202427608

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 202427608 A

(43)公開日： 中華民國 113 (2024) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：112129502 (22)申請日： 中華民國 112 (2023) 年 08 月 07 日

(51)Int. Cl.： *H01L21/311 (2006.01)* *H01L21/67 (2006.01)*

(30)優先權：2022/08/10 美國 17/885,228

(71)申請人：日商東京威力科創股份有限公司 (日本) TOKYO ELECTRON LIMITED (JP)
日本

(72)發明人：奧圖四世 伊芙 OTTO IV, IVO (US)；卡爾 蘇巴迪普 KAL, SUBHADEEP (US)

(74)代理人：周良謀；周良吉

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：10 共 40 頁

(54)名稱

具有選擇性蝕刻的基板處理

(57)摘要

蝕刻係選擇性地執行，且選擇性係在蝕刻之前使用以氮自由基的處理或預處理來修正。蝕刻係以氣相化學物質蝕刻來執行。藉由處理的選擇性使用或不使用而在基板的不同製程或不同區域中也可以提供不同的選擇性。

Etching is selectively performed and selectively is modified using a treatment or pre-treatment with nitrogen radicals, prior to etching. Etching is performed with a gas phase chemistry etch. Different selectivities can also be provided in different processes or different regions (or different devices or different locations) of a substrate by the selective use and non-use of the treatment.

指定代表圖：

符號簡單說明：

S20,S22,S24,S26:步驟

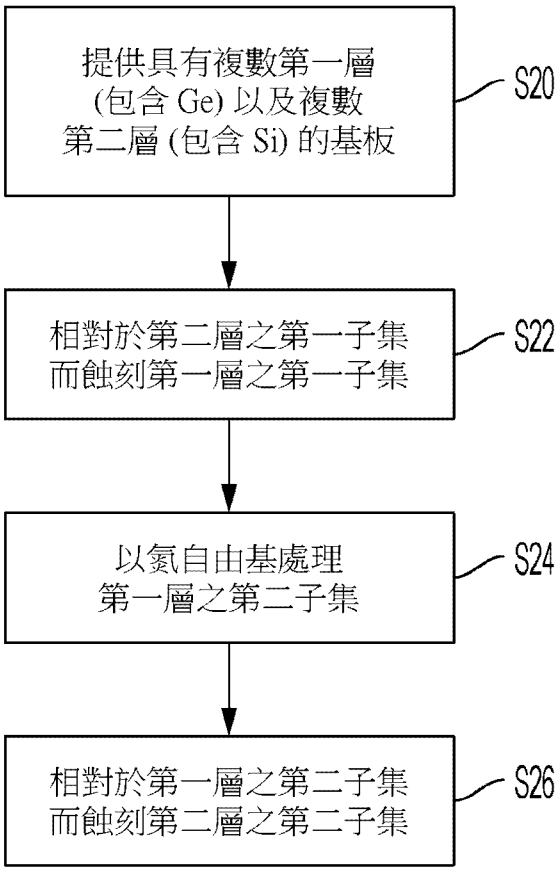


圖 5

【發明摘要】

【中文發明名稱】具有選擇性蝕刻的基板處理

【英文發明名稱】SUBSTRATE PROCESSING WITH SELECTIVE ETCHING

【中文】

蝕刻係選擇性地執行，且選擇性係在蝕刻之前使用以氮自由基的處理或預處理來修正。蝕刻係以氣相化學物質蝕刻來執行。藉由處理的選擇性使用或不使用而在基板的不同製程或不同區域中也可以提供不同的選擇性。

【英文】

Etching is selectively performed and selectively is modified using a treatment or pre-treatment with nitrogen radicals, prior to etching. Etching is performed with a gas phase chemistry etch. Different selectivities can also be provided in different processes or different regions (or different devices or different locations) of a substrate by the selective use and non-use of the treatment.

【指定代表圖】　　圖 5

【代表圖之符號簡單說明】

S20, S22, S24, S26: 步驟

【發明說明書】

【中文發明名稱】具有選擇性蝕刻的基板處理

【英文發明名稱】SUBSTRATE PROCESSING WITH SELECTIVE ETCHING

【技術領域】

【0001】 [相關申請案] 本申請案係主張於2022年8月10日申請之美國非臨時專利申請案第17/885,228號的優先權及其權益，其完整內容係併於此以作為參考。

【0002】 本揭露內容係關於例如半導體基板的基板處理，尤其是對於層或材料的選擇性蝕刻。

【先前技術】

【0003】 在諸多類型的半導體結構中，需要對 Si_xGe_y、Si 及 Ge 進行相對於彼此的選擇性蝕刻。目前的方法可能不令人滿意，因為選擇性不令人滿意，或者實現選擇性的步驟可能導致一或多個層或材料的損壞或不可接受的永久改質。此外，實現期望的選擇性可能是困難的，因為在基板上執行的一些製程中，可能需要相對於一種材料而選擇性地蝕刻另一種材料（第一材料）（例如相對於 Si_xGe_y 或 Si 而蝕刻 Ge），但在基板或處理的另一部分中，可能需要相對於第一材料而選擇性蝕刻另一材料（例如相對於 Ge 而選擇性蝕刻 Si_xGe_y 或 Si）。

【發明內容】

【0004】 本發明提供了在蝕刻之前對材料進行處理或預處理，使得可以對一種材料相對於另一種材料進行選擇性蝕刻，例如相對於 Ge 或 Si 而選擇性蝕刻 SiGe，或者相反地，相對於 SiGe 或 Si 而選擇性蝕刻 Ge，取決於是否使用預處理。

【0005】 在較佳範例中，用電漿執行此製程的部分以處理基板的一或多層，然後提供選擇性蝕刻。較佳的是，在使用電漿處理層之前先從電漿中移除離子。

【0006】 在一例中，用含氮的電漿進行處理，其中電漿的氮離子已先被移除，從而用氮自由基的電漿來進行處理。接著基於材料是否已被處理來決定其選擇性而執行蝕刻。此外，經處理的表面（例如氮化物表面）可以在蝕刻及可選的熱處理期間被移除。儘管為可選的，但目前較佳的是在蝕刻之後另外進行熱處理步驟。

【0007】 本發明可應用於諸多製程，包含但不限於凹痕製程、通道釋放製程或通道修整製程。

【0008】 本文亦揭露了配置用以執行本文所揭露之選擇性蝕刻的設備。

【圖式簡單說明】

【0009】 在參考本文結合附圖之詳細描述後將更能認識及理解本發明，其中：

【0010】 圖1A-1C顯示選擇性蝕刻的範例；

【0011】 圖2顯示用於對基板進行處理或改質之設備的範例；

【0012】 圖3顯示蝕刻設備之範例；

【0013】 圖4為選擇性蝕刻範例的流程圖；

【0014】 圖5為選擇性蝕刻範例的流程圖；

【0015】 圖6A-6C顯示通道釋放蝕刻範例；

【0016】 圖7A-7C顯示通道修整蝕刻範例；

【0017】 圖8為顯示藉由使用或不使用處理或預處理而導致之選擇性變化的圖；

【0018】 圖9為說明處理之可逆性及氮效應的圖；以及

【0019】 圖10A及10B顯示基板之不同部分或區域的選擇性處理的範例。

【實施方式】

【0020】 根據本文對示例性實施例及優點的描述將能進一步地理解本發明。吾人應理解，並非需要利用特定範例的每一態樣來實踐本發明，因此，可以利用特定範例之特徵的子集而不利用其他態樣。類似地，本文也描述了本發明可以實現的優點，然而，在實踐本發明時，可以利用某些態樣或優點而不使用其他態樣或優點，或者可以實現替代的優點。

【0021】 在一例中係利用已除去氮離子的氮電漿進行處理或預處理（蝕刻前），從而利用電漿的氮自由基進行處理。雖然為非限制性的，但在目前較佳的範例中，氮電漿可以在遠端腔室或遠端腔室部分中形成，然後將其饋送到基板定位於其中的另一腔室或腔室部分，同時從電漿中移除氮離子。雖然可以提供基板支撐件的功率或偏壓來支撐基板或將基板吸引到基板支撐件（例如使用靜電卡盤進行靜電處理），但基板所在的腔室或腔室部分並不需要額外的電漿激發或額外的偏壓功率。另外，可以在電漿形成的腔室或腔室部分中提供加熱，並且還可以可選地對基板及/或基板所在之腔室的部分提供加熱。

【0022】在圖 1A 所示的範例中，裝置包含基底 100，基底 100 可以包含半導體晶圓的基底以及位於本文所討論之處理的層下方的額外層。在基底 100 上方，各層係以交替方式堆疊，堆疊的層包含至少兩個具有不同材料成分的不同層。例如在所示的佈置中，提供了包含矽材料 Si 的複數層 102，含矽材料層 102 還可以包含鍺 Ge 或其他材料。另外，與層 102 交替的是包含鍺的層 104。層 104 中的鍺含量高於層 102 中存在的鍺含量，且層 104 也可以是純 Ge 或具有更高的 Ge 合金量。與層 104 相比，層 102 可以具有較低百分比含量或較低合金量的鍺，或者層 102 可以不存在鍺。儘管在此例中提供了兩個交替層 102、104，但吾人應理解，交替層的堆疊可以具有三個或更多個不同的層。

【0023】在此例中，對層 104 進行處理或預處理，使得在鍺或 Ge 層 104 的側表面上形成氮化表面或經氮處理的表面，但在層 102 中不形成氮化物，或者在層 102 中僅形成較低量（或較小程度）的氮化物。使用氮自由基的處理對於具有較高量 Ge 的材料係具選擇性的，使得之後選擇性蝕刻其他層（例如具有較低量 Ge 或無 Ge 的層）係相對於含有較高量 Ge 的層進行。如本文所用，對一層或材料提供對另一層或材料具有選擇性的處理意味著處理過的層將具有較高量的氮或氮化物，其包含下列兩者中的至少一種：在經處理或保護的材料表面上有著較高濃度的氮、或者氮化層或氮化表面的厚度比起其他層或材料（其中未形成氮化物、或氮化層厚度較小、或表面上氮濃度較低）較大。

【0024】在所示範例中，元件 106 可以是例如由非晶矽（a-Si）形成的虛擬閘極，元件 108 為閘極間隔件，元件 110 可以是遮罩，例如硬遮罩。閘極間隔件可以由 SiN 或低 k 電介質形成。遮罩 110 可以由例如 SiO_2 或 SiN 形成，並且由與閘極間隔件 108 不同的材料形成。

【0025】在該處理流程之後，執行蝕刻步驟以在此例中的每一層 102 中提供一或多個凹痕，其中凹痕較佳地形成在層 102 的至少兩側上。在所示範例中，係在四個側面上提供凹痕，使得層 102 相對於層 104 凹陷或內縮。然而，Ge 層 104 並未被蝕刻（或基本上沒有被蝕刻），因為它們係受到形成在表面（在本例中為該側表面）上之氮化物的保護，使得含 Si 層 102（其不含鍺或含鍺量低於層 104）透過蝕刻製程而被蝕刻。本文會更詳細地描述蝕刻製程。在目前較佳的範例中，蝕刻係在沒有電漿的情況下藉由氣相化學物質所進行的，或者換句話說，並未形成用於後續蝕刻的電漿。

