

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：96128085

※申請日期：96年7月31日

※IPC 分類：

一、發明名稱：(中文/英文)

H01L 21/205

(2006.01)

形成含碳磊晶矽層的方法

METHODS OF FORMING CARBON-CONTAINING SILICON

EPITAXIAL LAYERS

二、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商·應用材料股份有限公司

APPLIED MATERIALS, INC.

代表人：(中文/英文)

鄺錦安

KWONG, RAYMOND K.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國加州聖大克勞拉市波爾斯大道 3050 號

3050 Bowers Avenue, Santa Clara, CA 95054, U.S.A.

國籍：(中文/英文)

美國/USA

三、發明人：(共3人)

姓名：(中文/英文)

1. 金以寬/KIM, YIHWAN

2. 葉祉淵/YE, ZHIYUAN

3. 佐佳茲亞里/ZOJAJI, ALI

國 籍：(中文/英文)

1. 韓國/KOREA

2. 中國/CHINA

3. 美國/USA

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

美國；2006 年 7 月 31 日；60/834,773

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

國 籍：(中文/英文)

1. 韓國/KOREA

2. 中國/CHINA

3. 美國/USA

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

美國；2006 年 7 月 31 日；60/834,773

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於半導體元件之製程，更具體地，係關於形成含碳磊晶矽層的方法。

【先前技術】

隨著小型電晶體的生產，超淺源/汲極接面的製造變得更具挑戰性。一般而言，次 100 奈米(sub-100 nm)的互補性金屬氧化物半導體(Complementary Metal-Oxide Semiconductor; CMOS)元件，所要求的接面深度需小於 30nm。含矽材料(例如矽、矽鍺或碳化矽)之磊晶層，常利用選擇性的磊晶沉積(selective epitaxial deposition)，形成於接面中。一般而言，選擇性磊晶沉積能夠讓磊晶長在矽溝(silicon moats)上，而非長在介電區上。選擇性磊晶可用於半導體元件，例如提高源/汲極、源/汲極延展、接觸插塞或雙極性元件的基層沉積。

一般而言，選擇性磊晶製程牽涉到沉積反應與蝕刻反應。沉積反應與蝕刻反應係同時發生，但對於磊晶層與多晶質層則具有不同的反應速率。於沉積的過程中，磊晶層係形成於一單晶矽層表面，而多晶質層則沉積於至少第二層上，例如多晶質層及/或非晶質層。然而，所沉積的多晶質層其蝕刻速率通常較磊晶層快。因此，藉由改變蝕刻氣體的濃度，淨選擇製程的結果為磊晶材料的沉積，同時限制了或並無多晶質材料的沉積。舉例而言，選擇性磊晶製

程會在單晶矽表面上形成含矽材料之磊晶層，而於間隙壁上無任何沉積。

在形成提高源/汲極與源/汲極延展之特徵時，例如在形成含矽之金氧半場效電晶體 (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor, MOSFET) 元件時，含矽材料之選擇性磊晶沉積技術具有相當助益。源/汲極延展的製造方式，係先蝕刻矽表面以製造出嵌壁式的源/汲極，再利用選擇性成長的磊晶層，例如矽鍺材料，填入蝕刻後的表面。選擇性磊晶能以內摻雜 (in-situ doping) 近乎完全的摻雜活化 (dopant activation)，進而省略後續的回火製程。因此，可藉由矽蝕刻與選擇性磊晶準確地定義出接面深度。另一方面，超淺源/汲極無可避免地會導致串聯電阻的增加。此外，在形成矽化物過程中的接面消耗 (junction consumption)，會進一步地提高串聯電阻。為了彌補接面消耗，於接面上磊晶地且選擇性地成長提高的源/汲極。一般而言，提高的源/汲極層為未摻雜矽。

然而，現有選擇性磊晶製程具有某些缺點。為了在現今的磊晶製程中維持選擇性，因此前驅物的化學濃度以及反應溫度必須在沉積過程中全程控管與調整。若未提供足夠的矽前驅物，蝕刻反應則會居於主要，並延滯整個製程。此外，亦可能產生對基材有害的過度蝕刻。若未提供足夠的蝕刻前驅物，沉積反應則會居於主要，降低在基材表面形成單晶矽與多晶質材料的選擇性。另外，現今選擇性磊

晶製程需以高反應溫度進行，例如 800°C、1000°C 或更高。但由於熱預算(thermal budget)的考量，且於基材表面可能有難以控制的氮化反應，在製成過程中，此高溫反應乃是不利的。另外，部份磊晶膜及/或製程在形態上則有產生缺陷的傾向，例如於膜中產生坑洞或表面粗糙。

