大於由連續氧化製程使用相同熱預算(例如，等溫線 1000)所形成的氧化物。在一些實施例中，在循環的氧化與移除製程期間所形成的總氧化物比藉由連續氧化製程使用相同熱預算所形成的氧化物大於高達約 3 倍。

可有利地使用上述的循環的氧化與移除製程來形成其他結構，包含具有次微影尺寸的結構。此結構包含，例如，超薄浮動閘極、鰭式場效電晶體(finFET)元件的鰭片、圖案化硬遮罩等等。

例如，在一些實施例中，能使用循環的氧化與移除製程以形成超薄浮動閘極，如第 10A 至 10D 圖所說明。第 10A 至 10D 圖是根據本發明的一些實施例來描述浮動閘極 1102 的製造階段。如第 10A 圖所示，該方法開始於藉由提供部分製造的記憶體元件 1100。該記憶體元件 1100 與上述記憶體 100 的結構與組成相似。記憶體元件 1100 包含基板 102，該基板 102 上設置有穿遂氧化物層 104。將材料層 1102(與上述任何材料層的組成類似)設置在穿遂氧化物層 104 的頂部。將 STI 區域 1104(與上述 STI 區域的組成類似)設置在材料層 1102 的每一側並與材料

層 1102 相鄰。STI 區域 1104 將元件 1100 的個別記憶單元隔開。通常，STI 區域 1104 的頂部表面 1103 與材料層 1102 的頂部表面 1105 為實質上平坦。

接著，可將上述的循環的氧化與移除製程用於相同的腔室中，以將材料層 1102 變薄至所期望的形狀(例如厚度)。如上所述，以一起始氧化速率將材料層 1102 的頂部表面 1105 氧化，用以形成氧化物層 1106，如第 10B 圖所示。當氧化速率下降至低於起始速率的特定百分比時(如上所述)，終止該氧化製程。接著藉由蝕刻製程將氧化物層 1106(與在 STI 區域 1104 中的一部分氧化物一起)移除，如第 10C 圖所示。可重複該氧化與移除製程直到將材料層 1102 變薄至一期望形狀，以形成浮動閘極。

在一些實施例中，材料層 1102 的期望形狀在材料層 1102 的底部具有第一寬度，該第一寬度實質等於在材料層 1102 頂部的第二寬度。更進一步地，期望形狀包含材料層 1102 的最終厚度，例如，小於約 5 nm(然而可預期其他厚度，例如，約 1 至約 20 nm、或約 1 至約 10 nm)。該循環的氧化與移除製程可有利地將材料層 1102 變薄至浮動閘極的期望形狀，而不會造成下層穿遂氧化物層 104 產生不需要的氧化增厚。本發明人已經發現到存在於 STI 區域 1104 中的氧化物可作為阻礙，避免氧化製程到達穿遂氧化物層 104。如第 10D 圖所示，將 IPD 層 1108 與導電層 1110 沉積在變薄的材料層 1102 的頂部，以形成完整的記憶體元件 1100。IPD 層 1108 與控制閘極 1100

均包含適用於 IPD 層與控制閘極層的任何材料或材料組合，如上所述。

在一些實施例中，可使用循環的氧化與移除製程，將結構形成臨界尺寸，該臨界尺寸小於藉由微影技術所獲得的臨界尺寸。例如，第 11A 至 11C 圖描述使用循環的氧化與移除製程的該等階段，用以將微影圖案化結構 1200 修正為次微影臨界尺寸。例如，結構 1200 可為部分製造的邏輯元件，例如鰭式場效電晶體(FinFET)、或部分製造的硬遮罩結構。

結構 1200 包含材料層 1202，該材料層 1202 沉積在基板 1204 的頂部。將材料層 1202 沉積為如第 11A 圖所示，使得基板 1204 的上表面 1203 的一或多個部分可維持曝露。將遮罩層 1206 沉積在材料層 1202 頂部。例如，使用遮罩層 1206 將材料層 1202 圖案化至微影界定的臨界尺寸。

基板 1204 可為如上所述之任何適合的基板。例如，在一些製造邏輯元件的實施例中，基板 1204 包含矽(Si)或二氧化矽(SiO_2)。例如，在一些製造硬遮罩結構的實施例中，基板 1204 包含層 1208(在第 11A 至 11C 圖中以虛線來說明)，該層 1208 沉積在非矽層 1210 的頂部，並藉由硬遮罩將該層 1208 圖案化。當蝕刻非矽層 1210 時，該層 1208 可用作第二硬遮罩。該層 1208 包含以下一或多種：二氧化矽(SiO_2)、氮化矽(SiN)、氧化鋁(Al_2O_3)或其他可在低溫下沉積的材料、或在矽絕緣體(SOI)製造期間

所形成的埋入式氧化物。非矽層 1210 可包含金屬，例如一或多種的鎢(W)、氮化鈦(TiN)等等、及/或包含介電材料，例如，二氧化矽(SiO_2)、高 k 的二元氧化物、三元氧化物、相變材料(例如氧化鎳、鍺銻碲等等)及/或在 IV 族(例如，鍺、矽化鍺)中的替代通道材料；及/或 III-V 材料(例如，砷化鎵、氮化鎵、磷化銦等等)、及/或有機物(例如，五環素(pentacene)、碳 60(fullerenes)等等)。一些材料可在高於約 100°C 的溫度下退化，但該些材料可受惠於由本發明方法所獲得的次微影圖案化，來提高元件性能。

遮罩層 1206 可為任何適合的遮罩層，例如硬遮罩或光阻層。遮罩層 1206 可包含以下至少一個：二氧化矽(SiO_2)、氮化矽(SiN)、矽化物(silicide)，例如矽化鈦(TiSi)、矽化鎳(NiSi)等等、或矽酸鹽(silicate)，例如矽酸鋁(AlSiO)、矽酸鋯(ZrSiO)、矽酸鈺(HfSiO)等等。

可將上述的循環的氧化與移除製程實施在現有的結構 1200，將微影圖案化材料層 1202 修正為次微影臨界尺寸。如第 11A 圖所說明，將材料層 1202 的側壁 1212 以及，在一些實施例中將基板 1204 的暴露表面 1203 以上述的起始氧化速率進行氧化，以形成氧化物層 1214。在第一週期時間之後，當起始氧化速率下降低於如上述的起始速率的一部分時，則會終止該氧化製程。

如第 11C 圖所示，使用蝕刻製程來移除氧化物層 1214，該蝕刻製程可為上述的任何適合的蝕刻製程，且

在與氧化製程相同的腔室中執行該蝕刻製程。可視需求重複氧化與移除製程，將材料層 1202 成為期望形狀，例如，具有期望的次微影尺寸。在藉由氧化及/或蝕刻製程而至少部分消耗基板 1204(或氧化物層 1208)的一些實施例中，當循環氧化與蝕刻製程完成之後，材料層 1202 可安置在基板 1204 的凸起部分 1216，該凸起部分 1216 係藉由循環製程所形成。凸起部分 1216 可具有一寬度，該寬度與接近材料層 1202 底部的第一寬度以及接近材料層 1202 頂部的第二寬度實質相等。在一些實施例中，經修正的材料層 1202 的第一寬度與第二寬度可介於約 1 至約 30 nm。在一些實施例中，經修正的材料層 1202(例如，材料層的期望形狀)具有介於約 0.5 至約 20 的高寬比。在一些實施例中，經修正的材料層 1202 的高度介於約 1 至約 30 nm。或者，在一些實施例中，不會因循環製程而實質消耗該基板，且不會出現凸起部分 1216。舉例來說，假如蝕刻製程對層 1208 的材料具選擇性，則可避免凸起部分的生成，例如，在一些實施例中，當蝕刻二氧化矽時，不會蝕刻包含氮化矽的層 1208。

在使用循環的氧化與移除製程來修正材料層 1202 之後，可更進一步地處理結構 1200。舉例來說，將材料層 1202 作為鰭式場效電晶體(FinFET)元件的鰭片，並沉積閘極層以及源極/汲極區域。或者，可使用經修正的材料層 1202 本身，以界定由基板 1204 所形成的硬遮罩的臨界尺寸。更進一步地，可有利地使用本發明方法來降低

由微影與鰭片蝕刻(fin etch)所產生的線邊緣粗糙度與表面粗糙度。在鰭式場效電晶體(FinFET)通道形狀與側壁表面上的粗糙度與變異性的下降，可藉由降低雜訊與變動性來改善元件與系統的性能。

更進一步地考慮到可替換地使用一部分及/或全部的上述獨立方法，該方法適合形成具有倒 T 形狀的浮動閘極的記憶體元件。舉例來說，將氮化物層(如第 4 圖所說明)沉積在部分製造的記憶體元件 700 的材料層 702 頂部(如第 6 圖所說明)，以更進一步限制穿遂氧化物層的增厚。在此所描述的方法的其他組合以及變化同樣地落入本發明的範疇中。

舉例來說，可在單一基板處理腔室中執行在此所描述的方法，例如，氧化與蝕刻製程，該單一基板處理腔室配置為提供執行上述製程所需的個別製程氣體、電漿等等。

因此，在配置以可執行氧化、蝕刻以及選擇性執行氮化製程的單一反應器或腔室中執行本發明方法。配置該製程腔室，以執行氧化製程，該氧化製程包含以下一或多種製程：紫外光系氧化製程、臭氧系氧化製程、熱氧化製程、電漿氧化製程或其他自由基系氧化方法(例如熱電阻線)。因此，將氣體來源耦接至該腔室以提供一或多種用於氧化製程的含氧氣體。可更進一步地配置製程腔室以執行蝕刻製程，該蝕刻製程包含以下一或多種製程：電漿蝕刻、或包含凝結與昇華的兩段式蝕刻，如上

所述。可利用電漿來活化該兩段式蝕刻製程、或在沒有提供電漿的情況下熱活化該兩段式蝕刻製程。更進一步地配置製程腔室具有熱控制系統，用於快速控制基板溫度，以幫助兩段式蝕刻製程。例如，製程腔室可包含循環加熱器(以及冷卻器)，能夠用於循環加熱與冷卻該基板。此加熱器能夠包含快閃能量系統(flash energy based system；例如，燈具、雷射等等)、熱源，該熱源在腔室中的至少兩個預定基板處理區域間提供較大的熱梯度(例如，適合藉由將基板放置在個別的處理區域中，以選擇性地維持適用於凝結的低基板溫度以及適用於昇華的高基板溫度)、或藉由使用用於蝕刻氣體的遠端電漿活化的遠端電漿來源與直接電漿來源的組合來產生加熱。基板支撐件是可移動的，用以在預定處理區域中支撐基板，且該基板支撐件可更進一步包含升降銷或其他基板升降機構，用以在製程的加熱部分期間，由支撐表面將基板選擇性地升高，以及在製程的冷卻部分期間，將基板送回基板支撐表面。基板支撐件亦可具有冷卻器(或溫度控制)系統，以維持基板支撐件在預定溫度(例如，接近用於蝕刻製程的凝結溫度)。例如，在一些實施例中，熱控制系統適合快速(例如，在少於約 1 秒內、或高達約 10 秒、或高達約 100 秒)改變基板的溫度，由約 30°C (幫助凝結)到至少約 100°C (幫助昇華)。

例如，在第 12 圖中說明具有此配置的製程腔室 1300 的示意圖。製程腔室 1300 包含設置在製程腔室 1300 中

的基板支撐件 1302，用於將基板 1303 支撐在基板支撐件 1302 上。將氣體源 1304 耦接至腔室 1300，以提供含氧氣體、蝕刻氣體以及可選擇性提供惰性氣體及/或含氮氣體(例如，上述的任何氣體)。將電漿源 1306 耦接至製程腔室，而將能量提供給由氣體源所提供的氣體，以形成氧化電漿或蝕刻電漿至少其中一種，以及可選擇地形成氮化電漿。將加熱源 1308 耦接至製程腔室，以選擇性地加熱該基板，以及，選擇性提供能量至氣體源的氣體，以形成氧化或蝕刻化學物質至少其中一種。將控制器 1310 耦接至製程腔室 1300，用於控制製程腔室 1300 的操作以及組成件。氣體源 1304 可為任何適合的氣體源，例如具有多個氣體源的氣體面板等等。將氣體源 1304 最小化配置，以提供含氧氣體與蝕刻氣體，而個別形成一或多種的氧化電漿、蝕刻電漿、氧化化學物質或蝕刻化學物質。可選擇地，氣體源 1304 亦可提供一或多種的惰性氣體及/或含氮氣體，以形成氮化電漿。

電漿源 1306 可為任何適合的電漿源或複數個電漿源，例如遠端電漿源、電感式耦合源、電容式耦合源、耦接至架空電極(未圖示)的第一來源與耦接至基板支撐件的第二來源(未圖示)、或任何其他電漿源配置，以形成電漿。在一些實施例中，將電漿源 1306 配置以提供能量給氣體源 1304 的氣體，以形成氧化電漿、蝕刻電漿，以及可選擇性形成氮化電漿。在一些實施例中，電漿源可供應熱至晶圓，用於在蝕刻期間昇華反應副產物。

加熱源 1308 可為任何適合的加熱源，用以加熱該基板及/或由氣體源 1304 所提供的氣體來形成氧化或蝕刻化學物質。舉例來說，加熱源包含一或多個燈具，該燈具配置以加熱該基板或由氣體源所提供的氣體。另或組合，加熱源可包含加熱器或氣體噴淋頭，該加熱器例如電阻加熱器等等，該加熱器可例如設置在基板支撐件 1302 中，而該氣體噴淋頭用於提供製程氣體至製程腔室。

在操作中，系統控制器 1310 能夠將來自個別系統(例如，氣體源 1304、電漿源 1306、以及加熱源 1308)的資料進行儲存並反饋，以最佳化工具 1300 的性能。系統控制器 1310 通常包含中央處理單元(CPU)、記憶體、以及支持電路。CPU 可為任何形式的一般用途電腦處理器的其中一種，該一般用途電腦處理器可用於工業設定。通常將支持電路耦接至 CPU，且該支持電路包含快取記憶體、時脈電路、輸入/輸出子系統、電力供應器等等。當由 CPU 來執行時，軟體常式(例如用於執行上述形成浮動閘極的方法)可將 CPU 轉換為特定用途電腦(控制器)1310。亦可藉由遠離工具 1300 設置的第二控制器(未圖示)來儲存及/或執行軟體常式。將根據一或多個實施例來描述用於執行上述製程的特定單一腔室設備。

第 13 至 15 圖描述經改良的電漿製程腔式的實施例。本發明實施例可在適當裝配的電漿反應器中執行，例如可由加州聖大克勞拉市的應用材料公司或其他地方所購得的去耦合電漿氧化(DPO)反應器，以下將參考第 13A

圖來說明。亦可使用其他適合的電漿反應器，包含遠端電漿氧化(RPO)反應器或環型來源電漿浸沒式離子植入反應器，例如可由應用材料公司所購得的 P3I，以下將個別參考第 14 與 15 圖來說明。舉例來說，第 13A 圖是根據本發明的實施例來描述說明性的電漿反應器 1400，該電漿反應器 1400 適用於執行循環氧化物形成與移除製程。反應器 1400 透過由經脈衝或連續波(CW)射頻(RF)功率產生器所驅動的導電性耦合電漿來源功率施用器來提供低離子能電漿。該反應器包含腔室 1410，該腔室 1410 具有圓柱形側壁 1412 與頂棚 1414，該頂棚 1414 可為穹狀(如圖所示)、平板狀或其他幾何形狀。電漿來源功率施用器包含線圈天線 1416，該線圈天線 1416 設置在頂棚 1414 上且透過阻抗匹配網路 1418 與 RF 功率來源耦接，該 RF 功率來源是由 RF 功率產生器 1420 與位在產生器 1420 的輸出端的閘極 1422 所組成，該產生器 1420 是由具有經選擇工作週期的脈衝訊號所控制。配置 RF 功率產生器 1420 以提供介於約 50 watts 至約 2500 watts 的功率。應理解到可使用其他產生低離子能的電漿來源功率施加器，例如，遠端 RF 或微波電漿來源。或者，該功率產生器可為經脈衝的 DC 產生器。

反應器 1400 更進一步包含基板支撐基座 1424，例如，靜電夾具或其他適合的基板支撐件，用於固持基板 1426，例如，200 或 300 mm 的半導體晶圓等等。基板支撐基座 1424 一般包含加熱設備，例如加熱器 1434，該

加熱器 1434 位在基板支撐基座 1424 的頂表面下方。加熱器 1434 可為單一或多區域加熱器，例如，雙徑向區域加熱器，該雙徑向區域加熱器具有放射狀的內部與外部加熱構件 1434A 與 1434B，如第 13A 圖所描述。

反應器 1400 更包含氣體注入系統 1428 與耦接至腔室內部的真空幫浦 1430。將氣體注入系統 1428 提供給一或多個製程氣體來源，例如氧化氣體儲槽 1432，用於提供氧化氣體，該氧化氣體包含：氧氣(O_2)、一氧化二氮(N_2O)、一氧化氮(NO)、二氧化氮(NO_2)、水(H_2O)、氫氣(H_2)與過氧化氫(H_2O_2)；還原氣體儲槽 1442，用於提供諸如氫氣的還原氣體；蝕刻氣體儲槽 1448，用於供應蝕刻氣體，例如，四氟甲烷(CF_4)、三氟甲烷(CHF_3)、六氟化硫(SF_6)、氨(NH_3)、三氟化氮(NF_3)、氦氣(He)、氬氣(Ar)等等；或其他視特定應用所需的製程氣體來源，例如氦氣(He)、氬氣(Ar)等氣體或諸如氮氣(N_2)的氮化氣體。個別耦接至氣體來源(例如，氧化氣體儲槽 1432、還原氣體儲槽 1442、蝕刻氣體儲槽 1448 等等)的流動控制閥門 1446、1444 與 1449 可用於在進行處理期間選擇地提供製程氣體或製程氣體混合物至腔室內部。亦可提供其他氣體來源(未圖示)用於提供額外氣體，例如惰性氣體(氦氣、氬氣等等)、氣體混合物等等。藉由真空幫浦 1430 的節流閥 1438 來控制腔室壓力。

可藉由控制脈衝產生器 1436(該脈衝產生器 1436 的輸出端係耦接至閘極 1422)的工作週期來控制在閘極 1422

上的經脈衝的 RF 功率輸出的工作週期。在離子產生區域 1440 中產生電漿，該離子產生區域 1440 對應於被線圈天線 1416 環繞之頂棚 1414 下方的容積。當在與基板相距一段距離的腔室 1410 上部區域中形成電漿時，該電漿可視為類遠端電漿(例如，該電漿具有遠端電漿形成的效益，但該電漿形成在與基板 1426 相同的腔室 1410 中)。或者，可使用遠端電漿，在此情況中可將離子產生器 1440 設置在腔室 1410 的外側。

在操作中，根據本發明上述氧化物層的實施例，可使用電漿反應器 1400 來執行氧化製程。舉例來說，可在製程腔室 1400 中由製程氣體產生電漿，以形成氧化物層。透過來自設置在頂棚 1414 上方的線圈天線 1416 的 RF 功率感應耦合並提供低離子功率(例如，對於經脈衝電漿為小於約 5 eV 以及對於 CW 電漿為小於約 15 eV)，在腔室 1410 的離子產生區域 1440 中形成電漿。

在一些實施例中，在適合的頻率下(例如，在 MHz 或 GHz 範圍中或約 13.56 MHz 或更大的頻率下)提供約 25 至 5000 watt 的功率至線圈天線 1416，以形成電漿。以具有介於約 2 至 70% 工作週期的連續波或經脈衝模式來提供功率。

例如，在一些實施例中，在連續的「啟動」期間產生電漿，而在連續「停止」區間允許電漿的離子功率開始衰減。「停止」區間與「啟動」區間分隔開來，且該「啟動」與「停止」區間定義可控制的工作週期。工作週期

會限制在基板表面上的動能離子能量低於預定臨界能量 (threshold energy)。在一些實施例中，預定臨界能量為約 5 eV 或低於約 5 eV。

舉例來說，在經脈衝的 RF 功率的「啟動」時間中，電漿能量增加，而在「停止」期間中，電漿能量降低。在短的「啟動」期間中，電漿產生在離子產生區域 1440 中，該區域大致相當於由線圈天線 1416 所圍起的容積。將離子產生區域 1440 提高高於基板 1426 一顯著的距離 L_D 。在「啟動」期間，產生在靠近頂棚 1414 的離子產生區域 1440 中的電漿會於「停止」期間以平均速度 V_D 漂移朝向基板 1426。在每一個「停止」期間，最快的電子會擴散至腔室壁面，而允許電漿進行冷卻。最具能量的電子以高於電漿離子漂移速率 V_D 的速率擴散至腔室壁面。因此，在「停止」期間，在電漿離子到達基板 1426 之前，該電漿離子的能量會顯著地降低。在下一次的「啟動」期間，在離子產生區域 1440 中會產生更多的電漿，且整個週期會自動重複。因此，到達基板 1426 的電漿離子能量會顯著地下降。在較低範圍的腔室壓力下，也就是大約 10 mT 與低於 10 mT，經脈衝的 RF 實例的電漿能量遠低於連續 RF 實例的電漿能量。

「停止」期間的經脈衝 RF 功率的波形與介於離子產生區域 1440 與基板 1426 之間的距離 L_D 二者必須足以允許使產生在離子產生區域 1440 中的電漿可損失足夠的能量，使得該電漿在到達基板 1426 之後造成較小的離子撞

擊損傷或不會造成離子撞擊損傷。更特定而言之，以介於約 2 至 30kHz、或約 10 kHz 的脈衝頻率與介於約 5% 至 20% 的「啟動」工作週期來界定「停止」期間。因此，在一些實施例中，「啟動」區間可持續約 5 至 50 微秒、或約 20 微秒，以及「停止」區間可持續約 50 至 95 微秒、或約 80 微秒。

可在低壓腔室中產生電漿，因而可降低污染誘發缺陷的可能性。例如，在一些實施例中，將腔室 1410 維持在介於約 1 至 500 mTorr 的壓力下。並且，藉由使用類遠端電漿來源以及，可選擇地，藉由脈衝上述之電漿來源功率來限制或避免在此低腔室壓力水平下所預期的離子撞擊誘發缺陷。

可將基板維持在約室溫(約 22°C)的溫度下、或介於約 20 至 750°C、或低於約 700°C、或低於約 600°C。在一些實施例中，在遠端電漿氧化製程中同樣可使用較高的溫度，例如低於 800°C。

第 13A 圖中的腔室亦包含用於冷卻基板的手段。用於冷卻基板的手段包含噴淋頭 1450，該噴淋頭 1450 設置在基座 1424 上方。噴淋頭 1450 具有複數個開口 1451，且該噴淋頭 1450 經由通道或導管(未顯示)與冷卻劑供應器 1452 連通。冷卻劑供應可為適合的氣體，例如，諸如氮氣的惰性氣體、或諸如氬氣、氖氣或氬氣與氬氣的混合物的傳導氣體。

冷卻手段亦可單獨包含、或與噴淋頭一起包含用於支

撐基座 1424 的冷卻系統。第 13B 圖顯示具有反饋冷卻系統 1454 的經修飾夾具，該反饋冷卻系統 1454 用於冷卻夾具至至少低如 20°C、例如、22°C、25°C、30°C、或其他適合的溫度以執行循環氧化與蝕刻製程。應理解到冷卻系統 1454 並非必需包含反饋控制。可使用用於調節支撐基座 1424 溫度的傳統冷卻系統。該傳統冷卻系統使用冷凍系統，該冷凍系統使用傳統熱循環以及透過單獨的液體熱傳輸媒介來傳輸介於冷卻劑與支撐基座之間的熱能，用以冷卻冷凍劑或冷卻劑媒介。冷卻劑可為去離子水與其他諸如乙二醇 (glycol) 及 (或) 全氟聚醚 (perfluoropolyether) 的物質的混合物。

在第 13B 圖所顯示的系統中，該類型的溫度反饋控制系統 1454 顯示在美國專利公開案號第 2007/0097580 號中，在該系統中反饋控制迴路處理器 1455 控制背側氣體壓力閥門 1456。

雖然最簡單的實施方式僅控制膨脹閥門 1468，但在基板 1426 上具有既定 RF 熱負載的情況下，可使用調節膨脹閥門 1468 及 (或) 旁通閥門 1470 的溫度反饋控制迴路，來控制晶圓溫度或維持晶圓溫度在所需溫度下。

藉由在壓力下將熱傳導氣體 (例如氦氣) 注入晶圓 1426 的背側與支撐基座 1424 的頂表面之間的介面中來增加晶圓 1426 與經冷卻的支撐基座 1424 之間的熱傳導性。為了達到此目的，將氣體通道 1486 形成在支撐基座的頂表面中，且將加壓氦氣供應器 1488 透過背側氣體壓力閥

門 1456 耦接至通道 1486 的內部。藉由夾持器電壓來源 1490 施加至柵極 1482 的 D.C. 夾持電壓，將晶圓 1426 靜電夾持在支撐基座 1424 的頂表面上。藉由挾持電壓與在晶圓背側的熱傳導氣體(氬氣)壓力可測定晶圓 1426 與支撐基座 1424 之間的熱傳導性。藉由改變背側氣體壓力(由控制閥門 1456 來改變)來執行晶圓溫度控制，使得晶圓溫度可調整為所需程度。當改變背側氣體壓力時，介於晶圓與支撐基座 1424 之間的熱傳導性也會改變，熱傳導性的變化會改變下列之間的平衡：(a)晶圓 1426 吸收由 RF 功率施加至柵極 1482 或耦接至電漿的熱與(b)來自晶圓至經冷卻的支撐基座的熱。改變此平衡必須改變晶圓溫度。因此，控制背側氣體壓力的反饋控制迴路可用於敏捷或高反應的晶圓溫度控制。以溫度探測器來感測實際溫度，該溫度探測器可為溫度探測器 1457、第二溫度探測器 1458、在蒸發器入口 1463 上的溫度探測器 1459、在蒸發器出口 1464 上的溫度探測器 1460、或該些探測器的任一個或全部的合併。為了達到此目的，反饋控制迴路處理器 1472 可控制膨脹閥門 1468 的孔口開口尺寸以回應來自一或多個溫度探測器的輸入量或該等輸出量。將儲存在記憶體或使用者介面 1474 中的經使用者選擇的所需溫度值提供給處理器 1472。簡單來說，在每一個連續處理循環期間，處理器 1472 會比較由至少一個探測器(例如，藉由 ESC 絕緣層中的探測器 1457)所測量的目前溫度與所需溫度值。接著，當所需溫度值與測量溫

度值出現差異時，處理器 1472 會計算錯誤值，並且由該錯誤來決定旁通閥門 1470 或膨脹閥門 1468 的孔口尺寸修正，此可降低錯誤發生。接著根據該修正，該處理器 1472 可改變閥門孔口尺寸。在基板製程的整體持續期間會重複此循環，以控制基板溫度。

將支撐基座中的一(或多個)溫度感測器 1457、1458、1459 或 1460 與處理器 1455 的輸入端連接。使用者介面或記憶體 1461 可提供經使用者選擇或所需的溫度至處理器 1455。在每一個連續處理循環期間，當目前的溫度測量值(來自感測器 1457、1458、1459 其中一個)與所需溫度出現差異時，處理器 1455 會計算錯誤訊號。處理器 1455 由該差異可決定目前背側氣體壓力閥門設定的修正，可降低溫度誤差，且根據該修正來改變閥門開口。舉例來說，偏離高於所需溫度的基板溫度需要增加背側氣體壓力來增加至經冷卻支撐基座 1424 的熱傳導性並使基板溫度下降。在基板溫度偏離低於所需溫度的情況中，可將上述方法相反以提高基板溫度。因此，可控制基板溫度並將基板溫度立即設定為實際落在溫度範圍中的新溫度，該溫度範圍之下限與支撐基座 1424 的冷卻溫度有關，且藉由在基板上的 RF 熱負載來測定該溫度範圍之上限。例如，在缺少 RF 熱負載下無法增加基板溫度，且在低於支撐基座 1424 溫度下無法冷卻基板溫度。假如此溫度範圍是足夠的，那麼可使用任何傳統技術來維持支撐基座 1424 在所需的冷卻溫度下，用以幫助調節背側

氣體壓力的敏捷溫度反饋控制迴路。

支撐基座 1424 包含熱交換器 1462，該熱交換器 1462 以用於冷卻媒介的冷卻通道形式存在，該冷卻媒介可為任何適合的冷卻流體，例如冷卻氣體(如氦氣或氮氣)、或上述的流體種類。熱交換器 1462 冷卻通道包含入口 1463 與出口 1464。將熱交換器 1462 包含在支撐基座 1424 內。反饋控制系統 1454 可以兩個模式來操作，也就是冷卻模式(在此模式中熱交換器 1462 作用為蒸發器)以及加熱模式(在此模式中熱交換器 1462 作用為冷凝器)。反饋控制系統 1454 的殘餘元件可為支撐基座 1424 的外部，且包含儲存器(accumulator)1465 與壓縮器 1466(用於抽取冷卻媒介穿過迴路)，以及冷凝器 1467(用於操作冷卻模式)與具有可變孔口尺寸的膨脹閥門 1468。反饋控制系統 1454(亦即，熱交換器 1462、儲存器 1465、壓縮器 1466、冷凝器 1467、膨脹閥門 1468 以及將熱交換器 1462、儲存器 1465、壓縮器 1466、冷凝器 1467 與膨脹閥門 1468 耦接在一起的導管)包含傳統類型的冷卻媒介(當在冷卻模式中操作系統時，該冷卻媒介作為冷凍劑或冷卻劑)，且該反饋控制系統 1454 可具有低電導性以避免與反應器的 RF 特徵相互干擾。儲存器 1465 藉由儲存液體可防止任何冷卻媒介的液體形態到達壓縮器 1466。藉由適當地操作旁通閥門 1469 將該液體轉變為蒸氣。