【0026】較佳地，Ge 層 104 的氮處理係使較高含 Ge 層飽和。處理期間的製程條件使得不存在有（或非實質）矽與氮的處理或反應。例如該製程的能量不足以從純矽形成 SiN。相對於具有較低 Ge 合金量或不具有 Ge 的 SiGe，用氮自由基的氮處理對於純 Ge 或對於較高合金 SiGe 將具有高選擇性。對於具有 30% 或更少 Ge 的合金量的 SiGe，幾乎沒有或根本沒有氮與 SiGe 材料的鍵結或氮化，並且在後續的蝕刻或蝕刻後熱處理期間可以輕鬆地移除任何氮化。因此，對於低 Ge 合金材料而言，較佳 Ge 含量係小於 30%。一些 Ge 的存在對於氣相蝕刻（稍後描述）可能為較佳的，因為它將蝕刻得更快，且因此可能期望具有例如至少 5%的 Ge。然而，在以氮自由基處理保護純的或更高合金的 Ge 層之處，可以使用非常低的 Ge 合金或不含 Ge 的 Si 材料，因為儘管這種材料蝕刻得更慢，但由於氮化提供的保護，其可以在不損壞純 Ge 或更高合金 Ge 層的情況下進行蝕刻。

【0027】之後，如圖 1C 所示，在裝置上方沉積間隔件材料 112 以形成內間隔層，使得間隔件材料填充由層 102 的被蝕刻部分及層 104 之間所形成的凹

痕。間隔件材料 112 例如可以由低 k 電介質形成，並且是由與閘極間隔件 108 及遮罩 110 不同的材料形成。

【0028】 參考圖 2，顯示了可用於使用氮電漿進行處理或預處理之設備的範例。該設備係由控制了本設備以執行本文所揭露之製程的控制器 200 所控制，其包含控制來自電源 202 的功率、來自氣體供應源 GS 204 的氣體供應、以及透過溫度控制系統 TC 206 來控制溫度，溫度控制系統 TC 206 可包含一或多個加熱器。加熱器可以設置在第一腔室（或腔室部分）210 中，並且可選地也可以設置在於其中處理基板的第二腔室（或腔室部分）212 中。加熱器可包含與腔室壁 214、216 中的一或多者相關聯之加熱器，及/或與腔室或腔室部分 210 相關聯的電極 218 相關聯之加熱器，及/或也可與進行處理之基板 222 定位於其上的基板支撐件或基板支架 220 連接來提供加熱。如果需要的話，基板支架 220 或其他部件還可以具有用於冷卻的部件，例如利用液體或氣體冷卻或熱交換裝置。電漿處理氣體係以在 224 處指示的真空幫浦 VP 排空。流入系統的氣體及透過真空幫浦排空氣體的組合也可以用來控制設備內的壓力。

【0029】 控制器 200 可以包含例如一或多個處理器或電腦，並且還可以包含記憶體以儲存例如製程指令、配方、配方資料、基板資料或其他控制資料。控制資訊也可以從與控制器 200 分離的另一個裝置或記憶體提供給控制器 200。控制及配方資料較佳係儲存在非暫時性電腦可讀媒體中。吾人也應理解，雖然標識了一個控制器 200，但也可以設置一或多個子控制器或不同的控制器，其獨立地或在控制器 200 的命令下操作以控制諸多功率、氣體供應及溫度控制設備及功能來執行本文所述之製程。

【0030】 氣體供應源 204 包含氮氣源且通常包含至少一種其他載氣，例如 Ar。額外氣體 Ar 可以提高電漿穩定性，並且還可以改變氮氣的濃度。較佳地，腔室或腔室部分 210、212 不包含蝕刻劑。例如它們在氮氣處理期間中不含氟或其他含鹵素氣體。另外，在較佳的實施例中，也不存在氧。如本文所使用的，提及未使用或不存在的氣體或元素意味著該氣體或元素並非有意添加的，儘管根據所使用的材料純度可能會存在微量的材料。

【0031】 儘管在 218 處示意性地顯示出電極，但可以利用其他類型的電漿生成方式，例如具有一或多個射頻的一或多個電極佈置，或者在腔室的頂部或外部設有感應元件以提供感應功率或例如微波組件，以利用微波能量產生電漿。在一例中，提供 300-900 瓦範圍內的功率以產生電漿。來自氣體源 204 的氣體可透過電極 218（例如在噴淋頭裝置中）及/或透過其他氣體入口供應，且氣體可在腔室的上游或腔室 210 的內部混合。

【0032】 因此，在腔室或腔室部分 210 中形成了示意性地表示為 P1 的第一電漿。此外，在所示例子中，例如網格或格柵的分離器提供過濾器或分離器 230，其被供電以過濾或移除離子（防止離子從其中穿過），使得從腔室 210 通過至腔室（或腔室部分）212 的電漿係在沒有氮離子穿過分離器或過濾器 230 的情況下通過。結果，在 P2 處示意性地表示出的第二電漿將不具有離子（或至少比電漿 P1 更少的離子）。在較佳的形式中，電漿 P2 將不具有氮離子，但將包含氮自由基，氮自由基將會起反應以在基板的 Ge 層上形成經氮處理的表面或氮化物層。圖 2 的佈置可以視為包含不同的腔室，或視為包含不同腔室部分的一腔室。另外，吾人應理解，電漿 P1 及 P2 為示意性的表示，因為它們不同之處在於第二電漿已經移除了離子。然而，第一及第二電漿 P1 及 P2 可以表現為從第一

腔室部分連續延伸到第二腔室部分，而不為表現為單獨的不同電漿 P1 及 P2，然而，基板將經受之第二腔室部分中的第二電漿是不同的電漿，或者是離子已被移除的第二電漿。

【0033】 壓力將控制在 10 mTorr–1000 mTorr 的範圍內。氮自由基處理期間的溫度係低於 300℃，且在氮自由基電漿處理期間的溫度較佳係低於 150℃。溫度較佳在 0℃至 100℃的範圍內，更佳在 15℃至 90℃或 15℃至 85℃的範圍內，甚至再更佳在 20℃至 85℃。在所確定的範圍內之較高溫度及較高壓力下，反應會發生得更快。然而，在確定的範圍內之較低溫度及壓力下可以提供更好的控制，但需要更長的時間。一般來說，較高的壓力將減少處理中的層達到飽和的時間。較高的溫度會減少時間，也會增加飽和度或氮化量。較高的溫度可導致所形成的氮化物層或氮化表面的厚度較大。在執行表面改質及蝕刻之後，若在想要消除氮化物之處形成過大的厚度，可能會難以移除氮化物（例如在隨後的蝕刻及熱處理中）。因此，較佳溫度範圍為 15°C 至 90°C 或 15°C 至 85°C。

【0034】 吾人可以調整使用氮自由基的處理製程以改變所形成的氮化物層的厚度或氮化量。主要的控制將基於溫度（較高的溫度在 Ge 層 104 的表面上會提供較大的氮化物厚度），然而形成電漿時的壓力及氮氣濃度也可以改變該製程。如前所述，較佳含 Ge 層為飽和的且在氮處理完成時對於給定溫度具有最大厚度。然而，也可能具有未完全飽和或不具有最大可能厚度或表面氮含量的氮化物表面。基板支撐件 220 上之基板的溫度較佳係維持在與其中形成電漿 P1 的腔室（即第一腔室或腔室部分 210）相同的溫度，或至少維持在先前確定的相同溫度範圍內（例如 15°C 至 85°C）。

【0035】在後續蝕刻製程期間，可以移除一些氮化物層，然而，較佳係充分保留氮化物層，使得具有最高 Ge 含量的層 104 在後續蝕刻期間不會外露（換言之，在蝕刻期間保留層 104 上的至少部分氮化物層以防止層 104 被蝕刻）。

【0036】此外，如前所述，處理中使用的電漿 P2 具有自由基及非激發物質（無離子或較低量的離子），使得不存在（或基本上不存在）矽的氮化，並且具有較低 Ge 量的層（與層 104 相比）的氮化顯著低於層 104。低 Ge 合金量的 SiGe 的氮化將會是鬆散的或者是不能很好地鍵結（例如在 30%或更少的 Ge 量時），因此在氮處理之後，與純 Ge 或具有較高 Ge 合金量的 SiGe 相比，較低合金 SiGe 材料將會（選擇性地）蝕刻良好。對於較低的 Ge 合金量（例如 30%或更低），任何形成的或結合的氮均可透過隨後的氣相蝕刻而輕易地移除。對於較高 Ge 合金或純 Ge，Ge 層則是受到氮自由基處理的強烈保護。因此，可以相對於高 Ge 合金 SiGe 或 Ge 而選擇性地蝕刻低合金 SiGe。SiGe 也可以相對於 Si 材料進行選擇性蝕刻，因為氮處理不會對 Si 材料產生實質影響，且後續的氣相化學物質蝕刻不會強烈蝕刻不含 Ge 或 Ge 含量很低的含矽材料。因此，本製程對於 Ge 或更高 Ge 合金的 SiGe 的 SiGe 蝕刻以及相對於 Si 而選擇性蝕刻 SiGe 來說可以是特別有利的。

【0037】在以氮自由基處理之後，使用移除了氮離子的電漿進行蝕刻製程。雖然可能在進行氮自由基處理的同一腔室中進行蝕刻，但在當前的較佳示例中，蝕刻係在圖 3 所示的不同腔室 301 中進行。腔室 301 係由可包含一或多個處理器或電腦的控制器 300 所控制，其配置用以控制在腔室 301 中執行的操作及製程。如關於控制器 200 所指出的，控制器 300 可儲存指令或製程命令，或可從不同的記憶體或控制器接收指令或資料。如之前所討論的，控制器 300 可以是單一

的控制器或可以包含分散式控制器或子控制器以控制本文所討論的諸多組件及操作。

【0038】 304 處所示的氣體供應源 GS2 可控制地從一或多個氣體源以指示的濃度供應製程氣體，並且可以透過 TC2 306 處所示的諸多溫度控制措施來控制溫度，其可以包含對基板支撐件 320 及/或腔室壁的溫度控制及/或輻射或其他形式的溫度控制。基板 322 係定位在基板支撐件 320 上並且可以例如利用靜電卡盤的靜電吸引來固持。324 處的真空幫浦 VP2 係設置用以排出氣體。在目前較佳的例子中，來自氣體供應源 304 的氣體並不會被激發成電漿，而是以氣相提供，使得透過氣相化學物質來執行蝕刻。

【0039】 氣相化學物質將包含蝕刻劑，例如氟或另一種鹵素，較佳是氟。較佳蝕刻劑氣體的非限制性範例包含 F_2、ClF_3、HF 及/或 XeF_2。氮氣及/或氬氣也可以存在，但在蝕刻製程條件下基本上不會與基板層反應，因為氣體未被激發。

