

(21)申請案號：102117768

(22)申請日：中華民國 97 (2008) 年 01 月 08 日

(51)Int. Cl. : H01L21/205 (2006.01)

H01L21/306 (2006.01)

(30)優先權：2007/01/31 美國

11/669,550

(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：林啟華 LAM, ANDREW (CN) ; 金以寬 KIM, YIHWAN (KR)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：2 項 圖式數：3 共 42 頁

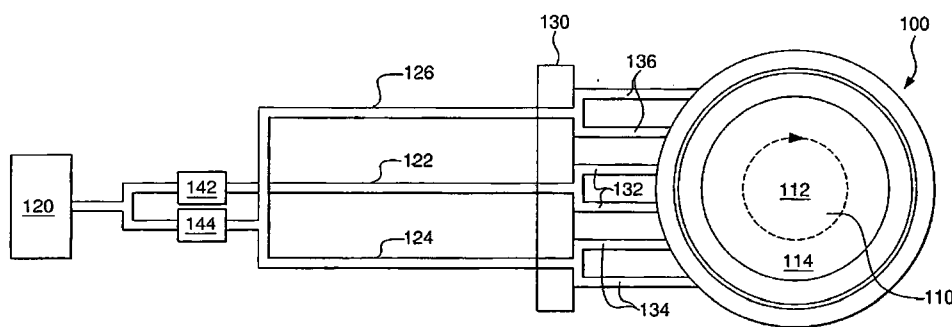
(54)名稱

選擇性磊晶製程控制

SELECTIVE EPITAXY PROCESS CONTROL

(57)摘要

提供選擇性地且磊晶式地在容納於處理腔室中之基板表面上形成含矽材料的方法。在一或多實施方式中，於沉積材料至基板上之期間降低處理腔室內的壓力，且於自基板蝕刻材料之期間提高處理腔室內的壓力。依據一實施例，處理氣體被流入至腔室的第一區和第二區，以提供流入至第一區之氣體量與流入至第二區之氣體量之比值。在一或多實施方式中，第一區為內部輻射狀區且第二區為外部輻射狀區，且沉積期間該內部輻射狀區與該外部輻射狀區之氣流比值小於蝕刻期間的比值。依據一或多實施方式，此選擇性磊晶式製程包括重複一循環之沉積處理及接著一蝕刻處理並選擇性施行一清潔處理，直到生成具有欲求厚度之磊晶層為止。



100：處理腔室

110：基板

112：內部輻射狀區

114：外部輻射狀區

120：氣體源

122：內部區氣體管道

124：外部區氣體管道

126：外部區氣體管道

130：分配埠

132：內部區埠

134：外部區埠

136：外部區埠

(21)申請案號：102117768

(22)申請日：中華民國 97 (2008) 年 01 月 08 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/205 (2006.01)*

H01L21/306 (2006.01)

(30)優先權：2007/01/31 美國

11/669,550

(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：林啟華 LAM, ANDREW (CN) ; 金以寬 KIM, YIHWAN (KR)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：2 項 圖式數：3 共 42 頁

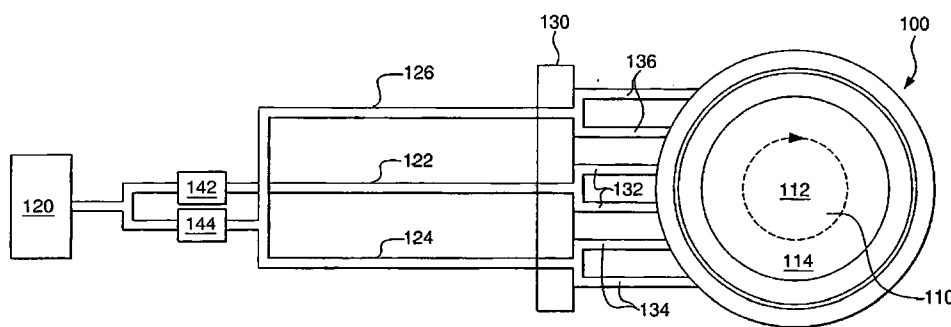
(54)名稱

選擇性磊晶製程控制

SELECTIVE EPITAXY PROCESS CONTROL

(57)摘要

提供選擇性地且磊晶式地在容納於處理腔室中之基板表面上形成含矽材料的方法。在一或多實施方式中，於沉積材料至基板上之期間降低處理腔室內的壓力，且於自基板蝕刻材料之期間提高處理腔室內的壓力。依據一實施例，處理氣體被流入至腔室的第一區和第二區，以提供流入至第一區之氣體量與流入至第二區之氣體量之比值。在一或多實施方式中，第一區為內部輻射狀區且第二區為外部輻射狀區，且沉積期間該內部輻射狀區與該外部輻射狀區之氣流比值小於蝕刻期間的比值。依據一或多實施方式，此選擇性磊晶式製程包括重複一循環之沉積處理及接著一蝕刻處理並選擇性施行一清潔處理，直到生成具有欲求厚度之磊晶層為止。



100：處理腔室

110：基板

112：內部輻射狀區

114：外部輻射狀區

120：氣體源

122：內部區氣體管道

124：外部區氣體管道

126：外部區氣體管道

130：分配埠

132：內部區埠

134：外部區埠

136：外部區埠

發明摘要

※ 申請案號： 102117768

※ 申請日： 97.1.8

※IPC 分類： H01L 21/205 (2006.01)

原申請案號： 97100734

H01L 21/306 (2006.01)

【發明名稱】 (中文/英文)

選擇性磊晶製程控制

SELECTIVE EPITAXY PROCESS CONTROL

【中文】

提供選擇性地且磊晶式地在容納於處理腔室中之基板表面上形成含矽材料的方法。在一或多實施方式中，於沉積材料至基板上之期間降低處理腔室內的壓力，且於自基板蝕刻材料之期間提高處理腔室內的壓力。依據一實施例，處理氣體被流入至腔室的第一區和第二區，以提供流入至第一區之氣體量與流入至第二區之氣體量之比值。在一或多實施方式中，第一區為內部輻射狀區且第二區為外部輻射狀區，且沉積期間該內部輻射狀區與該外部輻射狀區之氣流比值小於蝕刻期間的比值。依據一或多實施方式，此選擇性磊晶式製程包括重複一循環之沉積處理及接著一蝕刻處理並選擇性施行一清潔處理，直到生成具有欲求厚度之磊晶層為止。

【英文】

Methods of selectively and epitaxially forming a silicon-containing material on a substrate surface contained within a process chamber are provided. In one

or more embodiments, the pressure in the process chamber is reduced during deposition of material on the substrate and increased during etching of material from the substrate. According to an embodiment, process gases are flowed into the chamber through first zone and a second zone to provide a ratio of the amount of gas flowed to the first zone and the amount of gas flowed to the second zone. In one or more embodiments, the first zone is an inner radial zone and the second zone is an outer radial zone, and ratio of inner zone gas flow to outer zone gas flow is less during deposition than during etching. According to one or more embodiments, the selective epitaxial process includes repeating a cycle of a deposition and then an etching process, and an optional purge until the desired thickness of an epitaxial layer is grown.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

100	處理腔室	110	基板
112	內部輻射狀區	114	外部輻射狀區
120	氣體源	122	內部區氣體管道
124、126	外部區氣體管道		
130	分配埠	132	內部區埠

or more embodiments, the pressure in the process chamber is reduced during deposition of material on the substrate and increased during etching of material from the substrate. According to an embodiment, process gases are flowed into the chamber through first zone and a second zone to provide a ratio of the amount of gas flowed to the first zone and the amount of gas flowed to the second zone. In one or more embodiments, the first zone is an inner radial zone and the second zone is an outer radial zone, and ratio of inner zone gas flow to outer zone gas flow is less during deposition than during etching. According to one or more embodiments, the selective epitaxial process includes repeating a cycle of a deposition and then an etching process, and an optional purge until the desired thickness of an epitaxial layer is grown.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

100	處理腔室	110	基板
112	內部輻射狀區	114	外部輻射狀區
120	氣體源	122	內部區氣體管道
124、126	外部區氣體管道		
130	分配埠	132	內部區埠

201338021

134、136 外部區埠

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

選擇性磊晶製程控制

SELECTIVE EPITAXY PROCESS CONTROL

【技術領域】

【0001】 本發明實施方式大致是與電子製程與元件相關，詳言之，是與在形成電子元件的同時沉積含矽膜層的方法有關。

【先前技術】

【0002】 隨著製造較小電晶體之際，製造超淺源極/汲極接合區也變成製程上的一大挑戰。一般來說，次一百奈米互補式金氧半導體(complementary metal-oxide semiconductor, CMOS)元件的接合區深度必需小於 30 奈米。通常使用選擇性磊晶沉積方式來形成含矽材料(例如，Si、SiGe 和 SiC)的磊晶層到接合區中。一般來說，選擇性磊晶沉積容許磊晶層(即，表層)在矽圍繞區上生長，同時則不會在介電區域上生長。可使用選擇性磊晶在半導體元件中製造出特徵區域，例如凸出的源極/汲極區、源極/汲極延伸區、接觸插塞(plugs)或雙極元件的底層沉積。

【0003】 一般來說，選擇性磊晶製程涉及沉積反應與蝕刻反應。此沉積反應與蝕刻反應係以對磊晶層與多晶層不同的反應速率同時發生。在沉積製程期間，在單晶表面上生成一磊晶層，同時在至少一第二層(a secondary film)上(例如，一現存的多晶層和/或一非晶層)沉積一多晶層。但是，通常是以比