為了在製程期間克服熱漂移的問題，需藉由操作反饋控制系統 1454、1462、1465、1466、1467、1468 來提高

反饋控制系統 1451 的效率至 10 倍或更多，使得在熱交換器內部的冷卻媒介可在液相與氣相之間被分隔開來。在入口 1463 的液體對氣體比率要足夠高，以允許在出口 1464 處降低此液體對氣體比率。此情況可保證在支撐基座 1424 與熱交換器(蒸發器)1462 內的冷卻媒介(冷卻劑)之間的所有(或接近所有)熱傳輸是透過冷卻媒介蒸發的潛熱作用所產生。因此，在反饋控制系統 1454 中的熱流動比在單一相冷卻循環中的熱流動超出 10 倍。此條件可以經由降低由入口 1463 至出口 1464 的冷卻媒介的液體對氣體比率來滿足，充分地限制該液體對氣體比率，至少使得非常少量的液體殘留在出口 1464 處(或就在出口 1464 前)。在冷卻模式中，需要反饋控制系統 1454 的冷卻劑容量不超過在基板上的 RF 熱負載。

在主要處理器 1476 的控制之下(該主要處理器 1476 控制反饋控制迴路處理器 1472 與 1455 二者)，可利用合作組合的方式來同步操作調節背側氣體壓力閥門 1456 的溫度反饋控制迴路 1454 與調節冷凍作用膨脹閥門 1468 的大範圍溫度反饋控制迴路。

反饋控制迴路(包含蒸發器 1462、壓縮器 1466、冷凝器 1467 與膨脹閥門 1468)藉由改變支撐基座 1424 的溫度來控制加工件的溫度。僅藉由反饋控制系統 1454 的熱容量來限制該溫度範圍，且該溫度範圍因此可將加工件的溫度設定在非常大範圍(例如， -10°C 至 $+150^{\circ}\text{C}$)的任何溫度。然而，藉由支撐基座的熱質量可限制一速率，該速

率在一特定時間下可影響加工件溫度的所需變化。以用於支撐 300 mm 加工件或矽晶圓的靜電夾具來舉例，此速率很慢使得在加工件中的 10°C 變化需要大約 1 分鐘或更長時間，該時間是由冷凍作用單元開始改變冷卻劑的熱條件至符合新溫度，到加工件溫度最終抵達新溫度的時間。

反之，當在加工件溫度中產生所需變化或修正時，溫度反饋控制系統 1454 無法改變支撐基座的溫度(至少非直接地改變)，僅能改變加工件與支撐基座之間的熱傳導性。因為該速率僅由可改變背側氣體壓力的速率與加工件的熱質量來限制，因此加工件溫度對應於此變化的速率是非常大的。在一般系統中，背側氣體壓力對應於瞬間的閥門 1456 的移動。對於一般 300 mm 的矽晶圓來說，該熱質量很低使得晶圓(加工件)溫度對應於在幾秒鐘或在瞬間改變的背側氣體壓力。因此，相對於大範圍溫度控制迴路影響加工件溫度變化的時間尺度來說，溫度反饋迴路的加工件溫度回應是相對瞬間的。然而，敏捷的反饋迴路可改變加工件溫度的範圍是相當有限的：藉由在晶圓上的 RF 熱負載來限制可達到的最高加工件溫度，同時最低溫度不能低於支撐基座目前的溫度。然而，在將敏捷與大範圍溫度控制迴路組合的情況下，因為此組合提供一個大的加工件溫度範圍以及非常快速的回應，因此每一個迴路的優點可用於補償另一個迴路的限制。

可使用大範圍反饋控制迴路(處理器 1472)來編程(program)主要處理器 1476，以影響大的溫度變化，以及可使用敏捷反饋控制迴路(處理器 1472)來編程主要處理器 1476，以影響快速但小的溫度變化。RF 偏壓產生器 1478 在高頻率(HF)帶(例如，13.56 MHz)中產生功率。藉由伸長的導體或延伸穿過加工件基座支撐件的 RF 導體將 RF 偏壓阻抗匹配元件 1480 耦接至導電篩網 1482。

如上所述，可在與上述第 13A、13B 圖的去耦合電漿氧化腔室不同的腔室中執行本發明的實施例。適用於循環氧化與蝕刻的兩個額外示例性的電漿反應器包含經修飾的快速及/或遠端電漿氧化(RPO)反應器(在第 14 圖中說明)以及經修飾的環型來源電漿浸沒離子注入反應器，例如 P3I，在第 15 圖中說明。可由位於加州聖大克勞拉市的應用材料公司購得這些反應器。

第 14 圖說明用於由製程氣體形成電漿的設備或系統，且該設備或系統用於在半導體結構上沉積氧化物層。該設備或系統包含快速熱處理(RTP)設備 1500，例如，但不限制為，可由應用材料公司所販售的具有 HONEYCOMB SOURCE™ 之 RTP CENTURA®。此適合的 RTP 設備以及該 RTP 設備的操作方法已在讓渡給本發明申請人之美國專利案號第 5,155,336 中描述。其他種類的熱處理器亦可取代 RTP 設備，例如，Epi 或 Poly Centura®。由應用材料公司所生產的單一晶圓「Cold Wall」反應器可用於形成高溫薄膜，例如，磊晶矽、多

晶矽、氧化物與氮化物。由應用材料公司所生產的 DxZ[®] 腔室亦適用。

將電漿施加器 1502 耦接至 RTP 設備 1500，在操作中，該電漿施加器 1502 提供電漿自由基至 RTP 設備 1500。將能量來源 1504 耦接至電漿施加器 1502，以生成激發能而產生電漿。

在第 14 圖所說明的實施例中，RTP 設備 1500 包含製程腔室 1506，該製程腔室 1506 由側壁 1508 與底部壁面 1510 所包圍。藉由「O」形環將腔室 1506 的側壁 1508 的上部部分與視窗組件 1512 密封。將輻射能光導管組件或照明器 1514 安置在視窗組件 1512 上並與視窗組件 1512 耦接。光導管組件 1514 包含複數個鎢絲鹵素燈 1516，例如，Sylvania YET 燈，將每一個燈具安裝在光導管 1518 中，該光導管 1518，例如，由不鏽鋼、黃銅、鋁、或其他金屬所製成。

藉由支撐環 1522(通常由碳化矽所製成)將晶圓或基板 1520 支撐在腔室 1506 內側的邊緣上。將支撐環 1522 安裝在可旋轉的石英圓柱 1524 上。藉由可旋轉的石英圓柱 1524，使得支撐環 1522 與晶圓或基板 1520 在製程期間可進行旋轉。可使用額外的碳化矽接合環以容許將被處理的不同尺寸的晶圓或基板(例如，150 mm、200 mm 或 300 mm 的晶圓)。

RTP 設備 1520 的底部壁面 1510 包含，例如，鍍金的上表面或反射器 1526，用於將能量反射在晶圓或基板

1520 的背側上。此外，RTP 設備 1500 包含複數個光纖探針 1528，該光纖探針 1528 設置穿過 RTP 設備 1500 的底部壁面 1510，以在橫越晶圓或基板 1520 底表面的複數個位置上偵測晶圓或基板 1520 的溫度。

RTP 設備 1520 包含氣體入口(未圖示)，該氣體入口形成穿過側壁 1508，用於將製程氣體注入至腔室 1506 中，以容許在腔室 1506 中執行的各種處理步驟。將氣體出口(未圖示)設置在側壁 1508 中的氣體入口的對側上。氣體出口為排氣系統的一部分且將氣體出口耦接至真空來源，例如，幫浦(未圖示)，用於將製程氣體由腔室 1506 中排放出來，且降低腔室 1506 中的壓力。當在處理期間，將包含電漿自由基的製程氣體連續供應至腔室 1506 中時，該排氣系統可維持所需壓力。

將其他氣體入口 1530 形成穿過側壁 1508，透過該些氣體入口將製程氣體的電漿注入至製程腔室中。將施加器 1502 耦接至氣體入口 1530，用以將電漿自由基注入至製程腔室中。

光導管組件 1514 包含燈具 1516，該燈具 1516 以六角形陣列或「蜂巢結構」的形狀來設置。設置燈具 1516 以充分覆蓋晶圓或基板 1520 與支撐基座 1522 的整個表面積。將燈具 1516 分區，可獨立該些區域，以提供晶圓或基板 1520 非常均勻的加熱。藉由在不同的光導管之間流動冷卻劑(例如，水)來冷卻光導管 1518。

視窗組件 1512 包含複數個短的光導管 1532。將冷卻

劑(例如，水)注入該些光導管 1532 之間的空間中，以冷卻光導管 1532。該些光導管 1532 標示為照明器的光導管 1518。藉由透過連接至該些光導管 1532 的其中之一的管件 1540 來進行抽取，而在複數個光導管 1532 中產生真空，該管件 1540 接下來連接至剩餘的該些導管上。

RTP 設備 1500 為單一晶圓反應腔室，能夠以 25 至 100 °C/秒的速率將晶圓或基板 1520 的溫度提升。例如在氧化製程期間，因為晶圓或基板 1520 的溫度至少比腔室側壁 1508 的溫度高出 400°C，因此可將 RTP 設備 1500 視為「冷壁面(cold wall)」反應腔室。將加熱/冷卻流體循環穿過側壁 1508 及/或底部壁面 1510，以維持壁面在所需溫度下。

如上所述，將電漿施加器 1502 耦接至 RTP 設備 1500，以提供電漿自由基來源至 RTP 設備 1500。在一實施例中，藉由入口件 1542 將電漿連接至 RTP 設備 1500。電漿施加器 1502 亦包含氣體入口 1544。將氣體來源，例如儲存槽或儲槽 1546，耦接至氣體入口 1544。藉由波導管 1548a 與 1548b 將電漿施加器 1502 耦接至能量來源 1504。氣體來源包含一或多個氧化氣體、惰性氣體、用於氮化的氮氣以及蝕刻氣體，該些氣體可在單獨的儲槽或儲存槽中。

第 14 圖說明電漿施加器 1502 遠離 RTP 設備 1500 的實施例，在該實施例中，在 RTP 設備 1500 的腔室 1506 的外側產生電漿。藉由將電漿施加器 1502 放置在遠離

RTP 設備 1500 的腔室 1506 處，可選擇性地產生電漿來源，用以將暴露至晶圓或基板 1520 的電漿組成主要限制為自由基。因此，在電漿施加器 1502 中產生離子、自由基與電子的電漿。然而，因為電漿施加器 1502 的尺寸(例如，長度與體積)或電漿施加器 1502 與入口件 1542 的合併尺寸的緣故，藉由激發製程氣體形成電漿而產生的所有的或大部分的離子會比該些離子的離子生命週期存在的還久，並且會變成電中性。因此，提供給 RTP 設備 1500 的氣體入口的電漿組成主要為自由基。

電漿施加器 1502 包含例如鋁或不鏽鋼的主體 1503。主體 1503 圍繞管件 1505。該管件 1505 是由例如石英或藍寶石所製成。管件 1505 較佳為不具有任何電偏壓的出現，該電偏壓會吸引帶電荷的粒子，例如，離子。主體 1503 的一端包含氣體入口 1544。

將氣體來源 1546 耦接至氣體入口 1544。透過三向閥 1550 的第一輸入端將氣體來源 1546 耦接至氣體入口 1544。將三向閥 1550 的第二輸入端耦接至其他製程氣體來源，例如儲存槽或儲槽 1552。在第一位置中，閥 1550 在氣體來源 1546 與氣體入口 1544 之間提供氣體流，同時避免由氣體來源 1552 至製程腔室 1506 的任何氣體流。在第二位置中，閥 1550 在氣體來源 1552 與製程腔室 1506 之間提供氣體流，同時避免由氣體來源 1546 至施加器的氣體入口 1544 的氣體流。氣體來源包含一或多種氧化氣體、惰性氣體、用於氮化的氮氣與蝕刻氣體，

該些氣體可在單獨的儲槽或儲存槽中。

將流動控制器 1554 連接至閥 1550，根據將要執行的製程在閥 1550 的不同位置之間調動該閥。流動控制器可作為質量流動控制器，並且將流動控制器耦接至氣體來源 1546 與氣體入口 1544 之間，以調節至電漿施加器 1502 的氣體流動。流動控制器 1554 亦可作用在類似於控制閥 1550 與 1551 的方式中，用以由氣體來源 1546 或 1552 提供適當的製程氣體流至製程腔室。

將自由基出口 1562 設置在氣體入口 1544 的對側上。在一實施例中，將自由基出口 1562 耦接至入口件 1542，以提供電漿 1564 的自由基至 RTP 設備 1500 的腔室 1506 中。自由基出口 1562 通常具有比氣體入口 1544 還要大的直徑，容許以所需的流動速率將經激發的自由基進行有效地放電，且縮小介於自由基與管件 1505 之間的接觸。主要可藉由氣體入口流動、管件 1505 與自由基出口 1562 的尺寸、與在電漿施加器 1502 中的壓力來測定由電漿施加器 1502 所產生並放電的自由基流動速率。

製程腔室中的壓力應小於施加器中的壓力。施加器中的壓力介於約 1.0 至 8.0 Torr 之間時，製程腔室中的壓力介於約 0.50 至 4.0 Torr 之間。舉例來說，假如在施加器中的壓力為約 2.00 Torr，那麼在製程腔室中的壓力應為約 1.00 Torr。

能量來源入口 1566 係位於主體 1503 的氣體入口 1544 與自由基出口 1562 之間的位置上。能量來源入口 1566

允許將激發能由能量來源 1504 注入管件 1505 中，該激發能例如為具有微波頻率的能量。在微波頻率的情況中，激發能移動進入電漿施加器 1502 的主體 1503 中，並且穿過管件 1505 來激發氣體來源成為電漿，該氣體來源在平行於能量來源入口 1564 的方向中移動。

在一實施例中，能量來源 1504 是由磁控管 1568、絕緣體與虛擬負載 1570 所組成，該虛擬負載 1570 提供阻抗匹配。磁控管 1568 產生激發能，例如，電磁頻率或感應耦合頻率。磁控管可產生介於 1.5 至 6.0 kilowatt 的 2.54 GHZ 的微波能量。適合的磁控管組件可由位於加州聖大克勞拉市的 Applied Sciences and Technology 所購得。

將來自磁控管 1568 的激發能引導穿過絕緣體、虛擬負載 1570 與波導管 1548a 與 1548b 至管件 1505。就某方面來說，虛擬負載 1570 扮演像是夾具閥門的角色，以容許能量在朝向施加器 1502 方向中移動但不會朝向磁控管 1568。

自動調諧器 1572 位於電漿施加器 1502 與波導管 1548b 之間。自動調諧器 1572 將由施加器 1502 所反射的輻射重新導回朝向電漿施加器，以增加施加至電漿施加器 1502 的功率。自動調諧器 1572 亦將微波功率集中在管件 1505 的中心，使得該功率可更優先地被供應給施加器的氣體所吸收。雖然使用自動調諧器是較佳的，但可使用手動調諧器。

例如，以軟體指令邏輯的形式，將控制訊號產生邏輯 1555 施加至系統控制器 1556，該軟體指令邏輯為儲存在電腦可讀取媒介(例如系統控制器 1556 的記憶體 1557)中的電腦程式。除其他事物之外，電腦程式包含一系列的指令，該指令支配時間、氣體流速、腔室壓力、腔室溫度、RF 功率水平、能量來源調節以及其他特定製程的參數。藉由處理器 1559 中的系統控制器 1556 來執行電腦程式。因此，可操作指令來支配時間、氣體流速、腔室壓力、腔室溫度、RF 功率水平、能量來源調節以及其他參數，以執行在此所述的循環氧化與蝕刻製程。在第 14 圖中的設備更包含上述與第 13B 圖有關的冷卻迴路，該冷卻迴路與控制器系統連通。

第 15 圖說明環型來源電漿浸沒式離子植入反應器的一實施例，該反應器例如，但不限制為，可由應用材料公司所購得的 P3I 反應器。在讓渡給本發明申請人的美國專利案號第 7,166,524 中描述此適合的反應器以及操作方法。

參考第 15 圖，環型來源電漿浸沒式離子植入(P3I)反應器 1600 可包含圓柱型真空腔室 1602，該圓柱型真空腔室 1602 以圓柱型側壁 1604 與圓盤狀頂棚來界定。位於腔室底盤上的晶圓支撐基座 1608 支撐被處理的半導體晶圓 1610。位於頂棚 1614 上的氣體分配板或噴淋頭 1612 將來自氣體分配面板 1616 的製程氣體接收於該氣體分配板或噴淋頭 1612 的氣體歧管 1614 中，該氣體分配面

板 1616 的氣體輸出可為來自一或多個個別氣體供應 1618 的任何一種氣體或氣體混合物。將真空幫浦 1620 耦接至界定在晶圓支撐基座 1608 與側壁 1604 之間的抽取環狀空間 1622。將製程區域 1624 界定在晶圓 1610 與氣體分配板 1612 之間。

一對外部迴流導管 1626、1628 建立迴流的環型路徑，提供給通過製程區域的電漿流，該環型路徑在製程區域 1624 中交叉。每一個導管 1626、1628 具有一對耦接至腔室對側的末端 1630。每一個導管 1626、1628 為中空導電管件。每一個導管 1626、1628 具有 D.C.絕緣環 1632，該 D.C.絕緣環 1632 避免在導管的兩個末端之間形成封閉迴路導電路徑。

以環形磁圈 1634 圍繞每一個導管 1626、1628 的環形部分。將圍繞該磁圈 1634 的激磁線圈 1636 透過阻抗匹配元件 1640 耦接至 RF 功率來源 1638。耦接至每一個個別磁圈 1634 的兩個 RF 功率來源 1638 可為兩個略為不同的頻率。由 RF 功率產生器 1638 所耦接的 RF 功率在延伸穿過個別導管 1626、1628 與製程區域 1624 的封閉環狀路徑中產生電漿離子流。該些離子流在個別 RF 功率來源 1626、1628 的頻率下振盪。藉由偏壓功率產生器 1642 將偏壓功率透過阻抗匹配電路 1644 施加至晶圓支撐基座 1608。

可藉由以下方式來執行電漿形成以及隨後的氧化物層形成：將製程氣體透過氣體分配板 1612 導入腔室 1624

以及將來自產生器 1638 的足夠來源功率施加至迴流導管 1626、1628，以在導管與製程區域 1624 中產生環形電漿流。藉由 RF 偏壓產生器 1642 所施加的晶圓偏壓可測定接近晶圓表面的電漿流。藉由電漿密度可測定該電漿速率或流量(由晶圓表面採樣的每秒每平方公分的離子數量)，該電漿密度可藉由 RF 來源功率產生器 1638 所施加的 RF 功率位準來控制。藉由流量以及維持該流量的總時間兩者可測定在晶圓 1610 上的累積離子劑量(離子/每平方公分)。

假如晶圓支撐基座 1608 為靜電夾具，接著在晶圓支撐基座的絕緣板 1648 中提供嵌入式電極 1646，且透過阻抗匹配電路 1644 將該嵌入式電極 1646 耦接至偏壓功率產生器 1642。

在操作中，藉由將晶圓 1610 放置在晶圓支撐基座 1608、將一或多種製程氣體導入腔室 1602 中以及由製程氣體衝擊產生電漿來達成在半導體晶圓上生成氧化物或氮化物層。可調整由 RF 偏壓功率產生器 1642 所輸送的晶圓偏壓，以控制到達晶圓表面的離子流量。

在上述關於第 13A、14 與 15 圖的任何一個設備中，在氧化期間，示例性的條件為：壓力為約 1 mTorr 至約 10 Torr 的範圍之間、功率在約 1 至 5000 Watt 的範圍之間，更特定而言之，介於約 1 至 3000 Watt 的範圍之間、且溫度在約 0°C 至約 800°C 的範圍之間，更特定而言之，介於約 0°C 至約 500°C 的範圍之間。

示例性的蝕刻條件包含：壓力為約 1 mTorr 至約 10 Torr 的範圍之間、功率在約 1 至 5000 Watt 的範圍之間、且溫度在約 0°C 至約 800°C 的範圍之間。在特定實施例中，在約 30°C $\pm$ 5°C 下以利用 NH₃/NF₃ 化學物質的直接電漿來進行蝕刻。藉由在約 1 mTorr 至約 10 Torr 的範圍之間的壓力下將基板加熱至至少約 100°C 至少約 1 分鐘來達成昇華反應。可使用上述與第 13A、14 與 15 圖相關的腔室來達成該些條件，並執行上述的循環蝕刻與氧化及/或氮化製程。

上述與第 13A、14 與 15 圖相關的任一腔室可包含系統控制器，用於控制腔室操作，如與上述第 12 圖所繪示的系統有關。因此在操作中，系統控制器能夠由個別系統進行資料收集以及反饋，該個別系統例如為氣體來源、電漿來源、加熱來源以及其他用來最佳化腔室工具性能的組成件。因此，氣體來源包含與系統控制器連接的體積或質量流控制器，該系統控制器可控制在腔室中的氣體流增加或減少以及壓力的增加或減少。與電漿來源連通的系統控制器可改變腔室的電漿來源的功率、偏壓以及其他電漿參數。不論加熱來源為經加熱的噴淋頭、電阻加熱器、燈源或雷射來源(與以下第 16 與 17 圖描述的種類有關)，系統控制器亦與該加熱來源連通。此外，系統控制器與冷卻系統為操作性連通，該冷卻系統用於冷卻腔室壁面、基板支撐件或其他在腔室中的局部冷卻來源。系統控制器通常包含中央處理單元(CPU)、記憶體以

及支持電路。該 CPU 可為任何一種可用於工業設定的通用型電腦處理器。通常將支持電路耦接至 CPU 且該支持電路可包含快取記憶體、時脈電路、輸入/輸出子系統、電源供應器等等。當藉由 CPU 來執行軟體常式(例如其中一個用於執行形成上述浮動閘極的方法)時，將 CPU 轉換為特殊用途電腦(控制器)。亦可藉由位於遠離工具的第二控制器(未圖示)來儲存及/或執行該軟體常式。透過使用系統控制器，可在第 13A、14 與 15 圖的腔室中循環地重覆形成氧化物層及/或氮化物層以及蝕刻(藉由電漿以及昇華)步驟，直到形成具有預期材料厚度的氧化物及/或氮化物層。在第 3A 至 3C、5A 至 5E、7A 至 7D、8A 至 8B、10A 至 10D、11A 至 11C 圖中描述示例性的元件以及製程程序，且可在第 13A、14 與 15 圖中所描述的單一腔室中執行該些製程的任何一個。

根據一或多個實施例，在該些腔室中可在少於約 3 分鐘內完成氧化及/或氮化與蝕刻步驟的完整製程程序。在特定實施例中，在該些腔室中可在少於約 2 分鐘內完成氧化及/或氮化與蝕刻步驟的完整製程程序，且在更特定實施例中，在該些腔室中可在少於約 1 分鐘內完成氧化及/或氮化與蝕刻步驟的完整製程程序，例如 45 秒或 30 秒。以往認為，如此的處理時間無法在單一腔室中達成，該單一腔室同時需要蝕刻化學物質、氧化及/或氮化化學物質以及由約 100°C 或更高的溫度至低於約 100°C (例如低於約 50°C，更具體為低於約 40°C，例如約 30°C +/- 5

°C)的快速循環能力，以完成至少一個氧化及/或氮化與蝕刻的單一製程程序。

在材料表面上方僅幾微米的精確溫度控制可幫助製造具有上述超窄特徵的元件，該超窄特徵具有淺以及陡峭的接面。為了達到此目的，在上述與第 13A、14 與 15 圖有關的系統中需要包含燈具或雷射加熱部分。在一或多個實施例中，配置來自燈具或雷射的光線，使得由燈具所放射的光能可以一入射角度接觸晶圓，該入射角可使被處理之材料的吸收最佳化。由本發明所處理的材料可與單一波長來源的光、或多個波長的光接觸，因此可藉由經加熱的材料有效吸收一部分的波長。適合的光源包含雷射、或各種非同調散射的光源，例如燈具、鎢絲鹵素燈等等。

已發展出脈衝式雷射加熱處理，該脈衝式雷射加熱處理使用短脈衝(例如，20 ns)的雷射輻射，該雷射輻射可聚焦在被處理元件的縮小面積上。理想地，該脈衝與位於 20 mm 乘 30 mm 附近的光學步進器區域是相同尺寸。雷射脈衝的總能量是足以立即將被照射面積加熱至高溫。之後，由淺雷射脈衝所產生的小體積熱能可快速地擴散至被處理材料的未加熱下部部分，因而大幅增加被照射表面區域的冷卻速率。可在每秒數百脈衝的重複速率下脈衝多種類型的高功率雷射。以重複步進的方式在被處理的材料表面上方移動雷射，且在週邊區域脈衝該雷射以熱處理被處理材料的整個表面。已開發出新類型

的雷射熱處理裝備，在該裝備中將具有長尺寸與短尺寸的連續波(CW)雷射輻射的窄線形光束沿著該短尺寸(亦即，垂直於該線)的方向於被處理的材料上方進行掃描。該線寬度足夠小且該掃描速率足夠快，使得經掃描的輻射線在表面上可產生非常短的熱脈衝，之後可快速垂直擴散至基板且水平擴散至較低溫度的表面區域。該製程可視為熱流退火。美國專利案號第 6,987,240 揭露使用沿著光束的長方向排列之雷射二極體條來產生雷射輻射。此雷射二極體條一般是由 GaAs 或類似半導體材料所組成，且由形成在光電晶片的相同層中的數個雷射二極體所組成。在美國專利案號第 6,987,240 所揭露的 GaAs 雷射條在約 808 nm 的波長下放射近紅外線輻射，該近紅外線輻射與矽具有良好耦合。因此，根據一或多個實施例，可使用燈具輻射、經脈衝雷射、連續波雷射、及/或雷射二極體，以選擇性地氧化材料層表面，而形成氧化物層及/或蝕刻該氧化物層。

近來，已知除了 GaAs 二極體以外的雷射來源也具有優點，例如，二氧化碳雷射，且已建議使用雙重雷射來源。例如，美國專利案號第 7,279,721 揭露可使用雙重雷射來源系統來選擇性地氧化材料層表面，以形成氧化物層及/或蝕刻該氧化物層。

現參照第 16 與 17 圖，顯示揭露在美國專利案號第 7,279,721 中的雙重來源照光系統的示例性實施例。第 16 圖顯示本發明的其中一個實施例的簡易圖式代表圖。將

晶圓 1720 或其他基板固持在載台 1722 上，在系統控制器 1724 的控制下在一個或兩個方向中以馬達驅動該載台 1722。相對短波長雷射 1726(例如，GaAs 雷射條)在短於矽能帶間隙波長(約 $1.11\ \mu\text{m}$)的波長下放射可見光或近可見光的連續波(CW)光束 1728。對於 GaAs 雷射 1726 而言，放射波長通常為約 810 nm，具有紅光的特性。第一光學器件 1730 可聚焦並塑形該光束 1728，且反射器 1732 將光束 1728 以相對寬的激發光束 1734 重新導向晶圓 1720，亦在第 17 圖的平面圖中說明。將激發光束 1734 以某一角度(例如相對於晶圓呈 15 度)傾斜，以避免光束反射回到 GaAs 雷射 1726。此經反射的輻射會縮短雷射二極體的使用期限。長波長雷射 1740(例如，二氧化碳雷射)在長於矽能帶間隙波長($1.11\ \mu\text{m}$)的波長下放射紅外線連續波(CW)光束 1742。在特定實施例中，二氧化碳雷射在接近 $10.6\ \mu\text{m}$ 的波長下放射。第二光學器件 1744 可聚焦並塑形該二氧化碳光束 1742，且第二反射器 1746 將二氧化碳光束 1742 反射為相對窄的加熱光束 1748。在特定實施例中，將二氧化碳加熱光束 1748 相對於基板以布魯斯特角度(Brewster angle)傾斜，該布魯斯特角度對於二氧化矽而言約 72 度，因此可將加熱光束 1748 最大化耦合至基板 1720。因為在基板 1720 中的折射光束與任何反射光束之間的角度為 90 度，而未產生反射的輻射，所以布魯斯特角度的入射角對於 p-極化輻射(亦即，沿著基板 1720 表面被極化的輻射)來說是

最有效的。因此，在二氧化碳光束 1718 中 s-極化光會比 p-極化光更可有益地被抑制。然而，實驗顯示出在與距離基板法線 40 度(± 10 度)同軸的 20 度圓錐形輻射對於各種圖案產生約 3.5%的可變吸收值，該吸收值與以布魯斯特角度為中心的圓錐所達到的 2.0%幾乎一樣好。如第 17 圖所說明，將長波長(二氧化碳)加熱光束 1748 定位在且較佳地同軸在該短波長(可見光)激發光束 1734 上。隨著載台 1722 相對於包含雷射 1726、1740 與光學構件 1730、1732、1744、1746 的光源 1750 來移動基板，光束 1734 與 1748 兩者同步掃描橫跨基板 1720。或者，可將基板 1720 穩定地固定，同時根據來自控制器 1724 的訊號，該致動器 1752 在平行於基板 1720 表面的一或兩個方向中移動所有或一部份的光源 1750。

對於紅外線加熱光束 1748 與可見光激發光束 1734 兩者而言，在基板 1720 上的光束形狀為實質矩形或至少為橢圓。應理解到，因為事實上光束具有延伸超過所說明形狀的有限尾端，所以所描述的光束形狀為圖示性且代表中心強度的一些部分。且，由於光束 1734、1748 兩者相對於基板 1720 同步移動，因此該紅外線光束 1748 較佳地為近乎同軸在較大可見光光束 1734 上。