【0040】 如果需要更具侵蝕性的氟氣相化學物質，則較佳係除 HF 之外的氣體，即 F_2、ClF_3、HF 及/或 XeF_2。如稍後所討論的，較佳係在氣相蝕刻之後執行熱處理。雖然熱處理可以在與氣相蝕刻化學物質相同的腔室 301 中進行，但較佳係提供不同的腔室，其對於更高的溫度控制是更好的，例如從 100°C到 500°C 的溫度。較佳地，在蝕刻後將溫度升高至例如 100°C至 300°C，更佳是 150°C至 250°C。熱處理的持續時間或經過的時間可以根據溫度及可能需要移除的殘留物或其他材料的量而變化。例如熱處理可以進行至少 30 秒且最多例如十分鐘。作為範例，熱處理可以進行至少一分鐘或至少兩分鐘。在熱處理期間，較佳係不將含氟氣體或其他含鹵素氣體引入放置基板的腔室中。例如在熱處理期間腔室中的氣體可以包含惰性氣體，包含 N 或 Ar。

【0041】參考圖 4，提供了製程步驟範例的概述。這些步驟係為本文所討論的步驟及操作，且其可以提供作為在一或多個控制器控制下的演算法。

【0042】如 S10 所示，以含氮氣體形成電漿（P1），且該氣體可以包含例如 Ar 的一或多種其他氣體，以利於電漿穩定及/或控制氮氣濃度。在 S12 中，從電漿中移除離子，使得剩餘的電漿（或第二電漿 P2）包含氮自由基，但不包含氮離子，或與第一電漿相比至少具有減少量的氮離子。接著在移除氮離子之後以電漿（P2）處理一或多層含 Ge 層。如前面所討論的，含 Ge 層可以包含 Si 或其他材料，然而，Ge（層 104 中）的量係大於將被蝕刻之含 Si 的一或多個層（102）的 Ge 量。層 104 可以不包含 Si，且層 102 可以不包含 Ge。含有較低 Ge 含量的層較佳具有小於 50%的 Ge，更佳是小於 30%的 Ge。在低於 30%的 Ge 含量下，氮鍵結是鬆散的或最小的，並且可以在氣相蝕刻期間移除任何氮或氮化物，使得相對於具有較高 Ge 含量或者為純 Ge 的層 104 而蝕刻含較低（或不含）Ge 含量的層 102。在步驟 S16 中，接著相對於含 Ge 層而蝕刻含矽層。

【0043】在 S18 中，進行熱處理。儘管熱處理為可選的，但目前係優先選擇以實現較佳的結果。熱處理的溫度較佳係高於用氮自由基處理含 Ge 層的溫度且高於氣相蝕刻的溫度。例如較佳熱處理的溫度係大於 100°C。

【0044】熱處理可以移除殘留物，例如含氟或鹵素殘留物，並且還可以移除含氮殘留物。更具侵蝕性的蝕刻劑氣體（在氣相蝕刻期間）可能有利於在蝕刻或形成副產物/殘留物期間移除氮化物，副產物/殘留物為蝕刻氣體與氮/氮化物及蝕刻劑的組合。副產物或殘留物還可以包含被蝕刻的 Si 層的材料。接著可以在熱處理期間移除這些副產物或殘留物。如果在氣相蝕刻期間需要更積極的處理

（並移除至少一些氮化物），則較佳係使用先前提到之除 HF 之外的蝕刻劑氣體（例如 F_2、ClF_3、XeF_2）。

【0045】 吾人也應理解，可以根據給定步驟或步驟順序中執行的蝕刻量來重複步驟。例如，如果在一系列 S16、S18 之後需要額外蝕刻，則可以重複這些步驟。另外，如果氮氣保護已經耗盡，則可以在重複 S16、S18 之前再次執行步驟 S14。

【0046】 如圖 5 所示，根據可以利用本發明示例的有利態樣之一，可以將氮處理用於基板的一些含 Ge 層，但不能用於其他層，例如在需要的情況下在製程或製程流程的一部分（或在基板之一部分或第一區域）中相對於含 Si 層（較低 Ge 合金層或不包含 Ge 的層）而選擇性地蝕刻含 Ge 層（較高 Ge 合金層或純 Ge），因此，不使用氮自由基進行處理。然而，在製程的其他部分或基板的不同部分（例如不同的第二區域）或其他製程步驟中，吾人期望相對於含 Ge 層具選擇性或相對於含 Ge 層而蝕刻含 Si 層，且因此針對含 Ge 層（全 Ge 層或與 Si 層相比具有更高百分比 Ge 的層）使用氮自由基進行處理，使得 Ge 層在 Si 層的選擇性蝕刻期間不被蝕刻。

【0047】 因此，如 S20 所示，可以提供具有包含 Ge 的第一複數之第一層以及包含 Si 的第二複數之第二層的基板。如先前所討論的，含 Ge 層可包含 Si，且含 Si 層可包含 Ge，然而，含 Si 層具有低於含 Ge 層的 Ge 量。當然，含 Si 層也可以不包含 Ge，含 Ge 層可以不包含 Si。在較佳範例中，其中相對於含 Ge 層而選擇性地蝕刻含 Si 層，且兩個層都包含 Ge，含 Si 層較佳具有小於 30%的 Ge，較佳是 5%至 30%的 Ge。然而，對於某些裝置，吾人可能希望裝置中不含 Ge，以例如提供純 Si 通道。含 Ge 層將具有較大量的 Ge，較佳大於 30%，更佳大於

50%的 Ge，且可以是純 Ge。含 Ge 層具有比含 Si 層更高的 Ge 含量的此等其他變化是可能的。

【0048】 在圖 5 的範例中，相對於含 Si 之第二層之第一子集而選擇性地蝕刻含 Ge 的第一層之第一子集，且因此並不提供以氮自由基處理或預處理的第一子集之含 Ge 層。因此，可以藉由例如含氟氣體（例如至少包含 F_2、ClF_3、HF 及/或 XeF_2 其中之一的氣相蝕刻）對第二層之第一子集具選擇性或相對於第二層之第一子集來蝕刻第一子集的含 Ge 層。因此，根據優點之一，可以使用相同或基本上相同的氣相蝕刻製程來相對於含 Si 層或對含 Si 層具選擇性而蝕刻含 Ge 層，也可相對於含 Ge 層或對含 Ge 層具選擇性而蝕刻含 Si 層，差別在於是否使用氮自由基預處理。

【0049】 接下來，如 S24 所示，用氮自由基處理第一層之第二子集（Ge 層），並進行如之前討論的處理，以便提供氮化物層來保護第二子集的含 Ge 層。接著相對於第一層之第二子集來蝕刻第二層之第二子集（具有較低 Ge 的含 Si 層），如 S26 處所示。儘管純 Si（或含有非常低的 Ge 或不含 Ge 的 Si）會緩慢地蝕刻，但它仍然可以相對於 Ge 層或對含 Ge 層具選擇性而被蝕刻，其中 Ge 層係藉由如前所述之氮自由基處理而受到保護。

【0050】 圖 5 中的製程順序係作為範例提供，並且作為一選擇，可以用氮自由基處理第一層之第一子集（含 Ge 層）以提供相對於第一層之第一子集而以氣相蝕刻對第二層之第一子集（含 Si 層）進行蝕刻。此後，不使用氮自由基處理第一層之第二子集，使得包含 Ge 的第一層之第二子集接著相對於包含 Si 的第二層之第二子集而被蝕刻。

【0051】類似地，儘管結合圖 1A-C 討論了與處理 Ge、接著蝕刻含 Si 層而內縮相關的氮自由基處理，亦可以設有或提供與額外材料或製程步驟相關的相反材料。例如在圖 1A-C 的佈置中，可蝕刻含 Ge 層以形成相對於含 Si 層的凹痕而不處理或預處理含 Ge 層，且在此之後（或在此之前），可執行相對於含 Ge 層而蝕刻含 Si 層的製程。在這種情況下，在相對於含 Ge 層或對含 Ge 層具選擇性而執行含 Si 層的蝕刻之前，用氮自由基對含 Ge 層進行處理。如果同時暴露含 Ge 層及含 Si 層，則在含 Ge 層的蝕刻期間將很少發生或不發生含 Si 層的蝕刻，尤其是當含 Si 層包含非常低量的 Ge 或不包含 Ge 時，因為含 Ge 層會被快速蝕刻。因此，當需要相對於 Si 選擇性地蝕刻 Ge 時，以及相對於 Ge 選擇性地蝕刻 Si 時，可以先蝕刻含 Ge 層以提供期望的蝕刻量，並且由於 Ge 層能快速蝕刻，因此對 Si 層的蝕刻就會很少或沒有。之後，可以保護 Ge 層而蝕刻 Si 層。雖然 Si 層的進展會較慢（與未受保護的 Ge 相比），但其蝕刻可以進展到所需的量而不會影響先前蝕刻的 Ge 層，因為已經先在 Ge 層上進行處理。

【0052】如先前結合圖 4 所指出的，圖 5 所示的製程亦可以提供做為裝置在一或多個控制器控制下執行的演算法。圖 5 的製程較佳地還包含在氣體化學物質蝕刻之後的熱處理。

【0053】圖 6A-6C 提供了可以利用本製程的另一個範例。

【0054】圖 6A 顯示一種佈置，其中間隔件 600 已設置在先前形成的凹痕中，且另外，源極 650 及汲極 652 已設置在堆疊組件的每一側上。通道 654 係從源極 650 延伸到汲極 652，其中通道乃由層 656 分隔開。如圖 6B 所示，層 656 移除後便釋放了通道 654。在此操作中，其中在層 654 為含 Ge 層（純 Ge 或 Ge 的量高於層 656）的情況下，可以如本文先前討論的用氮自由基進行處理，使得

在移除層 656 時，Ge 層 654 受到保護。或者，在層 656 具有較高鍺含量的情況下，可以在不利用層 654 的氮自由基處理的情況下執行該製程，且在不預處理層 654 的情況下蝕刻層 656。後者的示例可以用於其他上游或下游製程選擇性地使用以氮自由基處理來保護 Ge 層的製程。

【0055】 在通道釋放之後，如圖 6C 所示，在閘極間隔件 608 之間及通道 654 之間的區域中沉積閘極金屬 670。較佳地，在沉積閘極金屬 670 之前先沉積阻障層。此處，層（或層組）654 或 656 的其中之一可能已經先用氮化物處理進行過處理，但氮化物處理之後在另一製程操作中（例如在較早的蝕刻中）被移除。因此，氮化處理或預處理的製程可以與某些製程操作一起使用，但不能選擇性地在其他製程操作中使用。結果，可以相對於較低 Ge 合金（或不含 Ge）執行兩種 Ge 的選擇性蝕刻，且還可以相對於較高 Ge 合金層執行較低 Ge 合金（或不含 Ge）的選擇性蝕刻，取決於使用及不使用預處理。

【0056】 根據本文的方法，可以在基板之不同區域的不同特徵或裝置中使用不同的選擇性。例如可以以兩種方式提供基板的蝕刻，在基板的一部分或基板的第一區域中相對於含 Si 層（包含較低量的 Ge 或不含 Ge）而選擇性蝕刻含 Ge 層，同時在基板的另一部分或第二區域中提供反向的選擇性蝕刻，也就是相對於含 Ge 層而選擇性蝕刻 Si 層（不含 Ge 或含有較低量的 Ge）。例如簡要地參考圖 10A 及 10B，在基板的不同區域中可以設有不同的裝置或裝置特徵，例如裝置 700 設置在基板的第一區域中，而裝置 500 設置在基板的第二區域。基板之第二區域中的裝置 500 可以例如被例如有機層或 OPL 的層 600 覆蓋。裝置 700 及 500 通常還包含襯墊，例如 702、502 處所示，以避免在沉積膜 600 期間造成損壞。襯墊或層 702 可以移除，使得裝置 700 如圖 10B 所示地暴露出，而基板之第二