蝕刻磊晶層更快的速率蝕刻所沉積的多晶層。因此，藉由改變蝕刻氣體的濃度，選擇性製程的淨反應將導致磊晶材料的沉積及限制或沒有多晶材料的沉積。舉例來說，一選擇性磊晶製程可導致在一單晶矽表面生成一含矽材料的磊晶層但是間隔物上則完全不會有沉積物。

【0004】 含矽材料的選擇性磊晶製程已成為在生成凸出的源極/汲極和源極/汲極延伸特徵時，例如在生成含矽 MOSFET(金氧半導體場效電晶體)元件時，非常有用的技術。利用蝕刻矽表面來製造出一有凹槽的源極/汲極特徵並接著以一選擇性成長的磊晶層(例如，矽鍺材料)來填充該經蝕刻之表面，可製造出源極/汲極延伸特徵結構。選擇性磊晶容許原位摻雜時摻雜物幾近完全活化，因此可省略掉後續的退火處理。因此，可利用蝕刻矽及選擇性磊晶來精確地界定出接合區的深度。相反的，超淺源極/汲極接合區不可避免的會導致串聯電阻上升。此外，在生成矽化物時消耗掉的接合區也會導致串聯電阻進一步升高。為補償消耗掉的接合區，必須在接合區處選擇性地且磊晶地生成一凸出的源極/汲極區。一般來說，此凸出的源極/汲極區乃是不含摻雜物的矽。

【0005】 但是，目前的選擇性磊晶製程有一些缺點。為了在目前的磊晶處理中維持選擇性，必須控制前驅物的化學濃度以及反應溫度，同時在整個反應期間都必須加以調整。如果矽前驅物的輸送量不足，則蝕刻反應將成為主要反應並使整體反應速率減緩。此外，也可能出現對基板有害的過度蝕刻。相反的，如果蝕刻劑前驅物輸入量不足的話，則沉積反應將

成爲主要反應並降低在整個基板表面形成單晶和多晶材料的選擇性。此外，目前的選擇性磊晶製程通常需要高反應溫度，例如高於 800°C、1000°C 甚至更高。在製程過程中這樣的高溫並不是想要的，這是因爲熱預算考量且可能會使基板表面出現無法控制的氮化反應。此外，在低於 800°C 的溫度下同時進行蝕刻與沉積反應的傳統處理製程會造成無法接受的低生長速率。

【0006】 因此，亟需一種可選擇性地且磊晶式地沉積矽及含矽化合物的製程。期望能提供沉積具有選擇性摻雜物之這類化合物的製程。此外，此製程還必須能以可變的元素濃度來形成含矽化合物，同時具有一較快的沉積速率並維持一製程溫度在約 800°C 或以下。

【發明內容】

【0007】 依據一實施方式，一種選擇性地且磊晶式地形成一含矽材料在一基板表面上的方法，包含：

- a) 將一包含有一單晶表面和至少一介電表面的基板放置在一處理腔室內，該處理腔室包含一第一區和一第二區；
- b) 將該基板暴露在一含矽沉積氣體下並將該處理腔室內的壓力維持在約 50 torr 下，以於該單晶表面上生成一磊晶層並在該介電表面上生成一第二材料；
- c) 接著停止該沉積氣體流入該處理腔室內，升高該處理腔室內的壓力並將該基板暴露在一蝕刻氣體下以維持相對來說較高的蝕刻氣體分壓並蝕刻該第二材料；

d) 接著停止該蝕刻氣體流入該處理腔室內，並流入一清潔氣體到該處理腔室內；及

e) 接著重複步驟 b)、c)、和 d)至少一次。

【0008】 在一實施方式中，該方法更包括控制流入該第一區內和第二區內的氣體流，以提供在該第一區氣流與該第二區氣流的一個比值，並改變該第一區氣流與第二區氣流的比值使得在步驟 b)與步驟 c)中，該比值並不相同。在某些實施方式中，該第一區包括一內部輻射狀區且該第二區包括一外部輻射狀區，且氣體流動的方式是可提供流入該處理腔室內該內部輻射狀區氣流與該外部輻射狀區氣流的一比值(I/O)，並在將該基板暴露在沉積氣體之下時，維持該 I/O 值約低於 1，而在將該基板暴露在蝕刻氣體之下時，維持該 I/O 值約高於 1。依據某些實施方式，在沉積氣體流入該處理腔室時，幾乎沒有蝕刻氣體流入該處理腔室中。在一或多實施方式中，在該基板暴露在沉積氣體之下時，此 I/O 值約在 0.2 和 1.0 間，且在該基板暴露在蝕刻氣體之下時，此 I/O 值是約大於 1.0 且約低於 6.0。

【0009】 依據某些實施方式，在該基板暴露在蝕刻氣體之下時，該處理腔室內的壓力至少約為當該基板暴露在沉積氣體之下時該處理腔室內壓力的兩倍。在一或多實施方式中，在該基板暴露在蝕刻氣體之下時，該處理腔室內的壓力至少約為當該基板暴露在沉積氣體之下時該處理腔室內壓力的 2~10 倍。依據一或多實施方式，在整個製程期間該處理腔室內的溫度是維持在約低於 800°C，例如約低於 750°C。

【0010】 在另一實施方式中，一種選擇性地且磊晶式地形成一含矽材料在一基板表面上的方法，包含：將一包含有一單晶表面和至少一介電表面的基板放置在一處理腔室內，該處理腔室包含一第一氣流區和一第二氣流區；以一第一壓力將一含矽沉積氣體流入該處理腔室內並進入該第一氣流區及該第二氣流區，以提供約低於 1 的該第一氣流區及該第二氣流區中的沉積氣體流比值；接著停止該沉積氣體流入該處理腔室內，升高該處理腔室內的壓力至一第二壓力並以該第一區氣流與該第二區氣流中一蝕刻氣體流的比值約大於 1 的方式，流入該蝕刻氣體進入該處理腔室內的一內部輻射狀區與一外部輻射狀區；接著停止該蝕刻氣體流入該處理腔室內，並流入一清潔氣體進入該處理腔室內；及重覆依序流入沉積氣體、流入蝕刻氣體、及流入清潔氣體的步驟至少一次直到生成具有欲求厚度的一含矽材料為止。在一或多實施方式中，蝕刻時所升高的壓力會導致基板溫度上升，且在清潔時壓力下降會導致基板溫度下降。

【0011】 在一實施方式中，該第二壓力至少為第一壓力的兩倍。在某些實施方式中，該第二壓力約是第一壓力的 5~10 倍。依據一實施方式，在流入沉積氣體期間，第一區氣流與第二區氣流之比值介於約 0.2 至 1.0 間。在一或多實施方式中，在流入蝕刻氣體期間，第一區氣流與第二區氣流之比值是大於約 1.0 且低於約 6.0。

【0012】 在另一實施方式中，一種選擇性地且磊晶式地形成一含矽材料在一基板表面上的方法，包含：將一包含有一單

晶表面和至少一介電表面的基板放置在一處理腔室內，該處理腔室包含一第一氣流區和一第二氣流區；執行一沉積步驟，包括流入一含矽氣體到該處理腔室內同時在該期間內沒有蝕刻氣體流入該處理腔室內；執行一蝕刻步驟，包括流入一蝕刻氣體到該處理腔室內同時在該期間內沒有含矽氣體流入該處理腔室內；及執行一清潔步驟，在此期間流入一清潔氣體，其中一單次處理循環包括一沉積步驟、一蝕刻步驟及一清潔步驟且重複該處理循環至少一次，且氣體是流入該第一區和該第二區以在每一沉積步驟、蝕刻步驟及清潔步驟期間提供該處理腔室內一壓力及該第一區和第二區之一氣流比值，且該處理腔室內的壓力或該氣流比值兩者中至少一者在該沉積步驟與該蝕刻步驟期間是不同的。在一實施方式中，沉積步驟期間的壓力比蝕刻步驟期間的壓力來得低。在某些實施方式中，處理腔室內較低的壓力使得基板溫度下降。

【0013】 在一實施方式中，在沉積步驟期間第一區與第二區的氣流比值比蝕刻步驟期間的值來得低。在一實施方式中，第一區包含該處理腔室之一內部輻射狀區且第二區包含該處理腔室之一外部輻射狀區。在某些實施方式中，蝕刻期間的壓力至少為沉積期間壓力的兩倍。在一或多實施方式中，製程是在約低於 800°C 的溫度下實施。

【圖式簡單說明】

【0014】 爲了詳細理解本發明上述之特徵結構，可參照某些圖示於附圖中的實施例來理解簡短概述於**【發明內容】**中的本發明的更明確描述。然而，需注意附圖僅圖示本發