因此，仍待開發需一種可選擇性且磊晶沉積矽與含矽化合物的製程。此外，在快速沉積速率且製程溫度維持於例如約 800°C 或更低時，此製程需能與各種元素濃度形成含矽化合物。最後，此製程應產生低缺陷的膜或膜堆疊(例如較少的坑洞、斷層、粗糙、點缺陷等)。

【發明內容】

於本發明之第一態樣中，提供一種於基材上形成磊晶層堆疊之方法。此方法包含：(1)選擇該磊晶層堆疊之一標的碳濃度；(2)於該基材上形成一含碳矽層，並依據所選擇的該標的碳濃度，選擇該含碳矽層所具有的一初始碳濃度、一厚度以及一沉積時間之至少一者；以及(3)於蝕刻前，在該含碳矽層上形成一非含碳矽層。

於本發明之第二態樣中，提供一種形成磊晶層堆疊之方法。此方法包含：(1)選擇該磊晶層堆疊之一標的碳濃度；(2)藉由交替沉積含碳矽層與非含碳矽層，形成該磊晶層堆疊。依據該含碳矽層之一總厚度、一初始碳濃度以及一沉積時間之至少一者，達到該標的碳濃度。

於本發明之第三樣態中，提供一種用以控制形成於基

材上之磊晶層堆疊中的碳濃度之方法。此方法包含：(1)決定該磊晶層堆疊之所需的碳濃度；(2)形成該磊晶層堆疊，藉由(a)於該基材上形成一含碳磊晶層；以及(b)於該含碳磊晶層上形成一非含碳覆蓋層。依據該磊晶層堆疊之該所需的碳濃度，選擇該含碳磊晶層之一厚度。亦提供多種其他態樣。

依據下述之實施方式、申請專利範圍與所附圖示，可使本發明其他特徵與態樣更為清楚。

【實施方式】

在以介電質膜圖案化的矽基材上，選擇性磊晶成長的過程僅於暴露的矽表面上形成(例如而非於介電質表面)單晶半導體。選擇性磊晶成長的過程可包含同時進行的蝕刻-沉積製程，亦或氣體交替供應製程。在同時進行的蝕刻-沉積製程中，蝕刻劑與沉積物兩者乃同時流動。據此，在形成磊晶層的過程中，沉積與蝕刻為同時發生。

相反地，於附上之美國專利申請案中(申請案號11/001,774，申請日2004年12月1日，代理人案號9618)，則描述了以氣體交替供應(alternating gas supply, AGS)於基材上形成磊晶層的製程。在AGS製程中，則是先於基材上進行磊晶沉積製程，然後在於基材上進行蝕刻製程。此種磊晶沉積製程續以蝕刻製程的循環則不斷重複，直至形成所需的磊晶層厚度為止。

沉積過程可包含將基材表面暴露在含有至少一矽源與

載流氣體之沉積氣體中。沉積氣體亦可包含鍺源及/或碳源，抑或是摻雜源。常見的摻雜物可包含砷、硼、磷、銻、鎵、鋁以及其他元素。

在沉積過程中，當多晶質層形成於第二層表面上時，例如非晶質及/或多晶質表面，磊晶層係形成於基材的單晶質表面。接著，將基材暴露在蝕刻氣體中。此蝕刻氣體包含一載流氣體與一蝕刻劑。蝕刻氣體移除在沉積過程中沉積的含矽材料。在蝕刻過程中，多晶質層的移除速率則快過磊晶層。因此，沉積與蝕刻製程的淨結果會造成在單晶質表面上形成磊晶成長含矽材料，而在第二表面上的多晶質含矽材料，若有成長的話則可降到最低。用來沉積含矽材料之示例包含矽、矽鍺(silicon germanium)、碳化矽(silicon carbon)、矽鍺碳(silicon germanium carbon)、其各式摻雜物與類似者。

習知之碳磊晶膜的形成過程乃利用氫氣、氯化氫與矽源，例如二氯矽烷(dichlorosilane)，在基材溫度高於約 700 °C 下反應(例如解離氯化氫及/或矽源)。為了降低磊晶膜的形成溫度，可採用氯氣取代氯化氫(氯化氫)，這是由於氯氣在較低溫度下(例如約 600 °C 或以下)可更有效地解離。由於氫氣與氯氣不相容，因此可採用除了氫氣以外的載流氣體以與氯氣一同使用，例如氮氣。同樣地，亦可使用具有較低解離溫度的矽源(例如矽烷(silane, SiH_4)、二矽乙烷(disilane, Si_2H_6)等)。

使用氯氣作為矽磊晶膜形成過程的蝕刻氣體，可能會

導致較差的矽磊晶膜表面形態。儘管不希望受限於任何特定的理論，但氯氣被認為會激烈地侵害矽磊晶膜表面，造成坑洞或類似者。且已發現當矽磊晶膜含有碳時，使用氯氣會造成特定的問題。