一般作用為，較大可見光光束 1734(該較大可見光光束 1734 在矽中會大幅度的衰減)在通常接近晶圓表面的稍大區域中產生自由載子。較小紅外線光束 1748(該較小紅外線光束 1748 不會被未照射的矽所吸收)與可見光光束

1734 所產生的自由載子進行交互作用，且有效吸收該紅外線光束之較長波長輻射並轉換為熱，因而可快速提升在紅外線光束 1748 面積中的溫度。

主要可藉由較小紅外線光束 1748 的尺寸來測定溫度的斜線上升率與掃描速率，而較大可見光光束 1734 應包含較小紅外線光束 1748。在掃描方向中的較小紅外線光束 1748 的寬度可部分確定溫度的斜線上升率且在大部份應用中可縮小該較小紅外線光束 1748 的寬度。垂直於掃描方向的較小加熱光束 1748 的長度應足夠大，以在基板的相當大的部分上延伸，且因此可在一次通過後退火該相當大的部分。通常，線形光束的長度至少為線形光束寬度的 10 倍。較佳地，長度等於或略大於基板直徑。然而，對於商業上可行的應用來說，該長度為毫米等級。在晶圓上的較小加熱光束 1748 的示例性尺寸為 0.1 mm X 1 mm，但可使用其他尺寸。通常期望有較小的寬度，例如，少於 500 μm 或少於 175 μm 。較大激發光束 1734 可大於加熱光束 1748，例如，大於 1 mm，使得在示例性的尺寸設定中，較大激發光束 1734 可在掃描方向中延伸約 1 mm，且在垂直方向中延伸幾毫米。

該雙重波長造成在吸收可見光輻射的表面區域中集中更多的紅外線吸收。表面區域的深度小於二氧化碳輻射本身的吸收長度。在矽中的可見光輻射的室溫衰減深度在可見光光譜中隨著波長降低而快速的減少，例如，對於 800 nm 的輻射而言該吸收深度約 10 μm 、對於 600

nm 的輻射而言約 $3\ \mu\text{m}$ ，且對於 500 nm 的輻射而言約 $1\ \mu\text{m}$ 。因此，較短激發波長僅對於在非常接近晶圓表面處產生自由載子，以限制接近表面的熱能而言是有利的。因此，對於一些應用來說，期望均勻的較短激發波長，例如來自倍頻 Nd:YAG 雷射的 532 nm 輻射，具有綠光的特徵。

應理解到，上述的光源系統不需要包含雙重光源，且在一些實施例中，可使用單一光源。假如根據一或多個實施例使用光源系統來加熱基板上的材料層，該光源系統可與在說明書中上述或以下任何一個腔室的系統控制器連通，且可藉由系統控制器來控制材料表面的加熱，該系統控制器可控制光源的各種製程參數，例如光源的功率以及材料層曝露至光的持續時間。

在其他實施例中，可使用經修飾的乾式蝕刻腔室，以執行氧化物材料表面的循環氧化與蝕刻。一示例性腔室為可由應用材料公司所購得的 SICONI™，將在第 18 至 20 圖說明。

第 18 圖為顯示說明性製程腔室 1800 的部分截面圖。製程腔室 1800 包含腔室主體 1801、蓋組件 1840 以及支撐組件 1820。將蓋組件 1840 設置在腔室主體 1801 的上端，且將該支撐組件 1820 至少部分設置在腔室主體 1801 中。腔室主體 1801 包含狹縫閥門開口 1811，該狹縫閥門開口 1811 形成在腔室主體 1801 的側壁中，以提供出入口給製程腔室 1800 的內部。將狹縫閥門開口 1811 選

擇性地開啟與關閉，以允許進出該腔室主體內部。

腔室主體 1801 包含形成在該腔室主體 1801 中的通道 1802，用於經由該通道 1802 流動熱傳輸流體。熱傳輸流體可為加熱流體或冷卻劑，且在處理與基板傳輸期間用於控制腔室主體 1801 的溫度。示例性的熱傳輸流體包含水、乙二醇或水與乙二醇的混合物。示例性的熱傳輸流體亦可包含氮氣。

腔室主體 1801 更包含襯墊 1808，該襯墊 1808 圍繞該支撐組件 1820。襯墊 1808 是可移動的，用於進行保養與清潔。襯墊 1808 可由金屬製成，例如，鋁、或由陶瓷材料製成。然而，襯墊 1808 可為任何製程相容的材料。可將襯墊 1808 進行珠磨以增加沉積在襯墊 1808 上的任何材料的附著性，因此可避免材料的剝落造成製程腔室 1800 的污染。襯墊 1808 包含一或多個孔洞 1809 與形成在襯墊 1808 中的抽取管道 1806，該抽取管道與真空系統流體連通。孔洞 1809 提供流動路徑給進入抽取通道 1806 的氣體，該抽取通道 1806 提供排出口給製程腔室 1800 中的氣體。

真空系統包含真空幫浦 1804 與節流閥 1805，以調節通過製程腔室 1800 的氣體流動。將真空幫浦 1804 耦接至設置在腔室主體 1801 上的真空埠 1807，且因此與形成在襯墊 1808 中的抽取通道 1806 流體連通。

孔洞 1809 允許抽取通道 1806 與腔室主體 1801 中的製程區 1810 流體連通。以蓋組件 1840 的下表面與支撐組

件 1820 的上表面界定製程區 1810，且利用襯墊 1808 圍繞製程區 1810。可將孔洞 1809 的尺寸設計為與襯墊 1808 一致且均勻放置在襯墊 1808 周圍。然而，可使用任何數量、位置、尺寸或形狀的孔洞，並且可根據在基板接收表面上所期望的氣體流動圖案來改變每一個設計參數，以下將更詳細討論。此外，可配置孔洞 1809 的尺寸、數量以及位置，以達到離開製程腔室 1800 的均勻氣體流動。且，可配置孔洞尺寸與位置，以提供快速或高容量的抽取，幫助由製程腔室 1800 快速的排出氣體。例如，接近真空埠 1807 的孔洞 1809 數量與尺寸可小於距離真空埠 1807 較遠處的孔洞 1809 的數量與尺寸。

更詳細地說明蓋組件 1840，第 19 圖顯示蓋組件 1840 的放大截面圖，可將該蓋組件 1840 設置在腔室主體 1801 的上端。參照第 18 與 19 圖，蓋組件 1840 包含許多堆疊在彼此上方的組成件，用以在該些組成件之間形成電漿區域或凹部。蓋組件 1840 包含第一電極 1841(上電極)，該第一電極 1841 垂直地設置在第二電極 1852(下電極)上方，而於第一電極 1841 與第二電極 1852 中限制出電漿容積或凹部 1849。將第一電極 1841 連接至功率來源 1844，例如 RF 功率供應器，且將第二電極 1852 接地，於這兩個電極 1841、1852 之間形成電容。

蓋組件 1840 包含一或多個氣體入口 1842(僅顯示一個)，該一或多個氣體入口 1842 至少部分形成在第一電極 1841 的上部部分 1843 中。一或多種製程氣體透過一

或多個氣體入口 1842 進入蓋組件 1840 中。一或多個氣體入口 1842 在該一或多個氣體入口 1842 的第一末端處與電漿凹部 1849 流體連通，且在該一或多個氣體入口 1842 的第二末端處耦接至一或多個上游氣體來源及/或其他氣體輸送組成件，例如氣體混合器。一或多個氣體入口 1842 的第一末端在擴充部分 1846 的內直徑 1850 的最上方點處開放進入電漿凹部 1849。類似地，一或多個氣體入口 1842 的第一末端可沿著擴充部分 1846 的內直徑 1850 的任何高度間隔處開放進入電漿凹部 1849。儘管未顯示，但可將兩個氣體入口 1842 設置在擴充部分 1846 的相對側上，以創造旋渦流動圖案或「渦流(vortex)」流動進入擴充部分 1846 中，該旋渦流動圖案或渦流可幫助混合電漿凹部 1849 中的氣體。

第一電極 1841 具有擴充部分 1846，該擴充部分 1846 容納電漿凹部 1849。擴充部分 1846 與上述的氣體入口 1842 流體連通。擴充部分 1846 可為環形元件，具有由該擴充部分 1846 的上部部分 1847 至該擴充部分 1846 的下部部分 1848 逐漸增加的內表面或直徑 1850。因此，第一電極 1841 與第二電極 1852 之間的距離是可變的。此可變距離幫助控制在電漿凹部 1849 中產生的電漿形成與穩定性。

擴充部份 1846 類似於圓錐或「漏斗(funnel)」，如第 18 與 19 圖所示。擴充部分 1846 的內表面 1850 由擴充部分 1846 的上部部分 1847 至下部部分 1846 為逐漸傾斜。內

直徑 1850 的傾斜度或角度可根據製程需要及/或製程限制來改變。擴充部分 1846 的長度或高度亦可根據特定製程需要及/或限制來改變。內直徑 1850 的傾斜度、或擴充部分 1846 的高度、或此兩者可根據製程所需的電漿容積來改變。

不希望受到理論的約束，應相信兩個電極 1841、1850 之間的距離變化可允許形成在電漿凹部 1849 中的電漿在假如不遍及整個電漿凹部 1849 的情況下，可獲得所需要的功率位準，用以在電漿凹部 1849 的一些部分中維持電漿本身。因此，在電漿凹部 1849 中的電漿較不受壓力影響，而允許在較寬的操作視窗中產生與維持電漿。因此，可在蓋組件 1840 中形成可重複且更可靠的電漿。

第一電極 1841 可由任何製程可相容的材料所構成，例如鋁、陽極化的鋁、鍍鎳的鋁、鍍鎳的鋁 6061-T6、不鏽鋼、及前述材料的組合與合金。在一或多個實施例中，將整個第一電極 1841 或一部分的第一電極 1841 塗佈鎳，以降低不需要的粒子形成。較佳地是，至少擴充部分 1846 的內表面 1850 電鍍鎳。

第二電極 1852 可包含一或多個堆疊平板。當需要兩個或多個平板時，該些平板應彼此電氣連接。每一個平板應包含複數個孔洞或氣體通道，以允許來自電漿凹部 1849 的一或多種氣體流動穿過該複數個孔洞或氣體通道。

蓋組件 1840 更包含絕緣體環 1851，以電氣隔絕該第

一電極 1841 與該第二電極 1852。絕緣體環 1851 可由氧化鋁或任何其他具絕緣性、製程相容的材料所製成。較佳地是，絕緣體環 1851 至少圍繞或至少實質上圍繞該擴充部分 1846。

第二電極 1852 包含頂端平板 1853、分配平板 1858 以及阻礙平板 1862，該阻礙平板 1862 將製程腔室中的基板與電漿凹部隔開。將頂端平板 1853、分配平板 1858 以及阻礙平板 1862 堆疊且設置在與腔室主體 1801 連接的蓋邊緣 1864，如第 18 圖所示。如在此技術領域中所得知，可使用鉸鏈組件(未圖示)，將蓋邊緣 1864 耦接至腔室主體 1801。蓋邊緣 1864 包含內嵌式管道或通道 1865，用於容納加熱傳輸媒介。加熱傳輸媒介可根據製程需求用於加熱、冷卻、或兩者。

頂端平板 1853 包含形成在電漿凹部 1849 下方的複數個氣體通道或孔洞 1856，以允許來自電漿凹部 1849 的氣體流動穿過該複數個氣體通道或孔洞 1856。頂端平板 1853 包含凹陷部分 1854，該凹陷部分 1854 適用以容納至少一部分的該第一電極 1841。在一或多個實施例中，孔洞 1856 穿過位於凹陷部分 1854 下方的頂端平板 1853 的截面。頂端平板 1853 的凹陷部分 1854 可為階梯狀(如第 19 圖所示)，以提供凹陷部分 1854 中較佳的密封接合。且，可將頂端平板 1853 的外直徑設計為安裝或支撐在分配平板 1858 的外直徑上，如第 19 圖所示。將 O-型環狀密封件，例如，彈性 O-型環 1855，至少部分設置在

頂端平板 1853 的凹陷部分 1854 中，以確保與第一電極 1841 流體密封地接觸。同樣地，可使用 O-型環狀密封件 1857，用以在頂端平板 1853 的外邊緣與分配平板 1858 之間提供流體密封的接觸。

分配平板 1858 實質上為盤型且包含複數個孔洞 1861 或通道，以分配氣體流動穿過該複數個孔洞 1861 或通道。可設計孔洞 1861 的尺寸並將該孔洞 1861 安置在分配平板 1858 的周圍，以提供經控制且均勻的流動分配至製程區 1810，在該製程區 1810 中設置有被處理的基板。且，該孔洞 1861 藉由減緩與重新導向流動氣體的速度分布，以避免氣體直接衝擊在基板表面上，且均勻地分配氣體流動，而在整個基板表面上方提供均勻的氣體分佈。

分配平板 1858 亦包含環形安裝凸緣 1859，該環形安裝凸緣 1859 形成在該分配平板 1858 的外周圍上。可設計安裝凸緣 1859 的尺寸以支撐在蓋邊緣 1864 的上表面。將 O-型環狀密封件，例如，彈性 O-型環，至少部分設置在環形安裝凸緣 1859 中，以確保與蓋邊緣 1864 流體密封接觸。

分配平板 1858 包含一或多個內嵌式管道或通道 1860，用於容納加熱器或加熱流體，以提供蓋組件 1840 的溫度控制。可將電阻加熱構件插入通道 1860 中，以加熱分配平板 1858。將熱電偶與分配平板 1858 連接，以調節分配平板 1858 的溫度。可以反饋迴路的方式來使用熱電偶，以控制施加至加熱構件的電流。

或者，將熱傳輸媒介通過通道 1860。視需要，根據腔室主體 1801 中的製程需求，該一或多個通道 1860 可包含冷卻媒介，以較佳地控制分配平板 1858 的溫度。如上所述，可使用任何加熱傳輸媒介，例如，氮氣、水、乙二醇、或前述媒介的混合物。

可使用一或多個加熱燈具(未圖示)來加熱蓋組件 1840。將加熱燈具設置在分配平板 1858 的上表面的周圍，藉由輻射來加熱包含分配平板 1858 的蓋組件 1840 的組成件。

可選擇使用阻礙平板 1862，且將該阻礙平板 1862 設置在頂端平板 1853 與分配平板 1858 之間。較佳地是，將阻礙平板 1862 可移動地安裝至頂端平板 1853 的下表面。阻礙平板 1862 應與頂端平板 1853 產生良好的熱與電氣接觸。使用螺栓或相似的緊固件將阻礙平板 1862 耦接至頂端平板 1853。亦可將阻礙平板 1862 螺紋固定或螺旋固定在頂端平板 1853 的外直徑上。

阻礙平板 1862 包含複數個孔洞 1863，以提供由頂端平板 1853 至分配平板 1858 的複數個氣體通道。設計孔洞 1863 的尺寸，且將該孔洞 1863 設置在阻礙平板 1862 的周圍，以提供經控制且均勻地流動分配至分配平板 1858。

第 20 圖顯示說明性的支撐組件 1820 的部分截面圖。將支撐組件 1820 至少部分設置在腔室主體 1801 中。支撐組件 1820 包含支撐件 1822，該支撐件 1822 支撐基板

用於在腔室主體 1801 中進行處理。將支撐件 1822 透過軸件 1826 耦接至升降機構 1831，該軸件 1826 延伸穿過形成在腔室主體 1801 底部表面中的中心設置開口 1803。利用伸縮囊 1832 將升降機構 1831 與腔室主體 1801 彈性密封，該伸縮囊 1832 可避免來自軸件 1826 周圍的真空洩漏。升降機構 1831 允許支撐件 1822 在腔室主體 1801 中的製程位置與一較低的傳輸位置之間垂直移動。該傳輸位置略低於形成在腔室主體 1801 側臂中的狹縫閥門 1811 的開口。

在一或多個實施例中，使用真空夾具將基板固定至支撐組件 1820。頂端平板 1823 可包含複數個通孔 1824，該複數個通孔 1824 與形成在支撐件 1822 中的一或多個凹槽 1827 流體連通。透過設置在軸件 1826 與支撐件 1822 中的真空管道 1825，該凹槽 1827 與真空幫浦(未圖示)流體連通。在某些條件下，當基板不設置在支撐件 1822 上時，可使用真空管道 1825 來施加淨化氣體至支撐件 1822 的表面上。該真空管道 1825 亦可在處理期間通過淨化氣體，以避免反應性氣體或副產物接觸基板背側。

支撐件 1822 可包含一或多個貫穿支撐件 1822 的鑽孔 1829，以容納升降銷 1830。通常每一個升降銷 1830 是由陶瓷或包含陶瓷的材料所構成，且每一個升降銷 1830 是用於基板處理與運輸。將每一個升降銷 1830 滑動地安裝在鑽孔 1829 中。藉由接合設置在腔室主體 1801 中的環形升降環 1828，使得該升降銷 1830 在該該升降銷 1830

的個別鑽孔 1829 中是可移動的。升降環 1828 是可移動的，當升降環 1828 位於上方位置時，使得升降銷 1830 的上表面可設置在支撐件 1822 的基板支撐表面上方。相反地，當升降環 1828 位於下方位置時，升降銷 1830 的上表面位在支撐件 1822 的基板支撐表面下方。因此，當升降環 1828 由下方位置移動至上方位置時，每一個升降銷 1830 的部分穿過位於支撐件 1822 中該每一個升降銷 1830 的個別鑽孔 1829。

當致動時，升降銷 1830 推著基板 2140 的下表面，將基板升高離開支撐件 1822。相反地，將升降銷 1830 去致動，以降低基板，因此將基板撐在支撐件 1822 上。

支撐組件 1820 可包含邊緣環 1821，該邊緣環 1821 設置在支撐件 1822 周圍。邊緣環 1821 為環形部件，適用以覆蓋支撐件 1822 的外周圍並且保護支撐件 1822。將邊緣環 1821 設置在支撐件 1822 上或與支撐件 1822 相鄰，用以在支撐件 1822 的外直徑與邊緣環 1821 的內直徑之間形成環形淨化氣體通道 1833。環形淨化氣體通道 1833 與形成貫穿支撐件 1822 與軸件 1826 的淨化氣體管道 1834 流體連通。較佳地是，淨化氣體導管 1834 與淨化氣體供應器(未圖示)流體連通，以提供淨化氣體至淨化氣體通道 1833。在操作中，淨化氣體流動穿過管道 1834 進入淨化氣體通道 1833，且圍繞設置在支撐件 1822 上的基板邊緣。因此，與邊緣環 1821 共同操作的淨化氣體可避免在邊緣及/或基板背側的沉積作用。

藉由循環穿過嵌入支撐件 1822 主體中的流體通道 1835 的流體來控制支撐組件 1820 的溫度。流體通道 1835 與熱傳輸管道 1836 流體連通，該熱傳輸管道 1836 設置穿過支撐組件 1820 的軸件 1826。將流體通道 1835 沿著支撐件 1822 設置，以提供均勻的熱傳輸至支撐件 1822 的基板接收表面。流體通道 1835 與熱傳輸管道 1836 可流動熱傳輸流體，以加熱或冷卻支撐件 1822。支撐組件 1820 更進一步包含嵌入式熱電偶(未圖式)，用於監控支撐件 1822 的支撐表面的溫度。

在操作中，將支撐件 1822 升高至接近蓋組件 1840，以控制被處理的基板溫度。因此，透過由加熱構件 1860 所控制的分配平板 1858 所放射的輻射來加熱該基板。或者，藉由使用升降環 1828 所致動的升降銷 1830，將基板升高遠離支撐件 1822 至接近加熱的蓋組件 1840。

改良的腔室可更包含氧化氣體供應器，且該氧化氣體供應器與輔助氣體入口 1892 流體連通，用以提供氧化氣體至腔室 1800 中(如第 18 圖所示)，該氧化氣體例如為，氧氣(O_2)、一氧化二氮(N_2O)、一氧化氮(NO)與前述氣體的組合。在第 19 圖所顯示的一替代實施例中，氧化氣體供應器 1890 與電漿容積或凹部 1849 中的輔助氣體入口 1893 流體連通。在另一變化例中(未圖示)，氧化氣體與遠端電漿來源連接，該遠端電漿來源於遠離腔室 1800 處產生氧化電漿且將氧化電漿傳送進入腔室 1800 中。還原氣體供應器 1894 可藉由還原氣體入口 1896，將諸如氫

氣的還原氣體供應至腔室 1800 中。其他氣體供應器包含惰性氣體供應器與入口(未圖示)，以傳送惰性氣體，例如氮氣、氫氣等等。該系統亦包含氮氣來源，用於在材料層上執行氮化反應。藉由與系統控制器(未圖示)連接的質量或體積流動控制器來調節每一個該等氣體的流動。

在腔室 1800 的其他變化例中，可使用與上述第 16 與 17 圖相關類型的燈具或雷射加熱部分，以快速加熱被處理的元件。且，可使用與上述第 13B 圖相關類型的冷卻系統，以快速冷卻支撐件 1822 與基板的溫度，而在基板的材料層上執行上述的循環氧化與蝕刻製程。與腔室 1800 相關的加熱與冷卻系統與其他組成件可操作性地連接至系統控制器，以控制各種系統參數。期望地，該系統控制器可控制製程在少於約 3 分鐘內完成氧化及/或氮化與蝕刻步驟的完整製程程序。在特定實施例中，可在少於約 2 分鐘內於腔室中完成氧化及/或氮化與蝕刻步驟的完整製程程序，且在更特定實施例中，可在少於約 1 分鐘內，例如 45 秒或 30 秒，於腔室中完成氧化及/或氮化與蝕刻步驟的完整製程程序。

以下將描述於製程腔室 1800 中執行的示例性乾式蝕刻製程，該乾式蝕刻製程使用氮氣(NH_3)與三氟化氮(NF_3)氣體混合物來移除氧化物層。參照第 18 與 20 圖，該乾式蝕刻製程開始於將基板放置在製程區 1810 中。通常透過狹縫閥門開口 1811 將基板放置在腔室主體 1801 中，

且將基板設置在支撐件 1822 的上表面上。將基板夾持在支撐件 1822 的上表面，且將邊緣淨化氣體通過通道 1833。藉由透過管道 1825 與真空幫浦流體連通的孔洞 1824 與凹槽 1827 來抽取真空，將基板固持在支撐件 1822 的上表面。假如支撐件 1822 並未在製程位置上時，接著將支撐件 1822 升高至腔室主體 1801 中的製程位置。將腔室主體 1801 維持在 50°C 至 80°C 之間的溫度，較佳為 65°C。藉由將熱傳輸媒介通過流體通道 1802 來維持腔室主體 1801 的溫度。

藉由將熱傳輸媒介或冷卻劑穿過形成在支撐組件 1820 中的流體通道 1835，而將該基板(具有一或多個與上述第 3A 至 3C、5A 至 5E、7A 至 7D、8A 至 8B、10A 至 10D 或 11A 至 11C 圖相關類型的材料層)冷卻至低於 65°C，例如介於 15°C 至 50°C。在一實施例中，將基板維持在低於室溫。在其他實施例中，將基板維持在介於 22°C 至 40°C 的溫度之間。通常，將支撐件 1822 維持在低於約 22°C，以達到上述預期的基板溫度。為了冷卻支撐件 1822，將冷卻劑通過該流體通道 1835。連續的冷卻劑流提供支撐件 1822 較佳的溫度控制。或者，使用與第 13B 圖相關類型的系統來冷卻基板。

接著將氨氣與三氟化氮氣體引入腔室 1800 中，以形成清潔氣體混合物。每一個引入腔室中的氣體數量是可改變的且可調整氣體數量以調節，例如，被移除的氧化物層厚度、進行清潔的基板或其他材料表面的幾何形狀、

電漿的體積容量、腔室主體 1801 的體積容量以及耦接至腔室主體 1801 的真空腔室的容量。在一態樣中，添加氣體以提供氣體混合物，該氣體混合物具有氮氣：三氟化氮至少 1：1 的莫耳比率。在另一態樣中，氣體混合物的莫耳比率至少為約 3：1(氮氣：三氟化氮)。在特定實施例中，將氣體以 5：1(氮氣：三氟化氮)至 30：1 的莫耳比率引入該腔室 100 中。更特定地在一些實施例中，氣體混合物的莫耳比率為約 5：1(氮氣：三氟化氮)至約 10：1。氣體混合物的莫耳比率亦落在約 10：1(氮氣：三氟化氮)至約 20：1。

亦可將淨化氣體或載體氣體添加至氣體混合物中。可使用任何適合的淨化/載體氣體，例如氫氣、氮氣、氬氣、氦氣或其混合物。在一些實施例中，整個氣體混合物是具有體積約 0.05%至約 20%的氮氣與三氟化氮，剩餘部份為載體氣體。在一實施例中，在反應性氣體進入腔室主體 1801 之前，先將淨化或載體氣體引入腔室主體 1801 中，以穩定腔室主體 1801 中的壓力。

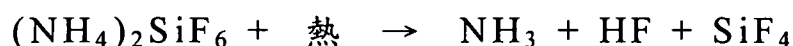
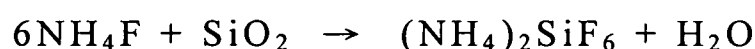
腔室主體 1801 中的操作壓力室可改變的。在一些實施例中，將壓力維持在約 500 mTorr 至約 30 Torr 之間。在特定實施例中，將壓力維持在約 1 Torr 至約 10 Torr 之間。在一或多個實施例中，將腔室主體 1801 中的操作壓力維持在約 3 Torr 至約 6 Torr 之間。

在一些實施例中，將約 5 至約 600 Watt 的 RF 功率施加至第一電極 1841，將電漿凹部 1849 中的氣體混合物

電漿點火。在一特定實例中，RF 功率小於 100 Watt。在一更特定的實施例中，施加功率的頻率是相對低的，例如低於 100 kHz。在特定實施例中，該頻率是介於約 50 kHz 至約 90 kHz 的範圍中。因為下方電極 1853、阻礙平板 1862 與分配平板 1858 的緣故，使得在電漿凹部 1849 中被點火的電漿不會與製程區 1810 中的基板接觸，而是被收集在腔室凹部 1849 中。因此，可將電漿相對於製程區 1810 而遠端產生在電漿凹部 1849 中。即，製程腔室 1800 提供兩個分開的區域：電漿凹部 1849 與製程區 1810。就形成在電漿凹部 1849 中的電漿來說，這些區域不會彼此連通，但對於形成在電漿凹部 1849 中的反應性物種來說，這些區域彼此連通。具體地來說，由電漿所生成的反應性物種可經由孔洞 1856 離開電漿凹部 1849、穿過阻礙平板 1862 的孔洞 1863、且經由分配平板 1858 的孔洞 1861 進入製程區 1810 中。

電漿能量將氮氣與三氟化氮氣體解離為反應性物種，該反應性物種結合形成高反應性的氣相氟化銨(NH_4F)化合物及/或氟化氮銨($\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$)。這些分子流動穿過孔洞 1856、1863 與 1861，與基板上的材料層的氧化物層反應。在一實施例中，首先將載體氣體引入腔室 1800 中、在電漿凹部 1849 中產生載體氣體的電漿、然後將反應性氣體、氮氣與三氟化氮添加至電漿中。如前所述，形成在電漿凹部 1849 中的電漿不會抵達設置在製程區域或製程區 1810 中的基板。

不希望被理論所束縛，相信蝕刻劑氣體、 NH_4F 及/或 $\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$ 可與二氧化矽表面反應，以形成六氟矽酸銨 $((\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6)$ 、氨氣 (NH_3) 與水的產物。氨氣與水在製程條件下為蒸氣，且藉由真空幫浦 1804 將氨氣與水由腔室 1800 移除。更特定而言之，在氣體離開腔室 1800 穿過真空埠 1807 進入真空幫浦 1804 之前，該揮發性氣體流動穿過形成在襯墊 1808 中的孔洞 1809 而進入抽取通道 1806 中。在進行處理的材料層表面的背面處留下一 $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ 薄膜。此反應機制可彙整如下：



在基板表面上形成薄膜之後，將具有基板支撐在其上方的支撐件 1822 升高至退火位置，該退火位置接近加熱的分配平板 1858。由分配平板 1858 所輻射的熱應足以將 $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ 薄膜解離或昇華為揮發性的四氟化矽 (SiF_4) 、氨氣與氟化氫 (HF) 的產物。接著，藉由上述的真空幫浦 1804 將這些揮發性產物由腔室中移除。實際上，由基板上的材料層將薄膜汽化或蒸發，會留下曝露的氧化物表面。在一實施例中，使用 75°C 或更高的溫度以有效率地由材料表面昇華並移除薄膜。在特定實施例中，使用 100°C 或更高的溫度，例如介於約 115°C 至約 200°C 。

藉由分配平板 1858 來傳送或輻射將 $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ 薄膜解離為 $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ 揮發性組成的熱能。如上所述，加熱構件 1860 可直接耦接至分配平板 1858，並且將加熱構件 1860 致動，用以將分配平板 1858 以及與加熱構件 1860 熱接觸的組成件加熱至介於約 75°C 至約 250°C 間的溫度。在一態樣中，將分配平板 1858 加熱至介於約 100°C 至約 200°C 間的溫度，例如，約 120°C 。

升降機構 1831 可升高支撐件 1822 朝向分配平板 1858 的下表面。在此升降步驟期間，將基板固定至支撐件 1822，例如藉由真空夾具或靜電夾具。或者，將基板升高離開支撐件 1822，且透過升降環 1828 將升降銷 1830 升高，而將基板放置在接近加熱的分配平板 1858。