明之典型實施例而因此附圖不被視為本發明之範圍的限制因素，因為本發明可允許其他等效實施例。

【0015】 第 1 圖為依據一實施方式之處理腔室和一氣體分配系統的平面俯視示意圖；

【0016】 第 2A-2E 圖示出在 MOSFET 中製造源極/汲極延伸元件的製造技術示意圖；且

【0017】 第 3A-3C 圖示出利用本文所述實施方式所製成之數個內含選擇性且磊晶式沉積之含矽層的元件。

【0018】 在描述本發明多個示範性實施方式之前，需理解本發明部受限於下方描述所提出之構造或製程步驟的細節。本發明能有其他實施方式且能用多種方式加以實施或執行。

【實施方式】

【0019】 本發明實施方式大致提供在製造電子元件期間，選擇性地及磊晶式地沉積含矽材料在一基板之單晶表面的方法。將包含一單晶表面(即，矽或矽鍺)和至少一第二表面(例如，氧化物或氮化物之非晶形表面和/或多晶表面)的圖案化基板，暴露在一磊晶製程中，以於單晶表面上形成一磊晶層同時形成有限的或沒有多晶層在該第二表面上。依據一或多實施方式，此磊晶製程，又可稱為交替供應氣體製程(alternating gas supply processs, ASG 製程)，包括重複一循環之一沉積處理和一蝕刻處理，直到生成一具有欲求厚度的磊晶層為止。AGS 製程揭示在共同受讓的美國專利申請案第 11/001,774 號且公開號為 US 2006/0115934 的說明書內容中，其標題為「Selective Epitaxy Process with Alternating Gas Supply」。

依據一或多實施方式，此交替供應氣體製程可包括重覆一循環之一沉積處理、一蝕刻處理和一清潔處理，直到生成一具有欲求厚度的磊晶層為止。

【0020】 在一或多實施方式中，該沉積處理包括將基板表面暴露在內含至少一矽源的沉積氣體下。典型的，該沉積氣體也包括一載氣。在一或多實施方式中，該沉積氣體也可包括一鍺源或一碳源，以及一摻質源。在沉積處理期間，一磊晶層係形成在該基板之單晶表面上，同時一多晶層則係形成在第二表面(例如，一非晶表面和/或多晶表面)上。接著，將基板暴露在蝕刻氣體下。此蝕刻氣體包含一載氣和一蝕刻劑(例如，氟氣或氟化氫)。此蝕刻氣體可移除沉積處理期間所沉積的含矽材料。依據某些實施方式，在蝕刻處理期間，多晶層係以較磊晶層更快的速率被移除。因此，沉積與蝕刻處理的淨反應可獲致在單晶表面上磊晶生長含矽材料，同時使第二表面上含多晶矽材料的生長有限，或甚至沒有。在一或多實施方式中，在沉積步驟與蝕刻步驟之間可調整處理腔室內的壓力，使得蝕刻期間的壓力高於沉積期間的壓力。依據一或多實施方式，所增加的壓力可導致基板溫度上升。在其他實施方式中，可調整處理腔室內特定區域中的氣體分佈並在沉積步驟和蝕刻步驟之間加以改變。可視需要重複實施一循環之沉積和蝕刻處理，以獲得一具有欲求厚度的含矽材料層。可以本發明實施方式加以沉積之含矽材料包括矽、矽鍺、矽碳、矽鍺碳、及其之各種摻質變化。

【0021】 在製程的一實施方式中，使用氟氣作為蝕刻劑可降

低整體製程溫度到低於 800°C 以下。一般來說，沉積處理可在較蝕刻處理更低的溫度下實施，此係因蝕刻劑通常需要較高的溫度才能活化之故。舉例來說，可在約 500°C 或更低的溫度下熱分解矽烷以沉積矽，同時氯化氫卻需要約 700°C 或更高的活化溫度才能做爲一有效的蝕刻劑。因此，如果在處理期間使用氯化氫，整體製程溫度將會因爲需要較高溫度來活化氯化氫之故而上升。氯對整體製程的貢獻在於可降低所需的整體製程溫度。氯可在大約 500°C 左右的溫度下被活化。因此，相較於使用氯化氫做爲蝕刻劑的製程來說，藉由在製程中使用氯作爲蝕刻劑，可顯著地降低整體製程溫度約 200°C 至約 300°C。此外，氯可以較氯化氫更快的速率來蝕刻含矽材料。因此，氯蝕刻劑可提高整體製程速率。

【0022】 載氣可以是任何一種適當的惰性氣體或氫氣。雖然依據特定實施方式可使用諸如氫或氮之類的鈍氣作爲惰性載氣，但氮氣是較具經濟效益的惰性載氣。氮氣一般比氫氣、氫氣或氮氣來得便宜。使用氮氣作爲載氣的缺點之一是沉積處理期間可能會在基板表面上產生不欲求的氮化。但是，如此則需要諸如高於 800°C 的高溫才能使氮氣被活化。因此，在一或多實施方式中，在低於氮氣活化閾值下之溫度執行的製程，可使用氮氣作爲惰性載氣。使用氯作爲蝕刻劑加上使用氮氣作爲載氣這樣兩者的組合效應大幅地提高整體製程的速率。

【0023】 在本文中，「含矽(silicon-containing)」材料、化合物、膜或層一詞必須解釋成包括有一至少內含矽的組合物，

其也可包括有銻、碳、硼、砷、磷、鎵和/或鋁。可將其它元素，例如金屬、鹵素或氫併入至一含矽材料、化合物、膜或層中，併入的濃度通常在 ppm 範圍。含矽材料之化合物或合金可以縮寫方式來表示，Si 代表矽、SiGe 代表矽銻、SiC 代表矽碳且 SiGeC 代表矽銻碳。這些縮寫並不用來表示合乎化學計量的化學方程式，也非用來表示該含矽材料之任一特定的還原/氧化狀態。

【0024】 依據一或多實施方式，修改該 AGS 處理以調控在矽結晶基板和介電層之間不同的成核速率和機制。依據本發明一實施方式，在沉積和膜層蝕刻反應期間，單獨將膜層生長反應最佳化並使用一系列交替的沉積及蝕刻處理，可在不損失選擇性的前提下，提供一高的選擇性生長速率。雖然本發明並不受限於任一理論，在某些實施方式中，可透過調控以下一或多者：沉積和蝕刻劑氣體、氣流分布、基板溫度和一循環之沉積及蝕刻期間的反應器壓力，以提供具有高沉積速率的選擇性製程，而達成抑制介電表面上矽核的生成在其關鍵尺寸之下。在特定實施方式中，於沉積膜層的步驟中，將反應器壓力保持在相當低的壓力下，例如，將壓力控制閥完全打開，並在不引入任何蝕刻劑氣體的情況下將含矽源引入至處理腔室內。須知也可以其他方式來降低腔室內的壓力。依據一或多實施方式，低壓沉積循環以維持低沉積分壓並利用熱傳導降低晶圓溫度，來達成抑制介電層上生成過量膜核的目的。

【0025】 在一或多實施方式中，在膜層蝕刻步驟中，利用完

全關閉壓力控制閥並將蝕刻劑(如，HCl)氣體而非沉積氣體引入到處理腔室內，來提高反應器中的壓力。依據本明實施方式，此種高壓蝕刻循環可提供高蝕刻分壓並利用熱傳導來升高晶圓溫度，因此可提高膜層的蝕刻效率。利用將沉積和蝕刻步驟的循環時間最佳化，可在矽表面上磊晶生長及介電膜上沒有膜核生成兩者間取得平衡，因而可在不損失選擇性的情況下獲得高選擇性生長速率。

【0026】 一用來沉積含矽層之磊晶方法的示範性實例，包括載入基板(其通常為圖案化的基板)到處理腔室內，及調整處理腔室內的條件至欲求的溫度與壓力。依據一或多實施方式，將處理腔室內的壓力保持在極低的情況下，例如，低於 50 torr。在一特定實施方式中，將壓力降低到大約 20 torr 左右。當壓力維持在相對低的情況下時，利用流入諸如矽源氣體之類的沉積氣體來開始一沉積處理，以於基板的單晶表面上生成一磊晶層，同時在基板的非晶表面和/或多晶表面上形成多晶層。

【0027】 依據一或多實施方式，在沉積期間，維持處理腔室內的氣流分布使得一第一區(例如，處理腔室之一內部輻射狀區)比一第二區(處理腔室之一外部輻射狀區)，擁有較多量的沉積氣體。所選定的處理腔室之內部輻射狀區與外部輻射狀區恰與被處理之基板直徑一致。但是，須知也可以其它方式來改變流入處理腔室之氣流的分布。在一例示的實施方式中，此內部輻射狀區可為基板之一中央共軸區域，其約為被處理基板直徑的 $1/2$ 。至於外部輻射狀區則是由包圍住該內部

輻射狀區的區域組成。舉例來說，在用來處理直徑大約 300 毫米之圓形基板的處理腔室中，該內部輻射狀區大約為基板中央區域約 75 毫米的範圍。

【0028】 參照第 1 圖，其為包括有一基板 110 之處理腔室 100 的平面俯視示意圖。此處理腔室包括有內含基板 110 之一第一或內部輻射狀區 112 和一第二或外部輻射狀區 114。一氣體源 120 係與一內部區氣體管道 122 和外部區氣體管道 124、126 間彼此為流體相通狀態。氣體管道 122、124 及 126 是連接到與腔室呈流體相通的分配埠 130。此分配埠 130 又可與一或多個內部區埠 132 及二或多個外部區埠 134、136 流體相通。以一內部區計量閥 142 和一外部區計量閥 144 來分別控制流入內部輻射狀區 112 和外部輻射狀區 114 內的處理氣體量。可調整該些計量閥 142 和 144 來減少內部區氣體管道 122 和外部區氣體管道 124 的直徑。利用降低氣體管道的直徑，可減少流入一區內的氣體量，而提高一氣體管道的直徑，則可增加流入一區內的氣體量。這類氣體分佈配置可購自加州聖塔卡拉市的應用材料公司，商品為包括有 Accusett™ 計量閥之 Epi Centura® 系統。可理解也可使用其他方式來降低流入各區內的氣流量。舉例來說，可利用質流控制器而非計量閥，或使用其他適當的流量控制器，來調節流入氣體管道內的氣體量。此外，也可使用提供一內部輻射狀區及外部輻射狀區以外的方式來改變腔室內的氣流分佈。