本發明係提供一種在矽磊晶膜形成過程中，使用氯氣作為蝕刻氣體之方法，以改善磊晶膜表面形態。舉例而言，本發明可與美國專利申請號 11/001,774(申請日 2004 年 12 月 1 日，代理人案號 9618)中，所述的氣體交替供應製程一併使用。

於部份實施例中，在一蝕刻相中，在暴露於氯氣之前，可先將含碳矽磊晶膜埋覆(encapsulated)。舉例而言，可藉由不以碳源所形成的矽磊晶膜(即，不含碳矽磊晶膜)，來埋覆含碳矽磊晶膜。

依據一實施例所示，於下文中將描述本發明之含碳矽磊晶層堆疊的形成以及所採用的 AGS 製程，請一併參照第 1A-1D 圖。參照第 1A 圖，其繪示基材 100 的剖面圖，其中一種磊晶層 102(例如，矽磊晶層)係形成於基材 100 上。於部份實施例中，可將種磊晶層 102 移除。

為了形成種磊晶層 102，可將基材 100 置於一處理室中，並加熱基材及/或製程溫度。雖然亦可使用其他磊晶膜處理室及/或系統，但示例中的磊晶膜處理室可由位於加州 Santa Clara 的 Applied Materials, Inc. 所提供的 Epi Centura® system 與 Poly Gen® system 獲得。於至少一實施例中，可採用低於約 700°C 的基材及/或製程溫度，以改善

處理室內所形成的矽磊晶層中的碳含量。於一特定實施例中，可使用介於約 550-650°C 間的基材及/或製程溫度範圍，然而，於另一實施例中，可使用低於約 600°C 的基材及/或製程溫度。亦可使用其他基材及/或製程溫度，包含高於 700°C 的基材及/或製程溫度。

在取得所需基材及/或製程溫度後，基材 100 則暴露在至少一矽源(無碳源)下，以便形成種磊晶層 102。舉例而言，基材 100 可暴露於矽源(例如矽烷或二矽乙烷)以及載流氣體(例如氮氣)下。亦可使用一摻雜源，例如磷或硼、鍺源或其類似者(其他任何合適的源及/或氣體亦同)。在磊晶膜形成的過程中，磊晶層 102 可形成在基材 100 之任一單晶質表面上，而多晶質層可形成在基材 100 上的任一多晶質層及/或非晶質層上(如前述)。

舉例而言，可藉由流入矽烷流速約 50-150 sccm 的矽源(或流速約 10-40 sccm 的二矽乙烷)形成種磊晶層 102，以及流速約 20-25 slm 的氮氣載流氣體(儘管可使用其他較大或較小流速的矽源及/或載流氣體)。可依所需流入氯化氮。

於至少一實施例中，雖然亦可採用其他厚度，種磊晶層 102 所具有的厚度可約為 2-100 Å。舉例而言，沉積時間可約為 1 秒至 100 秒，而於另一或更多實施例中，則約採用 5 秒。

在形成種磊晶層 102 之後(若有採用的話)，則將基材 100 暴露在至少一矽源以及一碳源中，以於基材 100 的種

磊晶層 102 上方形成一含碳矽磊晶層 104(第 1B 圖)。舉例而言，基材 100 可暴露於矽源(例如矽烷或二矽乙烷)，一碳源(例如甲烷)，以及一載流氣體(例如氮氣)下。亦可使用一摻雜源，例如磷或硼、鍺源或其類似者(其他任何合適的源及/或氣體亦同)。在磊晶膜形成的過程中，可在基材 100 之任一單晶質表面上形成含碳磊晶層，而在基材 100 上的任一多晶質層及/或非晶質層上(如前述)可形成多晶質層。

於至少一實施例中，甲烷流速約 1-5 sccm 的碳源可與矽烷流速約 50-150 sccm 的矽源(或流速約 10-40sccm 的二矽乙烷)，以及流速約 20-25 slm 的氮氣載流氣體一併使用(儘管可使用其他較大或較小流速的矽源及/或載流氣體)。可依所需流入氯化氫。

於至少一實施例中，雖然亦可採用其他厚度，含碳磊晶層 104 所具有的厚度約為 2Å-100Å。例如，沉積時間可約為 1 秒至 50 秒，而於另一或更多實施例中，則約採用 10 秒。

在形成含碳磊晶層 104 之後，則將基材 100 暴露在至少一矽源中(而無碳源)，以於基材 100 上的含碳矽磊晶層 104 上方形成一第二矽磊晶層 106(如第 1C 圖中所示之覆蓋層)。舉例而言，基材 100 可暴露於矽源(例如矽烷或二矽乙烷)，以及一載流氣體(例如氮氣)中。亦可使用一摻雜源，例如磷或硼、鍺源或其類似者(其他任何合適的源及/或氣體亦同)。含碳矽磊晶層 104 上所覆蓋的第二矽磊晶層