介於基板(該基板上方具有薄膜)上表面與分配平板 1858 之間的距離可藉由實驗來測定。能夠有效率地蒸發薄膜而不會損壞下層基板的所需間距是取決於幾個因素，該些因素包含，但不限制於，膜層的厚度。在一或多個實施例中，介於約 0.254 mm (10 mils) 至 5.08 mm (200 mils) 之間間距是有效的。此外，氣體的選擇也會影響間距。

在蝕刻期間，期望將基座維持在相對低的溫度，例如，在約 20°C 至約 60°C 的範圍中、低於約 50°C 、具體為，低於約 45°C 、低於約 40°C 、低於約 35°C 。在特定實施例中，在腔室 1800 中進行蝕刻期間，將溫度維持在約 $30^\circ\text{C} \pm \text{約 } 5^\circ\text{C}$ ，以幫助凝結蝕刻劑並控制蝕刻反應的選

擇性。移除膜層或氧化物層可進一步包含：使用升降機構 1831 將支撐件 1822 升高朝向分配平板 1858 的下表面。或者，將基板升高離開支撐件 1822，且透過升降環 1828 將升降銷 1830 升高，而將基板放置在接近加熱的分配平板 1858。期望將分配平板加熱至超過約 100°C 的溫度，使得被蝕刻的材料表面可加熱至高於約 100°C 。在特定實施例中，將分配平板 1858 加熱至至少約 140°C 、至少約 150°C 、至少約 160°C 、至少約 170°C 、至少約 180°C 、至少約 140°C ，以確保材料表面達到足以昇華二氧化矽的溫度。因此，在腔室 1800 中，一非限制性的乾式蝕刻製程實例包含：將氨氣(NH_3)或三氟化氮(NF_3)氣體、或無水氟化氫(HF)氣體與遠端電漿施加在電漿容積 1849 中，在低溫(例如，約 30°C)下，氨氣或三氟化氮氣體、或無水氟化氫氣體與遠端電漿凝結在二氧化矽上(SiO_2)，並且反應形成隨後可在中等溫度(例如，大於 100°C)於腔室 1800 中昇華的化合物，用以蝕刻二氧化矽。該昇華可完成材料表面的蝕刻，且可藉由真空幫浦 1804 將副產物移除。期望將腔室壁面的溫度維持在介於基板支撐件的溫度與氣體分配平板的溫度之間，以避免蝕刻劑與副產物凝結在腔室 1800 的該些壁面上。

一旦將膜層或氧化物層從材料表面移除，該材料表面即準備進行後續的氧化製程，以形成氧化物層。將乾式蝕刻處理器 1832 進行淨化與抽空。藉由將惰性氣體直接穿過氣體入口或分配平板 1858 流動進入製程腔室來完

成淨化，該惰性氣體例如氮氣、氬氣或氦氣。接著，利用氧化製程進一步處理材料層以形成氧化物層。應理解到，不需要先執行由材料表面移除膜層或氧化物層的步驟。由與第 3A 至 3C、5A 至 5E、7A 至 7D、8A 至 8B、10A 至 10D 或 11A 至 11C 圖相關的製程描述可理解到，在一些實施例中，在由材料層移除一部分的氧化物層或膜層之前，可執行將材料層表面氧化以形成氧化層的步驟。

在一實施例中，在腔室 1800 中形成氧化物層。在其他實施例中，在狹縫閥門開口 1811 外側的負載鎖定區域(未圖示)中形成氧化物層。

在腔室 1800 中形成氧化物層的實施例中，氧化氣體供應器 1890 將氧化氣體直接透過入口 1892 流入腔室中。適當的氧化氣體包含一或多種的氧氣、臭氧、水、過氧化氫(H_2O_2)、或氮氧化物物種，例如，一氧化二氮(N_2O)、一氧化氮(NO)或二氧化氮(NO_2)。在適當低壓下將氧化氣體導入腔室中。接著，將腔室加熱至適當溫度使得氧化物層可生長在材料表面上。在一或多個實施例中，將腔室溫度加熱至約 200°C 至約 800°C 的範圍中。在特定實施例中，將腔室加熱至約 300°C 至約 400°C 的範圍中。上述是為了促進在材料上的氧化反應，該材料將被處理形成材料層，例如與上述第 3A 至 3C、5A 至 5E、7A 至 7D、8A 至 8B、10A 至 10D 或 11A 至 11C 圖的描述相關。

在一替代實施例中，透過冷卻的支撐件 1822 導入氧化

氣體，例如氧氣或其他氧化氣體中的其中一種，該氧化氣體穿過在支撐件中的氣體通道以減少氧化氣體在接觸材料表面之前產生氧化氣體的過早分解，在該材料表面上將形成氧化物層。

在其他替代實施例中，氧化氣體供應器 1890 經由氣體入口(未圖示)與電漿容積 1849 流體連通，且藉由氧氣電漿的導入可在基板的材料表面上形成氧化物層。在其他替代實施例中，在與腔室 1800 流體連通的遠端電漿氧化來源中形成氧化電漿，與第 13 圖所顯示的配置類似。藉由將氮氣施加至遠端電漿來源亦可形成遠端氮化電漿。在另一實施例中，可利用射頻(RF)功率來源(與第 15 圖所顯示的配置類似)將基板支撐件 1822 進行偏壓。

因此，總結上述，可藉由以下一或多種方法在腔室 1800 中形成材料表面上的氧化物層：將氧化氣體導入腔室中並加熱材料表面、導入形成在遠端電漿來源中的氧化電漿，該遠端電漿來源與電漿容積 1849 隔開、將氧化氣體導入電漿容積 1849 中且將氧化電漿輸送至支撐件 1822 上的基板、或使用經 RF 驅動的基板支撐件 1822 來形成電漿且將氧化氣體導入腔室中。在腔室中的實例性與適合的壓力為約 1 mTorr 至約 10 Torr 範圍之間。

又另一替代實施例中，可透過使用燈具或雷射加熱部件(與上述第 16 與 17 圖相關的類型)精確加熱材料表面以形成氧化物層。可使用此燈具或雷射加熱部件，將進行處理的元件快速加熱至 0°C 至 1000°C 範圍內的溫度。

在一特定實施例中，可使用臭氧作為氧化氣體，可將臭氧導入穿過氣體入口或基板支撐件 1822 並且使用紫外光來啟動光化學氧化反應。預期在狹縫閥門 1811 外側的負載鎖定區域中執行此反應。

在氧化材料層表面而形成氧化物層之後，再次淨化腔室 1800 以移除氧化氣體與該(等)氧化反應的副產物。藉由將惰性氣體流入腔室中及/或使用真空幫浦 1804 來達成淨化。可在腔室 1800 中循環重複形成氧化物層與蝕刻(藉由電漿與昇華作用)的步驟，直到形成具有期望材料厚度的氧化物層。實例性的元件與製程程序的描述與上述第 3A 至 3C、5A 至 5E、7A 至 7D、8A 至 8B、10A 至 10D 或 11A 至 11C 圖相關，並且可在上述的單一腔室 1800 中執行任何製程。

亦可使用單一腔室快速熱製程(RTP)設備來執行在腔室中循環重複形成氧化物層與蝕刻(藉由電漿與昇華作用)的步驟，直到形成具有期望材料厚度的氧化物層。實例性的元件與製程程序的描述與上述第 3A 至 3C、5A 至 5E、7A 至 7D、8A 至 8B、10A 至 10D 或 11A 至 11C 圖相關，並且可在第 21 圖中描述的單一腔室中執行任何製程。第 21 圖顯示快速熱製程腔室 2100 的實例性實施例。製程腔室 2100 包含基板支撐件 2104、腔室主體 2102，該腔室主體 2102 包含壁面 2108、底部 2110 以及頂部 2112，該底部 2110 以及頂部 2112 界定一內部容積 2120。壁面 2108 通常包含至少一個基板出入口 2148，以幫助

基板 2140 的進出(一部分的基板 2140 顯示在第 21 圖中)。該出入口耦接至傳輸腔室(未圖示)或負載鎖定腔室(未圖示)，且該出入口選擇性與一閥門密封，例如狹縫閥門(未圖示)。在一實施例中，基板支撐件 2104 為環形且腔室 2100 包含輻射熱源 2106，該輻射熱源 2106 設置在基板支撐件 2104 的內直徑中。輻射熱源 2106 通常包含複數個燈具。修飾 RTP 腔室與使用基板支撐件的範例描述在美國專利第 6,800,833 號以及美國專利申請公開號第 2005/0191044 號中。在本發明的一實施例中，腔室 2100 包含反射板 2200，該反射板 2200 與氣體分配出口(以下將更清楚的描述)合併，用以在基板上方均勻地分配氣體，而允許快速並且經控制的基板加熱與冷卻。將該板 2200 加熱及/或冷卻，以幫助上述的氧化及/或蝕刻。

該板可具吸收性、反射性或具有吸收與反射區域的組合。在一詳細的實施例中，該板可具有多個區域，一些區域在高溫計的視野內，一些區域在高溫計的視野外側。在高溫計視野內的該些區域，假如為圓形，具有約為 1 英吋的直徑，或根據需求具有其他形狀與尺寸。在探針視野內的該些區域可在高溫計所觀察到的波長範圍上具有非常高的反射性。在高溫計波長範圍與視野的外側，該板的範圍可從將輻射熱流失最小化的具反射性至將輻射熱流失最大化的具吸收性以用於較短的熱曝露。

顯示在第 21 圖中的 RTP 腔室亦包含冷卻區塊 2180，該冷卻區塊 2180 與頂部 2112 相鄰、與頂部 2112 耦接、

或形成在頂部 2112 中。通常，將冷卻區塊 2180 放置在遠離輻射熱源 2106 處並與輻射熱源 2106 相對。冷卻區塊 2108 包含一或多個冷卻劑通道 2184，該冷卻劑通道 2184 與入口 2181A 以及出口 2181B 耦接。冷卻區塊 2108 可由製程相容的材料所製成，例如不鏽鋼、鋁、聚合物、或陶瓷材料。冷卻劑通道 2184 包含螺旋圖案、矩形圖案、圓形圖案或上述圖案的組合，且例如，藉由鑄形冷卻區塊 2180 及/或由兩個或多個部件來製造冷卻區塊 2180 並將該些部件接合，而將通道 2184 一體形成在冷卻區塊 2180 中。此外或另，將冷卻劑通道 2184 鑽入冷卻區塊 2180 中。

藉由閥門與適合的管系(plumbing)將入口 2181A 與出口 2181B 耦接至冷卻劑來源 2182，且該冷卻劑來源 2182 與系統控制器 2124 連通，以幫助控制設置在冷卻劑來源 2182 中的壓力及/或流體流動。該流體可為水、乙二醇(ethylene glycol)、氮氣(N_2)、氦氣(He)、或其他作為熱交換媒介的流體。

在所表示的實施例中，該基板支撐件 2104 係選擇性適用於磁力懸浮且在內部容積 2120 中旋轉。當於製程期間將基板垂直升高與降低時，所顯示的基板支撐件 2104 是能夠旋轉的，且在製程之前、製程期間、製程以後，亦可將基板升高或降低而不旋轉基板。因為缺少或減少通常用於升高/降低及/或旋轉基板支撐件的移動部件，此磁力懸浮及/或磁力旋轉可避免粒子產生或將粒子產生最

小化。

腔室 2100 亦包含視窗 2114，該視窗 2114 是由可穿透熱與各種波長的光的材料所製成，該各種波長包含在紅外線圖譜中的光，經由該視窗 2114 來自輻射熱源 2106 的光子可加熱基板 2140。在一實施例中，視窗 2114 是由石英材料所製成，但可使用其他可穿透光的材料，例如，藍寶石。視窗 2114 亦包含複數個升降銷 2144，該升降銷 2144 耦接至視窗 2114 的上表面，該升降銷 2144 適用以選擇性接觸並支撐該基板 2140，以幫助傳輸基板進出腔室 2100。配置該複數個升降銷 2144 中的每一個，以使來自輻射熱源 2106 的能量吸收最小化，且該複數個升降銷 2144 中的每一個是由與視窗 2114 相同的材料所製成，例如石英材料。設置該複數個升降銷 2144，並且彼此放射狀地隔開，以幫助末端作用器的通過，該末端作用器耦接至傳輸機械臂(未圖示)。或者，末端作用器及/或機械臂能夠水平以及垂直地移動，以幫助傳輸基板 2140。

在一實施例中，輻射熱源 2106 包含由一外殼所形成的燈具組件，該燈具組件包含在冷卻劑組件(未圖示)中的蜂巢狀管 2160，該冷卻劑組件耦接至第二冷卻劑來源 2183。第二冷卻劑來源 2183 可為下列其中一個或組合：水、乙二醇、氮氣以及氦氣。外殼壁面 2108 與 2110 可由銅材料或由其他適合材料所製成，該外殼壁面 2108 與 2110 具有適合的冷卻通道形成在其中，用於流動來自第

二冷卻劑來源 2183 的冷卻劑。該冷卻劑冷卻腔室 2100 的外殼，使得外殼比基板 2140 還要冷。每一個管 2160 包含反射器以及高強度燈具組件或形成蜂巢狀管路配置的紅外線(IR)輻射源。管路的緊密堆積六角形配置提供具有高功率密度的能量來源以及良好的空間解析度。在一實施例中，輻射熱源 2106 提供足夠的輻射能量，以熱處理該基板，例如，將沉積在基板 2140 上的矽層進行退火。輻射熱源 2106 更包含環形區，其中可改變藉由控制器 2124 施加至複數個管 2160 的電壓，以提高來自管 2160 的能量輻射分佈。藉由一或多個溫度偵測器 2117 可影響加熱基板 2140 的動態控制，該一或多個溫度偵測器 2117 適用以偵測整個基板 2140 的溫度。

在所顯示的實施例中，可選擇的定子組件 2118 外接腔室主體 2102 的壁面 2108，且該定子組件 2118 耦接至一或多個致動組件 2122，該一或多個致動組件 2122 控制定子組件 2118 沿著腔室主體 2102 的外部上升。在一實施例中(未圖示)，腔室 2100 包含三個致動組件 2122，沿著腔室主體放射狀地設置這三個致動組件 2122，例如，沿著腔室主體 2102 約 120 度的角度。將定子組件磁性地耦接至設置在腔室主體 2102 內部容積 2120 中的基板支撐件 2104。基板支撐件 2104 具有或包含作為轉子功能的磁性部件，因此可產生磁性軸承組件，以升高及/或轉動該基板支撐件。在一實施例中，以一凹槽(未圖示)部分環繞至少一部分的基板支撐件 2104，該凹槽耦接至流

體來源 2186，該流體來源 2186 包含水、乙二醇、氮氣、氬氣、或前述流體之組合，作為基板支撐件的熱交換媒介。定子組件 2118 亦包含外殼 2190，以容納定子組件 2118 的各種部份與組成件。在一實施例中，定子組件 2118 包含驅動線圈組件 2168，該驅動線圈組件 2168 堆疊在懸吊線圈組件 2170 上。當懸吊線圈組件 2170 適用以將基板支撐件 2104 被動地定位在製程腔室 2100 中央時，驅動線圈組件 2168 適用以轉動及/或升高/降低該基板支撐件。或者，可藉由具有單一線圈組件的定子來執行旋轉與中央定位功能。

亦將氬圍控制系統 2164 耦接至腔室主體 2102 的內部容積 2120 中。氬圍控制系統 2164 通常包含節流閥與真空幫浦用於控制腔室壓力。氬圍控制系統 2164 可額外包含氣體來源，用於提供製程氣體或其他氣體至內部容積 2120 中。氬圍控制系統 2164 亦適用以輸送用於熱沉積製程、熱蝕刻製程以及原位清潔腔室組成件的氣體。氬圍控制系統與噴淋頭氣體輸送系統一起運作。

腔室 2100 亦包含控制器 2124，該控制器 2124 通常包含中央處理單元(CPU)2130、支持電路 2128 以及記憶體 2126。CPU 2130 可為任何形式的電腦處理器的其中一種，該電腦處理器可使用在商業設定中用於控制各種指令與副處理器。記憶體 2126、或電腦可讀取媒體，可為一或多個的可讀取媒體，例如隨機存取記憶體(RAM)、唯讀記憶體(ROM)、軟碟、硬碟、或任何其他形式的數

位儲存、區域或遠端，且該記憶體 2126 通常耦接至 CPU 2130，用於以傳統方式來支撐該控制器 2124。這些電路包含快取記憶體、電源供應器、時脈電路、輸入/輸出電路、子系統等等。

在一實施例中，每一個致動組件 2122 通常包含精密導程螺桿 2132，該精密導程螺桿 2132 耦接至兩個凸緣 2134，該兩個凸緣 2134 由腔室主體 2102 的壁面 108 延伸出來。導程螺桿 2132 具有螺帽 2158，當螺桿轉動時，該螺帽 2158 沿著導程螺桿 2132 軸向移動。將聯結件 (coupling) 2136 耦接在定子 2118 與螺帽 2158 之間，使得當旋轉導程螺桿 2132 時，聯結件 2136 可沿著導程螺桿 2132 移動，以控制定子 2118 的高度在與聯結件 2136 的界面處。因此，當旋轉其中一個致動器 2122 的導程螺桿 2132 用以在其他致動器 2122 的螺帽 2158 之間產生相對位移時，定子 2118 的水平平面會相對於腔室主體 2102 的中央軸而改變。

在一實施例中，將馬達 2138(例如，步進馬達或伺服馬達)耦接至導程螺桿 2132，以提供回應控制器 2124 訊號的可控制轉動。或者，可使用其他種類的致動器 2122，以控制定子 2118 的線性位置，例如氣動缸、油壓缸、滾珠螺桿、電磁圈、線形致動器以及凸輪從動件等等。

腔室 2100 亦包含一或多個感測器 2116，該一或多個感測器 2116 通常適用於偵測在腔室主體 2102 的內部容積 2120 中的基板支撐件 2104(或基板 2140)高度。將感

測器 2116 耦接至腔室主體 2102 及/或製程腔室 2100 的其他部分，且該感測器 2116 適用以提供在基板支撐件 2104 與腔室主體 2102 的頂部 2112 及/或底部 2110 之間的距離的輸出指示，且該感測器 2116 亦可偵測基板支撐件 2104 及/或基板 2140 的對準偏移。

將一或多個感測器 2116 耦接至控制器 2124，該控制器 2124 接收來自感測器 2116 的輸出測度並且提供一個訊號或多個訊號至一或多個致動組件 2122，以升高或降低至少一部分的基板支撐件 2104。控制器 2124 可使用位置測度，該位置測度是由感測器 2116 所獲得，以調整在每一個致動組件 2122 上的定子 2118 高度，因此可相對於 RTP 腔室 2100 及/或輻射熱源 2106 的中心軸同時調整基板支撐件 2104 與基板 2140(位於基板支撐件 2104 上)的高度與平坦度。舉例來說，控制器 2124 可提供訊號，藉由一個致動器 2122 的動作來升高基板支撐件，用以校正基板支撐件 2104 的軸向對準偏移、或是控制器可提供訊號給所有的致動器 2122，以幫助基板支撐件 2104 的同步垂直移動。

該一或多個感測器 2116 可為超音波、雷射、電感性、電容性或其他種類的感測器，該感測器能夠偵測在腔室主體 2102 內部的基板支撐件 2104 的近似位置。將感測器 2116 耦接至腔室 2102 接近頂部 2112 處、或耦接至壁面 2108，然而在腔室主體 2102 中或是圍繞腔室主體 2102 的其他位置也是適合的，例如，耦接至腔室 2100 外側的

定子 2118。在一實施例中，將一或多個感測器 2116 耦接至定子 2118，且該一或多個感測器 2116 適用以透過壁面 2108 來感測基板支撐件 2104(或基板 2140)的高度及/或位置。在此實施例中，壁面 2108 包含較薄的橫截面，以幫助透過壁面 2108 來感測位置。

腔室 2100 亦包含一或多個溫度感測器 2117，該一或多個溫度感測器 2117 適用以在製程之前、製程期間、製程之後感測基板 2140 的溫度。在第 21 圖所描述的實施例中，將溫度感測器 2117 設置穿過頂部 2112，然而可設置在腔室主體 2102 中或是圍繞腔室主體 2102 的其他位置。溫度感測器 2117 為光度高溫計，例如，具有光纖探針的高溫計。以能夠偵測基板的整個直徑、或基板的其他位置的配置將感測器 2117 耦接至頂部 2112。感測器 2117 包含一圖案，該圖案界定實質上與基板直徑相等的感測區、或界定實質上與基板半徑相等的感測區。舉例來說，將複數個感測器 2117 以徑向配置或線型配置耦接至頂部 2112，而在橫跨基板的半徑或直徑上產生偵測區。在一實施例中(未圖示)，將複數個感測器 2117 設置在一線中，該線由頂部 2112 中央周圍徑向延伸至頂部 2112 的周圍部份。在此方式中，可藉由感測器 2117 來監控基板的半徑，該偵測器 2117 能夠在轉動期間感測基板的直徑。

如在此所述，腔室 2100 適用以接收在「面朝上」位向中的基板，其中將基板的沉積接收側或面朝向平板

2200，且基板的「背側」面向輻射熱源 2106。當基板背側比基板面更不具反射性的時候，「面朝上」的位向可允許來自輻射熱源 2106 的能量更迅速地被基板 2140 吸收。

雖然將平板 2200 與輻射熱源 2106 描述為分別被放置在內部容積 2120 的上部部分與下部部分中，但是冷卻區塊 2180 與輻射熱源 2106 的位置是可互換的。舉例來說，可設計冷卻區塊 2180 的尺寸並將冷卻區塊 2180 設置在基板支撐件 2104 的內直徑中，以及將輻射熱源 2106 耦接至頂部 2112。在此配置中，將石英視窗 2114 設置在輻射熱源 2106 與基板支撐件 2104 之間，例如在腔室 2100 的上部部分中與輻射熱源 2106 相鄰處。雖然當基板背側面向輻射熱源 2106 時，基板 2140 可輕易地吸收熱，但在任何一種配置中，可將基板 2140 定位在面朝上的位向或面朝下的位向。應理解到，由於含氟氣體將會被流入腔室 2100 中，所以腔室組成件中的材料必須對於含氟氣體的侵蝕具抵抗性。例如，可藉由諸如藍寶石或鋁的材料來塗佈曝露至含氟氣體的腔室組成件以抵抗侵蝕。也可使用其他抗氟材料。

腔室 2100 更包含遠端電漿來源 2192，用於輸送電漿至腔室中，電漿可藉由分配噴管 2194 輸送進入腔室。噴管 2194 通常為具有一或多個出口的細長管道，用於平均分配電漿產物進入腔室 2100。可使用多個噴管 2194，用以在腔室 2100 中的多個徑向位置上進行注入。在一或多個實施例中，該(等)噴管 2194 是可移動的，使得該(等)

噴管 2194 在基板 2140 與平板 2200 之間的空間中或空間外可選擇性地移動。經修飾的腔室更進一步包含氧化氣體供應器以提供氧化氣體，例如氧氣、一氧化二氮、一氧化氮以及上述的組合，該氧化氣體供應器與進入腔室 1800 中的輔助氣體入口 1892 流體連通，如第 18 圖所示。氧化氣體供應器 2196 與進入腔室中的輔助氣體入口流體連通。蝕刻氣體供應器 2198 可藉由還原氣體入口施加蝕刻氣體至腔室 2100 中，該蝕刻氣體例如，四氟化碳 (CF_4)、三氟甲烷 (CHF_3)、六氟化硫 (SF_6)、氨氣 (NH_3)、三氟化氮 (NF_3)、氦氣 (He)、氬氣 (Ar) 等等。其他氣體供應器包含惰性氣體供應器以及入口 (未圖示)，用以輸送惰性氣體 (例如，氦氣、氬氣)、還原氣體 (例如，氬氣與其他氣體)。可藉由質量與體積流動控制器來調節每一個氣體的流動，該質量與體積流動控制器與系統控制器 2124 連接。當氣體供應器 2196 與 2198 顯示為流體連通且穿過腔室 2100 側邊時，則預期氣體供應器 2196 與 2198 可將氣體引入導管，該導管與噴淋頭、噴管或其他元件流體連通，用於平均分配氣體至腔室 2100 中。以下將描述氣體導入系統 2202 的實例。氣體供應器 2196、2198 與其他氣體供應器可與氣體導入系統 2202 流體連通。

第 22 圖顯示更詳細的反射板 2200。參照第 22 圖，顯示反射板 2200，該反射板 2200 與氣體分配出口結合，用以在基板上方平均分配氣體，而允許快速且經控制的基板加熱與冷卻。板 2200 包含具有氣體導入系統 2202

的頂部部分 2201，該氣體導入系統 2202 包含第一氣體導入埠 2204 與可選擇的第二氣體導入埠 2206，該第一氣體導入埠 2204 與可選擇的第二氣體導入埠 2206 與用於混合兩種氣體的氣體混合腔室 2208 流體連通。假如僅提供單一個氣體導入埠，則可將混合腔室 2208 由設計中刪除。應理解到，也可提供額外的氣體導入埠。當然，可將氣體導入埠 2202、2204 連接至適合的氣體來源，例如，氣體槽或氣體供應系統(未圖示)。混合腔室 2208 與氣流通道 2212 連接，該氣流通道 2212 與氣體溝槽 2214 以及形成在阻礙板 2213 中的氣體導入開口 2116 連接。阻礙板 2213 可為固定至頂部部分 2201 的分離組成件，或阻礙板 2213 與頂部部分為一體成形。當然，可能採用其他設計，包含對於兩種或多種氣體提供兩組或多組個別的開口 2216，使得在離開噴淋頭之後進行氣體混合。該板包含一面 2203，開口 2216 形成穿過該面 2203。

在操作中，可在腔室 2100 中執行循環氧化及/或氮化與蝕刻。一實例性的製程包含：施加蝕刻電漿至腔室 2100，該蝕刻電漿形成在遠端電漿來源 2192 中。可透過所顯示的噴管 2194 施加蝕刻電漿產物，或經由導入埠 2202 施加電漿產物。如上所述，在至少一部分的蝕刻製程期間，期望將基板與材料表面維持在相對低溫。例如，可在低溫下執行部份的蝕刻製程。蝕刻期間，期望將基板與材料表面維持在相對低溫，例如，在約 20°C 至約 60°C 的範圍中、少於約 50°C、具體為少於約 45°C、少於約

40°C、少於約 35°C。在一特定實施例中，於腔室 1800 中進行蝕刻期間，將溫度維持在約 30+/-約 5°C，以幫助凝結蝕刻劑以及幫助控制蝕刻反應的選擇性。藉由透過該板 2200 流動適當的冷卻氣體(例如，氮氣)將基板與材料表面的溫度維持在低溫。藉由蝕刻移除膜層或氧化物層可進一步包含：使用磁性耦接至基板支撐件 2104 的升降銷 2144 及/或定子組件 2218 的其中一個或兩者，來移動將被處理的基板，使基板更接近該板 2200。

為了昇華在蝕刻期間所生成的薄膜或層，藉由升降銷或定子組件 2118 將基板移動遠離該板 2200，啟動輻射熱源 2106 將進行蝕刻之基板與材料表面加熱至高於約 100°C。在特定實施例中，將基板 2140 加熱至至少約 140°C、至少約 150°C、至少約 160°C、至少約 170°C、至少約 180°C、或至少約 140°C，以確保材料表面達到足以昇華二氧化矽(SiO_2)的溫度。因此，在腔室 2100 中一非限制性、實例性的蝕刻製程包含：施加氮氣(NH_3)或三氟化氮(NF_3)、或無水氟化氫(HF)氣體混合物至遠端電漿來源 2192，該些氣體在低溫下(例如，約 30°C)會凝結在二氧化矽上並且反應形成可在中等溫度下(例如，大於 100°C)於腔室 2100 中被實質昇華的化合物，用以蝕刻二氧化矽。該昇華可完成材料表面的蝕刻，且藉由氛圍控制系統 2164 及/或流動淨化氣體來移除副產物。期望將腔室壁面的溫度控制在基板支撐件與氣體分配板的溫度之間，以避免蝕刻劑以及副產物凝結在腔室 2100 的壁面

上。

接著在基板的材料表面上形成氧化物層。藉由快速啟動輻射熱源 2106 來使用尖端熱氧化製程，以形成氧化物層。在腔室 2100 中形成氧化物層的實施例中，氧化氣體供應器 2196 將氧化氣體透過入口直接流入腔室中。適當的氧化氣體包含一或多種的氧氣、臭氧、水、過氧化氫、或氮氧化物物種，例如，一氧化二氮(N_2O)、一氧化氮(NO)或二氧化氮(NO_2)。在適當的低壓下將氮氧化物物種導入腔室中。接著，將腔室加熱至適當溫度，使得氧化物層生長在材料表面上。在一或多個實施例中，將腔室溫度加熱至約 200°C 至約 800°C 的範圍中。在特定實施例中，將腔室溫度加熱至約 300°C 至約 400°C 的範圍中。如上述與第 3A 至 3C、5A 至 5E、7A 至 7D、8A 至 8B、10A 至 10D、11A 至 11C 圖有關之描述，是為了促進在材料上的氧化反應，該材料將被處理以形成材料層。或者，藉由遠端電漿來源 2192(或分離的遠端電漿來源)來達成氧化步驟，該遠端電漿來源 2192(或分離的遠端電漿來源)可供應氧化氣體用於形成氧電漿，接著該氧電漿被輸送至上述之腔室中。在另一變化例中，可使用紫外線燈源將基板上的材料表面進行光化學氧化。適當的氧化氣體包含一或多種的氧氣、臭氧、水、過氧化氫、或氮氧化物物種，例如，一氧化二氮(N_2O)、一氧化氮(NO)或二氧化氮(NO_2)。