【0029】 流入內部輻射狀區 112 和外部輻射狀區 114 中的氣流量比值可以 I/O 來表示，其中 I 代表流入內部輻射狀區 112

內的氣流量，O 代表流入外部輻射狀區 114 內的氣流量。在一或多實施方式中，沉積期間，I/O 比值約小於 1.0。依據某些實施例，I/O 比值一般介於約 0.2 至 1.0 間，在一特定實施例中，此比值在約 0.4 至 0.8 間。

【0030】 之後，終止沉積處理，並依據或多實施方式，逐漸提高或調高處理腔室內的壓力至一較高壓力，例如大於約 50 torr。依據一或多實施方式，將壓力逐漸調高到大約 100 torr 或更高，例如，約 300 torr。依據某些實施例，處理腔室內壓力上昇將在不改變基板處理設備溫度設定點的情況下，造成基板溫度升高。換言之，可在不改變供應到基板加熱元件(通常為加熱燈)的電功率下，改變基板的溫度。之後，讓蝕刻氣體流入處理腔室的內部及外部輻射狀區。依據一或多實施方式，蝕刻氣體流入的時候，沒有任何沉積氣體流入。在本發明的一實施方式中，可調整內部及外部輻射狀區內的氣流分佈，使得流入至內部輻射狀區的氣流量大於流入至外部輻射狀區中的氣流量。依據一或多實施方式，蝕刻期間的 I/O 比值遠大於 1，例如，在 1.0 至 6.0 之間，更明確的說，是在約 1.0 至約 3.0 之間。較佳是，相較於磊晶層，多晶層係以較高的蝕刻速率蝕刻。此蝕刻步驟可在僅移除磊晶層中極小部分的情況下，使多晶層被完全移除或最小化。之後，終止此蝕刻步驟。接著可藉由測量厚度來確定磊晶層與多晶層的厚度。如果已達到磊晶層或多晶層的預期厚度，則終止此磊晶製程。但是，如果未達到預期厚度，則重複此沉積與蝕刻步驟之循環，直到獲得欲求厚度的膜層為止。

【0031】 此沉積步驟與蝕刻步驟順序可更包括一清潔處理腔室的步驟。在清潔後，可測量磊晶層的厚度，必要時，可再重複此沉積、蝕刻及附加的清潔步驟。在清潔步驟期間，將處理腔室內的壓力降低至腔室蝕刻期間所維持的壓力之下，且根據某些實施方式，可將壓力降低至與沉積期間相同之壓力。依據一或多實施方式，處理腔室內壓力下降會導致基板溫度迅速下降。因此，可在不供應額外電力到處理腔室之加熱燈的情況下，利用調控處理腔室內的溫度來控制基板的溫度。此外，在清潔期間，可調整 I/O 比值使得流到外部輻射狀區內的清潔氣體流量大於流到內部輻射狀區內的清潔氣體流量。

【0032】 以下將詳細說明處理步驟。載入至處理腔室內的基板一般為已圖案化的基板。圖案化的基板乃是基板表面上含有已形成於其上或其中的多種電子元件的基板。此種圖案化基板通常包含單晶表面和至少一非單晶形的第二表面，例如多晶或非晶形表面。單晶表面包括裸晶基板或一沉積的單晶層，通常由諸如矽、矽鍺或矽碳等材料所形成。多晶或非晶形表面可包括介電材料，例如氧化物或氮化物，明確的說，就是氧化矽或氮化矽，以及非晶矽表面。

【0033】 磊晶製程是以調整內含圖案化基板之處理腔室至如上述沉積步驟之預定溫度與壓力的方式開始。溫度是依照特定實施製程來調整。在前技製程中，在整個磊晶製程期間，處理腔室是維持在恆定的壓力、溫度和流量分佈的情況下。但是，依據本發明實施方式，在沉積、蝕刻與清潔步驟之間，

溫度是可以改變的。在一實施方式中，在蝕刻步驟期間，將溫度升高。在沉積期間，則將處理腔室溫度保持在約 250°C 至約 1000°C 的範圍，特別是從約 500°C 至約 800°C，且更特定是從約 550°C 至約 750°C。可用來實施磊晶製程的適當溫度取決於用來沉積和或蝕刻含矽材料的特定前驅物。在一實例中，已經發現在比使用一般蝕刻劑之製程更低的溫度下，氟氣特別適合作為含矽材料的蝕刻劑。因此，在一實施方式中，適合用來預熱處理腔室的溫度約為 750°C 或更低，特別是約 650°C 或更低，更好是約 550°C 或更低。在沉積期間，處理腔室內的壓力通常保持在約 1 torr 至約 50 torr 間。

【0034】 在沉積處理期間，將圖案化基板暴露在沉積氣體下，以於單晶表面上形成磊晶層並在第二表面上形成多晶層。基板暴露在沉積氣體下的時間大約為 0.5 秒至約 30 秒間，例如，約 1 秒至約 20 秒間，更佳是約 5 秒至約 10 秒間。暴露在沉積氣體下之時間長短是由蝕刻處理時的暴露時間長短與製程中所用特定前驅物和溫度來決定。一般來說，基板必須暴露在沉積氣體下足夠長的時間，以形成最大厚度的磊晶層，同時形成可被輕易蝕刻掉之最小厚度的多晶層。

【0035】 沉積氣體含有至少一矽源和一載氣，且可包含至少一種次要元素源，例如鍺源和/或碳源。此外，沉積氣體可更包括一種摻雜化合物，以提供摻質來源，例如硼、砷、磷、鎘和/或鋁。

【0036】 矽源通常以約 5 sccm 至約 500 sccm 的速率被供應到處理腔室內，例如，約 10 sccm 至約 300 sccm，更佳是約

50 sccm 至約 200 sccm，例如約 50 sccm。沉積氣體中可用來沉積含矽化合物的矽源包括矽烷、鹵化矽烷及有機矽烷。矽烷包括 SiH_4 和實驗式為 $\text{Si}_x\text{H}_{(2x+2)}$ 的高級矽烷，例如 Si_2H_6 、 Si_3H_8 、 Si_4H_{10} 等等。鹵化矽烷包括實驗式為 $\text{X}'_y\text{Si}_x\text{H}_{(2x+2-y)}$ 的化合物，其中 $\text{X}' = \text{F}$ 、 Cl 、 Br 或 I ，例如六氟二矽烷 (Si_2Cl_6)、四氯矽烷 (SiCl_4)、二氯矽烷 (SiH_2Cl_2) 和三氯矽烷 (SiHCl_3)。有機矽烷包括實驗式為 $\text{R}_y\text{Si}_x\text{H}_{(2x+2-y)}$ 的化合物，其中 $\text{R} =$ 甲基、乙基、丙基或丁基，例如甲基矽烷 ($(\text{CH}_3)\text{SiH}_3$)、二甲基矽烷 ($(\text{CH}_3)_2\text{SiH}_2$)、乙基矽烷 ($(\text{CH}_3\text{CH}_2)\text{SiH}_3$)、甲基二矽烷 ($(\text{CH}_3)\text{Si}_2\text{H}_5$)、二甲基二矽烷 ($(\text{CH}_3)_2\text{Si}_2\text{H}_4$) 和六甲基二矽烷 ($(\text{CH}_3)_6\text{Si}_2$)。已知在沉積含矽化合物時併入有碳的實施方式中，有機矽烷乃是有益的矽源和碳源。

【0037】 矽源一般與載氣一起被供應到處理腔室內。載氣的流速從約 1 slm(標準公升/分鐘)至約 100 slm，例如約 5 slm 至約 75 slm，更佳是約 10 slm 至約 50 slm，例如約 25 slm。載氣可包括氮氣、氫氣、氬氣、氦氣及其之組合。較佳是使用惰性載氣且包括氮氣、氬氣、氦氣及其之組合。可依據磊晶製程中所用的前驅物種類和製程溫度來選擇載氣種類。在沉積與蝕刻每個步驟所用的載氣種類可以相同。但是，在某些實施方式中，則可在特定步驟時，使用不同種類的載氣。例如，可選用氮氣作為沉積期間矽源的載氣，及蝕刻期間蝕刻劑的載氣。

【0038】 在低溫製程 ($<800^\circ\text{C}$) 的實施方式中，可以氮氣作為載氣。低溫製程便得可行，一部分原因是蝕刻處理期間使用

氮氣之故。在低溫沉積處理期間，氮氣仍然維持惰性。因此，低溫製程期間，氮氣不會被併入至沉積之含矽材料內。最後，低溫製程還可因使用氮氣作為載氣而更具經濟效益，因為氮氣比氫氣、氬氣或氦氣都來得便宜。雖然氮氣具有數種優點，但本發明並不限於使用氮氣作為載氣，也可使用其他諸如氫氣及鈍氣類氣體作為載氣。