106，可減少氮氣與含碳矽晶層 104 中的碳(及/或氮氣)間的作用。可依所需如前述流入氮化氫。

舉例而言，第二矽晶層 106 可藉由流入矽烷流速約 50-150 sccm 的矽源形成(或流速約 10-40 sccm 的二矽乙烷)，以及流速約 20-25 slm 的氮氣載流氣體(儘管可使用其他較大或較小流速的矽源及/或載流氣體)。可依所需流入氮化氫。

於至少一實施例中，雖然亦可使用其他厚度，第二矽晶層 106 所具有的厚度可約為 2-100 Å。舉例而言，沉積時間可約為 1 秒至 100 秒，而於另一或更多實施例中，則約採用 5 秒。

據此，可形成晶層堆疊 108，其中含碳晶層 104 係包覆於非含碳晶層 102、106 之間(例如不以碳原形成的晶層)。

在形成第二矽晶層 106 之後，基材 100 則暴露在氮氣及/或另一蝕刻劑中，以蝕刻至少第二矽晶層 106 及/或其他任何形成在基材 100 上的膜(例如在多晶質上所形成的多晶矽，及/或基材 100 上非晶質層，及/或在含碳矽晶層 104 上所形成的單晶矽)。舉例而言，於至少一實施例中，基材 100 係暴露於流速約 30-50 sccm 的氮氣，以及流速約 20 slm 的氮氣載流氣體中(雖然可使用其他較大或較小流速的氮氣及/或載流氣體)。可依所需流入氮化氫。

於蝕刻後，可清潔所使用的處理室(例如以氮氣及/或另一惰性氣體清潔約 20 秒，或其他合適的時間長)，以從

室中移除氯氣及/或其他多餘的物質/副產物。

覆蓋磊晶層 106 及/或種磊晶層 102 可防止蝕刻劑與含碳磊晶層 104 中的碳發生反應。據此，由於蝕刻時位於下方的含碳層並不會暴露在氯氣中，因此可採用氯氣作為蝕刻劑。據此，含碳磊晶層 104 可具有平坦表面形態，而非坑洞表面形態。

可持續重複沉積與蝕刻之過程，直至達到所需總磊晶層堆疊厚度，如第 1D 圖所示。舉例而言，可重複非含碳矽層沉積/含碳矽層沉積/非含碳矽層沉積/蝕刻之次序約 80 次，以使總磊晶層堆疊厚度達到約 $600\text{\AA}$ 。於其他實施例中，可省略下方種磊晶層沉積之步驟，因此所重複的形成次序為含碳矽層沉積/非含碳矽層沉積/蝕刻，以達到所需的總磊晶層堆疊厚度。

儘管上述實施例舉出了特定的實施方法，一般而言，磊晶層堆疊(具有含碳磊晶層與非含碳磊晶層)之厚度範圍約為 $10\text{\AA}$ 到約 $2000\text{\AA}$ ，較佳約從 $100\text{\AA}$ 到約為 $1500\text{\AA}$ ，更佳地從約 $300\text{\AA}$ 到約 $1000\text{\AA}$ 。於特定一實施例中，可採用約 $600\text{\AA}$ 的層堆疊厚度。

藉由控制(1)埋覆之含碳磊晶層相對於非含碳磊晶材料的膜厚度；及(2)含碳磊晶層中的碳濃度，可控制及/或決定最後磊晶層堆疊中的平均碳濃度。舉例而言，於部份實施例中，儘管只在含碳磊晶層形成的步驟中進行碳沉積，含碳磊晶層中的碳會快速且均勻地沿著堆疊層(例如種磊晶層、含碳層、覆蓋層)的深度擴散。

(as-deposited)的碳含量可約為 10 at%或更少，較佳少於約 5 at%，更佳約 0.5 at%-約 3 at%，例如 2 at%。若裂縫碳並未全部進入晶格的取代位置的話，利用回火（如下述）或是在（後續）製程步驟中的自然擴散，可使磊晶層可包含至少一部份碳。無論是位在堆疊中的裂縫或所取代的碳，磊晶層堆疊中的總碳濃度包含所有的碳。高解析 X 光繞射 (High resolution X-ray diffraction, XRD) 可用來決定取代碳的濃度與厚度。二次離子質譜儀 (Secondary Ion Mass Spectroscopy, SIMS) 可用來測定磊晶堆疊中的總碳濃度（所取代的與裂縫中的）。取代碳濃度可等於或小於總碳濃度。合適的回火過程可包含尖峰回火 (spike anneal)，例如快速熱處理系統 (Rapid thermal process system, RTP)，雷射回火 (laser annealing) 或以大氣氣體（例如氧氣、氮氣、氫氣、氫氣，氮氣或上述之任意組合）進行熱回火處理。於部份實施例中，回火過程在溫度約 800°C - 1200°C 下進行，較佳約 1050°C - 約 1100°C。可在非含碳覆蓋層 106 沉積後，或在其他各製程步驟後（例如在整個膜堆疊沉積之後），進行此回火過程。