在將材料層表面氧化形成氧化物層後，在次淨化腔室

2100 以移除氧化氣體以及該(等)氧化反應的副產物。藉由將惰性氣體流入腔室中及/或使用氛圍控制系統 2164 來完成淨化步驟。可在腔室中循環重複形成氧化物層、蝕刻(藉由電漿與昇華)的步驟，直到氧化物層形成具有期望的材料厚度。實例性的元件與製程程序與上述第 3A 至 3C、5A 至 5E、7A 至 7D、8A 至 8B、10A 至 10D、11A 至 11C 圖之內容有關，且可在上述之單一腔室 2100 中執行任何製程。

因此，總結上述，在腔室 2100 中可藉由下述方法在材料表面上形成氧化物層：藉由導入一或多種的氧化氣體至腔室中且加熱材料表面、或藉由將形成在遠端電漿來源中的氧化電漿導入且將氧化電漿輸送至支撐件上的基板。在腔室 2100 中示例性且適當的壓力為約 1 mTorr 至約 10 Torr 範圍之間。

系統控制器可控制製程，用以在腔室中執行完整的氧化及/或氮化與蝕刻步驟的製程程序，且可在少於約 3 分鐘內完成。在特定實施例中，可在少於約 2 分鐘內於腔室中完成氧化及/或氮化與蝕刻步驟的完整製程程序，以及在更特定實施例中，可在少於約 1 分鐘內，例如 45 秒或 30 秒，於腔室中完成氧化及/或氮化與蝕刻步驟的完整製程程序。

用於形成氧化物層與蝕刻(藉由電漿與昇華)的替代性設備包含一爐，該爐包含遠端或區域電漿來源用於產生氧化電漿與蝕刻電漿，而該氧化物層與蝕刻的形成可循

環重複直到氧化物層形成具有期望的材料厚度。因此，關於第 21 圖所述的腔室 2100 能被適當地配置的爐所置換，該爐循環地加熱及冷卻基板材料表面直到氧化物層形成具有期望的材料厚度。實例性的元件與製程程序與上述第 3A 至 3C、5A 至 5E、7A 至 7D、8A 至 8B、10A 至 10D、11A 至 11C 圖之內容有關，且可在上述之單一腔室 1800 中執行任何製程。

因此，本發明的第一態樣適用於處理基板的設備。本發明此態樣的第一實施例提供用於處理基板的設備，該設備包含：製程腔室，該製程腔室中設置有基板支撐件，用以支撐基板；溫度控制系統，用以將設置在基板支撐件上的基板溫度控制在低於約 100°C 的第一溫度；氣體來源，該氣體來源與腔室流體連通，以至少輸送含氧氣體、惰性氣體以及蝕刻氣體至製程腔室中；電漿來源，該電漿來源與製程腔室流體連通，用以激發含氧氣體與蝕刻氣體的至少一者，而形成氧化電漿或蝕刻電漿的至少一者；以及熱源，用以將基板加熱至大於第一溫度的第二溫度。

在第一實施例的一變化例中，當基板溫度在第一溫度且輸送其中一個氧化氣體時，將腔室配置以輸送蝕刻氣體與蝕刻電漿的其中一個至製程腔室中。在另一變化例中，第二溫度在約 200°C 至 1000°C 的範圍中。在又另一變化例中，將腔室配置以在基板的材料層上執行蝕刻製程，且在第一溫度下執行至少一部分的蝕刻製程。

在第一實施例的另一變化例中，該蝕刻製程包含乾式蝕刻製程，且該蝕刻氣體包含含氟氣體。該第一實施例包含與電漿來源連接的氣體來源，該氣體來源更進一步包含氮氣。在第一實施例的一變化例中，該蝕刻氣體與電漿來源流體連通，以形成蝕刻電漿。

在第一實施例的另一變化例中，溫度控制系統包含冷卻系統，用以在低於約 50°C 的溫度下執行至少一部分的蝕刻製程。更特定而言之，配置該冷卻系統，用以將基板溫度降低至約 25°C 至約 35°C 的範圍中。在第一實施例的一特定變化例中，將該設備配置以在第一溫度與第二溫度中循環少於約 3 分鐘。

在第一實施例的另一特定變化例中，將該設備配置為將基板上的材料層塑形，該材料層具有一期望形狀，該期望形狀在接近該期望形狀的底面具有第一寬度，在接近該期望形狀的頂部具有第二寬度該第一寬度實質上等於第二寬度，其中該期望形狀的第一與第二寬度介於約 1 至約 30 nm。配置該設備以形成包含浮動閘極的材料層。配置該設備，以在材料層上循環執行蝕刻製程與氧化製程。

在第一實施例的一或多個變化例中，氧化製程包含快速熱氧化、輻射氧化、電漿氧化、化學氧化或光化學氧化，且蝕刻製程包含以下至少一者：濕式或乾式化學蝕刻、反應性離子蝕刻或電漿蝕刻。

本發明的第二態樣適用於塑形基板上之材料層的方

法，該方法包含：(a)在製程腔室中處理材料層表面以形成含氧化物層或含氮化物層；(b)終止含氧化物層或含氮化物層的形成；(c)在與(a)相同的製程腔室中，藉由蝕刻製程移除至少一些的含氧化物層或含氮化物層；以及(d)在相同製程腔室中重複(a)至(c)，直到材料層形成期望的形狀。在該方法的一變化例中，在一起始速率下執行(a)且(a)包含氧化製程；當氧化速率低於起始速率的約 90% 時，終止(b)。

在該方法的另一變化例中，藉由濕式或乾式快速熱氧化、輻射氧化、電漿氧化、濕式或乾式化學氧化或光化學氧化中的至少一者來執行材料層的氧化，以形成氧化物層。

在該方法的另一變化例中，蝕刻製程包含濕式或乾式化學蝕刻、反應性離子蝕刻或電漿蝕刻中的至少一者。在該方法的另一變化例中，將該材料層形成為期望形狀，該期望形狀在接近該期望形狀底面具有第一寬度，在接近該期望形狀的頂部具有第二寬度，該第一寬度實質上等於第二寬度。在該方法的另一變化例中，該期望形狀具有介於約 0.5 至約 20 nm 的深寬比。更特定而言之，該期望形狀的第一與第二寬度係介於約 1 至約 30 nm。更特定而言之，該期望形狀的高度係介於約 1 至約 30 奈米。該材料層包含浮動閘極。

用於在材料層上執行循環氧化與蝕刻製程的設備的第二實施例中，該設備包含：製程腔室，該製程腔室具有

複數個壁面，該壁面界定製程腔室中的製程區域，該製程腔室包含基板支撐件，用以將具有材料層的基板固持在製程區域中；含氧氣體供應器、惰性氣體供應器以及蝕刻氣體供應器，該些供應器與製程腔室流體連通，以將含氧氣體、惰性氣體與蝕刻氣體輸送至製程腔室中；電漿來源，用以在腔室內側的電漿產生區中形成電漿，且激發該含氧氣體與蝕刻氣體中的至少一者，用以形成氧電漿與蝕刻電漿中的至少一者，而接觸該材料層；加熱系統，用以將腔室中的基板加熱至大於約 100°C 的第一溫度；冷卻系統，用以將腔室中的基板冷卻至低於第一溫度的第二溫度；以及控制系統，用以將腔室中的基板於第一溫度與第二溫度之間循環。在第二實施例的一變化例中，配置該控制系統、加熱系統與冷卻系統於第一溫度與第二溫度之間循環少於約 3 分鐘的週期時間。

在第二實施例的另一變化例中，冷卻系統包含基板支撐件，該基板支撐件包含通道，用於允許冷卻媒介流動穿過該通道。在第二實施例的另一變化例中，冷卻系統包含噴淋頭，該噴淋頭設置在腔室中與基板支撐件相鄰，該噴淋頭與冷卻流體連通。

在第二實施例的另一變化例中，加熱系統包含光源與電阻加熱器中的至少一者。在一變化例中，將電阻加熱器設置在基板支撐件中。或者，將電阻加熱器設置在噴淋頭中。在第二實施例的另一變化例中，加熱系統包含設置該光源，使得由光源所放射的能量以一入射角接觸

該材料表面，且該入射角使得被處理的材料的吸收最佳化。在一特定配置中，對於將被處理的材料而言，該入射角為布魯斯特角度(Brewster angle)。

在第二實施例的一特定配置中，製程腔室具有頂棚電漿來源，該頂棚電漿來源包含電源施加器，該電源施加器包含設置在頂棚上方的線圈，該線圈透過阻抗匹配網路耦接至電源，用以在電漿產生區中產生電漿。在另一變化例中，蝕刻氣體包含含氟氣體，且該腔室更進一步包含與電漿來源連接之氮氣來源。

用於在材料層上執行循環氧化與蝕刻製程的設備的第三實施例中，該設備包含：製程腔室，包含腔室主體，該腔室主體包含複數個壁面，該壁面界定製程腔室中的製程區域，該製程腔室包含基板支撐件，用以將具有材料層的基板固持在製程區域中；蓋組件，該蓋組件設置在腔室主體的上表面，蓋組件包含第一電極與第二電極，在該第一電極與第二電極間界定電漿凹部，其中將第二電極加熱並且配置第二電極加熱該基板；含氧氣體供應器、惰性氣體供應器以及蝕刻氣體供應器，與製程腔室與蓋組件的至少一者流體連通，用以將含氧氣體、惰性氣體與蝕刻氣體輸送至製程腔室與蓋組件的其中一者中；加熱系統，用以將腔室中的基板加熱至大於約 100℃ 的第一溫度；冷卻系統，用以將腔室中的基板冷卻至低於第一溫度的第二溫度；以及控制系統，用以將腔室中的基板於第一溫度與第二溫度之間循環。

在第三實施例的一變化例中，該氧化氣體與蓋組件流體連通，以形成氧化電漿來處理材料層。在第三實施例的另一變化例中，該蝕刻氣體與蓋組件流體連通，以形成蝕刻電漿來處理材料層。在特定變化例中，蝕刻氣體包含含氟氣體。在一特定實施例中，蝕刻氣體包含氮氣，以及一或多種的氮三氟化氮(NH_3NF_3)氣體以及無水氟化氫(HF)。

在第三實施例的一配置中，該基板支撐件適用於在腔室主體中垂直移動，用以在氧化製程期間將基板定位在接近第二電極的加熱位置中，而在蝕刻製程期間將基板定位在遠離第二電極的蝕刻位置中。在第三實施例的特定配置中，基板支撐件包含接收表面，該接收表面適用於將基板支撐在接收表面上，其中將該接收表面設置在軸件上方，該軸件耦接至升降機構。在一實例中，該升降機構適用於在腔室主體中垂直移動該接收表面，用以在氧化製程期間將基板定位在接近第二電極的加熱位置中，而在蝕刻製程期間將基板定位在遠離第二電極的蝕刻位置中。

在第三實施例的另一變化例中，基板支撐組件包含一或多個的氣體通道，該氣體通道與接收表面在該氣體通道的一末端流體連通，並且在該氣體通道的第二末端與淨化氣體來源或真空來源流體連通。在另一變化例中，接收表面包含一或多個凹陷通道，該凹陷通道形成在該接收表面的上表面。

在第三實施例的另一變化例中，軸件包含一或多個嵌入式氣體導管，該氣體導管適用於輸送一或多種流體至該氣體通道。在一實例中，該一或多個嵌入式導管適用於輸送加熱媒介至該一或多個流體通道。該一或多個嵌入式導管適用於輸送冷卻劑至該一或多個流體通道。

在第三實施例的特定變化例中，將控制系統、加熱系統以及冷卻系統配置以在第一溫度與第二溫度之間循環少於 3 分鐘的時間週期。

在第三實施例的另一變化例中，冷卻系統包含噴淋頭，將該噴淋頭設置在腔室中接近基板支撐件處，該噴淋頭與冷卻流體連通。在第三實施例的又一變化例中，加熱系統包含光源與電阻加熱器至少其中一個。

在包含電阻加熱器的實施例中，可將電阻加熱器設置在基板支撐件中及/或噴淋頭中。第三實施例的加熱系統可包含光源，設置該光源使得由光源所發射的光能可以一入射角與基板表面接觸，該入射角可使被處理之材料的吸收最佳化。對於被處理之材料來說，在一特定變化例中的入射角為布魯斯特角度。

用於在材料層上執行循環氧化與蝕刻製程的設備的另一實施例包含：一製程腔室，具有複數個壁面，該壁面於該製程腔室中界定製程區域，該製程腔室包含基板支撐件，用以將基板固持在製程區域中，該基板具有材料層；一含氧氣體供應器、一惰性氣體供應器以及一蝕刻氣體供應器，該些供應器與製程腔室流體連通，以輸送

含氧氣體、惰性氣體與蝕刻氣體至製程腔室中；一遠端電漿來源，與該製程腔室以及蝕刻氣體流體連通，用以在遠離腔室處形成蝕刻電漿，且藉由導管將蝕刻電漿輸送至腔室中；一加熱系統，用以將腔室中的基板加熱至高於約 100°C 的第一溫度；一冷卻系統，用以將腔室中的基板冷卻至低於第一溫度的第二溫度；以及一控制系統，用以將腔室中的基板在第一溫度與第二溫度之間循環。

在第四實施例的一變化例中，將該設備配置為實質上僅藉由熱氧化來進行氧化製程。在第三實施例的特定變化例中，將該設備配置為藉由快速熱氧化製程來進行氧化。在第四實施例的另一特定變化例中，加熱系統包含快速熱處理腔室，該快速熱處理腔室包含輻射熱源以及反射板，其中將該基板支撐件設置在反射板與輻射熱源之間。

在第四實施例的一變化例中，遠端電漿來源與包含含氧氣體的蝕刻氣體流體連通。在第四實施例的另一變化例中，該腔室包含延長噴管，用以輸送蝕刻電漿產物至腔室中。該腔室包含複數個延長噴管，該複數個延長噴管於腔室周圍放射狀設置，用以輸送蝕刻電漿產物至腔室中。

在第四實施例的另一變化例中，冷卻系統包含反射板，該反射板與氣體分配出口結合用以在基板上均勻分配氣體，而允許快速且受控制的基板加熱與冷卻。在第

四實施例的又一變化例中，該設備包含升降銷，用以選擇性地接觸並支撐該基板，而將該基板移動朝向反射板以及移動遠離反射板。在第四實施例的另一變化例中，該設備包含定子組件，該定子組件耦接至基板支撐件，用以將被處理的基板移動朝向該板以及移動遠離該板。該定子組件可磁性耦接至基板支撐件。

在第四實施例的特定配置中，該定子組件與該升降銷的至少一者與冷卻系統互相配合，用以將基板支撐件移動接近該反射板，而冷卻該基板。

在第四實施例的另一特定配置中，配置該控制系統、該加熱系統與該冷卻系統在第一溫度與第二溫度之間循環少於約 3 分鐘的時間週期。在又一變化例中，將該設備配置為藉由光化學氧化來進行氧化製程。

因此，在此描述適用於窄間距應用的半導體元件以及製造該半導體元件的方法。在此所描述的設備可用於製造具有浮動閘極配置的半導體元件，該浮動閘極配置適用於窄間距應用，例如在 32 nm 或更小的元件節點。實施例的元件節點為小於或等於約 30 nm、小於或等於約 25 nm、小於或等於約 20 nm、小於或等於約 15 nm、小於或等於約 13 nm。此半導體元件包含，例如，NAND 與 NOR 快閃記憶體元件。在此所提供的浮動閘極配置有益地提供數種半導體元件，該半導體元件具有在浮動閘極與控制閘極之間經維持或經改善的側壁電容，以及在此元件中的相鄰浮動閘極之間經減少的干擾或雜訊。

此外，用於執行在此所揭露的方法的設備可有益地形成半導體元件同時限制非期望的製程，例如，氧氣擴散，舉例來說，氧氣擴散會將本發明元件的穿隧氧化物層增厚。該方法可有益地應用在其他元件或結構的製造上，例如 FinFET 元件或硬遮罩結構，以克服傳統微影圖案化所造成的臨界尺寸限制。

雖然上述內容是有關於本發明之實施例，但在不偏離本發明的基本範疇下，可產生其他以及更進一步的實施例。

【圖式簡單說明】

本發明之更特定描述、以上之簡單概述，可藉由參考附圖中所敘述的實施例來瞭解，因此可更詳細瞭解本發明的上述特徵。然而，其須注意附圖所說明的僅為本發明之典型實施例，故不因此被視為本發明範疇之限制，對於本發明而言，可容許其他相同效果的實施例。

第 1 圖說明一半導體結構，該半導體結構具有利用本發明的一些實施例的方法與設備所製造的浮動閘極。

第 2 圖是根據本發明的一些實施例來說明形成一浮動閘極的方法流程圖。

第 3A 至 3C 圖是根據第 2 圖的方法的一些實施例來說明浮動閘極的製造階段。

第 4 圖是根據本發明的一些實施例來說明形成一浮動閘極的方法流程圖。

第 5A 至 5E 圖是根據第 4 圖的方法的一些實施例來說明浮動閘極的製造階段。

第 6 圖是根據本發明的一些實施例來說明形成一浮動閘極的方法流程圖。

第 7A 至 7D 圖是根據第 6 圖的方法的一些實施例來說明浮動閘極的製造階段。

第 8A 至 8B 圖是根據第 6 圖的方法的一些實施例來說明浮動閘極的製造階段。

第 9 圖是根據本發明的一些實施例來說明氧化物厚度與時間的示意圖。

第 10A 至 10D 圖是根據本發明的一些實施例來說明浮動閘極的製造階段。

第 11A 至 11C 圖是根據本發明的一些實施例來說明結構的製造階段。

第 12 圖是根據本發明的一些實施例來說明一示例性製程腔室。

第 13A 圖是根據本發明的一些實施例來說明第一示例性經改良的電漿製程腔室。

第 13B 圖是根據數個實施例來說明可使用在腔室中的基板支撐件冷卻系統的一示例性實施例。

第 14 圖是根據本發明的一些實施例來說明第二示例性經改良的電漿製程腔室。

第 15 圖是根據本發明的一些實施例來說明第三示例性經改良的電漿製程腔室。

第 16 圖是根據一或多個實施例的腔室來說明用於加熱材料表面的光源系統。

第 17 圖是根據一或多個實施例來更詳細說明第 16 圖的光源系統，該光源系統可用於加熱材料表面。

第 18 圖是根據本發明的一實施例來說明一經改良的腔室，該腔室用於執行循環氧化與蝕刻。

第 19 圖說明第 18 圖的腔室頂部。

第 20 圖說明第 18 圖的腔室底部。

第 21 圖是根據一或多個實施例來說明經改良的快速熱製程腔室。

第 22 圖說明使用在第 21 圖腔室中的氣體分配板。

這些圖式已經簡化以達清楚表達之目的，並且未按比例來繪示該些圖式。為了幫助理解，盡可能使用相同的元件符號來描述圖式中所共有的相同元件。應理解到，一個實施例中的相同元件可有利地併入其他實施例中。

【主要元件符號說明】

100	記憶體元件	102	基板
103	單元	104	氧化物層
105	單元	106	浮動閘極

107	單元	108	淺溝槽絕緣區域(STI 區域)
109	第一寬度	110	內複晶矽介電層
111	第二寬度	112	控制閘極層
113	主幹	114	壁
115	底面	200	方法
202	步驟	204	步驟
206	步驟	300	記憶體元件
302	淺溝槽絕緣區域(STI 區域)	304	材料層
306	氧化物層	400	方法
402	步驟	404	步驟
406	步驟	408	步驟
502	氮化物層	504	氮氧化物層
506	氧化物層	600	方法
602	步驟	604	步驟
606	步驟	608	步驟
610	步驟	612	步驟
700	記憶體元件	702	材料層
704	第一氧化物層	706	第二氧化物層
1000	等溫線	1002	第一週期
1004	第一氧化物層厚度	1006	第二週期
1008	第二氧化物層厚度	1010	等溫線

1100	記憶體元件	1102	材料層
1103	頂部表面	1104	淺溝槽絕緣區域(STI 區域)
1105	頂部表面	1106	氧化物層
1108	IPD 層	1110	導電層
1200	圖案化結構	1202	材料層
1203	上表面	1204	基板
1206	遮罩層	1208	層
1210	非矽層	1212	側壁
1214	氧化物層	1216	凸起部分
1300	製程腔室	1302	基板支撐件
1303	基板	1304	氣體源
1306	電漿源	1308	加熱源
1310	系統控制器	1400	電漿反應器
1410	製程腔室	1412	圓柱形側壁
1414	頂棚	1416	線圈天線
1418	阻抗匹配網路	1420	RF 功率產生器
1422	閘極	1424	基板支撐基座
1426	基板	1428	氣體注入系統
1430	真空幫浦	1432	氧化氣體儲槽
1434	加熱器	1434A	內部加熱構件
1434B	外部加熱構件	1436	脈衝產生器

1438	節流閥	1440	離子產生區域
1442	還原氣體儲槽	1444	流動控制閥門
1446	流動控制閥門	1448	蝕刻氣體儲槽
1449	流動控制閥門	1450	噴淋頭
1451	開口	1452	冷卻劑供應
1454	反饋控制系統	1455	反饋控制迴路處理器
1456	閥門	1457	溫度感測器
1458	溫度探測器	1459	溫度探測器
1460	溫度探測器	1461	記憶體
1462	熱交換器	1463	蒸發器入口
1464	蒸發器出口	1465	儲存器
1466	壓縮器	1467	冷凝器
1468	膨脹閥門	1469	旁通閥門
1470	旁通閥門	1472	反饋控制迴路處理器
1474	使用者介面	1476	主要處理器
1478	RF 偏壓產生器	1480	RF 偏壓阻抗匹配元件
1482	柵極	1486	氣體通道
1488	加壓氬氣供應器	1490	夾持器電壓來源
1500	快速熱處理設備	1502	電漿施加器
1503	主體	1504	能量來源
1505	管件	1506	製程腔室

1508	側壁	1510	底部壁面
1512	視窗組件	1514	光導管組件
1516	鎢絲鹵素燈	1518	光導管
1520	基板	1522	支撐環
1524	石英圓柱	1526	反射器
1528	光纖探針	1530	氣體入口
1532	光導管	1540	管件
1542	入口件	1544	氣體入口
1546	氣體來源	1548a	波導管
1548b	波導管	1550	三向閥
1551	控制閥	1552	氣體來源
1554	流動控制器	1555	控制訊號產生邏輯
1556	系統控制器	1557	記憶體
1559	處理器	1562	自由基出口
1564	電漿自由基	1566	能量來源入口
1568	磁控管	1570	虛擬負載
1572	自動調諧器	1600	反應器
1602	圓柱型真空腔室	1604	圓柱型側壁
1608	支撐基座	1610	半導體晶圓
1612	氣體分配板/噴淋頭	1614	氣體歧管
1616	氣體分配面板	1618	個別氣體供應器

1620	真空幫浦	1622	抽取環狀空間
1624	製程區域	1626	迴流導管
1628	迴流導管	1630	末端
1632	D.C.絕緣環	1634	環形磁圈
1636	激磁線圈	1638	RF來源功率產生器
1640	阻抗匹配元件	1642	RF偏壓產生器
1644	阻抗匹配電路	1646	嵌入電極
1648	絕緣板	1720	基板
1722	載台	1724	系統控制器
1726	短波長雷射	1728	光束
1730	第一光學器件	1732	反射器
1734	激發光束	1740	長波長雷射
1742	光束	1744	第二光學器件
1746	第二反射器	1748	加熱光束
1750	光源	1752	致動器
1800	製程腔室	1801	腔室主體
1802	通道	1803	開口
1804	真空幫浦	1805	節流閥
1806	抽取通道	1807	真空埠
1808	襯墊	1809	孔洞
1810	製程區	1811	狹縫閥門開口

1820	支撐組件	1821	邊緣環
1822	支撐件	1823	頂端平板
1824	通孔	1825	真空管道
1826	軸件	1827	凹槽
1828	環形升降環	1829	鑽孔
1830	升降銷	1831	升降機構
1832	乾式蝕刻處理器	1833	淨化氣體通道
1834	淨化氣體管道	1835	流體通道
1836	熱傳輸管道	1840	蓋組件
1841	第一電極	1842	氣體入口
1843	上部部分	1844	功率來源
1846	擴充部分	1847	上部部分
1848	下部部分	1849	電漿凹部
1850	內直徑	1851	絕緣體環
1852	第二電極	1853	頂端平板
1854	凹陷部分	1855	O-型環
1856	孔洞	1857	O-型環狀密封件
1858	分配平板	1859	環形安裝凸緣
1860	加熱構件	1861	孔洞
1862	阻礙平板	1863	孔洞
1864	蓋邊緣	1865	通道

1890	氧化氣體供應器	1892	氣體入口
1894	還原氣體供應器	1896	還原氣體入口
2100	製程腔室	2102	腔室主體
2104	基板支撐件	2106	輻射熱源
2108	壁面	2110	底部
2112	頂部	2114	石英視窗
2116	感測器	2117	溫度偵測器
2118	定子組件	2120	內部容積
2122	致動組件	2124	系統控制器
2126	記憶體	2128	支持電路
2130	中央處理單元	2132	導程螺桿
2134	凸緣	2136	聯結件
2138	馬達	2140	基板
2144	升降銷	2148	基板出入口
2158	螺帽	2160	蜂巢狀管
2164	氛圍控制系統	2168	驅動線圈組件
2170	懸吊線圈組件	2180	冷卻區塊
2181A	入口	2181B	出口
2182	冷卻劑來源	2183	第二冷卻劑來源
2184	冷卻劑通道	2186	流體來源
2190	外殼	2192	遠端電漿來源

2194	分配噴管	2196	氧化氣體供應器
2198	蝕刻氣體供應器	2200	反射板
2201	頂部部分	2202	氣體導入系統
2203	面	2204	第一氣體導入埠
2206	第二氣體導入埠	2208	氣體混合腔室
2212	氣流通道	2213	阻礙板
2214	氣體溝槽	2216	開口

七、申請專利範圍：

1. 一種用於在一材料層上執行一循環氧化與蝕刻製程的設備，該設備包含：

一製程腔室，具有複數個壁面，該複數個壁面於該製程腔室中界定一製程區域，該製程腔室包含一基板支撐件，用以將具有一材料層的一基板固持在該製程區域中；

一含氧氣體供應器、一惰性氣體供應器以及一蝕刻氣體供應器，與該製程腔室流體連通，以輸送該含氧氣體、該惰性氣體與該蝕刻氣體至該製程腔室中；

一電漿來源，用以在位於該腔室內側的一電漿產生區中形成一電漿，該電漿來源為一頂棚電漿來源，該頂棚電漿來源包含一電源施加器，該電源施加器包含設置在該頂棚上方的一線圈，該線圈透過一阻抗匹配網路耦接至一電源，以在該電漿產生區內產生電漿，且激發該含氧氣體與該蝕刻氣體的至少一者，以形成一氧化電漿以及一蝕刻電漿的至少一者來接觸該材料層；

一加熱系統，用以將該腔室中的該基板加熱至高於約 100°C 的一第一溫度以執行一氧化製程；

一冷卻系統，用以將該腔室中的該基板冷卻至低於約 50°C 的一第二溫度以執行一蝕刻製程；以及

一控制系統，用以將該腔室中的該基板在該第一溫度與該第二溫度之間循環。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述的設備，其中將該控制系統、該加熱系統與該冷卻系統配置為在少於約 3 分鐘的一時間週期內於該第一溫度與該第二溫度之間循環。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述的設備，其中該冷卻系統包含一基板支撐件，該基板支撐件包含通道用於容許冷卻媒介流動穿過該通道。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述的設備，其中該冷卻系統包含一噴淋頭，該噴淋頭設置在該腔室中並與該基板支撐件相鄰，該噴淋頭與一冷卻流體連通。
5. 如申請專利範圍第 4 項所述的設備，其中該加熱系統包含一光源與一電阻加熱器的至少一者。
6. 如申請專利範圍第 5 項所述的設備，其中將該電阻加熱器設置在該基板支撐件中。
7. 如申請專利範圍第 5 項所述的設備，其中將該電阻加熱器設置在該噴淋頭中。
8. 如申請專利範圍第 1 項所述的設備，其中該加熱系統包含一光源，設置該光源使得由該光源所放射的光能以一入射角與該材料表面接觸，該入射角最佳化該被處理

材料的吸收。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述的設備，其中該入射角為該被處理材料層的一布魯斯特角度。