【0039】 沉積氣體也可含有至少一種次要元素源(secondary elemental source)，例如鍺源和/或碳源。可將此鍺源加到處理腔室內，與矽源和載氣一起形成含矽化合物，例如矽鍺材料。鍺源通常以約 0.1 sccm 至約 20 sccm 的速率供應到處理腔室內，例如約 0.5 sccm 至約 10 sccm 間，更佳是約 1 sccm 至約 5 sccm 間，例如約 2 sccm。可用來沉積含矽化合物的鍺源包括鍺烷(GeH_4)、高級鍺烷及有機鍺烷。高級鍺烷包括和實驗式為 $\text{Ge}_x\text{H}_{(2x+2)}$ 的化合物，例如 Ge_2H_6 、 Ge_3H_8 、 Ge_4H_{10} 等等。有機鍺烷包括例如甲基鍺烷($(\text{CH}_3)\text{GeH}_3$)、二甲基鍺烷($(\text{CH}_3)_2\text{GeH}_2$)、乙基鍺烷($(\text{CH}_3\text{CH}_2)\text{GeH}_3$)、甲基二鍺烷($(\text{CH}_3)\text{Ge}_2\text{H}_5$)、二甲基二鍺烷($(\text{CH}_3)_2\text{Ge}_2\text{H}_4$)和六甲基二鍺烷($(\text{CH}_3)_6\text{Ge}_2$)。已知在併入有鍺和碳之沉積含矽化合物的實施方式(即，矽鍺和矽鍺碳化合物)中，鍺烷和有機鍺烷乃是有益的鍺源和碳源。磊晶層中的鍺濃度一般在約 1 原子%至約 30 原子%間，例如約 20 原子%。磊晶層中的鍺濃度也可為漸變式的。較佳是在磊晶層下部分含有較其上部分更高的鍺濃度。

【0040】 或者，可將碳源加到處理腔室內，與矽源和載氣一起形成含矽化合物，例如矽碳材料。碳源通常以約 0.1 sccm

至約 20 sccm 的速率供應到處理腔室內，例如約 0.5 sccm 至約 10 sccm 間，更佳是約 1 sccm 至約 5 sccm 間，例如約 2 sccm。可用來沉積含矽化合物的碳源包括有機矽烷；乙基、丙基及丁基之烴類、烯類及炔類。這類碳源包括甲基矽烷((CH₃)SiH₃)、二甲基矽烷((CH₃)₂SiH₂)、乙基矽烷((CH₃CH₂)SiH₃)、甲烷(CH₄)、乙烯(C₂H₄)、乙炔(C₂H₂)、丙烷(C₃H₈)、丙烯(C₃H₆)、丁炔(C₄H₆)等等。磊晶層中的碳濃度一般在約 200 ppm 至約 5 原子%間，約 1 原子%至約 3 原子%間，例如，約 1.5 原子%。在一實施方式中，磊晶層中的碳濃度也可為漸變式的。較佳是在磊晶層一開始的部分含有較其最終部分更低的碳濃度。或者，可在沉積期間同時添加鍺源與碳源到處理腔室內，與矽源和載氣一起形成含矽化合物，例如矽碳或矽鍺碳材料。

【0041】 所用的沉積氣體更可包括至少一種摻質化合物，以提供諸如硼、砷、磷、鎵、或鋁之類的摻質元素源。摻質可讓所沉積的含矽化合物具有各種傳導性質，例如電子元件所需之在經控制且欲求通道內的雙向電子流。含矽化合物膜層中摻雜了特定摻質，以達成欲求的傳導性質。在一實例中，此含矽化合物是摻雜了 p-型摻質，例如，以二硼烷來添加硼使其濃度達約 10¹⁵ 原子/立方公分至約 10²¹ 原子/立方公分間。在一實例中，此 p-型摻質的濃度至少約為 5x10¹⁹ 原子/立方公分；在另一實例中，此 p-型摻質的濃度在約 1x10²⁰ 原子/立方公分至約 2.5x10²¹ 原子/立方公分間。在其他實施例中，此含矽化合物是摻雜了 n-型摻質，例如以磷和/或砷進行

摻雜，使其濃度達約 10^{15} 原子/立方公分至約 10^{21} 原子/立方公分間。

【0042】 摻質源通常在以約 0.1 sccm 至約 20 sccm 的速率在沉積期間被供應到處理腔室內，例如約 0.5 sccm 至約 10 sccm 間，更佳是在約 1 sccm 至約 5 sccm 間，如約 2 sccm。可作為摻質源的含硼摻質包括硼烷和有機硼烷。硼烷包括硼烷、二硼烷(B_2H_6)、三硼烷(B_3H_8)、四硼烷(B_4H_{10})、五硼烷(B_5H_{12})，至於烷基硼烷則包括實驗式為 $R_xBH_{(3-x)}$ 的化合物，其中 R=甲基、乙基、丙基或丁基，且 $x=1$ 、2 或 3。烷基硼烷包括三甲基硼烷($(CH_3)_3B$)、二甲基硼烷($(CH_3)_2BH$)、三乙基硼烷($(CH_3CH_2)_3B$)和二乙基硼烷($(CH_3CH_2)_2BH$)。摻質也包括砷(AsH_3)、磷(PH_3)和烷基磷，例如實驗式為 $R_xPH_{(3-x)}$ 的化合物，其中 R=甲基、乙基、丙基或丁基，且 $x=1$ 、2 或 3。烷基磷包括三甲基磷($(CH_3)_3P$)、二甲基磷($(CH_3)_2PH$)、三乙基磷($(CH_3CH_2)_3P$)和二乙基磷($(CH_3CH_2)_2PH$)。鋁和鎵的摻質源可包括烷基化的和/或鹵化的衍生物，例如實驗式為 $R_xMX_{(3-x)}$ 的化合物，其中 M = 鋁或鎵，R=甲基、乙基、丙基或丁基，X=氯或氟且 $x=1$ 、2 或 3。鋁和鎵摻質源的實例包括三甲基鋁(Me_3Al)、三乙基鋁(Et_3Al)、二甲基氯化鋁(Me_2AlCl)、三氯化鋁($AlCl_3$)、三甲基鎵(Me_3Ga)、三乙基鎵(Et_3Ga)、二甲基氯化鎵(Me_2GaCl)、三氯化鎵($GaCl_3$)。

【0043】 待沉積製程終止後，在一實施方式中，以一清潔氣體或載氣清洗處理腔室和/或以真空泵將處理腔室抽空。清洗或抽空處理可移除過量的沉積氣體、反應副產物和其他污染

物。在另一實施方式中，一旦沉積處理終止後，即可在不抽空或不清洗處理腔室的情況下，即刻開始蝕刻處理。

【0044】 蝕刻處理可移除沉積期間沉積在基板表面的含矽材料。此蝕刻處理可移除磊晶或單晶材料及非晶或多晶材料。沉積在基板表面上的多晶層，如果有的話，是以比移除磊晶層更快的速率被移除。蝕刻處理的時間週期必須和沉積處理的時間週期彼此平衡，才能獲得選擇性形成在基板欲求表面上的淨磊晶層沉積。因此，沉積處理與蝕刻處理的淨反應乃是要在有最少含多晶矽材料生長(如果有的話)的情況下，形成選擇性且磊晶式生長的含矽材料。

【0045】 蝕刻期間，將基板暴露在蝕刻氣體下一段長約 10 秒至約 90 秒的時間，例如，約 20 秒至約 60 秒，更佳是約 30 秒至約 45 秒的時間。蝕刻氣體包括至少一種蝕刻劑和一載氣。蝕刻劑通常以約 10 sccm 至約 700 sccm 的速率被供應到處理腔室內，例如約 50 sccm 至約 500 sccm 間，更佳是在約 100 sccm 至約 400 sccm 間，如約 200 sccm。可用於蝕刻氣體中的蝕刻劑包括氯氣(Cl_2)、氯化氫(HCl)、三氯化硼(BCl_3)、四氯化碳(CCl_4)、三氟化氯(ClF_3)、及其之組合。

【0046】 蝕刻劑通常與載氣一起被供應到處理腔室內。載氣的流速一般在約 1 slm 至約 100 slm 間，例如約 5 slm 至約 75 slm 間，較佳是在約 10 slm 至約 50 slm 間，例如，約 25 slm。載氣可包括有氮氣(N_2)、氫氣(H_2)、氬氣、氦氣及其之組合。在某些實施方式中，可使用一惰性氣體做為載氣，包括氮氣(N_2)、氬氣、氦氣及其之組合。可依據磊晶製程所選用的特定

前驅物和/或溫度來選擇適當氣體作為載氣。

【0047】 待蝕刻製程終止後，在一實施方式中，以一清潔氣體或載氣來清洗處理腔室和/或以真空泵將處理腔室抽空。清洗或抽空處理可移除過量的蝕刻氣體、反應副產物和其他污染物。在另一實施方式中，一旦蝕刻處理終止後，即不再進行清洗。清潔期間，可將處理腔室內的壓力降低到小於約 50 torr，例如至約 10 torr，且可調整氣體流分佈。

【0048】 待執行完一或多循環之沉積、蝕刻及選擇性施行的清潔處理後，即可測量磊晶層和/或多晶層的厚度。如果已達成預期厚度，即可終止磊晶製程。但是，如果尚未達成預期厚度，則可重複沉積與蝕刻循環，直到達成預期厚度為止。磊晶層生長厚度通常在約 10 埃至約 2000 埃間，特別是在約 100 埃至約 1500 埃間，更好是在約 400 埃至約 1200 埃間，例如約 800 埃。多晶層的沉積厚度，如果有的話，一般從一個原子層到約 500 埃間。對一特定製程來說，含矽磊晶層或含矽多晶層的欲求或預期厚度乃是特定的。在一實例中，磊晶層可能已達成預期厚度但是多晶層卻太厚。可進一步蝕刻過量的多晶層。