第 4 圖之流程圖係繪示用以形成具有標的碳濃度之磊晶層堆疊的示範方法 400。請參照第 4 圖，在步驟 401 中，將基材放入處理室中，並以低於或約為 800°C 之溫度加熱。於部份實施例中，在磊晶膜的形成過程中可採用較低溫度範圍，例如低於 750°C、低於 700°C 或低於 650°C。

於步驟 402 中，含碳磊晶層則形成於基材之上。可依

據磊晶層堆疊的標的碳濃度，選擇含碳磊晶層的初始碳濃度、厚度及/或沉積時間。接著，在步驟 403 中，在含碳磊晶層上則形成一非含碳磊晶層。於部份實施例中，非含碳磊晶層具有足夠的厚度，以保護下方的含碳層免於後續蝕刻。

於步驟 404 中，利用蝕刻劑(例如氯化氫及/或氯氣)對基材進行蝕刻。如所述，非含碳磊晶層可保護下方的含碳磊晶層，免於被蝕刻氣體蝕刻。在蝕刻步驟後，亦可採取一清潔步驟(未繪示)，以移除處理室中任何蝕刻氣體及/或其他多餘的氣體。

於步驟 405 中，則是判斷是否達到所需的磊晶層堆疊厚度。若達到的話，則步驟 406 為結束製程。否則，製程則再返回到步驟 402，以於基材上沉積額外的磊晶材料。

於另一實施例中，製程循環可包含(1)非含碳矽(Si)層沉積步驟；(2)含碳矽(Si:C)層沉積步驟；(3)非含碳矽(Si)層沉積步驟；(4)蝕刻步驟；以及(5)清潔步驟。可重複數次製程循環以達到總磊晶層堆疊厚度。於一特定實施例中，重複約 80 次的製程循環，可獲得磊晶材料約 600Å 的磊晶層堆疊。於此實施例中，每次 Si 或 Si:C 的沉積可產生約 5-30Å 的磊晶材料，而其中一部份則被後續的蝕刻步驟蝕刻(例如約 15-25Å)。在重複約 80 次後，剩下的磊晶材料(例如在矽溝上)則約為 600Å(而在基材的介電區上則少量或沒有沉積)。於另一實施例中，可採用約 30-100 奈米的磊晶層堆疊厚度範圍。

於部份實施例中，磊晶層堆疊及/或所沉積的含碳矽層 (as-deposited Si : C layer) 中的取代碳濃度範圍約為 0.5-2.0 at%。當 Si : C 層夾在矽 (Si) 層中間時，整體堆疊碳濃度則視 Si 層厚度與 Si : C 層厚度相較降低。依據製程過程，取代碳濃度可等於或小於總碳濃度。

示例的氣體流速範圍包含就二氯矽烷、矽烷、二矽乙烷或其他高級矽烷 (high order silane) 之矽源而言，流速約 5-500 sccm，就單-甲基矽甲烷 (mono Methylsilane) 的碳源而言，流速約 1-30 sccm，就氫氣或氮氣的載流氣體而言，流速約 3-30 slm。於蝕刻過程中，示例之氯化氫流速約為 20-1000 sccm，而氮氣流速約為 10-500 sccm。

於一特定之實施例中，在每一蝕刻製程步驟中 (除了清潔步驟外)，可以約相同的流速 (例如以約 300 sccm 流速或另一合適的流速) 流入氯化氫，而僅於蝕刻步驟中流入氮氣 (例如以約 30 sccm 流速或另一合適的流速)。可在每一沉積步驟中，流入二矽乙烷 (例如以約 7 sccm 流速或另一合適的流速)，可於 Si : C 沉積步驟中流入甲基矽甲烷 (例如以約 2.2 sccm 流速或另一合適的流速)。於每一製程循環步驟中，可以約 20 slm 流速或另一合適的流速流入氮氣載流氣體，並於每一清潔步驟中，增加至約 30 slm 或另一合適的流速。於部份實施例中，在第一矽沉積步驟中 (例如沉積約 4 秒)，沉積約 5 Å 的矽，在 Si : C 矽沉積步驟中 (例如沉積約 7 秒)，沉積約 9 Å 的 Si : C，在第二矽沉積步驟中 (例如沉積約 10 秒)，沉積約 13 Å 的矽，而在蝕刻步驟中 (例如