區域中的裝置 500 則保持被覆蓋。因此可以例如使用氮自由基處理來處理第一區域 700 中的裝置或裝置特徵，使得可以蝕刻含 Si 層。例如當第一區域 700 中的裝置或特徵包含 Ge 通道時，可以保護 Ge 通道並且可以蝕刻及移除通道之間的層以提供通道釋放，同時由於氮自由基處理保護了第一區域中的 Ge 通道不被蝕刻。在相同的基板中，其他裝置可以包含由 Si 材料形成的通道，該 Si 材料形成的通道不包含 Ge 或與通道間之一或多個層的材料相比包含較少量的 Ge。因此，裝置或特徵 700 可以用薄膜覆蓋，例如含碳膜（例如 OPL），並且在移除第二區域中的層或膜 600 時暴露出裝置或特徵 500。接著可以蝕刻通道之間的 Ge 層（通道係由不含 Ge 或與 Ge 層相比含有較低合金量的 Ge 的 Si 形成）以提供通道釋放，而無需對第二區域中的特徵或裝置 500 進行預處理。

【0057】 在參考圖 10A 及 B 所示的範例中，已經執行了凹痕製程並形成了間隔件。然而，相同的方法也可以用於在基板的不同區域中使不同的材料內縮的凹痕製程。Si 層可以在第一區域的特徵或裝置中內縮，同時在第一區域中的 Ge 層則使用氮自由基處理來保護，並且覆蓋第二區域中的裝置或特徵。在第一區域中的裝置或特徵被覆蓋且第二區域未被覆蓋的情況下，可以在不執行氮自由基處理的情況下蝕刻第二區域的 Ge 層（例如使 Ge 層內縮）。

【0058】 下面提供了進一步的範例，其中可以在基板的不同區域中同時暴露兩個不同的裝置或特徵，並且可以選擇性地使用（或不使用）氮處理以及氮處理的時機，以用於在不同區域對不同材料提供不同的選擇性蝕刻。

【0059】 圖 7A-7C 顯示另一個範例，可以在此操作中或在其他操作中提供氮化物處理的多個處理操作的情況下利用本發明的氮自由基製程。在圖 7A-C 的

佈置中，執行通道修整及包覆操作。圖 6A-C 所使用的參考數字係與圖 7A-C 相同，除非另有說明，否則將因此不重複它們的描述。

【0060】 圖 7A 顯示在層 656 移除後已釋放的通道 654。每一通道係包含第一端 654a 及第二端 654b，其中間隔件 600 設置在鄰近第一端 654a 及第二端 654b 中的每一個（上方及下方）。如圖 7B 所示，執行通道修整或通道細化操作，使得第一端 654a 及第二端 654b 之間的部分 654c 被修整或細化。

【0061】 接下來，如圖 7C 所示，可以執行通道包覆操作，其中包覆材料係沉積或包裹在通道 654 之所有暴露的表面周圍，包含先前已在 654c 處修整的部分，以提供包層 658。例如可以透過在經修整的通道 654 上生長 Si、Ge 或 SiGe 層 658 來形成包層。

【0062】 舉例來說，在較早的蝕刻（例如通道釋放）中，可以保護通道 654 而蝕刻通道之間的 Si 材料。移除氮化物，並可以用氟氣相蝕刻來蝕刻通道，但在進行通道修整之前不進行氮自由基處理。

【0063】 根據另一個範例，給定的基板可以包含在第一區域中具有由含 Ge 層（全 Ge 或更高合金 SiGe）形成之通道（第一通道）的裝置，且在第二區域中的裝置可以具有 Si 層（例如與 Ge 層相比具有較低的 Ge 合金量或不包含 Ge）的其他通道（第二通道）。可以在一區域中保護 Ge 層（使用氮自由基處理）的同時執行 Si 層的蝕刻或修整，並且可以在另一區域沒有保護的情況下於不同的蝕刻製程中執行 Ge 層的蝕刻（例如修整）。

【0064】 如先前結合圖 10A 及 10B 所討論的，其中提供了需要不同選擇性的不同裝置或特徵，可以覆蓋基板的一個區域，同時使用氮自由基處理來處理另

一個區域，接著可以覆蓋另一個區域，同時露出最初被覆蓋的區域，並且可以透過不使用氮自由基處理來利用反向選擇性。

【0065】 通道修整操作是兩種不同類型之裝置可以同時暴露（不需要例如用有機層而選擇性地覆蓋及暴露）的一個製程範例，並且選擇性地使用（或使用時機）氮自由基處理，以提供對不同類型通道材料的選擇性修整。例如在基板的第一區域中提供第一裝置或特徵，其中第一通道由 Ge 材料形成（純 Ge 或 Ge 的量高於基板之第二區域中的裝置或特徵的通道），且基板的第二區域具有第二裝置，該第二裝置具有與第一區域中之第一通道不同的通道材料（例如不包含 Ge 的 Si 材料，或包含比第一區域之裝置的通道較低 Ge 量的 Si 材料）所形成的第二通道。透過這樣的佈置，在第一區域的第一裝置及第二區域的第二裝置均暴露的情況下，可以先進行蝕刻，而不進行氮自由基處理。在這種情況下，第一區域的 Ge 通道（第一通道）將快速蝕刻以獲得期望的蝕刻或修整量，因為 Ge 在氣相化學物質蝕刻中會快速蝕刻。之後，進行氮自由基處理，從而保護第一區域之第一裝置的 Ge 通道。接著可以將第二區域的第二通道蝕刻或修整至期望的修整量，同時透過氮自由基處理保護第一通道。儘管在蝕刻第一區域的 Ge 通道（第一通道）期間，也可能發生對第二區域的第二通道的蝕刻，但因為基板之第二區域的第二通道的蝕刻緩慢，任何蝕刻都是最小的且它們沒有被蝕刻到期望的修整量。接著處理第一通道，使得在 Ge 通道（第一通道）的氮自由基處理之後，它們受到保護以維持先前獲得的期望修整量。接著可以在第二蝕刻操作中進行對第二區域中之 Si 層或 Si 通道（第二通道）的蝕刻。儘管此蝕刻相對較慢，但由於使用氮自由基處理，先前蝕刻之第一區域的 Ge 層或通道得以保留而無需進一步蝕刻，且可以繼續進行對第二區域之第二通道的蝕刻，直到獲得所需的蝕刻

或修整量。因此，透過選擇性地使用及不使用氮自由基處理，可以以不同的選擇性來蝕刻在基板的不同區域中由不同材料形成的不同裝置或特徵。使用及不使用氮自由基處理可以有利地應用於 nfet 及 pfet 應用。

【0066】 圖 8 顯示可以透過本文揭露之氮自由基處理來實現的有利選擇性及選擇性變化。具體來說，四種材料中的每一種都經過相同的氣相蝕刻製程（使用含氟氣體的非電漿蝕刻），其中圖的左側部分標識了未經氮自由基預處理的蝕刻速率，以及在圖的右側部分顯示使用相同的氣相蝕刻製程但使用本文所揭露之以氮自由基進行蝕刻預處理的蝕刻速率。對於所示範例，氮自由基處理係在 85°C 下進行。可以看出，在未進行預處理的情況下，相較於同時包含 Si 及 Ge 的層（例如所示的 SiGe25 層，其為 25%的 Ge），Ge 層蝕刻得很快。相對於多晶矽及 SiN，Ge 的蝕刻速度也較快。

【0067】 相較之下，在採用預處理的情況下（圖的右側部分），Ge 沒有被蝕刻或僅被最小程度地蝕刻，這證明了處理的有效性。此外，當需要選擇性蝕刻包含 SiGe 的材料（例如 25%合金）時，可以提供高選擇性的蝕刻，以對於 Ge 具選擇性或相對於 Ge 而蝕刻 SiGe。使用氣體化學物質蝕刻中的製程氣體，未經預處理以及經過預處理的多晶矽或 SiN（在例中係透過低壓 CVD 沉積）具有非常低的蝕刻速率。因此，在氣相蝕刻期間使用相同的蝕刻化學物質，且不使用氮自由基處理，可以提供 Ge 層相對於具有較低 Ge 含量的層的高選擇性蝕刻，並且該蝕刻相對於其他含矽材料（例如多晶矽或 SiN）也具有高選擇性，如圖 8 的左側部分所示。此外，透過利用預處理，Ge 層顯示出基本上沒有被蝕刻，使得 SiGe 相對於 Ge （或具有較低量的 Ge 或沒有 Ge 量的其他含 Si 層，例如多晶矽或 SiN）可以被蝕刻。因此，使用基本上相同的氣相蝕刻，可以相對於具有較低

Ge 量的 SiGe 層而選擇性地蝕刻含 Ge（較高 Ge 量）層，或者可替代地，可以相對於 Ge 層而以氣相蝕刻化學物質（例如使用氟或鹵素氣體，例如 F_2、ClF_3、HF 及/或 XeF_2）選擇性地蝕刻 SiGe 層，取決於是否使用氮自由基處理。

【0068】 因此，例如在基板的第一區域及第二區域中分別包含不同裝置或不同特徵的情況下，可以透過不利用氮自由基處理來對第一區域中的第一裝置執行含 Ge 層的蝕刻。之後，可以利用氮自由基處理並執行對具有較低量 Ge 或沒有 Ge 的 Si 層的蝕刻，同時 Ge 層或（例如第一通道）是受到保護的。

【0069】 圖 9 顯示氮自由基處理的使用基本上為可逆的或不會損壞受處理的材料。換句話說，在氮自由基處理、選擇性氣相蝕刻及熱處理之後，材料（圖 9 的例子中的 SiGe25）基本上回到其原始狀態。因此，可以使用氮自由基處理而不損害或顯著改變材料的性質或組成。在圖 9 的兩個圖中，左側表示了處理前（進行氮自由基處理之前）以及處理後（即氮自由基處理、氣相蝕刻及熱處理之後）不同材料的原子百分比。此測試是以在基板頂部形成薄膜的 SiGe25 進行的，並在處理之前及之後確定薄膜的成分。儘管此薄膜名義上為矽及 25%的鍺，但也存在其他材料。在溫度 85°C、壓力 850 mTorr、源功率 850 瓦、75%氮氣及 25%氬氣的體積流量至遠端電漿腔室的條件下使用氮自由基（如圖 2 所示，使用遠端電漿並將離子移除）進行預處理。氣相化學物質蝕刻係在 60°C、250 mTorr、50%（F_2 及 ClF_3）氟蝕刻劑及 50%載氣（N 及 Ar）的體積流量的條件下進行。蝕刻後熱處理則是在氮氣及氬氣環境中於 2 Torr 及 150°C 下進行。可以看出，僅觀察到碳含量（材料 900）略有減少。另外，也觀察到氟的量略有增加（由下部材料 910 表示），但很小。然而，Ge（區域 902）、Si（區域 904）、氮（區域 906）及氧（區域 908）的量基本上相同。因此，用氮自由基進行的處理或預處理可用