【0049】 在一實施方式中，如第 2A-2E 圖所示，在一 MOSFET 元件中形成一源極/汲極延伸物，其中在基板表面上選擇性地且磊晶式地生成該含矽層。第 2A 圖示出利用佈植離子到基板 230 表面上而生成的源極/汲極區 232。源極/汲極區 232 中的多個區段是由形成在閘極氧化物層 235 和間隔物 234 上的閘極 236 橋接在一起。為了形成一源極/汲極延伸物，蝕刻掉一

部分的源極/汲極區 232 並濕蝕刻以產生一凹槽 238，如第 2B 圖所示。可利用在蝕刻源極/汲極區 232 之前先沉積一硬遮罩的方式，來避免蝕刻閘極 236。

【0050】 第 2C 圖所示為在此所述之磊晶製程的實施方式，其中在沒有於間隔物 234 上產生沉積的情況下，同時且選擇性地沉積一含矽磊晶層 240 和一選擇性的多晶層 242。可利用調整沉積和蝕刻製程而有或無在閘極 236 上形成多晶層 242。或者，當磊晶層 240 被沉積在源極/汲極區 232 上時，自閘極 236 連續地蝕刻移除多晶層 242。

【0051】 在另一實例中，含矽磊晶層 240 和多晶層 242 為鍺濃度在約 1 原子%至約 50 原子%間，例如約 24 原子%或更少的含矽鍺層。可將多層含有漸變量矽和鍺的含矽鍺層堆疊在一起以形成具有一漸變元素濃度的含矽磊晶層 240。例如，一沉積的第一矽鍺層中的鍺濃度可在約 15 原子%至約 25 原子%間，且一沉積的第二矽鍺層中的鍺濃度可在約 25 原子%至約 35 原子%間。

【0052】 在另一實例中，含矽磊晶層 240 和多晶層 242 為碳濃度在約 200 ppm 至約 5 原子%間，約 3 原子%或更少，更好是約 1 原子%至約 2 原子%間，例如約 1.5 原子%的含矽碳層。在另一實例中，含矽磊晶層 240 和多晶層 242 為鍺濃度在約 1 原子%至約 50 原子%間，特別是約 24 原子%或更少且碳濃度在約 200 ppm 至約 5 原子%間，特別是約 3 原子%或更少，更特別是約 1 原子%至約 2 原子%間，例如約 1.5 原子%的含矽鍺碳層。

【0053】 可以不同順序沉積內含 Si、SiGe、SiC 或 SiGeC 的多層，而於含矽磊晶層 240 中形成漸變的元素濃度。此含矽層一般摻雜有一摻質(如，硼、砷、磷、鎘或鋁)，其濃度在約 1×10^{19} 原子/立方公分至約 2.5×10^{21} 原子/立方公分間，特別是從約 5×10^{19} 原子/立方公分至約 2×10^{20} 原子/立方公分間。在各含矽材料層中添加摻質以形成濃度漸變的摻質。例如，以約 5×10^{19} 原子/立方公分至約 1×10^{20} 原子/立方公分間的摻質(如，硼)濃度沉積一第一含 SiGe 層並以約 1×10^{20} 原子/立方公分至約 2×10^{20} 原子/立方公分間的摻質(如，硼)濃度沉積一第二含 SiGe 層的方式，來形成含矽磊晶層 240。

【0054】 在沉積含矽層後立即被併入至含 SiC 層及含 SiGeC 層中的碳原子，一般位於晶格中的間隙位置處 (interstitial sites)。此間隙碳的含量一般約為 10 原子%或更少，例如小於約 5 原子%，且更特別是約 1 原子%至約 3 原子%間，例如約 2 原子%。可將含矽磊晶層 240 回火以併入至少一部分(如果不是全部的話)的間隙碳到結晶格中可取代的位置處。此回火過程可包括一突發式回火 (spike anneal)，例如以周圍空氣(如，氧、氮、氫、氫、氫或其之組合)所施行的快速熱回火處理 (rapid thermal process, RTP)、雷射回火或熱回火。此回火過程可在沉積含矽層之後或在基板可承受的各種其他處理後立即施行。

【0055】 在下一步驟期間，第 2D 圖示出沉積在間隔物 234 上的間隔物 244，一般為一種氮化物間隔物(如， Si_3N_4)。間隔物 244 通常利用 CVD 或 ALD 在不同腔室內沉積而成。因此，

將基板從用來沉積含矽磊晶層 240 的腔室內移出。在兩腔室間傳送期間，基板可能被暴露在周圍環境下，例如溫度、壓力或含有水和氧的空氣下。一旦沉積完間隔物 244 之後，或執行其他半導體製程(如，回火、沉積或佈植)後，在沉積凸出層 248 之前，先將基板暴露在周圍環境下一段第二期間。在一實施方式中，在將基板暴露在周圍環境下之前，先在磊晶層 240 頂部沉積一沒有或含極少量(小於 5 at%)銻的磊晶層(未示出)，因為相較於含有高於 5 at%銻的磊晶層來說，較容易由含有極少量銻的磊晶層上移除原生氧化物。

【0056】 第 2E 圖為另一實施例，其中一由含矽材料組成的凸出層 248 被選擇性且磊晶式地沉積在磊晶層 240(即，有摻質的矽銻層)上。在沉積處理期間，在閘極 236 上的多晶層 242 被進一步生長、沉積或蝕刻。

【0057】 在一實施方式中，凸出層 248 為包含極少或沒有銻或碳之磊晶式沉積的矽層。但是，在另一實施方式中，凸出層 248 並不包括銻和/或碳。舉例來說，凸出層 248 可包含約 5 原子%或更少的銻。在另一實施方式中，凸出層 248 可包含約 2 原子%或更少的碳。凸出層 248 也可摻雜有一諸如硼、砷、磷、鋁或鎵之類的摻質。

【0058】 在本發明製程中使用含矽化合物來沉積製造雙極元件(即，底層、發射層、收集層、發射層接點)、製造 BiCOMS 元件(即，底層、發射層、收集層、發射層接點)、和製造 CMOS 元件(即，通道、源極/汲極、源極/汲極延伸物、凸出的源極/汲極、基板、拉伸矽、絕緣層上覆矽層及接點插塞)時所需的

含矽層。製程的其他實施方式教示可利用生長含矽層來作為閘極、底部接點、收集層接點、發射層接點、凸出的源極/汲極和其他應用。

【0059】 本發明製程對於在 MOSFET 和雙極電晶體中沉積選擇性、磊晶式含矽層特別有用，如第 3A-3C 圖所示。第 3A-3B 圖示出在 MOSFET 元件上磊晶式地生成之含矽化合物。含矽化合物是沉積在元件的源極/汲極特徵上。此含矽化合物黏附在並從其下層晶格處開始生長並在含矽化合物生長到欲求厚度的期間維持此種配置不變。第 3A 圖示出沉積作為下凹源極/汲極層之含矽化合物，同時第 3B 圖則示出沉積作為下凹源極/汲極層和突出的源極/汲極層之含矽化合物。

【0060】 此源極/汲極區 312 是由離子佈植所形成。一般來說，基板 310 為 n-型摻雜，同時源極/汲極區 312 則是 p-型摻雜。將含矽磊晶層 313 選擇性地生長在源極/汲極區 312 上和或直接生長在基板 310 上。依據本文所述特點，將含矽磊晶層 314 選擇性地生長在含矽層 313 上。以一閘極氧化物層 318 將多段含矽層 313 橋接在一起。一般來說，閘極氧化物層 318 是由二氧化矽、氧氮化矽或氧化鎢所組成。以間隔物 316 將閘極氧化物層 318 部分包圍起來，該間隔物 316 一般是由諸如氮化物/氧化物堆疊(如， $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4$)之類的絕緣材料製成。沿著閘極層 322 的垂直側邊可具有諸如二氧化矽之類的保護層 319，如第 3A 圖所示。或者，閘極層 322 兩側可各配置有一間隔物 316 和偏移層 320(即， Si_3N_4)。

【0061】 在另一實施例中，第 3C 圖示出以沉積的含矽磊晶層

334 作為雙極電晶體之一底層。含矽磊晶層 334 是以本發明各種實施方式選擇性地生長而成。含矽磊晶層 334 是沉積在先前沉積在基板 330 上之 n-型收集層 332 上。此電晶體更包括絕緣層 333(如, SiO_2 、 Si_3N_4)、接觸層 336(如, 高度摻雜之聚矽層)、偏移層 338(如, Si_3N_4)、和第二絕緣層 340(如, SiO_2 、 Si_3N_4)。

【0062】 本發明實施方式教示在各式基板上沉積含矽化合物的製程。對本發明實施方式有用的基板包括, 但不限於, 半導體晶圓(如, 結晶矽($\text{Si}\langle 100 \rangle$ 、 $\text{Si}\langle 111 \rangle$)、氧化矽、矽鍺)、有或無摻質的晶圓和圖案化或非-圖案化的晶圓。基板可有各種形狀(如, 圓形、方形及矩形)和尺寸(如, 外直徑為 200 毫米或 300 毫米)。

【0063】 在一實施方式中, 由所述製程沉積而成的含矽化合物包括濃度在約 0 原子%至約 95 原子%的鍺。在另一實施方式中, 鍺濃度在約 1 原子%至約 30 原子%範圍之間, 較佳是約 15 原子%至約 30 原子%, 例如約 20 原子%。含矽化合物也包括濃度在約 0 原子%至約 5 原子%的碳。在其他態樣中, 碳濃度是在約 200 ppm 至約 3 原子%間, 較佳是約 1.5 原子%。