蝕刻約 13 秒)，移除約 19Å 的磊晶材料。可採用合適的清潔時間(例如約 10 秒)。在沉積與清潔過程中，製程溫度約 600°C 而處理室壓力約 10 Torr，而在蝕刻過程中，壓力約 13 Torr。如所述，亦可採用其他製程條件。

雖然本發明已以實施例揭露如上，但其非用以限定本發明。任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可對上述裝置與方法作各種之更動與潤飾。因此儘管本發明已以示範實施例揭示，當應知其他實施例亦落入本發明之範圍與精神，如下述之申請專利範圍所界定者。

【圖式簡單說明】

第 1A-1D 圖係繪示依照本發明一實施例中，於形成磊晶層堆疊過程中基材之剖面圖。

第 2 圖係繪示依照本發明一實施例中，沿非含碳種磊晶層、含碳晶層與非含碳覆蓋磊晶層之堆疊層，其碳濃度之曲線圖。

第 3 圖係繪示依照本發明一實施例中，一種當種磊晶層與覆蓋磊晶層之沉積時間為固定時，依據不同含碳磊晶層的沉積時間，所獲得的取代碳濃度(substitutional carbon, SC)曲線圖。

第 4 圖係繪示依照本發明一實施例中，形成具有標的碳濃度之磊晶層堆疊之方法流程圖。

【主要元件符號說明】

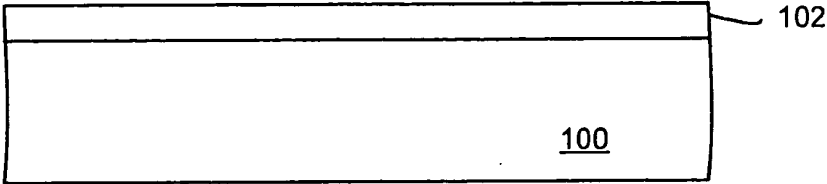
100 基材	400 方法
102 種磊晶層	401 步驟
104 含碳矽磊晶層	402 步驟
106 第二矽磊晶層	403 步驟
108 磊晶層堆疊	404 步驟
200 圖示	405 步驟
202 線條	406 步驟
300 圖示	
302 線條	

五、中文發明摘要：

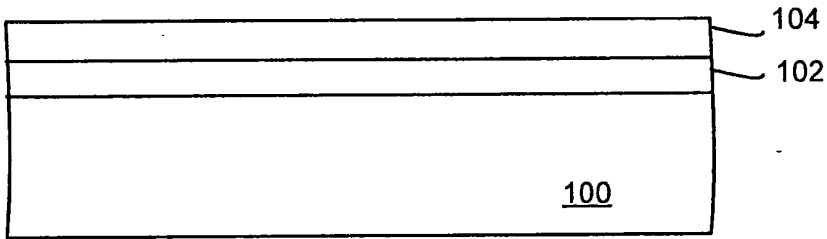
於第一態樣中，提供一種於基材上形成磊晶層堆疊之方法。此方法包含：(1)選擇該磊晶層堆疊之一標的碳濃度；(2)於該基材上形成一含碳矽層，並依據所選擇的該標的碳濃度，選擇該含碳矽層所具有的一初始碳濃度、一厚度以及一沉積時間中之至少一者；以及(3)於蝕刻前，在該含碳矽層上形成一非含碳矽層。亦提供多種其他態樣。

六、英文發明摘要：

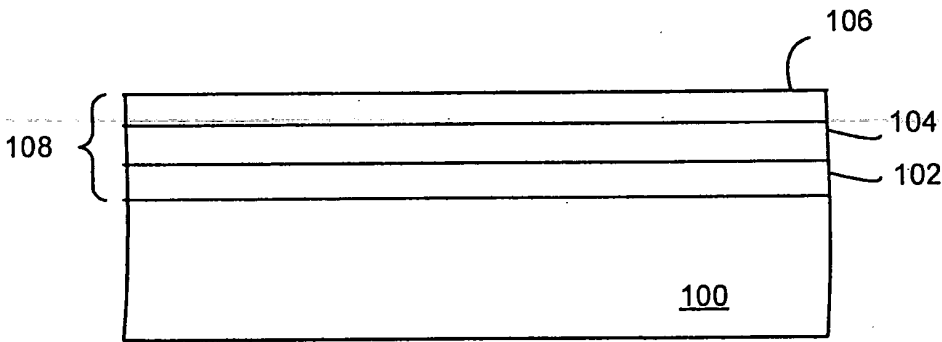
In a first aspect, a method is provided for forming an epitaxial layer stack on a substrate. The method includes (1) selecting a target carbon concentration for the epitaxial layer stack; (2) forming a carbon-containing silicon layer on the substrate, the carbon-containing silicon layer having at least one of an initial carbon concentration, a thickness and a deposition time selected based on the selected target carbon concentration; and (3) forming a non-carbon-containing silicon layer on the carbon-containing silicon layer prior to etching. Numerous other aspects are provided.