於有效地提供選擇性蝕刻或改變一種材料相對於另一種材料的選擇性量，但該處理並不會顯著改變所處理材料的組成或損壞該材料。利用本發明的方法，相對於被選擇性蝕刻的材料及相對於以氮自由基處理來保護的材料，將處理之後的組合物與處理之前的組合物進行比較，氧、鍺及矽各自的原子百分比的變化為5%或更少。此外，還可以避免或最小化表面損傷，這是因為在處理材料之前先移除了離子，使得預處理改質是以氮自由基來進行而沒有激發物質，並且還使用氣相蝕刻化學物質來進行蝕刻。

【0070】本文所揭露的方法及設備可以用於諸多應用，包含但不限於nfet、pfet、奈米片 、GAA、finfet、CFET以及其他裝置或裝置特徵。

【0071】吾人應理解，可以併入與本文教示一致的修改及變化。因此，吾人應理解，在本申請專利範圍的範圍內，可以以其他方式或相對於本文所揭露之範例進行變化來實踐本發明。

【符號說明】

【0072】

100:基底

102:層

104:層

106:元件

108:元件/閘極間隔件

110:元件/遮罩

112:間隔件材料

200:控制器

202:電源

204:氣體供應源

206:溫度控制系統

210, 212:腔室或腔室部分

214, 216:腔室壁

218:電極

220:基板支撐件或基板支架

222:基板

224:真空幫浦

230:過濾器或分離器

300:控制器

301:腔室

304:氣體供應源

306:溫度控制系統

320:基板支撐件

322:基板

324:真空幫浦

500:裝置

502:襯墊

600:間隔件/層/膜

608:閘極間隔件

650:源極

652:汲極

654:通道/層

654a:第一端

654b:第二端

654c:第一端654a及第二端654b之間的部分

656:層

670:閘極金屬

700:裝置

702:襯墊或層

900:材料

902:區域

904:區域

906:區域

908:區域

910:下部材料

S10, S12, S14, S16, S18: 步驟

S20, S22, S24, S26: 步驟

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種蝕刻方法，其步驟包含：

提供一基板，該基板具有一基底、位於該基底上方之第一層、以及位於該基底上方之第二層，其中該第一層包含Ge，且該第二層包含Si，該第二層不包含Ge或是包含比該第一層少的Ge，且其中該第一及該第二層係垂直堆疊使得該第一層及該第二層的其中之一位於該第一層及該第二層的另一者的垂直上方；

以氮自由基對該第一層之一側表面進行處理，以在該第一層之該側表面上形成一氮化表面；以及

在該第一層之該側表面上由該氮化表面保護的同時，對該第二層之一側表面進行蝕刻，以使該第二層之該側表面相對於該第一層之該側表面內縮，藉此在該第二層中提供一凹痕。

【請求項2】如請求項1之蝕刻方法，其進一步包含以一間隔件材料填充該第二層之該凹痕。

【請求項3】如請求項1之蝕刻方法，其中對該第一層之該側表面進行處理的該步驟包含：

以一含氮氣體在第一腔室或第一腔室部分中形成第一電漿；

自該第一電漿中移除氮離子，同時將該電漿饋送至該基板定位於其中的第二腔室或第二腔室部分，以在該第二腔室或第二腔室部分中提供第二電漿，以及

以移除氮離子之後的該第二電漿對該第一層之該側表面進行處理，以利用該第二電漿中之氮自由基對該第一層之該側表面進行處理。

【請求項4】 如請求項3之蝕刻方法，其中對該第一層之該側表面進行處理的該步驟係相對於該第二層具選擇性，且其中在該處理步驟之後且在該蝕刻步驟之前，因為該處理步驟的結果，該第二層將不具有氮化物或者具有比該第一層少的氮化物，較少的氮化物表示下列者至少其中之一：

(a) 該第二層具有的一氮化表面係比該第一層之該氮化表面薄，或者

(b) 該第二層具有的一氮化表面的氮濃度係比該第一層之該氮化表面的低。

【請求項5】 如請求項4之蝕刻方法，其中該第一層具有大於30%的Ge含量，該第二層具有介於5%~30%範圍內的Ge含量；

其中該處理步驟係在15°C~90°C的一溫度範圍下執行，且該處理步驟係在不引入含鹵氣體至該第一腔室或第一腔室部分下執行；

該蝕刻步驟包含一無電漿的氣相化學物質蝕刻，該氣相化學物質蝕刻包含一含氟氣體；

該方法進一步包含在該蝕刻之後，將該基板之一溫度提高以在100°C~300°C範圍內的一溫度下執行一熱處理，且其中該熱處理係在不引入一含氟氣體下執行。

【請求項6】 如請求項5之蝕刻方法，其進一步包含在不同腔室中執行該蝕刻步驟及該熱處理。

【請求項7】 如請求項1之蝕刻方法，其步驟進一步包含自該第一層移除該氮化表面。

【請求項8】 如請求項1之蝕刻方法，其中該蝕刻步驟包含用包含F_2、ClF_3、HF或XeF_2至少其中之一的一氣體進行的一氣相非電漿蝕刻；

該方法進一步包含在該蝕刻步驟之後，在100℃~300℃範圍內的一溫度下執行一熱處理，且其中在該熱處理期間並不引入一含氟氣體。

【請求項9】 如請求項8之蝕刻方法，其步驟更包含在該基板上對第四層具選擇性而蝕刻第三層，該第三層具有高於該第四層的Ge含量，對該第三層的該蝕刻步驟包含使用含有F_2、ClF_3、HF或XeF_2至少其中之一的一含氟氣體來執行一氣相非電漿蝕刻，以相對於該第四層而選擇性地蝕刻該第三層，以及

其中在開始對該第三層進行該蝕刻之前，該第三層及該第四層係外露，且並未在該第三層或該第四層上執行一氮自由基處理。

【請求項10】 如請求項8之蝕刻方法，其中與以氮自由基進行的該處理之前相比，在該熱處理之後的該第一層之一材料以及該第二層之一材料的一組成變化針對矽、鍺以及氧的每一者為5%或更少。

【請求項11】 如請求項1之蝕刻方法，其中該基板包含第一複數之該第一層以及第二複數之該第二層，且其中該第一複數之該第一層中的某一些係在對該側表面進行之該處理中受到處理，該第二複數之該第二層中的某一些係相對於該第一複數之該第一層中的該些而被選擇性地蝕刻，該第一複數之該第一層中的其他者則未被處理，

該方法進一步包含對該第二複數之該第二層中的其他者具選擇性而蝕刻該第一複數之該第一層中的該其他者，且不以氮自由基處理該第一複數之該第一層中的該其他者或是該第二複數之該第二層中的該其他者。

【請求項12】 如請求項1之蝕刻方法，其中對該第一層之該側表面進行之該處理步驟包含對該第一層之兩個側表面進行處理，且對該第二層之該側表面進

行之該蝕刻步驟包含蝕刻該第二層之兩個側表面，以在該第二層之兩相對側處相對於該第一層內縮而形成兩個凹痕；

該方法進一步包含：

以一間隔件填充該兩個凹痕而在該兩個凹痕中提供複數間隔件；

移除該第二層而留下從該第一層形成之一通道，該通道包含第一端及第二端，且該兩個間隔件其中之一係鄰接該第一端而該兩個間隔件的另一者則鄰接該第二端；

修整該通道的一部分以在該第一端及該第二端之間的一位置處形成一細瘦通道；以及

在該細瘦通道周圍形成一包覆層。

【請求項13】如請求項12之蝕刻方法，其中該基板包含第一區域及第二區域，且其中該第一層及該第二層為位於該第一區域之第一裝置的一部分，且該第一裝置之通道為第一通道；

該基板進一步包含在該第二區域中的第二裝置，該第二裝置包含第三層及第四層，該第四層包含Si且沒有Ge或是其Ge含量少於該第一層，該方法進一步包含移除該第三層，使得該第四層形成第二通道，

其中在修整該第一通道之該部分的該步驟期間，該第二通道係外露，且該第一通道係相對於該第二通道而被選擇性地蝕刻；

該方法進一步包含在修整該第一通道之該部分的該步驟之後，以一通道處理電漿之氮自由基對該第一通道進行處理，其中氮離子已被移除以形成該通道處理電漿，以提供經處理修整過之第一通道；以及

在處理該第一通道之後，以相對於該經處理修整過之第一通道而對該第二通道進行選擇性蝕刻，以提供一修整過之第二通道。

【請求項14】 一種蝕刻方法，其步驟包含：

提供一基板，該基板具有第一複數之第一層以及第二複數之第二層，

其中該第一複數之第一層中之每一者均包含Ge，且該第二複數之第二層之每一者均包含Si，且其中該第二複數之第二層不包含Ge或是包含的Ge比該第一複數之第一層之每一者少；

以包含氮自由基的一電漿對該第一複數之第一層之第一子集進行處理，以在該第一複數之第一層之該第一子集之每一者的側面上提供氮化層；以及

對該第一複數之第一層之該第一子集具選擇性而對該第二複數之第二層之第一子集進行蝕刻。

【請求項15】 如請求項14之蝕刻方法，其步驟進一步包含不以氮自由基對該第一複數之第一層之第二子集進行處理，

其中該第二複數之第二層包含該第二複數之第二層之第二子集，

該方法進一步包含對該第二複數之第二層之該第二子集具選擇性而對該第一複數之第一層之該第二子集進行蝕刻、不對該第一複數之第一層之該第二子集進行處理。

【請求項16】 如請求項15之蝕刻方法，其中：

該第一複數之第一層之該第一子集以及該第二複數之第二層之該第一子集係設置在該基板之第一區域的第一裝置中；

其中該第一複數之第一層之該第二子集以及該第二複數之第二層之該第二子集係設置在該基板中與該第一區域不同的第二區域之第二裝置中；以及

其中藉由對該第一區域中之Ge含量較高的層進行處理以形成氮化物，提供相對於該第一區域中之該Ge含量較高的層而選擇性蝕刻Ge含量較低的層，且藉由不對該第二區域進行處理以形成氮化物，提供相對於該第二區域中之Ge含量較低的層而選擇性蝕刻Ge含量較高的層。