【0064】 以本發明各種方法製成之鍺和/或碳的含矽化合物膜層可具有一致的(*consistent*)、任意的(*sporadic*)或漸變的(*graded*)元素濃度。具漸變濃度之矽鍺層揭示在美國專利第 6,770,134 號、和美國申請案 10/014,466 號(其公開號為 20020174827)中, 此兩專利或申請案均受讓給美商應用材料公司, 且其全文併入本案作為參考以描述沉積具漸變之含矽化

合物膜層的方法。在一實例中，以一矽源(如， SiH_4)和一鍺源(如， GeH_4)來選擇性地且磊晶式地沉積含矽鍺層。在此實施例中，爲了控制元素(諸如矽和鍺)的濃度，可於漸變膜層生長期間改變矽源與鍺源的比例。在另一實施例中，以一矽源及一碳源(如， CH_3SiH_3)來選擇性地且磊晶式地沉積含矽碳層。爲了控制元素的濃度，可於均一膜層或漸變膜層生長期間改變矽源與碳源的比例。在另一實施例中，以一矽源、一鍺源及一碳源來選擇性地且磊晶式地沉積矽鍺碳層。爲了控制元素的濃度，可於均一膜層或漸變膜層生長期間改變矽源、鍺源與碳源的比例。

【0065】 由此所述製程生成的 MOSFET 元件可包含一 PMOS 部分或一 CMOS 部分。該具有 p-型通道的 PMOS 部分具有多數可使通道具傳導性的電洞，至於該具有 n-型通道的 NMOS 部分則具有多數可使通道具傳導性的電子。因此，可將諸如 SiGe 的含矽材料沉積在凹陷區域以形成 PMOS 部分。在另一實例中，可將諸如 SiC 的含矽材料沉積在凹陷區域以形成 NMOS 部分。以 SiGe 作爲 PMOS 應用的原因有多種。相較於單獨使用矽來說，SiGe 材料可併入較多的硼原子，因此可降低接合區的電阻。此外，在基板表面的 SiGe/矽化物層介面較 Si/矽化物介面具有較低的 Schottky 阻障。

【0066】 此外，磊晶生長在矽頂端的 SiGe 層，因 SiGe 層晶格常數較矽層來得高，造成其膜層內出現壓縮應力。此壓縮應力在水平方向上傳遞可在 PMOS 通道中創造出壓縮應力並提高電洞的移動力。對 NMOS 應用來說，在凹陷區域使用

SiC，因為 SiC 的晶格常數小於矽，因此可於通道中創造出拉伸應力。此拉伸應力轉移到通道內進而提高電子的遷移力。因此，在一實施方式中，所形成的一第一含矽層具有一第一晶格應力值，而一第二含矽層則具有一第二晶格應力值。舉例來說，在基板表面上沉積厚度約 50 埃至約 200 埃的 SiC 層，接著在此 SiC 層上沉積厚度約 150 埃至約 1000 埃的 SiGe 層。可磊晶式地生長此 SiC 層，且其較生長於其上的 SiGe 具有更低的應力。

【0067】 在所述實施方式中，含矽膜層是以化學氣相沉積法 (CVD) 選擇性且磊晶式地沉積而成。化學氣相沉積法包括原子層沉積 (ALD) 和/或原子層磊晶 (ALE) 製程。化學氣相沉積法包括使用多種技術，例如電漿輔助 CVD (PA-CVD)、原子層 CVD (ALCVD)、有機金屬性或金屬有機性 CVD (OMCVD 或 MOCVD)、雷射輔助 CVD (LA-CVD)、紫外光 CVD (UV-CVD)、熱線圈 CVD (HWCVD)、減壓 CVD (RP-CVD)、超高真空 CVD (UHV-CVD) 等等。在一實施方式中，較佳的製程是使用熱式 CVD 來磊晶式地生長或沉積含矽化合物，其中此含矽化合物包括矽、矽鍺、矽碳、矽鍺碳、其之摻雜物和其之組合。

【0068】 本發明製程可在 ALE、CVD 及 ALD 領域中習知的設備中實施。這些設備可包括多個氣體管線以使沉積氣體和蝕刻氣體在進入製程腔室之前，保持彼此分離的狀態。之後，讓氣體與其上欲生長含矽化合物的加熱基板彼此接觸。可用來沉積含矽膜層的硬體包括美商應用材料公司販售的 Epi

Centura RTM 系統及 Poly Gen®系統。一種 ALD 設備揭示在 2001 年 12 月 21 日提申的美國專利第 10/032,284 號中，其公開號為 20030079686，名稱為「Gas Delivery Apparatus and Methods for ALD」且其全文在此併入本文中做為參考以描述設備。其他包括批次式、高溫烤爐的設備已是此領域中眾所週知的。

【0069】 以下將藉由實施例來說明本發明，但非試圖以任何方式限制本發明。

實施例

實施例 1

【0070】 在兩類型圖案化基板上(具有凹陷結構的基板和不具有凹陷結構的基板)選擇性地且磊晶式地生成 Si 和 SiGe 層。將每一類型基板插入至配備有 Accusett™ 計量閥的 EPI Centura RP 處理腔室內。選擇性地沉積一層 SiGe 層作為後續以傳統共流方式選擇性沉積矽層時所需的「標記層(marker layer)」。此用來沉積矽的製程條件如下：沉積壓力約 10 torr 且以約 50 sccm 的速度將矽烷流入，同時二氯矽烷的流速約為 15 sccm，氫氣載氣流的速度約為 5 slm。以計量閥來定義出將如上所述的 I/O 值至 100/250。在 750°C 下進行沉積約 5 秒。實施一蝕刻步驟。提高處理腔室壓至約 100 torr，並以 650 sccm 的速度流入 HCl，氫氣載氣流的速度約為 5 slm，氣體在 I/O 值約為 250/100 的情況下於 760°C 下流動約 6.5 秒。之後，在 750°C 降低壓力至約 10 torr 達 10 秒來進行清潔，同時以 I/O 值約 100/250 的範圍來供應氫氣清潔氣體。重複實施此沉積、

蝕刻和清潔的循環 17 次。

【0071】 可以每分鐘 74 埃的速度在具有低密度凹陷圖案之基板的一部分上，成功地生長出具有平滑外形且無缺陷的選擇性矽膜。使用相同的製程，可在具有高密度凹陷圖案之基板的多處區域上達到每分鐘 91 埃的生長速度。這些生長速度和膜層品質相當於使用傳統製程在 800°C 高溫下同時流入蝕刻氣體與沉積氣體所獲得的膜層。控制製程參數可提高低壓製程的生長速率。

實施例 2

【0072】 在具有高密度凹陷區的基板上重覆施行實施例 1 的條件。在沉積期間，維持處理腔室內的壓力在約 5 torr，且在蝕刻期間，提高壓力至約 70 torr。清潔期間，將壓力再次降低到約 5 torr。在此實施例中可達成超過每分鐘 100 埃的生長速度，但使用顯微鏡檢查膜層時可看到在膜層角落處有輕微的缺陷。

實施例 3

【0073】 在不具有凹陷圖案的基板上重覆施行實施例 2 的處理條件，但在此實施例中，以氮氣作為載氣且將溫度降低至約 700°C。可達成約每分鐘 35 埃的生長速度，其約為使用同時流入蝕刻氣體與沉積氣體至處理腔室之傳統製程之生長速度(~每分鐘 12-15 埃)的兩倍。

【0074】 在本文中，「一實施方式」、「特定實施方式」、「一或多實施方式」或「一實施例」代表所述與一實施方式相關之一特定特徵、結構、材料或特性是被包括在本發明該

實施方式中。因此，當說明書各處出現諸如「在一或多實施方式」、「在特定實施方式」、「在一實施例」或「在一實施方式」等詞彙時，並不必然表示參照同一實施方式。此外，在一或多實施方式中，可以適當方式組合該些特定特徵、結構、材料或特性。上述方法中的敘述順序應被解讀成非限制性的，且本發明可不依循上述操作順序來實施，且其中省略了某些細節。

【0075】 雖然已參考前述實施態樣對本發明進行了描述，但是可理解這些實施方式僅為本發明之理論與應用的描述。在不悖離本發明的精神與範圍下對本發明的方法與設備進行許多替代性變化和變體對於本領域技術人員來說是顯而易見的。因此，本發明包含所有落入所附權利要求與其等效的範疇之內的這樣的替代性變化和變體。

【符號說明】

【0076】

100	處理腔室	110	基板
112	內部輻射狀區	114	外部輻射狀區
120	氣體源	122	內部區氣體管道
124、126	外部區氣體管道	130	分配埠
132	內部區埠	134、136	外部區埠
230	基板	232	源極/汲極區
234	間隔物	235	閘極氧化物層
236	閘極	238	凹部
240	含矽磊晶層	242	多晶層

- | | | | |
|---------|--------|---------|--------|
| 244 | 間隔物 | 248 | 凸出層 |
| 310 | 基板 | 312 | 源極/汲極區 |
| 313、314 | 含矽磊晶層 | 316 | 間隔物 |
| 318 | 閘極氧化物層 | 319 | 保護層 |
| 322 | 閘極層 | 320、338 | 偏移層 |
| 330 | 基板 | 332 | n-型收集層 |
| 333、340 | 絕緣層 | 334 | 磊晶層 |