10. 如申請專利範圍第 1 項所述的設備，其中該蝕刻氣體包含一含氟氣體，且該腔室更包含一氮氣來源，該氮氣來源與一電漿來源連通。

11. 如申請專利範圍第 2 項所述的設備，其中該第一溫度在介於約 200°C 至 1000°C 之間的範圍中。

12. 如申請專利範圍第 11 項所述的設備，其中配置該腔室用以在該基板的一材料層上執行一蝕刻製程，在該第二溫度下執行至少一部分的該蝕刻製程。

13. 如申請專利範圍第 12 項所述的設備，其中該蝕刻製程包含一乾式蝕刻製程，且該蝕刻氣體包含一含氟氣體。

14. 如申請專利範圍第 13 項所述的設備，其中該氣體來源更包含一氮氣，該氮氣與一電漿來源連通。

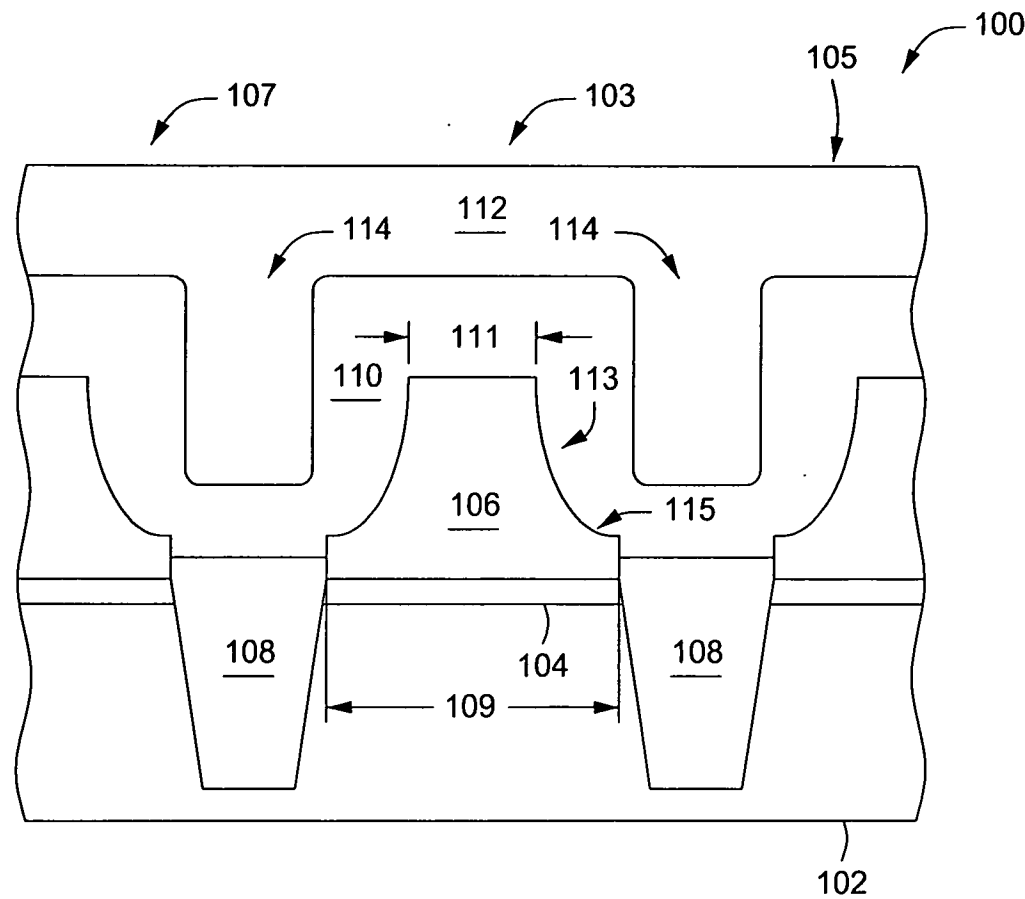
15. 如申請專利範圍第 12 項所述的設備，其中該蝕刻氣體與該電漿來源流體連通，以形成一蝕刻電漿。

16. 如申請專利範圍第 1 項所述的設備，其中配置該冷卻系統用以降低該基板溫度至約 25°C 至約 35°C 的範圍中。

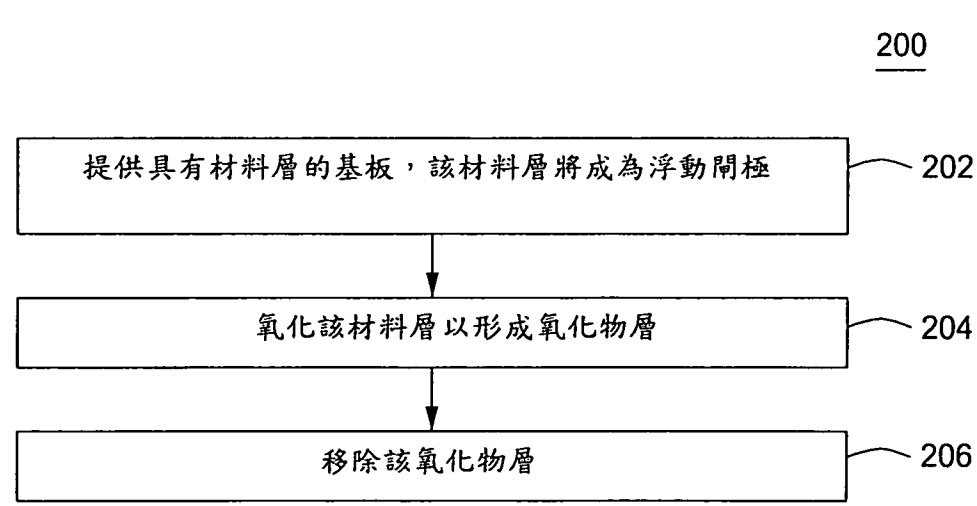
17. 如申請專利範圍第 16 項所述的設備，其中將該設備配置為在介於該第一溫度與該第二溫度之間循環少於約 3 分鐘。

18. 如申請專利範圍第 1 項所述的設備，其中配置該設備以塑形該基板上的一材料層，該材料層具有一期望形狀，該期望形狀在接近該期望形狀的一底面具有一第一寬度，在接近該期望形狀的一頂部具有一第二寬度，該第一寬度實質上等於一第二寬度，其中該期望形狀的該第一寬度與該第二寬度係介於約 1 至約 30 nm 之間。

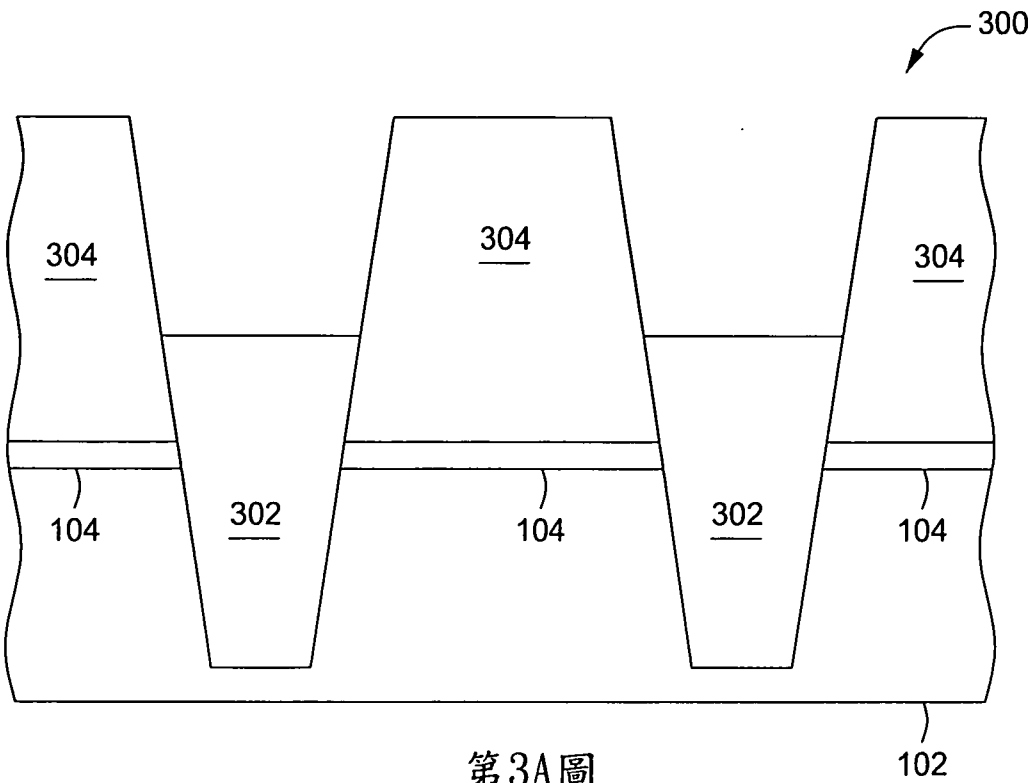
八、圖式：



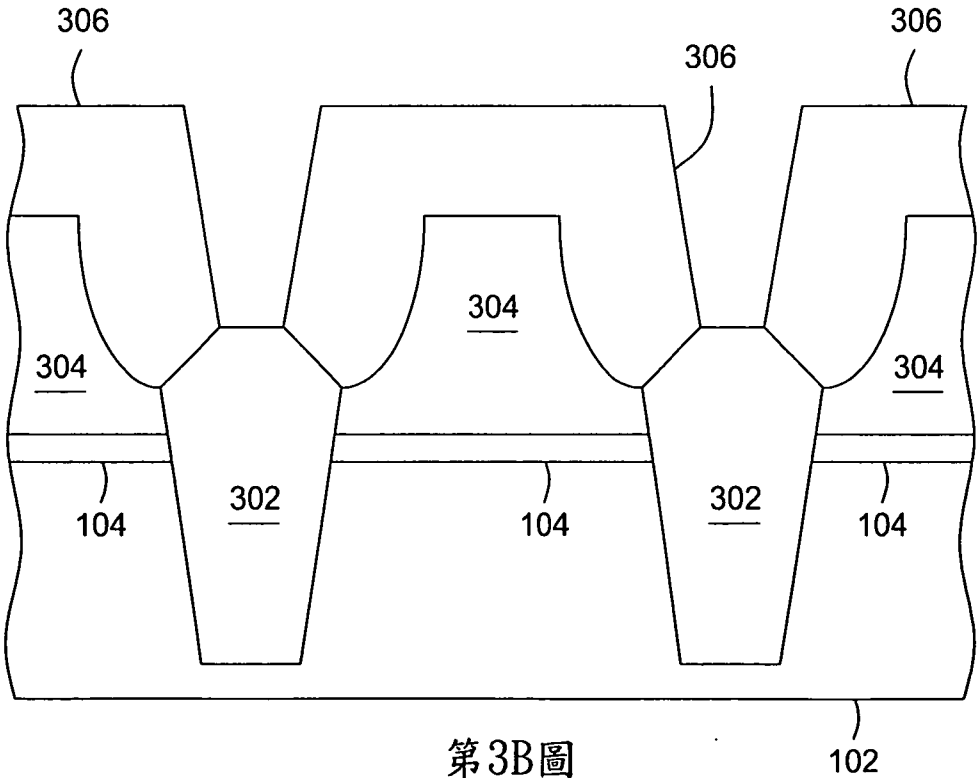
第1圖



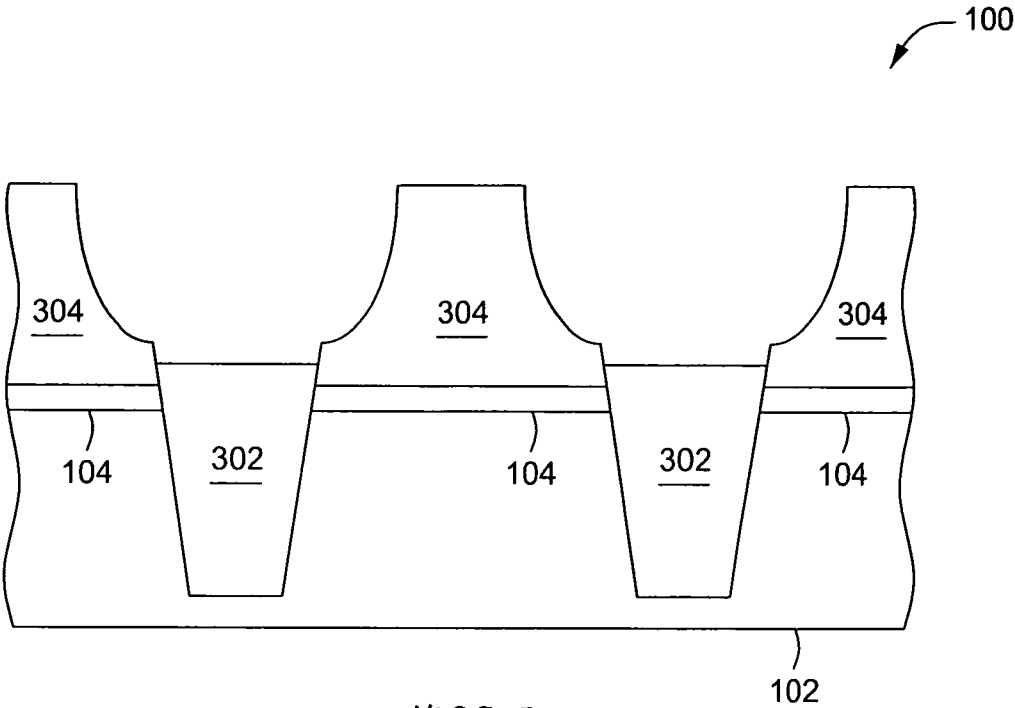
第2圖



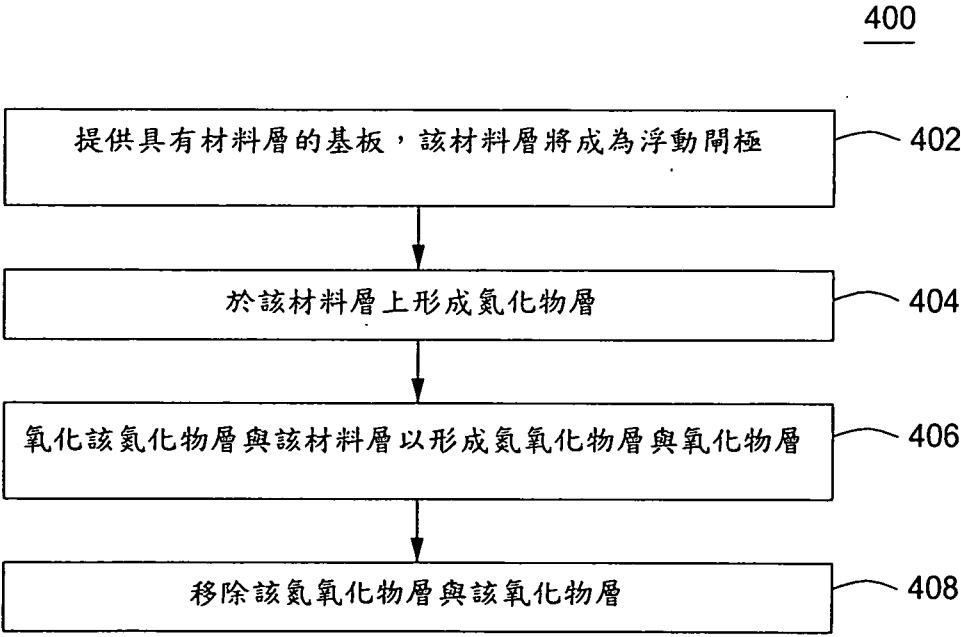
第3A圖



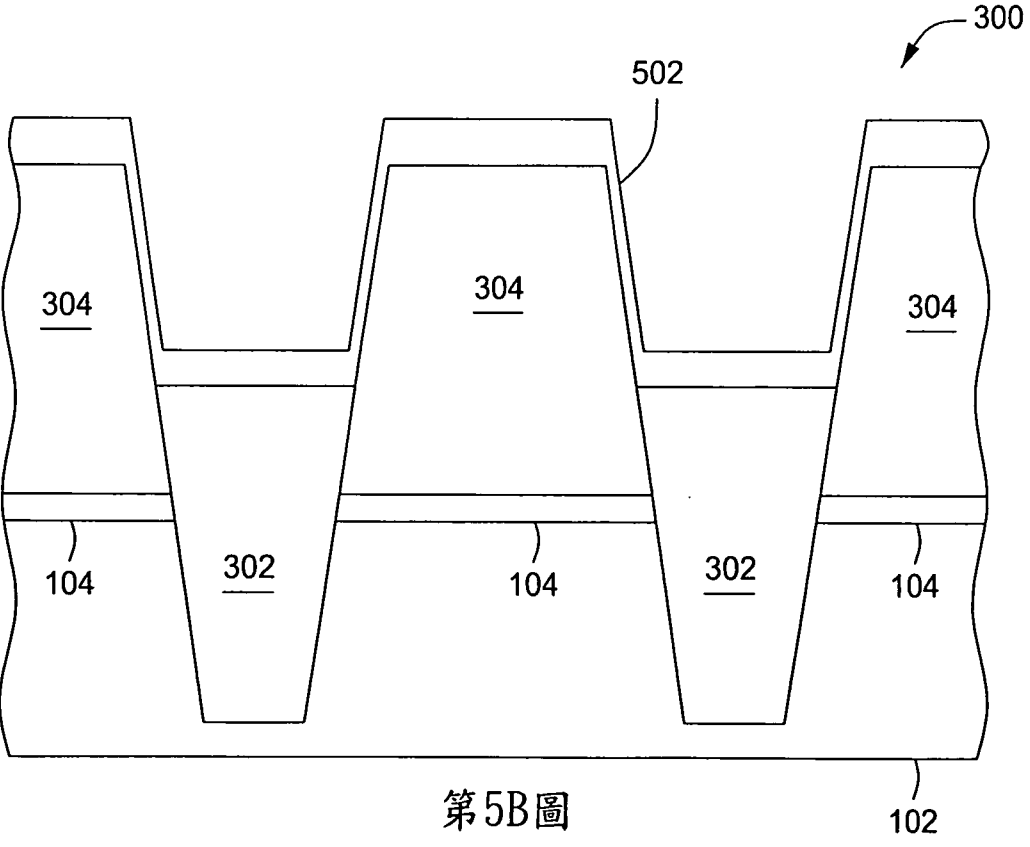
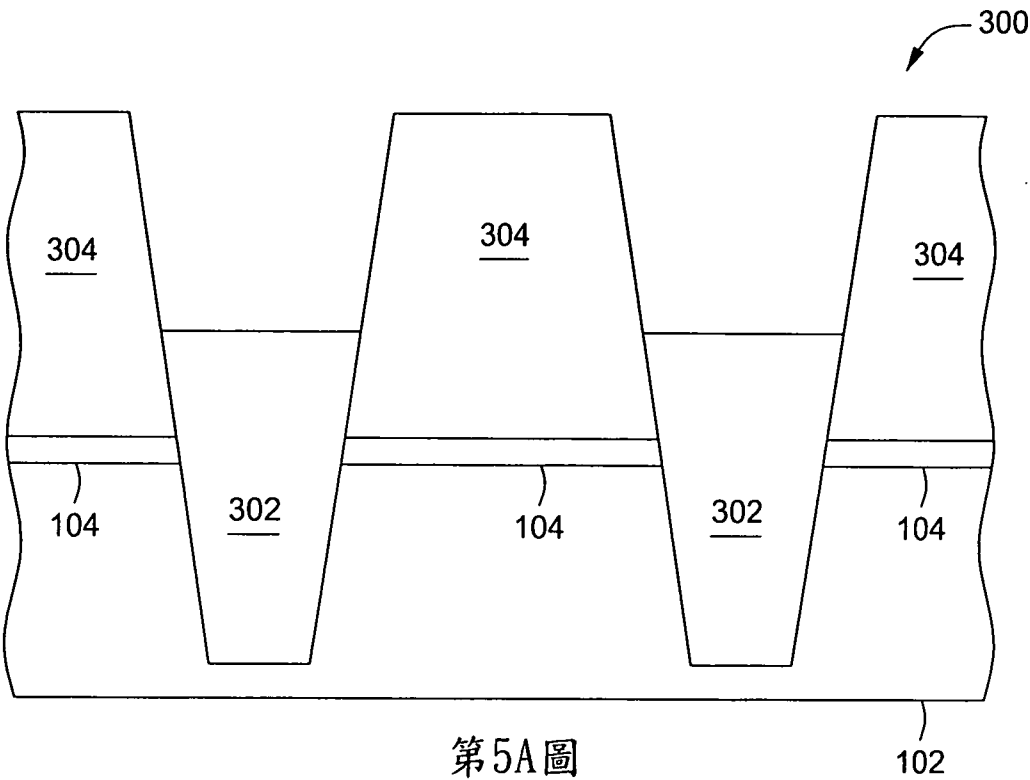
第3B圖

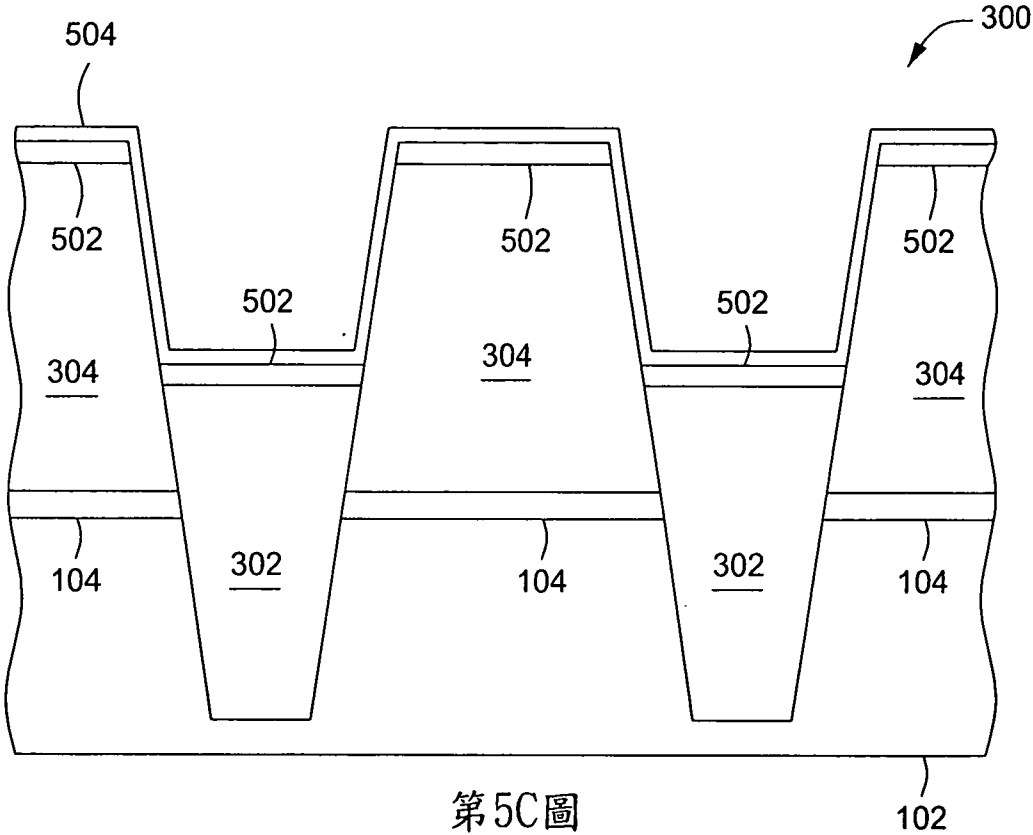


第3C圖

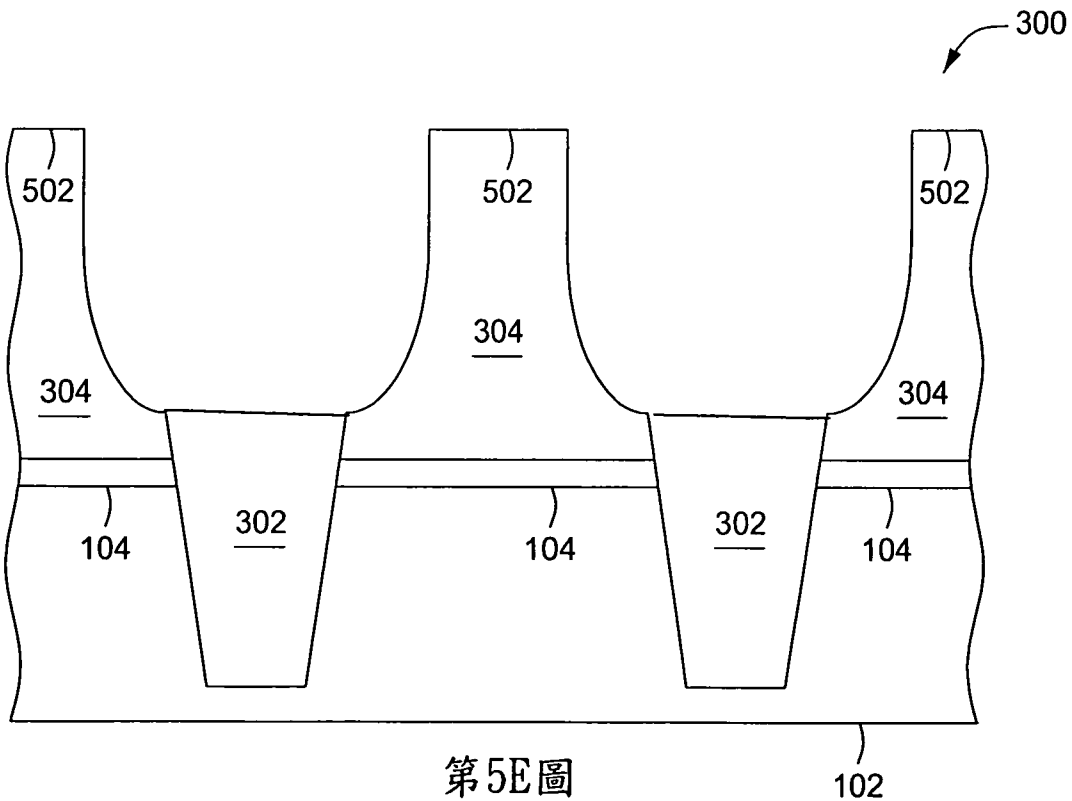
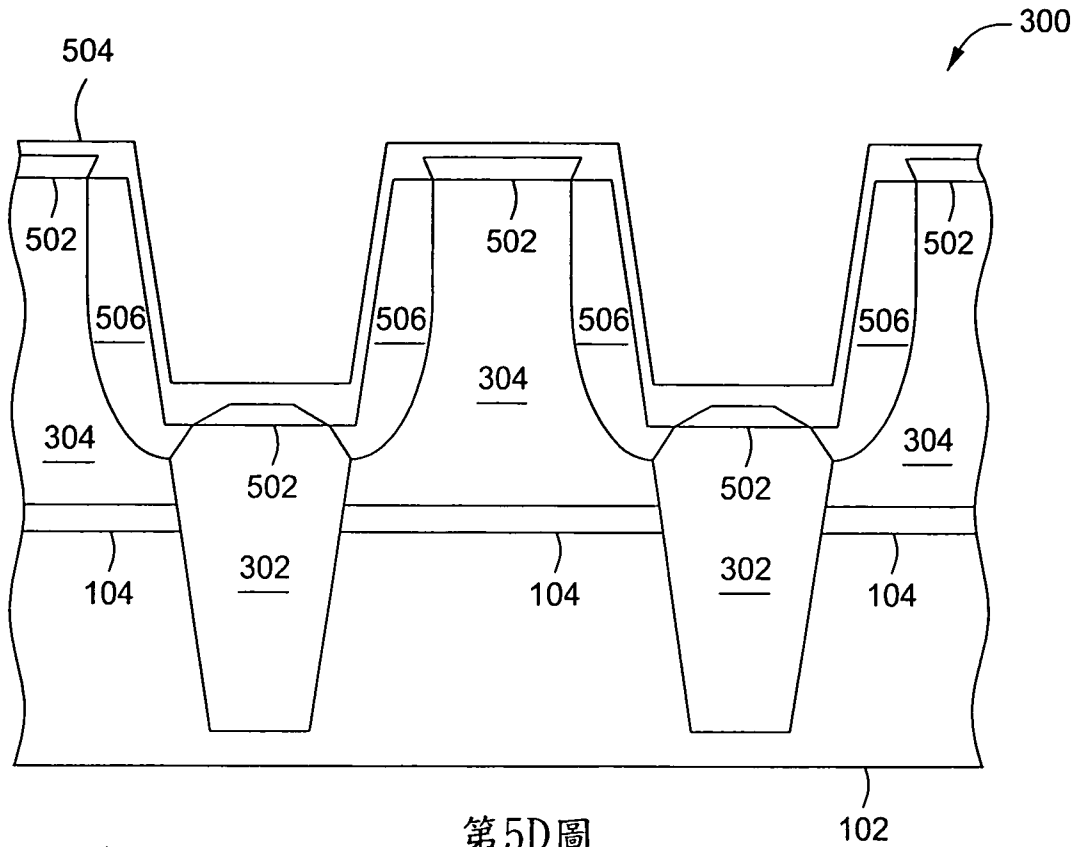