【請求項17】 如請求項16之蝕刻方法，其中對該第一複數之第一層之該第一子集進行處理的該步驟包含：

以一含氮氣體形成第一電漿；

自該第一電漿移除氮離子以形成第二電漿，該第二電漿包含氮自由基但不包含氮離子或者比起該第一電漿具有較低的氮離子量；以及

以該第二電漿對該第一複數之第一層之該第一子集進行處理。

【請求項18】 一種基板處理方法，其步驟包含：

提供具有第一特徵部及第二特徵部的一基板，

該第一特徵部包含第一層及第二層，該第一層包含大於30%的Ge含量，該第二層包含大於5%且小於30%的Ge含量，

該第二特徵部包含第三層及第四層，該第三層包含Ge，該第四層包含Si，其中該第四層不包含Ge或是其Ge含量少於該第三層，

(a) 藉由第一製程對該第一層具選擇性而蝕刻該第一特徵部之該第二層，其中在該第一製程的一開始，該第一層及該第二層兩者的表面部分均外露，該第一製程包含：

(i) 以一含氮氣體形成第一電漿，且其中係在無含鹵氣體的情況下形成該第一電漿；

(ii) 自該第一電漿移除離子以提供具有氮自由基的第二電漿；

(iii) 將該第一特徵部暴露至該第二電漿，該暴露係以該第二電漿之氮自由基相對於該第二層而選擇性地處理該第一層，且其中該暴露及該選擇性處理係在15℃到100℃的一溫度範圍下進行；

(iv) 在該暴露之後，在包含至少一鹵素氣體的一非電漿環境下執行一氣相化學物質蝕刻，以相對於該第一層而選擇性蝕刻該第二層；

(b) 藉由第二蝕刻製程對該第二特徵部之該第四層具選擇性而蝕刻該第二特徵部之該第三層，其中在該第二蝕刻製程的一開始，該第三層及該第四層兩者的表面部分均外露，該第二蝕刻製程係包含：

(i) 在包含至少一鹵素氣體的一非電漿環境下執行一氣相化學物質蝕刻，以相對於該第四層而選擇性蝕刻該第三層；以及

(ii) 在執行該氣相化學物質蝕刻之前，該第二特徵部並不暴露於以氮自由基進行的一處理。

【請求項19】 如請求項18之基板處理方法，其中：

該第三層包含大於30%的Ge含量，該第四層包含小於30%的Ge；

(a)(iv)的該氣相化學物質蝕刻包含選自F_2、ClF_3、HF或XeF_2的至少其中一氣體；

(b)(i)的該氣相化學物質蝕刻包含選自F_2、ClF_3、HF或XeF_2的至少其中一氣體；

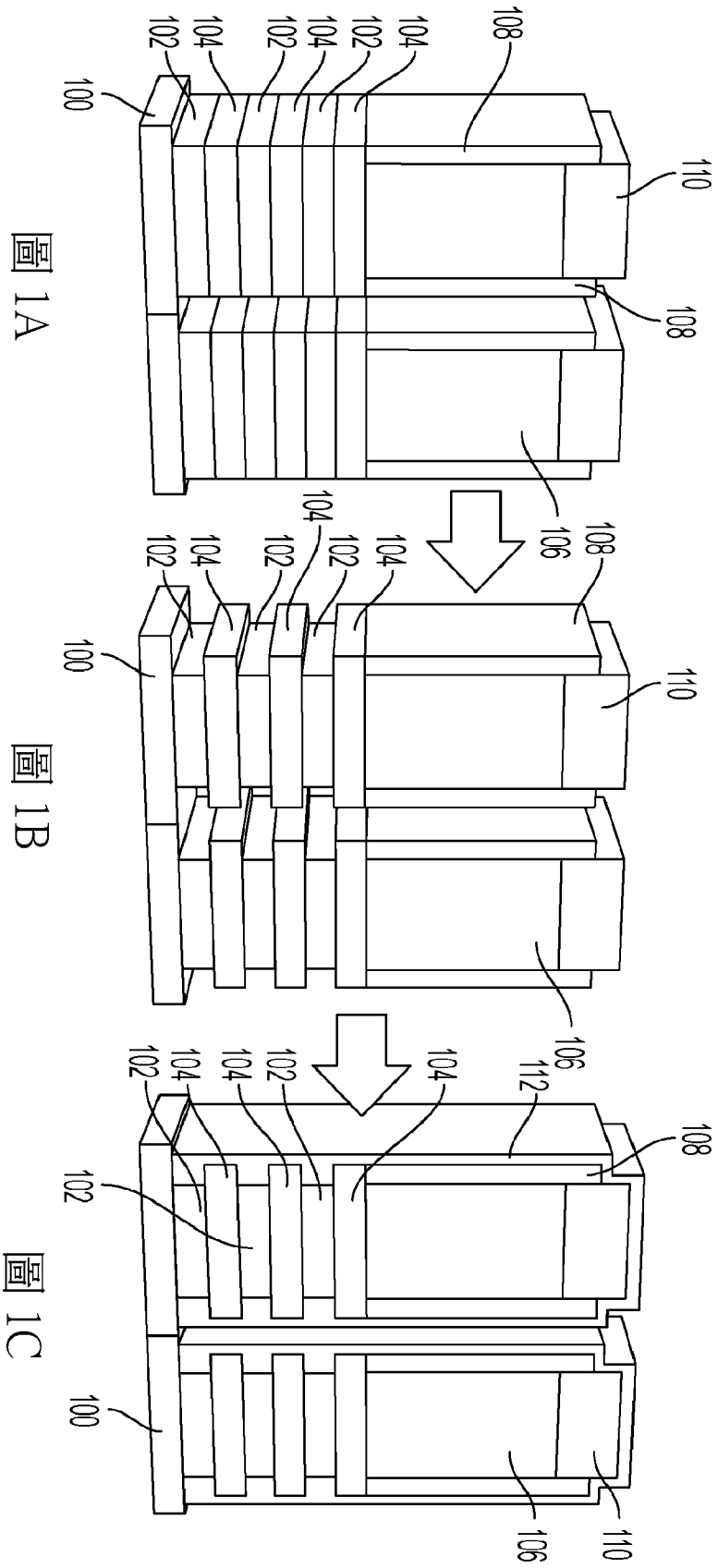
該方法進一步包含：

在執行(a)(iv)的該氣相化學物質蝕刻之後，在100℃~250℃範圍內的一溫度下執行對該第一特徵部的一熱處理，其中該第一特徵部的該熱處理係在該熱處理期間沒有引入一含氟氣體的一環境下執行；以及

在執行(b)(i)的該氣相化學物質蝕刻之後，在100℃~250℃範圍內的一溫度下執行對該第二特徵部的一熱處理，其中該第一區域包含含有該第一特徵部的第一裝置，而該第二區域包含含有該第二特徵部的第二裝置。

【請求項20】 如請求項18之基板處理方法，其中該基板包含第一區域及與該第一區域分開的第二區域，且其中該第一特徵部為該第一區域中之第一裝置的一部份，該第二特徵部為該第二區域中之第二裝置的一部份。

【發明圖式】


100
102
104
102
104
102
104
108
110
108
106
圖 1A
104
102
104
102
104
102
108
100
110
106
圖 1B
102
104
104
102
104
112
108
102
100
106
110
圖 1C