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

無

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

無

【序列表】 (請換頁單獨記載)

無

申請專利範圍

1. 一種選擇性地且磊晶式地形成一含矽材料在一基板表面上的方法，包含：

a) 將一包含有一單晶表面和至少一介電表面的基板放置在一處理腔室內，該處理腔室包含一第一區和一第二區；

b) 將該基板暴露在一含矽沉積氣體下並將該處理腔室內的壓力維持在約 50 torr 下，以於該單晶表面上形成一磊晶層並在該介電表面上形成一第二材料；

c) 接著停止流入該沉積氣體到該處理腔室內，升高該處理腔室內的壓力並將該基板暴露在一蝕刻氣體下以維持一相對來說較高的蝕刻氣體分壓並蝕刻該第二材料；

d) 接著停止流入該蝕刻氣體到該處理腔室內，並流入一清潔氣體到該處理腔室內；及

e) 依序重複步驟 b)、c)、和 d)至少一次，

其中當該基板被暴露在該蝕刻氣體下時，升高該處理腔室內的壓力可提高該基板的溫度，且當該基板被暴露在該清潔氣體下時，減低該處理腔室內的壓力，藉此降低該基板的溫度。

2. 一種選擇性地且磊晶式地形成一含矽材料在一基板表面上的方法，包含：

將一包含有一單晶表面和至少一介電表面的基板放置在一處理腔室內，該處理腔室包含一第一氣流區和一第二氣流區；

執行一沉積步驟，包括流入一含矽氣體到該處理腔室內同時在該期間內沒有蝕刻氣體流入該處理腔室內；

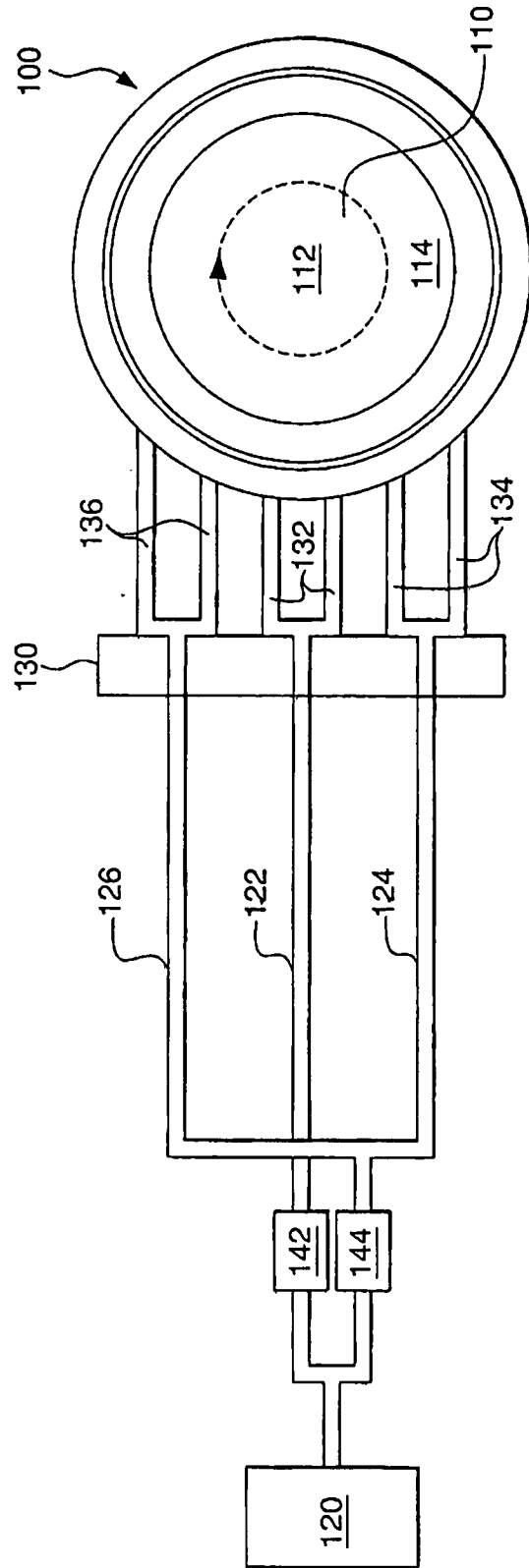
執行一蝕刻步驟，包括流入一蝕刻氣體到該處理腔室內同時在該期間內沒有含矽氣體流入該處理腔室內；及

執行一清潔步驟，在此期間流入一清潔氣體，其中一單次處理循環包括一沉積步驟、一蝕刻步驟及一清潔步驟且重複該處理循環至少一次，且氣體是流入該第一區和該第二區以在每一沉積步驟、蝕刻步驟及清潔步驟期間在該處理腔室內提供一壓力及該第一區和第二區之一氣流比值，且該處理腔室內的壓力或該氣流比值兩者中至少一者在該沉積步驟與該蝕刻步驟期間是不同的，

其中沉積期間該處理腔室內的壓力低於蝕刻期間內該處理腔室內的壓力，使得沉積期間內基板的溫度低於蝕刻期間內之基板的溫度，

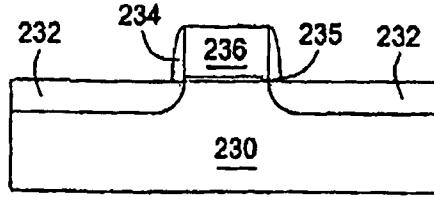
其中沉積步驟期間內該第一區和第二區之氣流比值小於蝕刻步驟期間內該第一區和第二區之氣流比值，及

其中該第一區包含該處理腔室之一內部輻射狀區域而該第二區包含該處理腔室之一外部輻射狀區域。

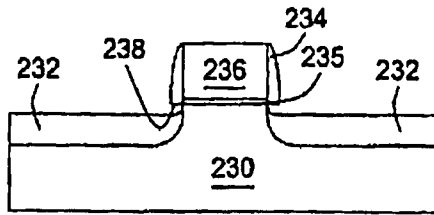


第1圖

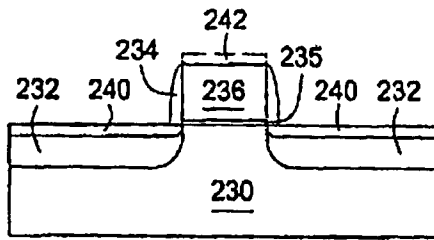
第2A圖



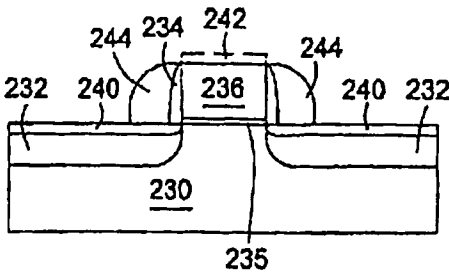
第2B圖



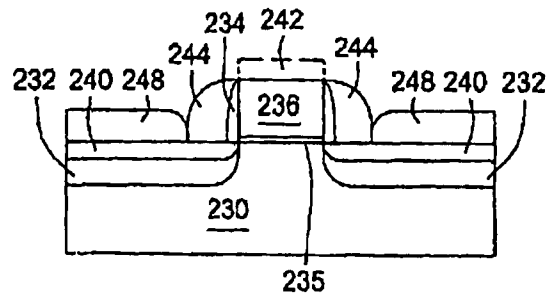
第2C圖

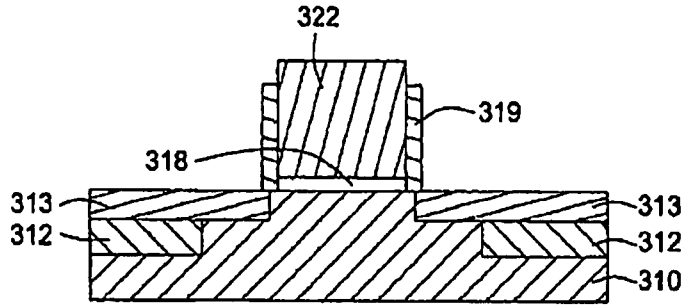


第2D圖

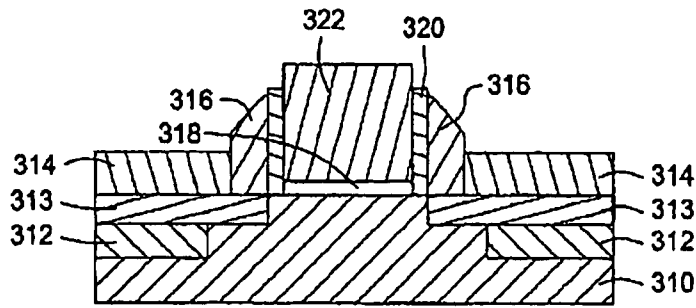


第2E圖

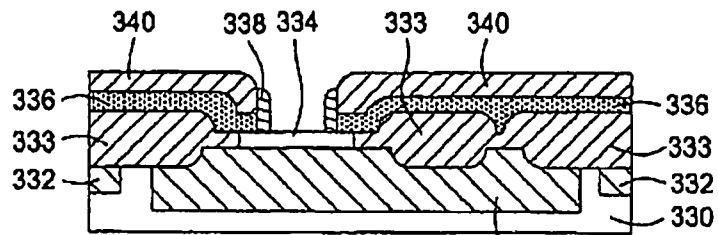




第3A圖



第3B圖



第3C圖