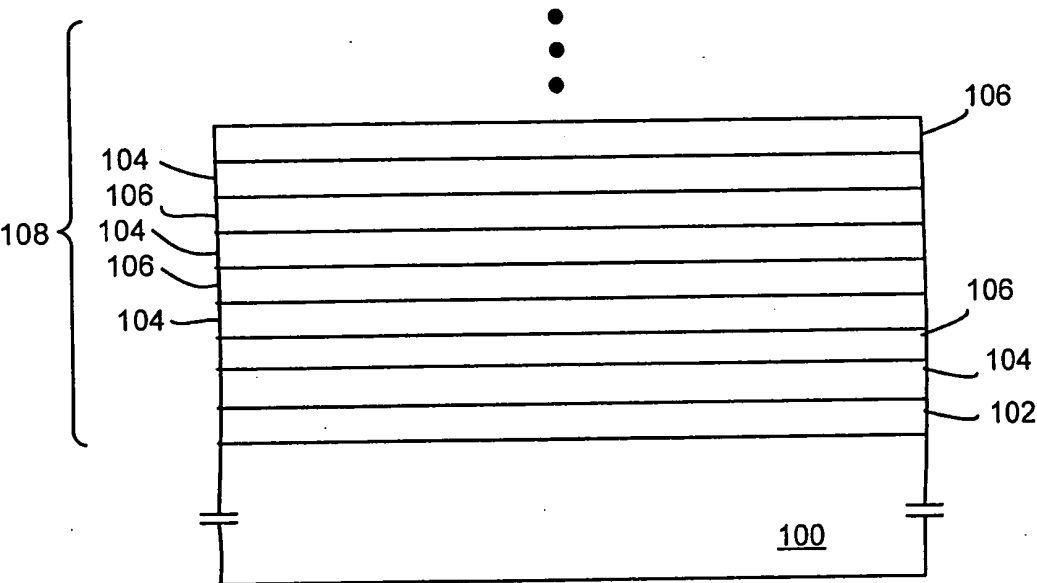
第 1A 圖



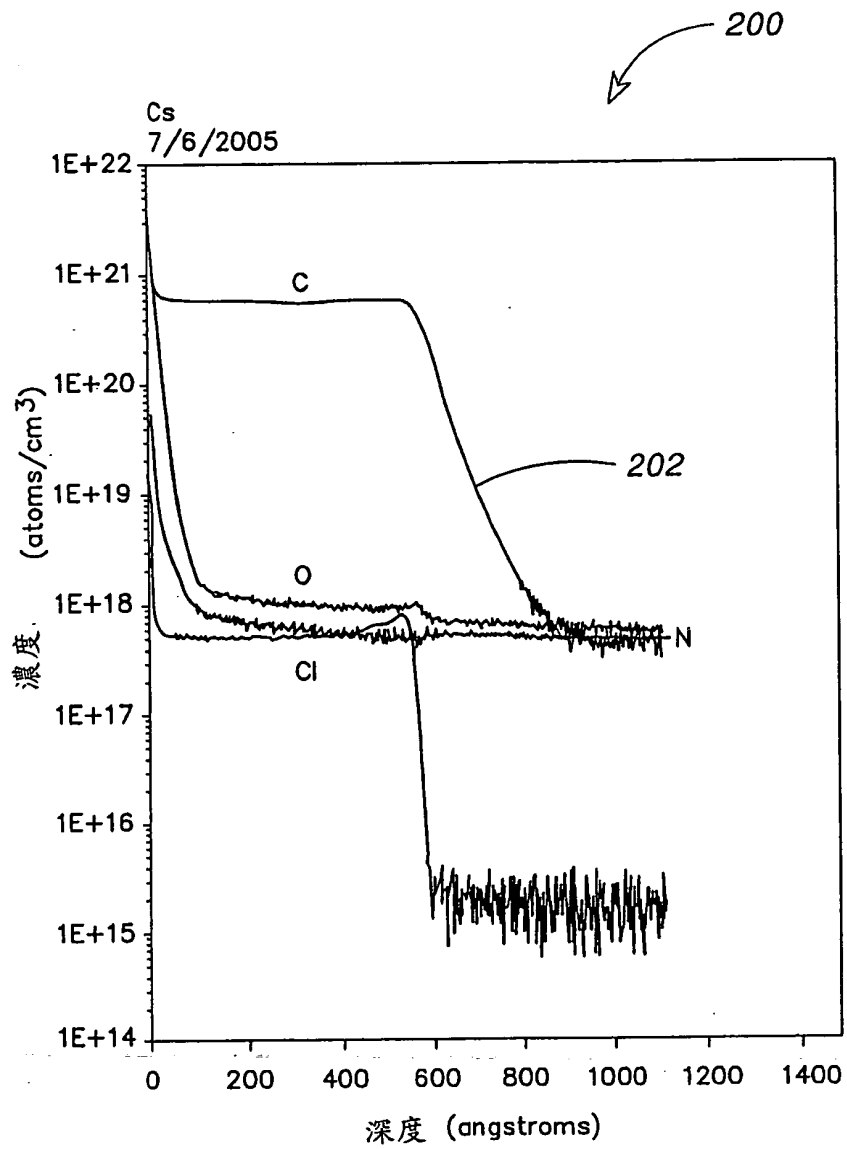