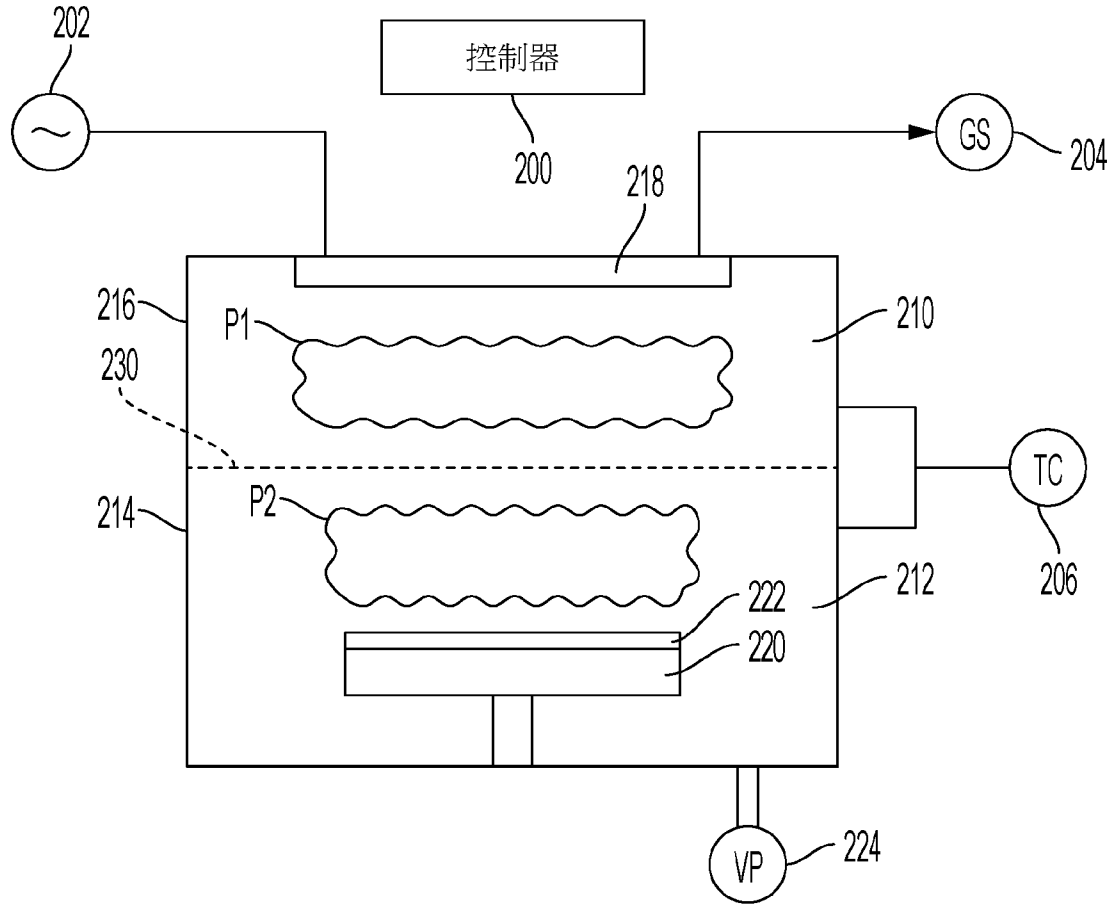

202
控制器
200
GS
204
218
216
P1
210
230
TC
214
P2
206
222
212
220
VP
224

圖 2

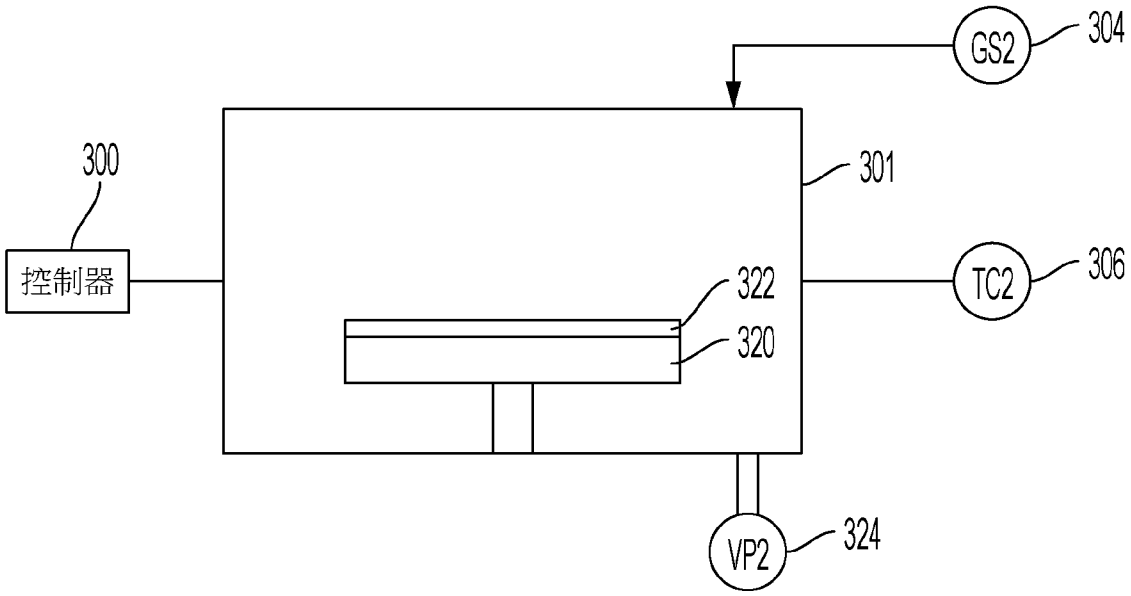

GS2
304
300
301
控制器
322
TC2
306
320
VP2
324

圖 3

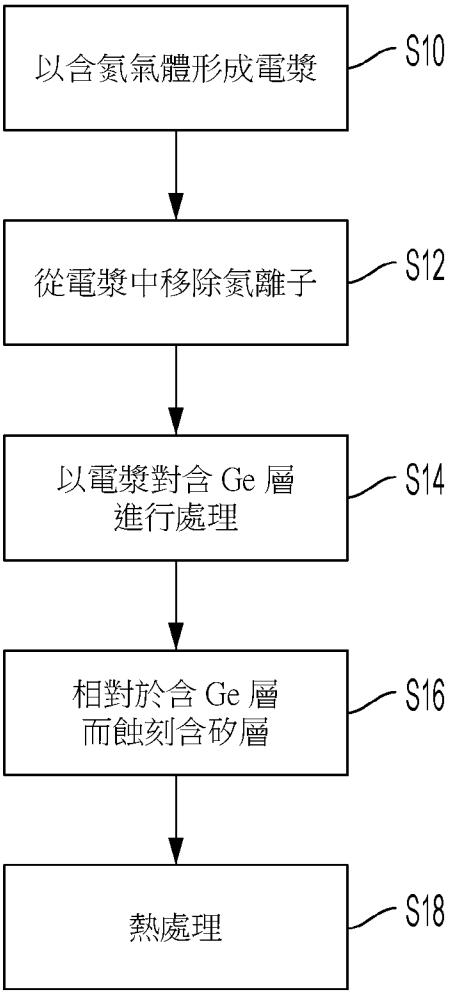

以含氮氣體形成電漿
S10
從電漿中移除氮離子
S12
以電漿對含 Ge 層
進行處理
S14
相對於含 Ge 層
而蝕刻含矽層
S16
熱處理
S18

圖 4

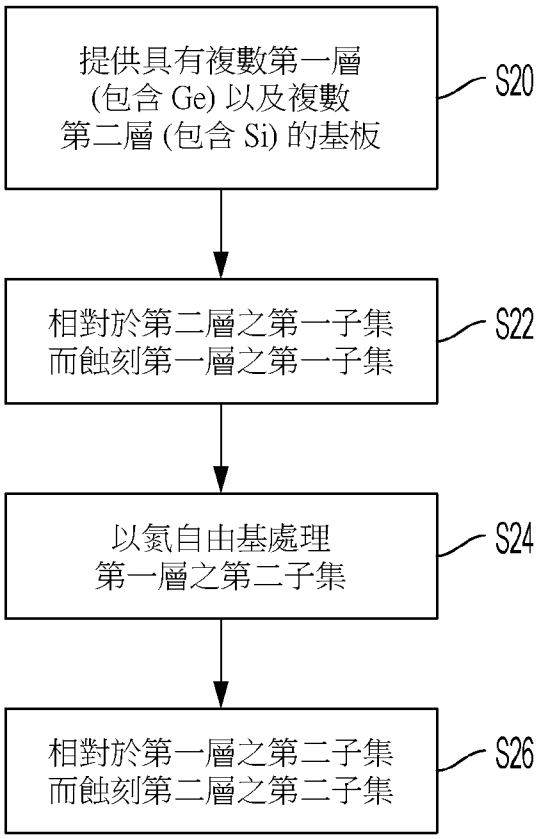

提供具有複數第一層
(包含 Ge) 以及複數
第二層 (包含 Si) 的基板
S20
相對於第二層之第一子集
而蝕刻第一層之第一子集
S22
以氮自由基處理
第一層之第二子集
S24
相對於第一層之第二子集
而蝕刻第二層之第二子集
S26

圖 5

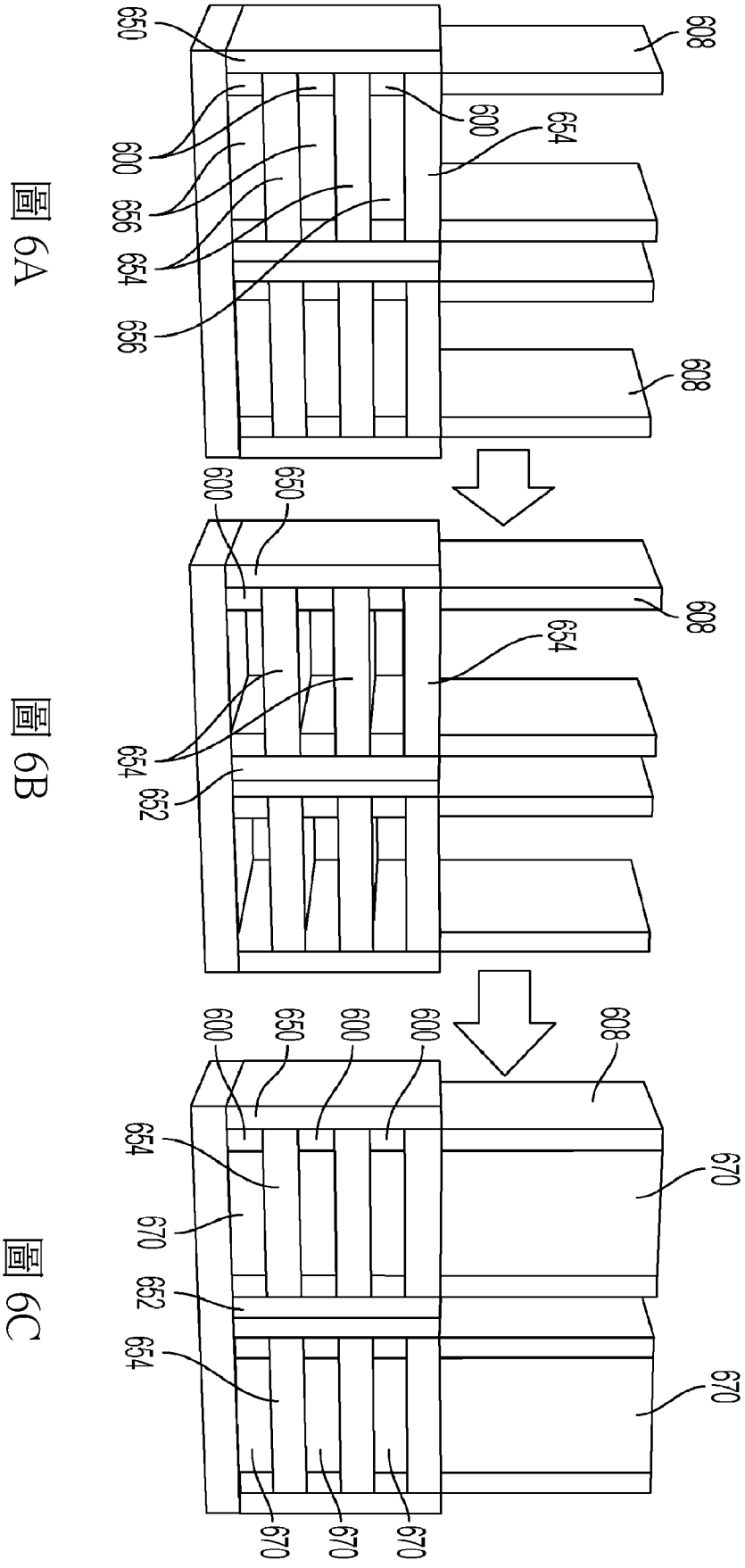

650
608
600
654
600
656
654
656
608
600
650
608
654
654
652
600
650
600
600
608
654
670
670
652
654
670
670
670

圖 6A

圖 6B

圖 6C

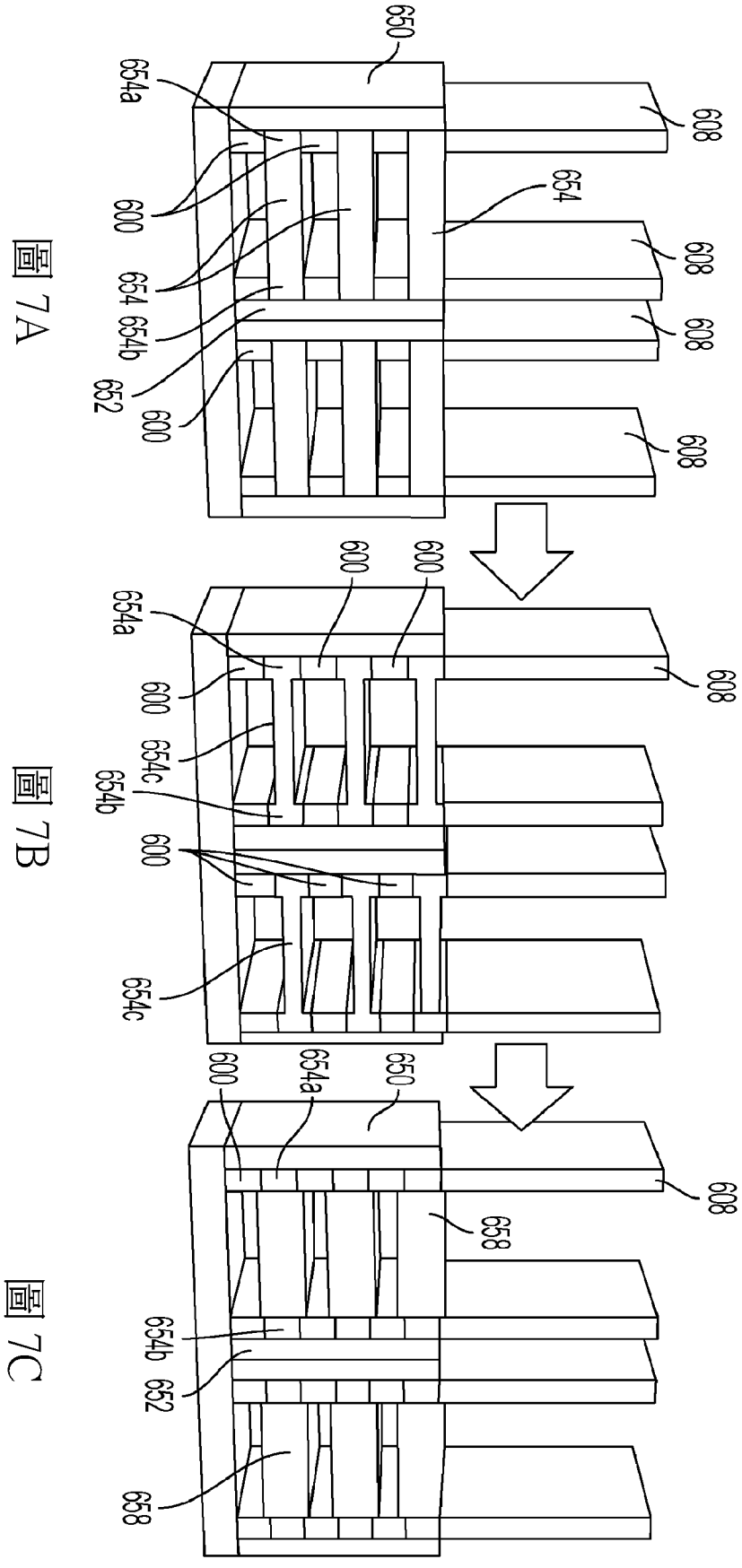

650
654a
608
600
654
608
654
654b
608
652
600
608
600
600
654a
608
600
654c
654b
600
654c
600
654a
650
608
658
654b
652
658