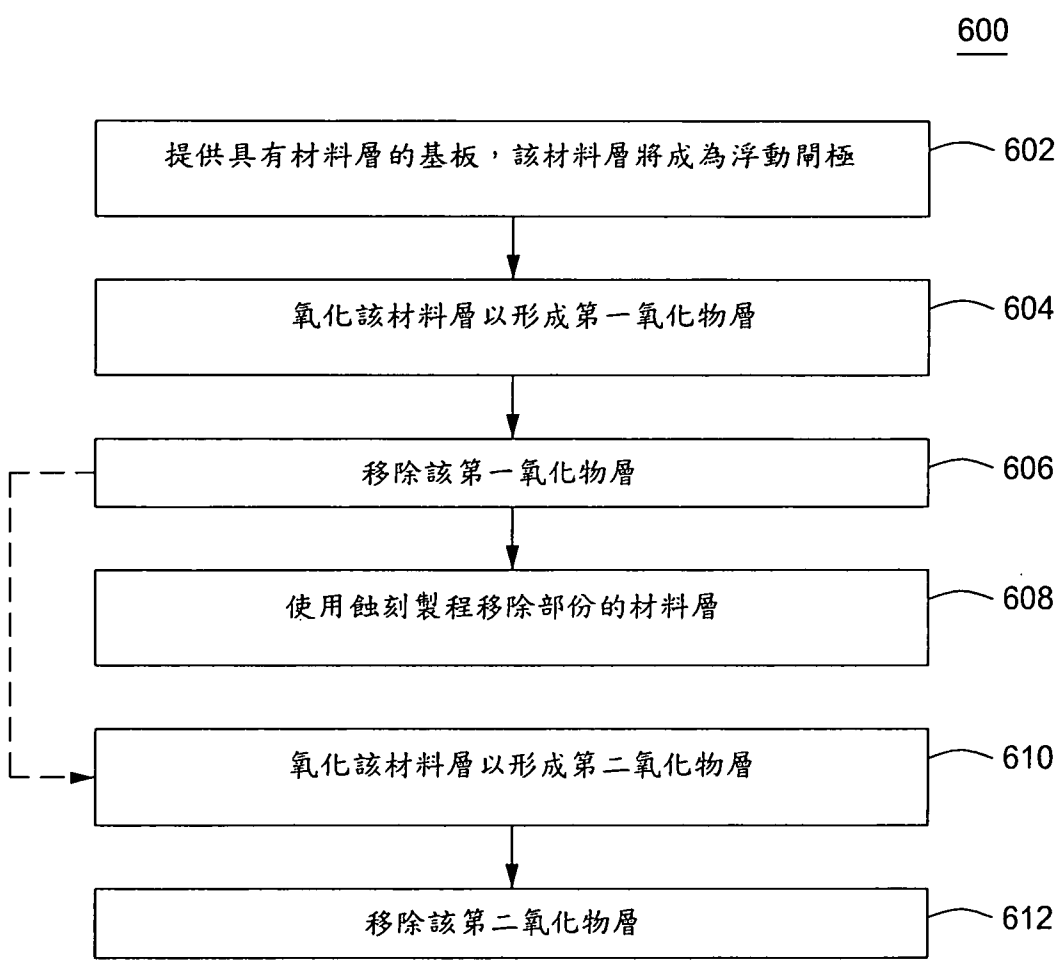
第4圖



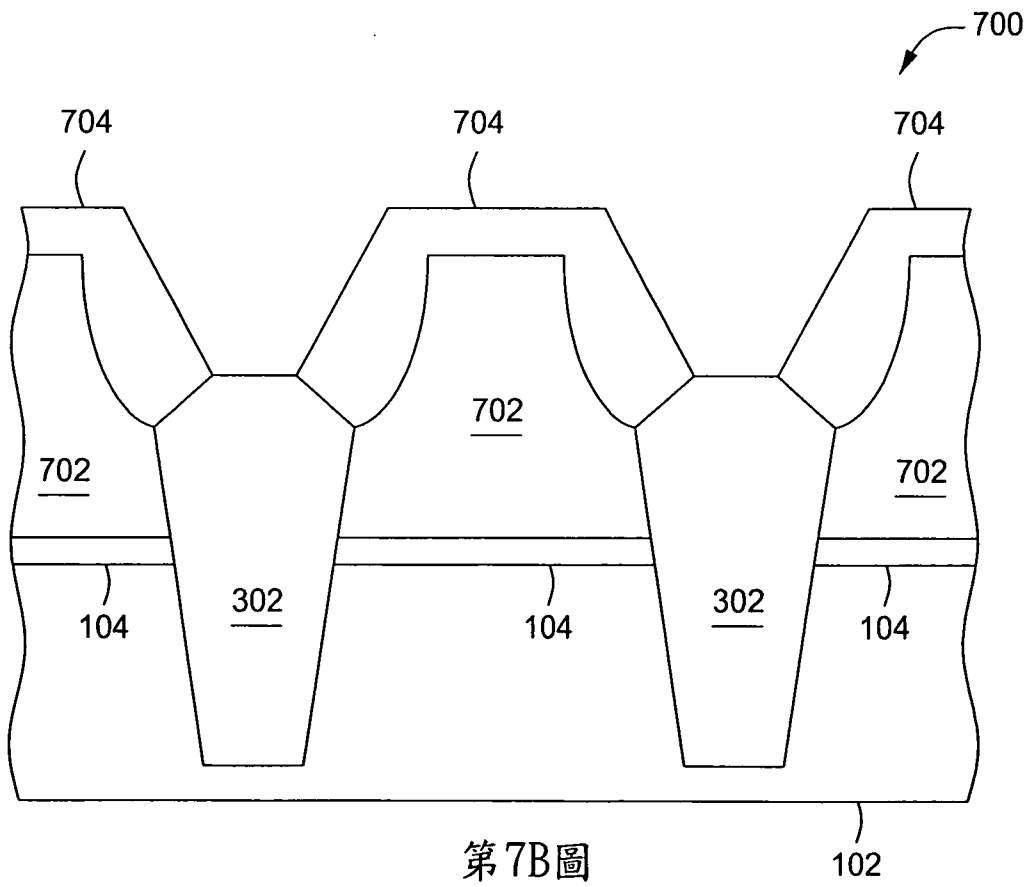
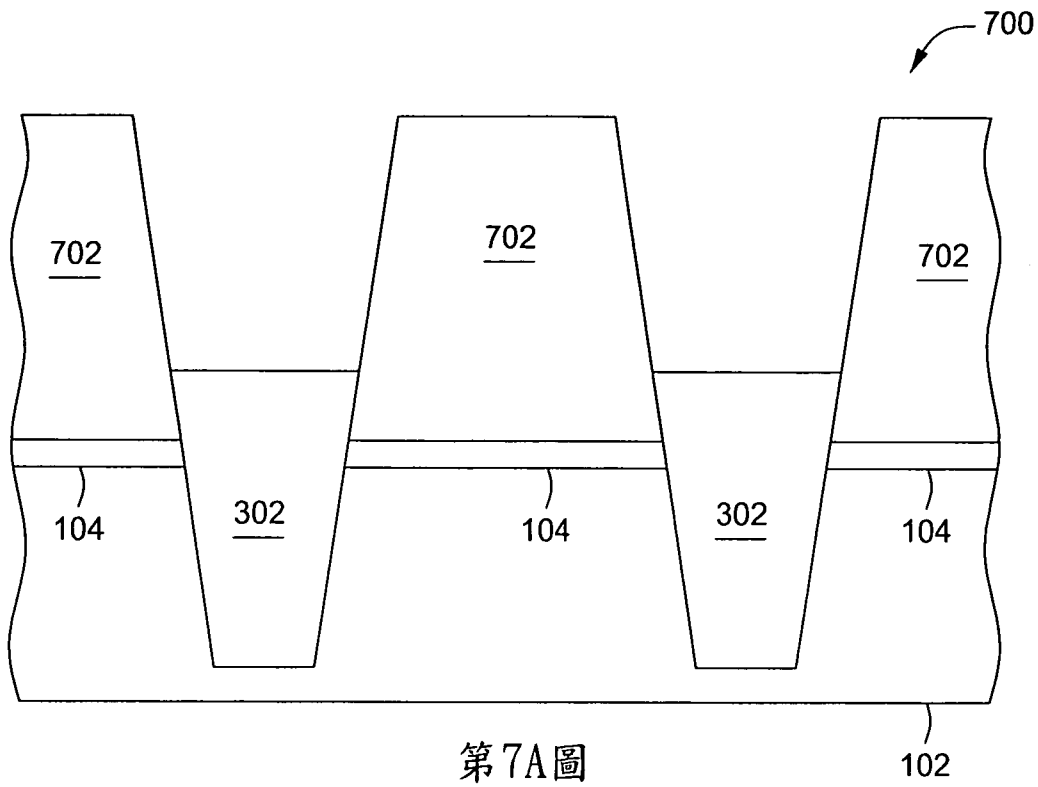


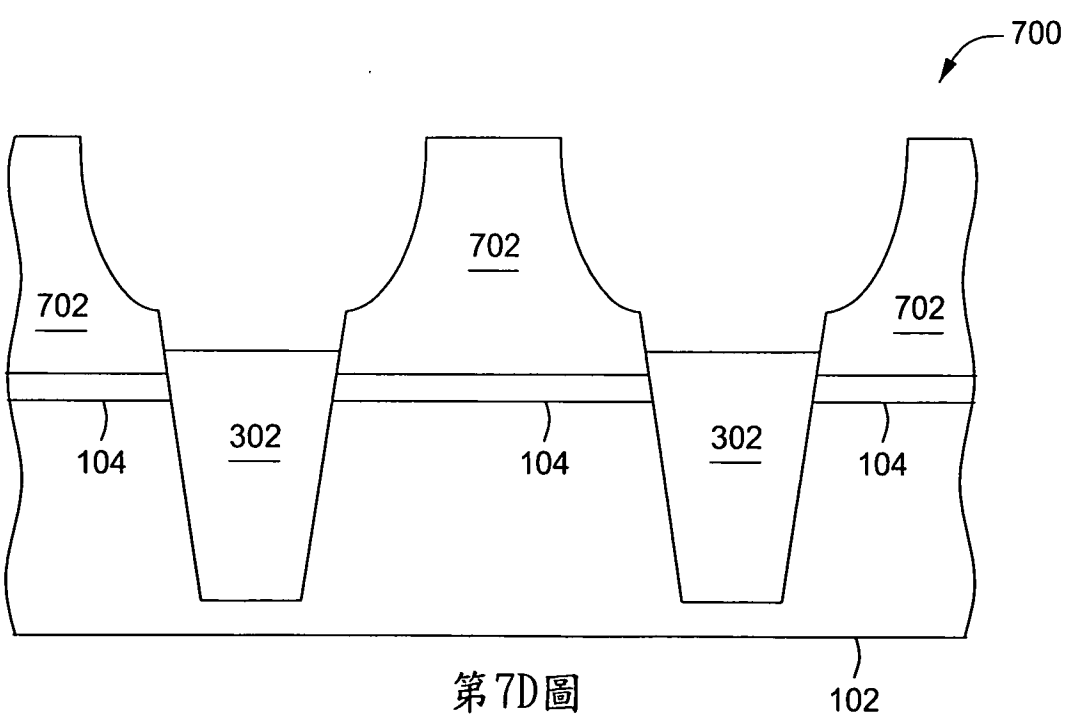
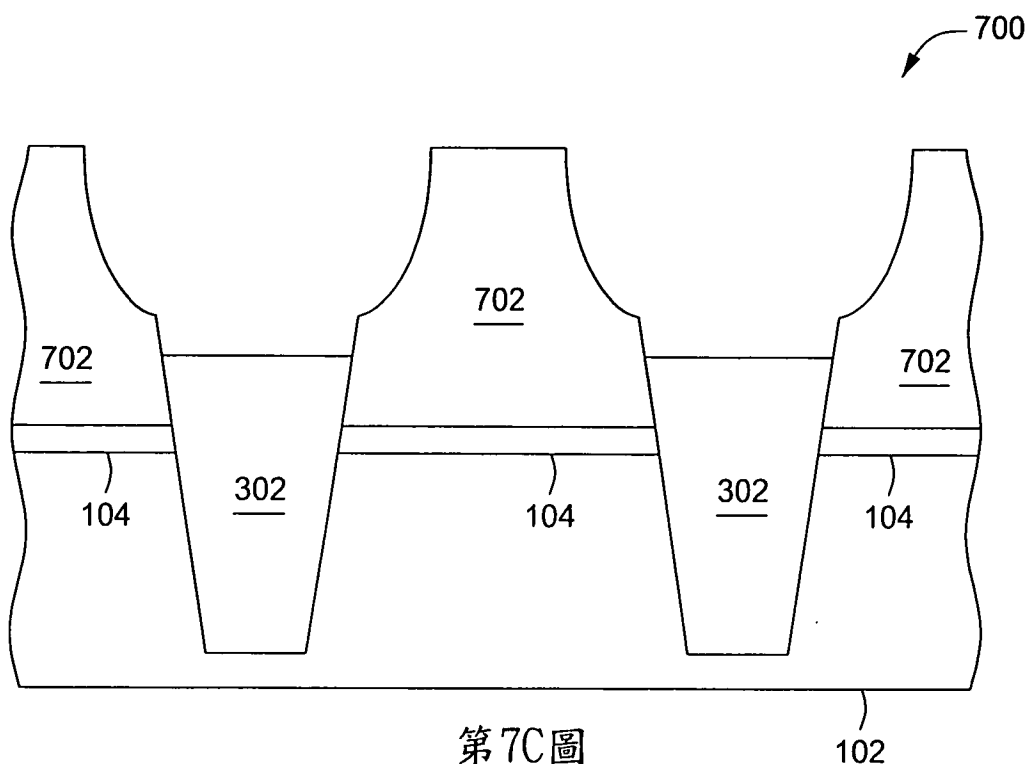
第5C圖

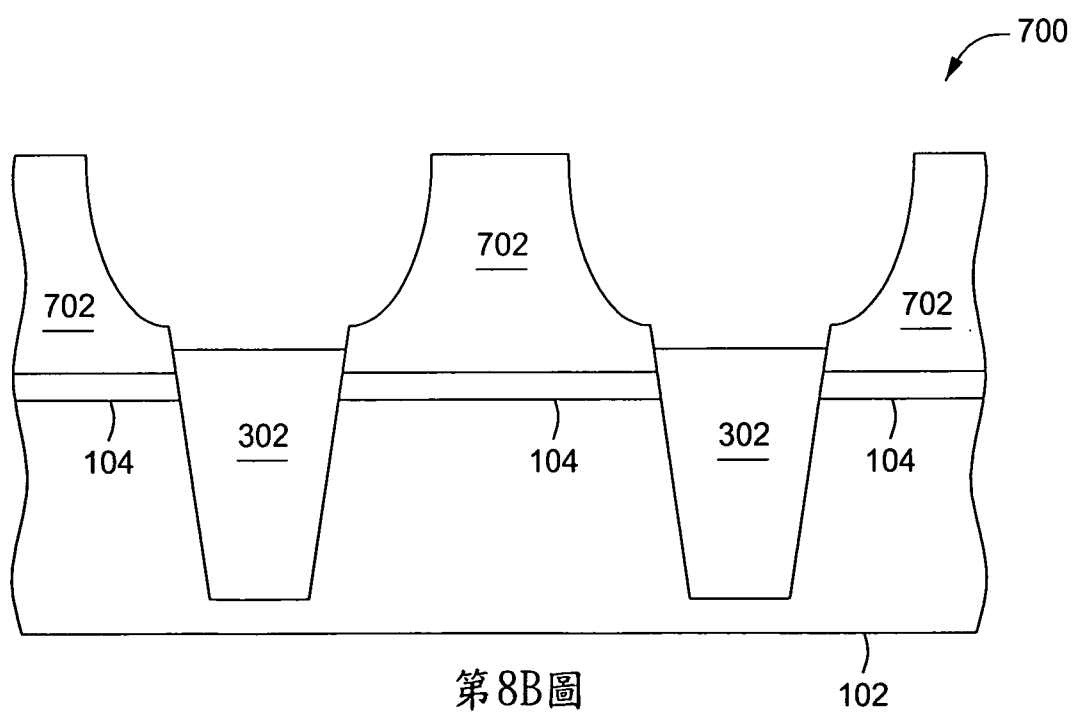
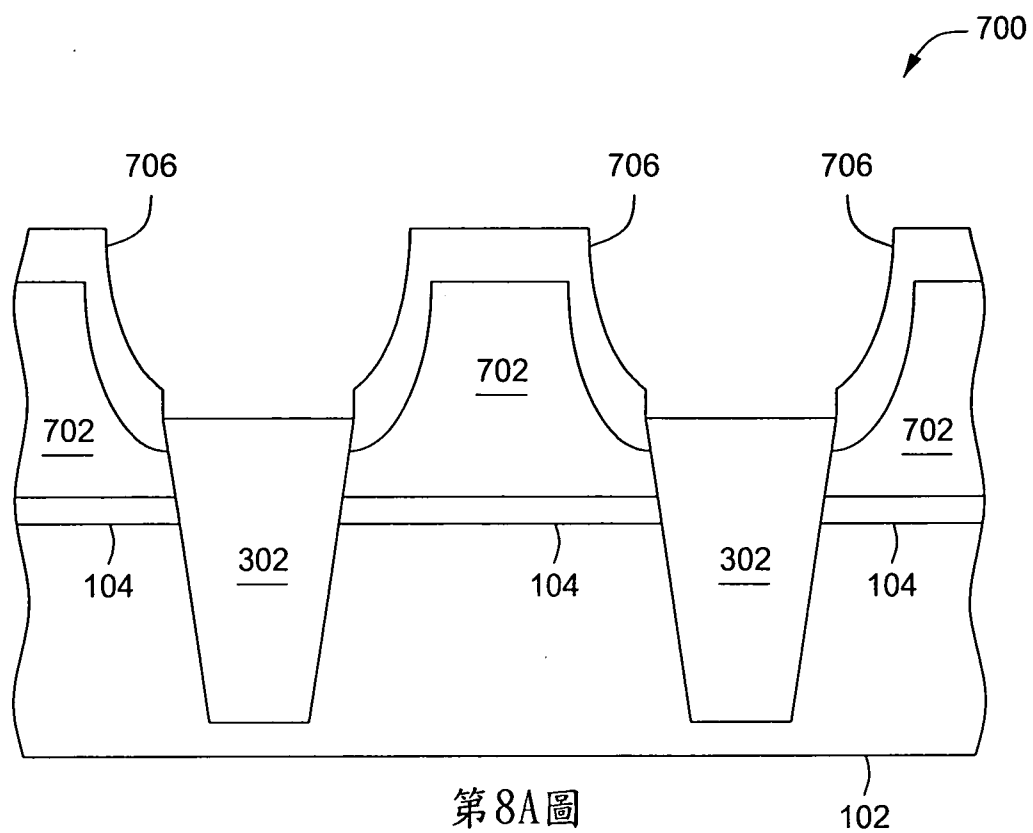


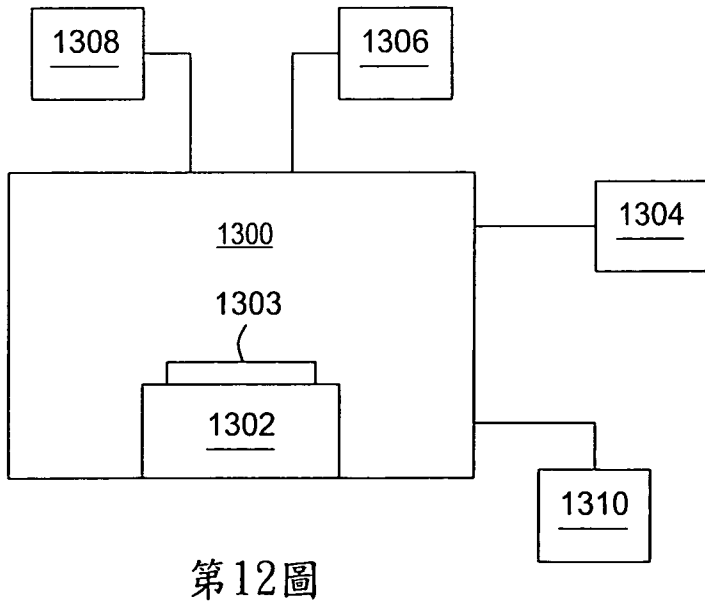
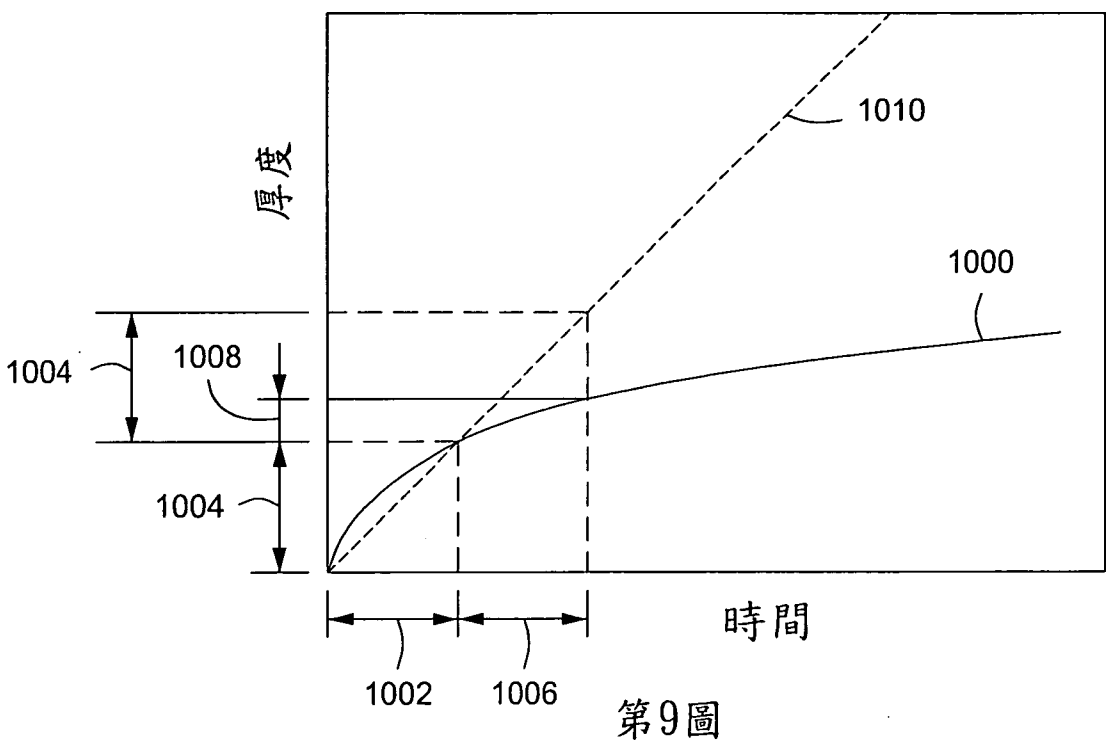