圖 7A

圖 7B

圖 7C

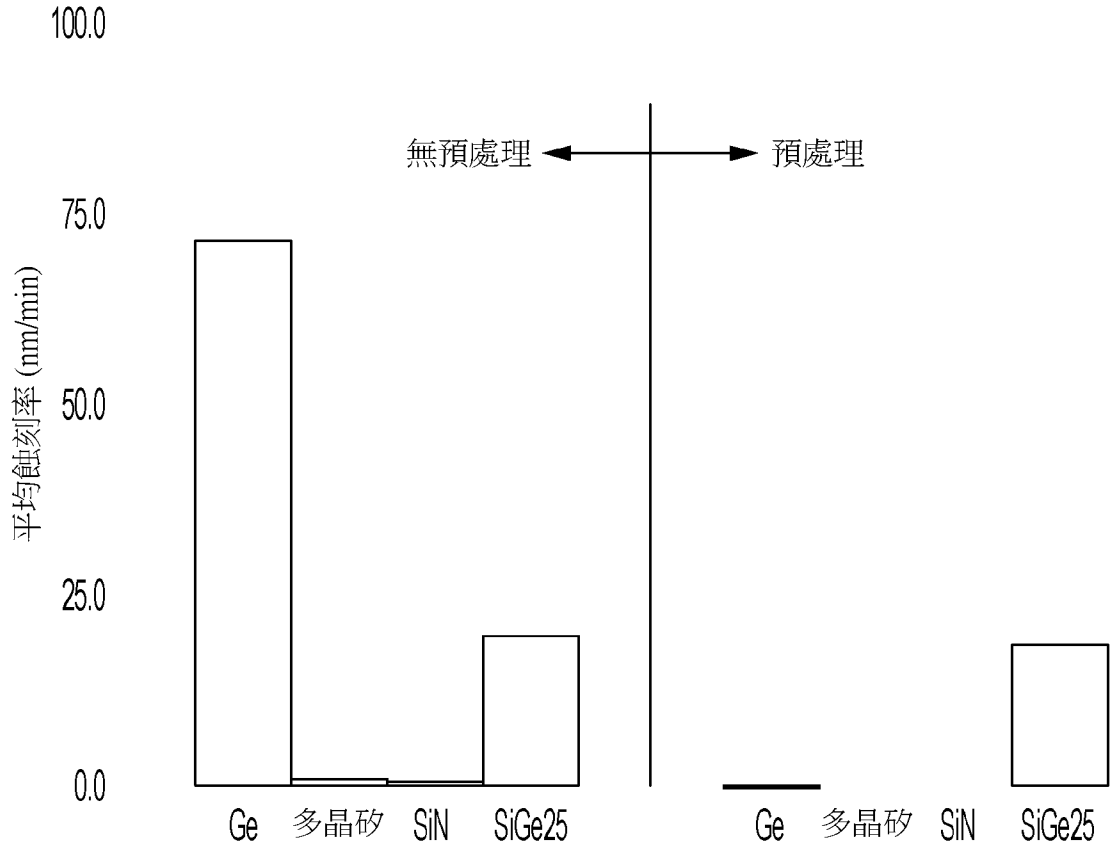

100.0
75.0
50.0
25.0
0.0
平均蝕刻率 (nm/min)
無預處理
預處理
Ge
多晶矽
SiN
SiGe25
Ge
多晶矽
SiN
SiGe25

圖 8

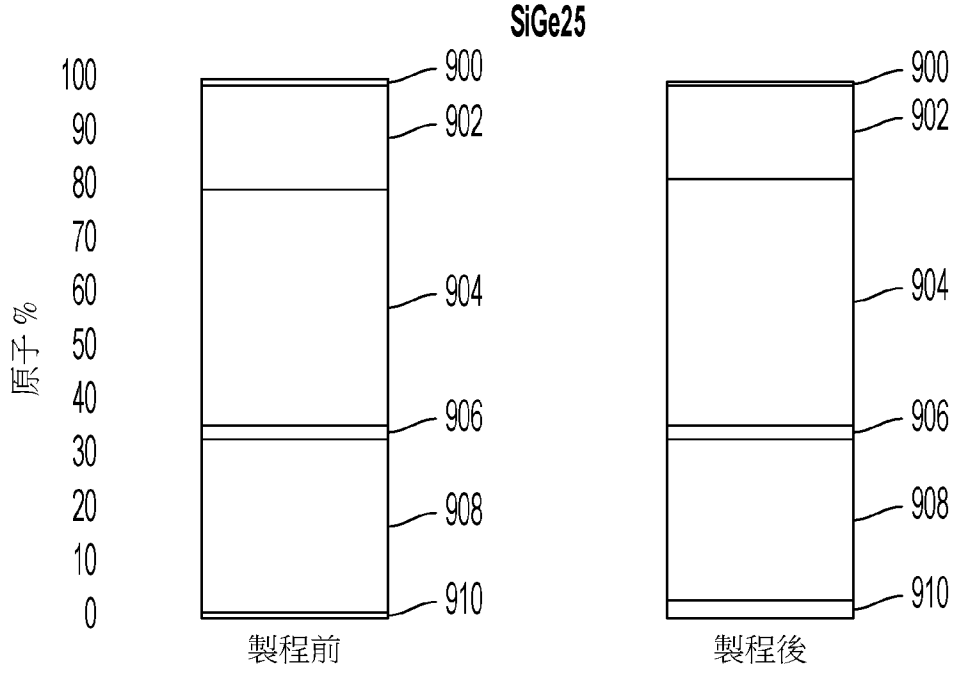

SiGe25
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
原子 %
900
902
904
906
908
910
製程前
900
902
904
906
908
910
製程後

圖 9

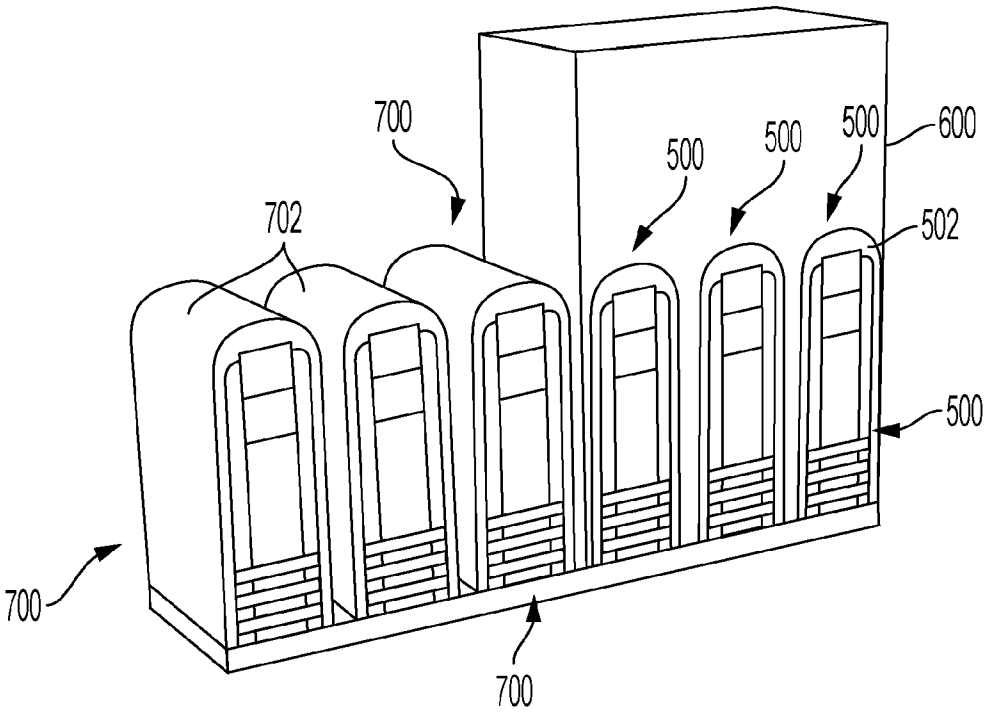

700
500
500
500
600
702
502
500
700
700

圖 10A

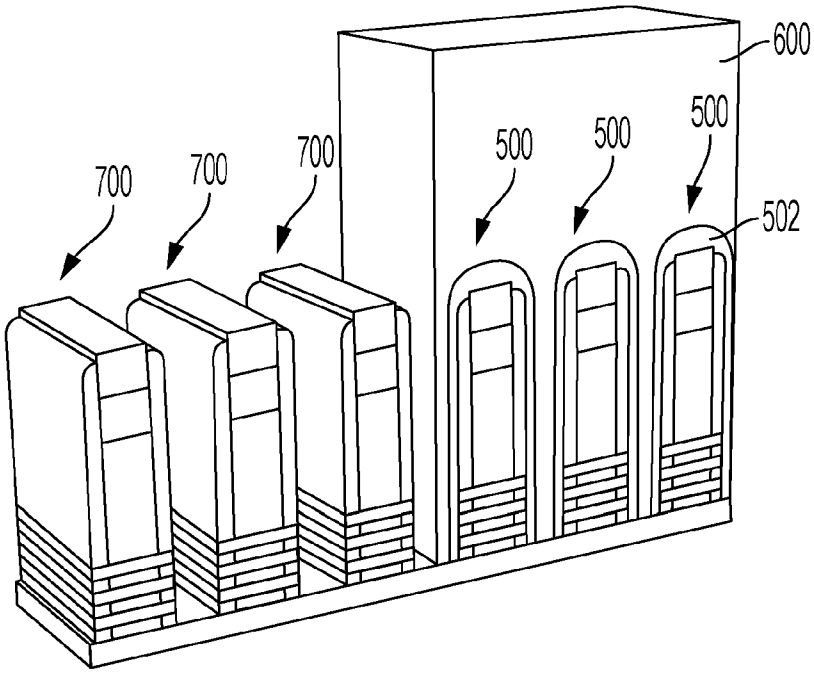

600
700
700
700
500
500
500
502

圖 10B