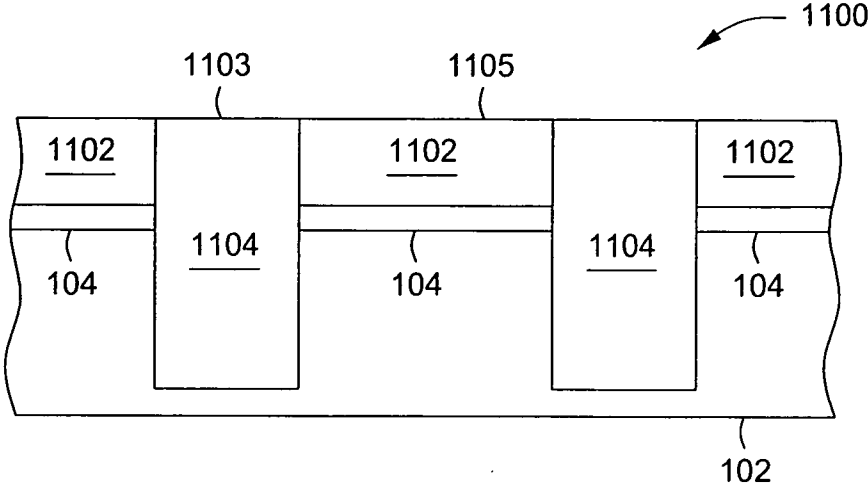
第6圖



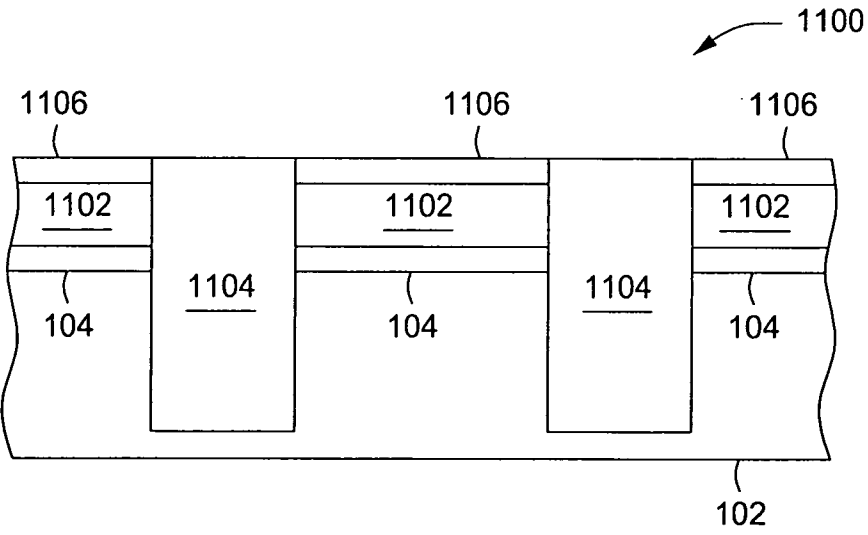




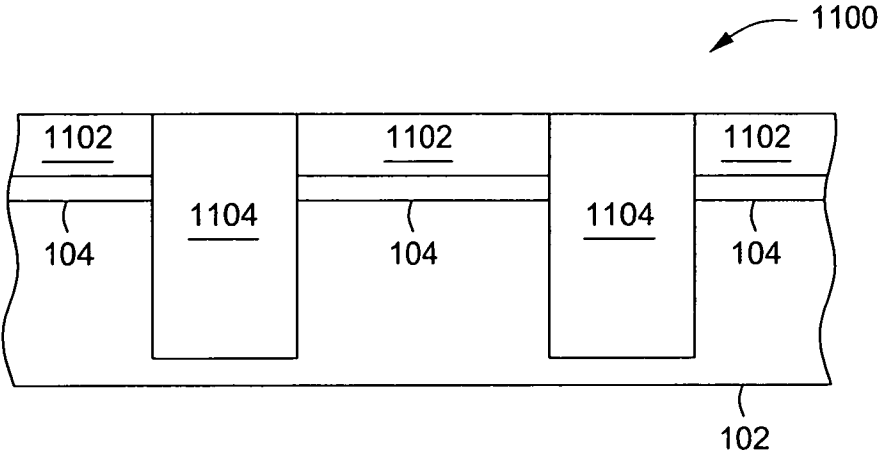




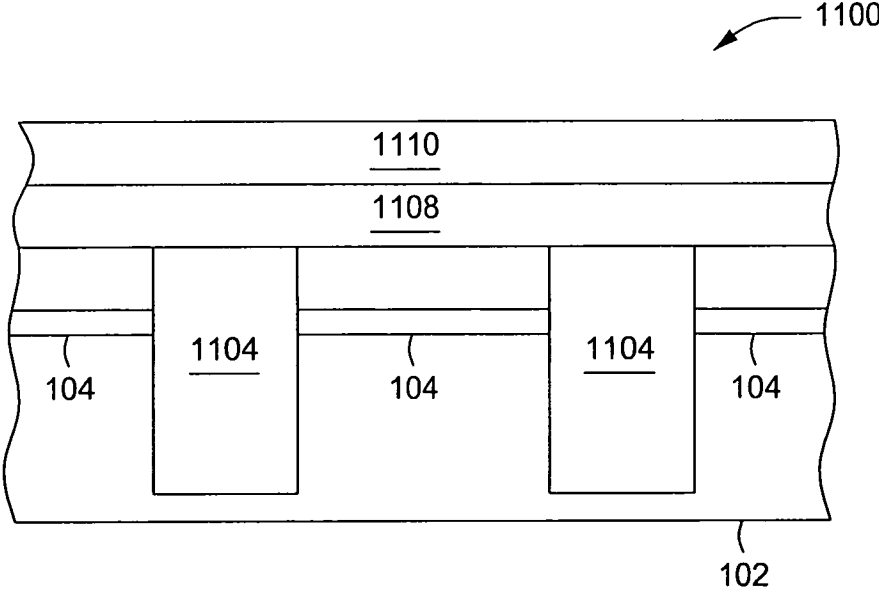
第10A圖



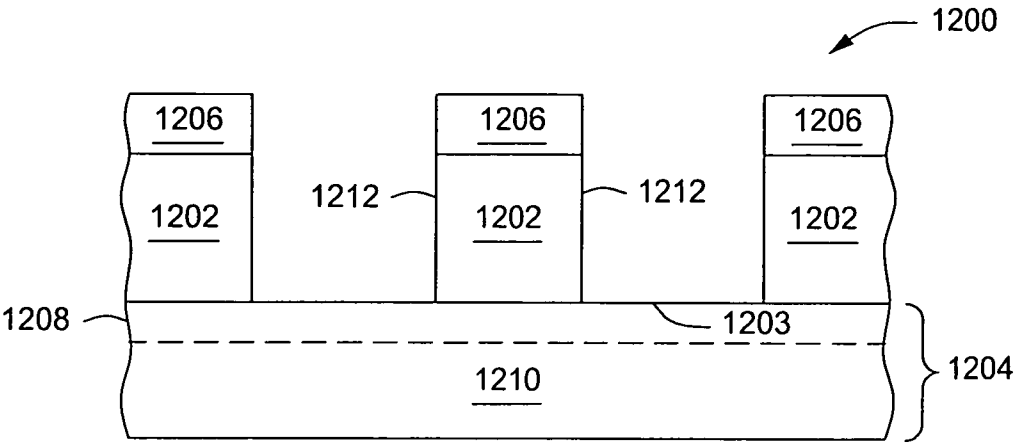
第10B圖



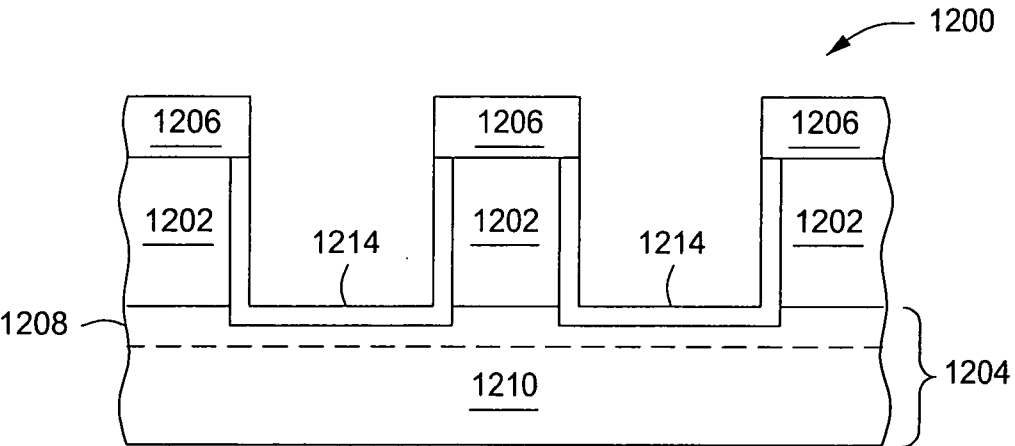
第10C圖



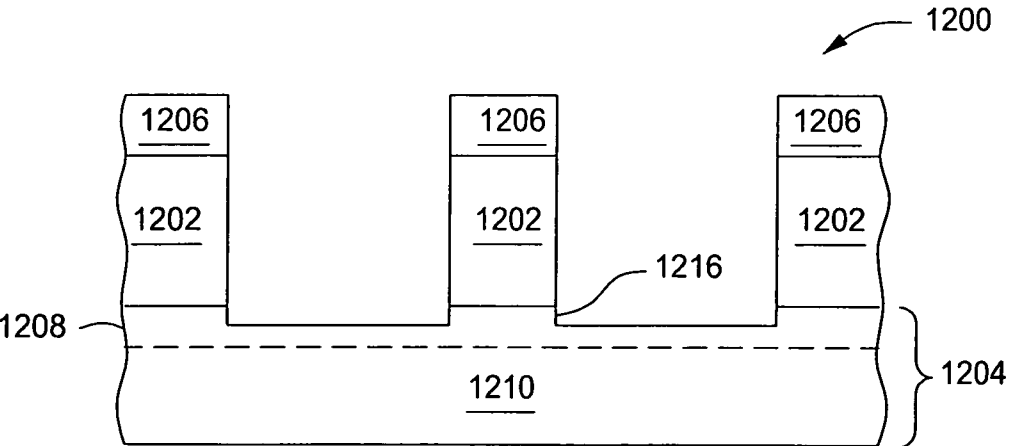
第10D圖



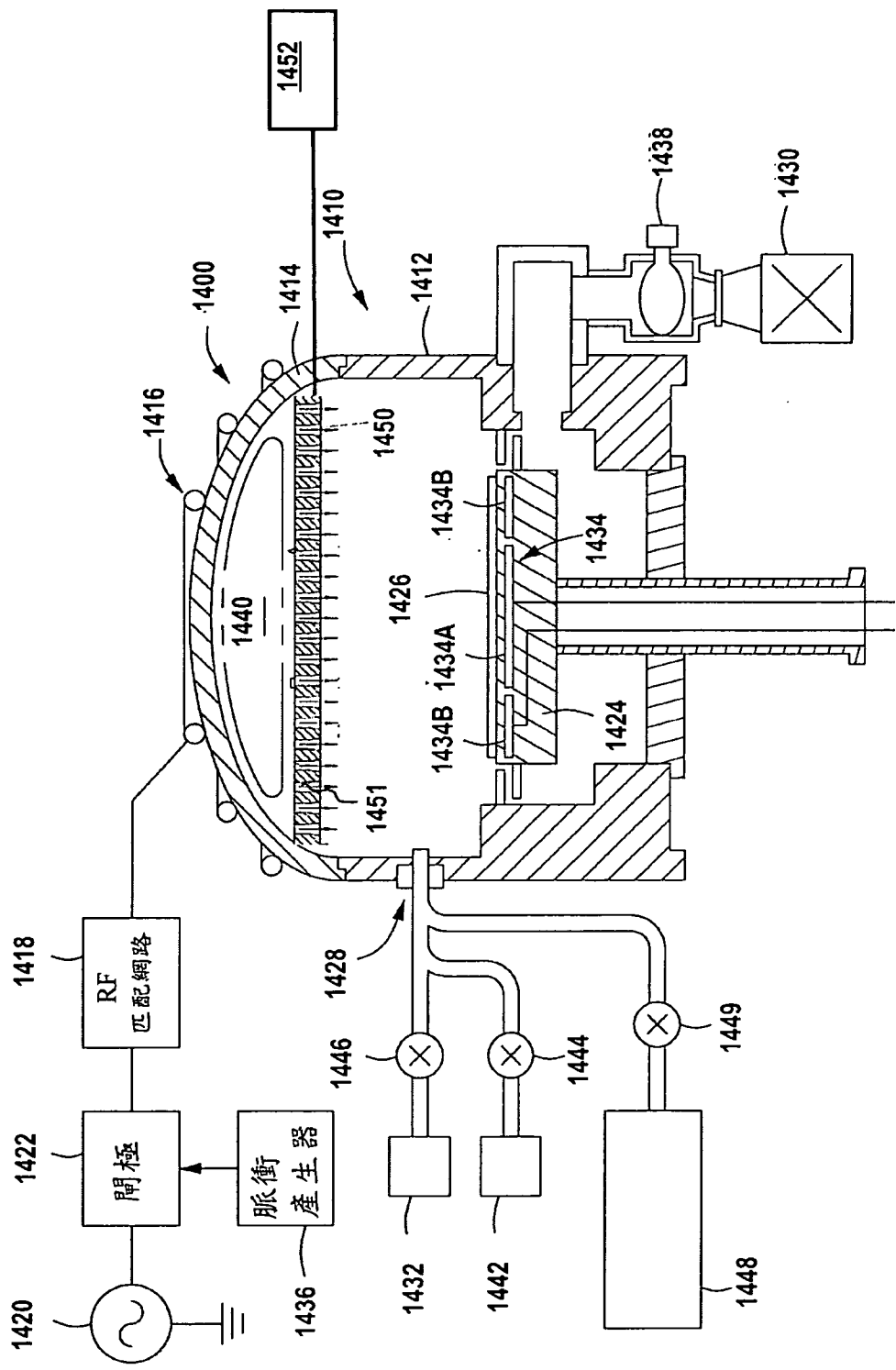
第11A圖



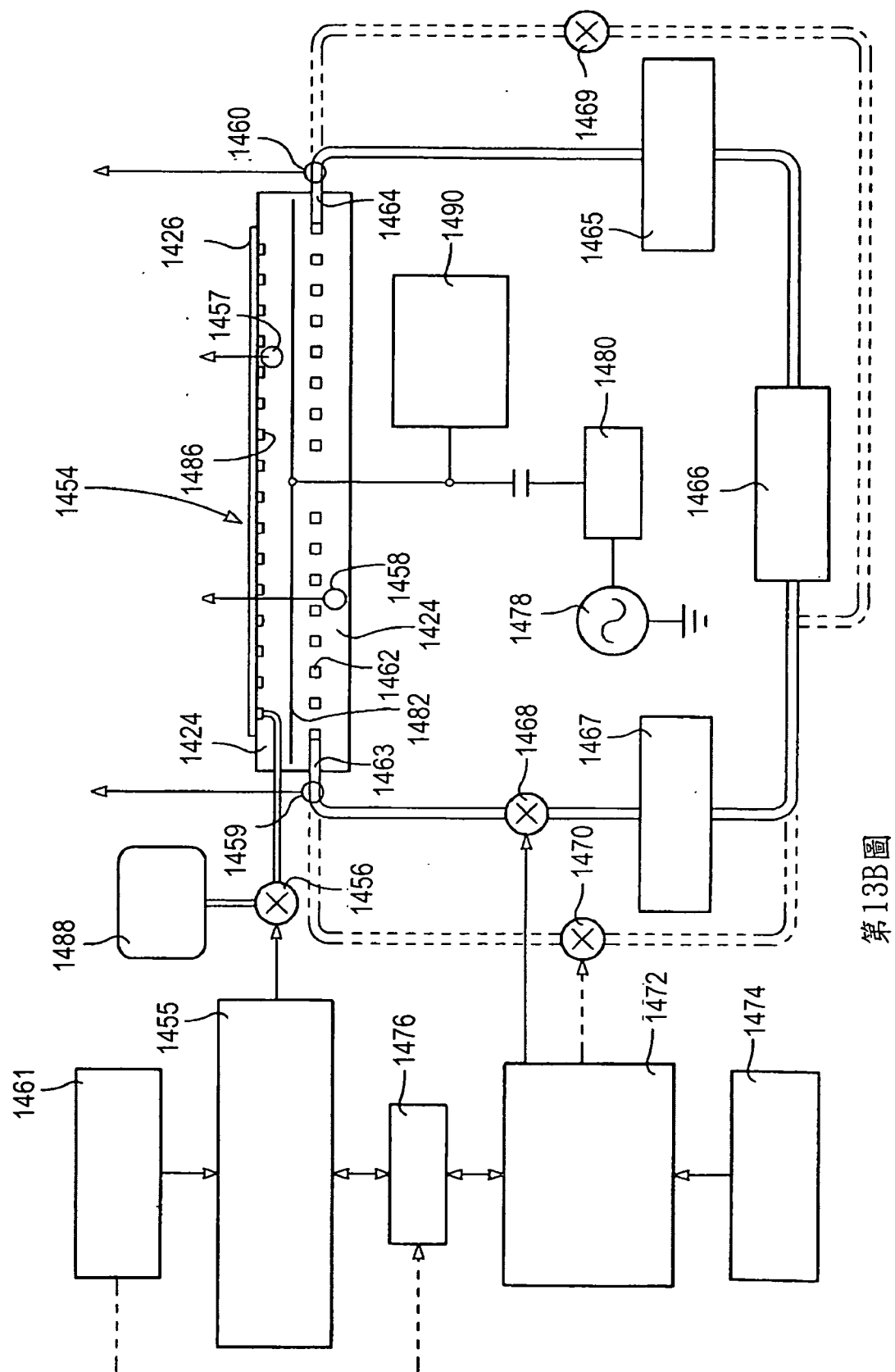
第11B圖

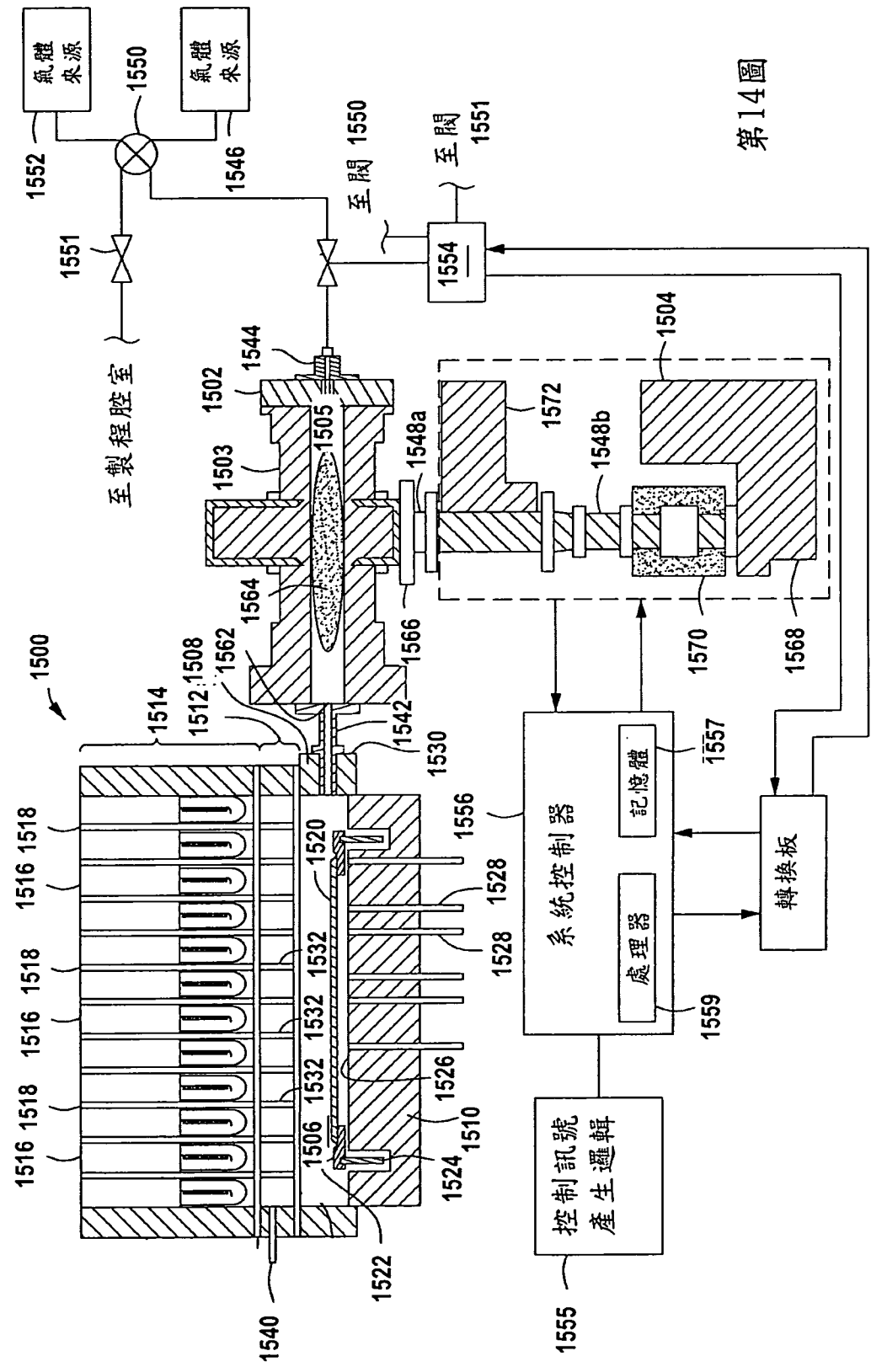


第11C圖



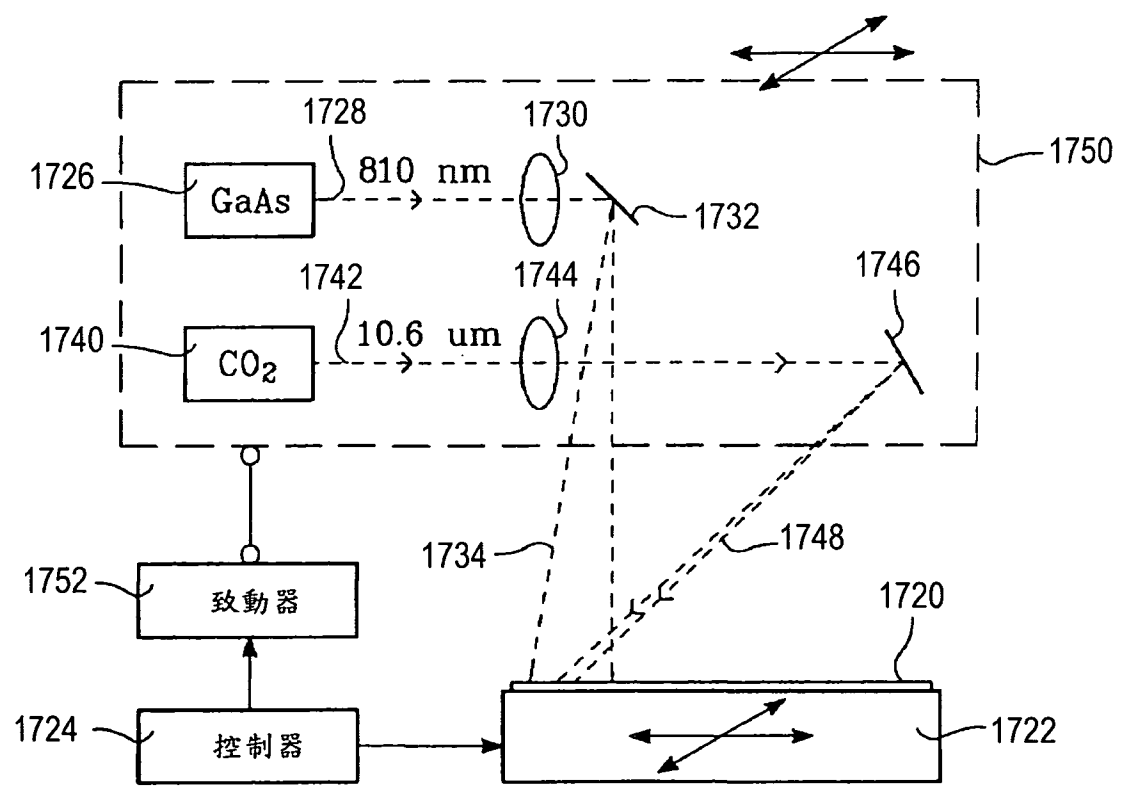
第13A圖



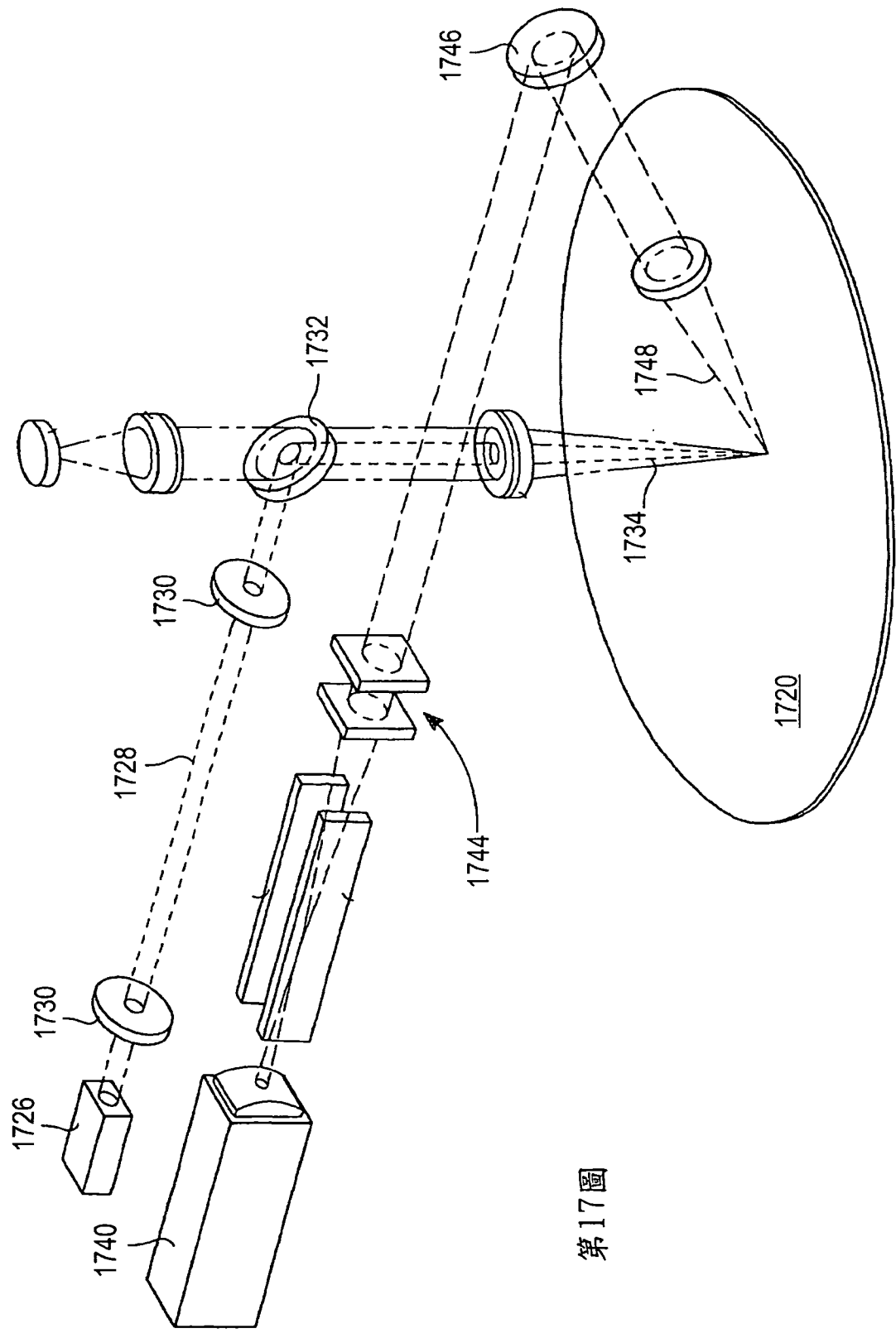


第14圖

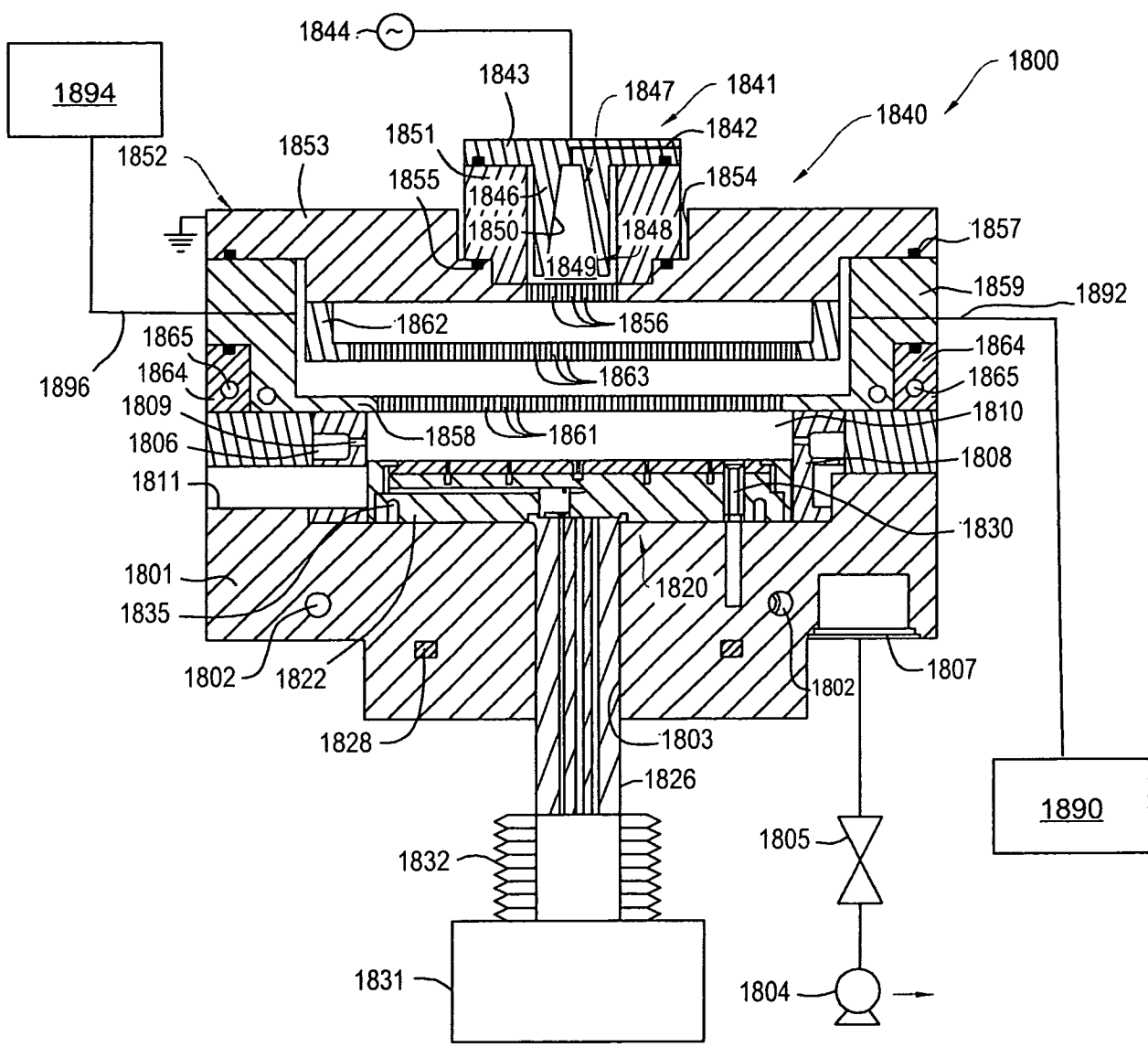




第16圖



第17圖



第18圖

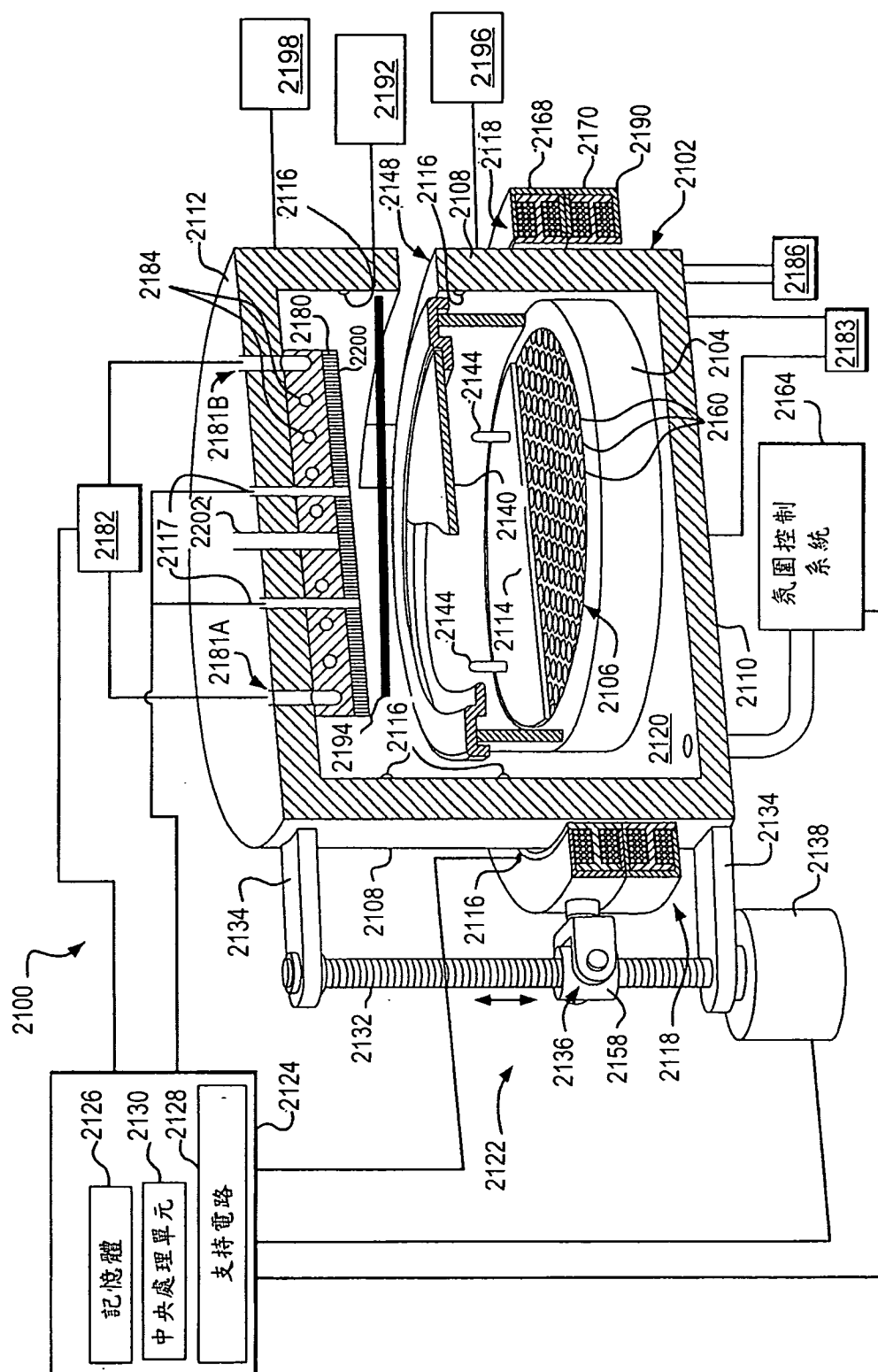
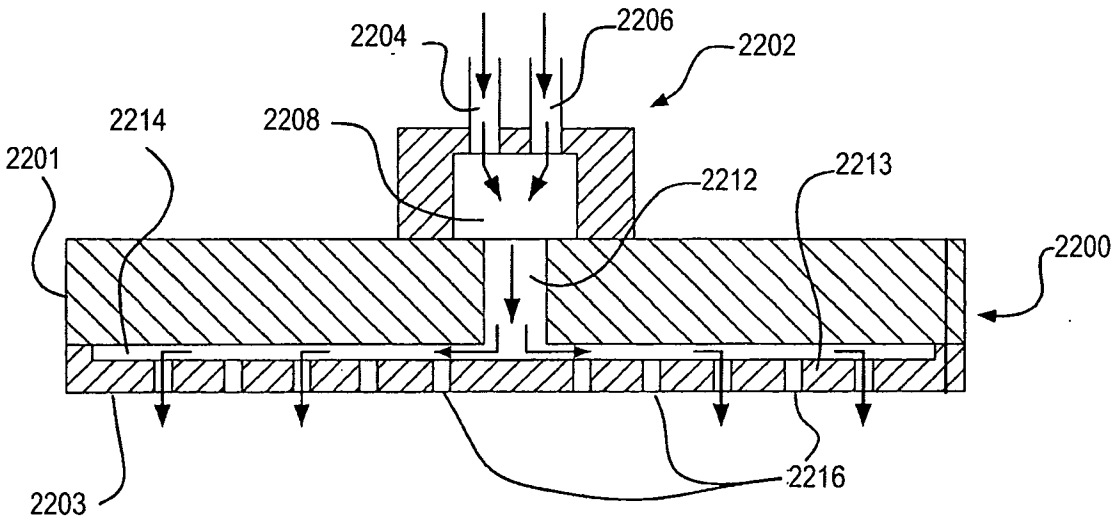


圖 21 第



第22圖