第 1B 圖



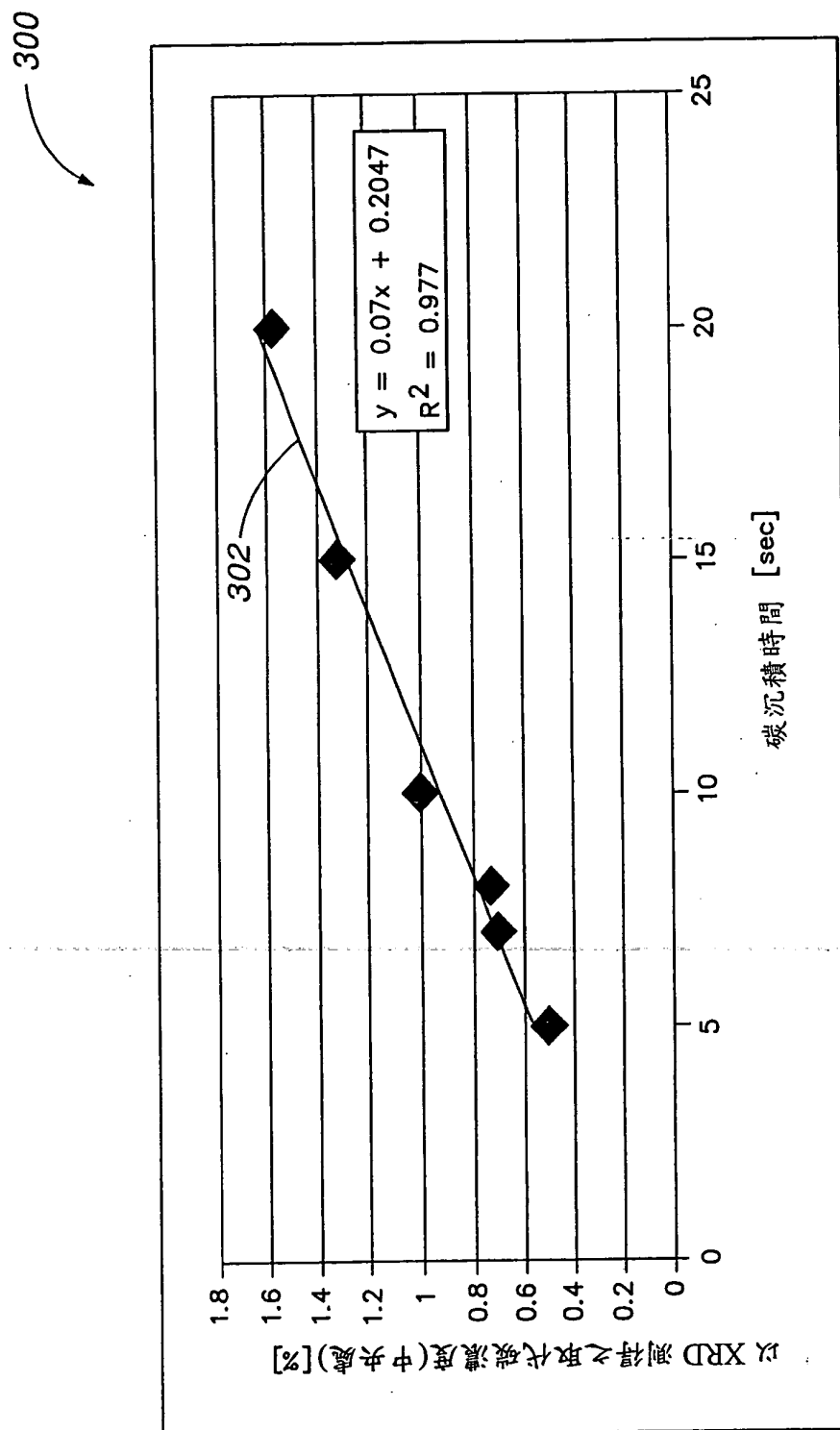
第 1C 圖



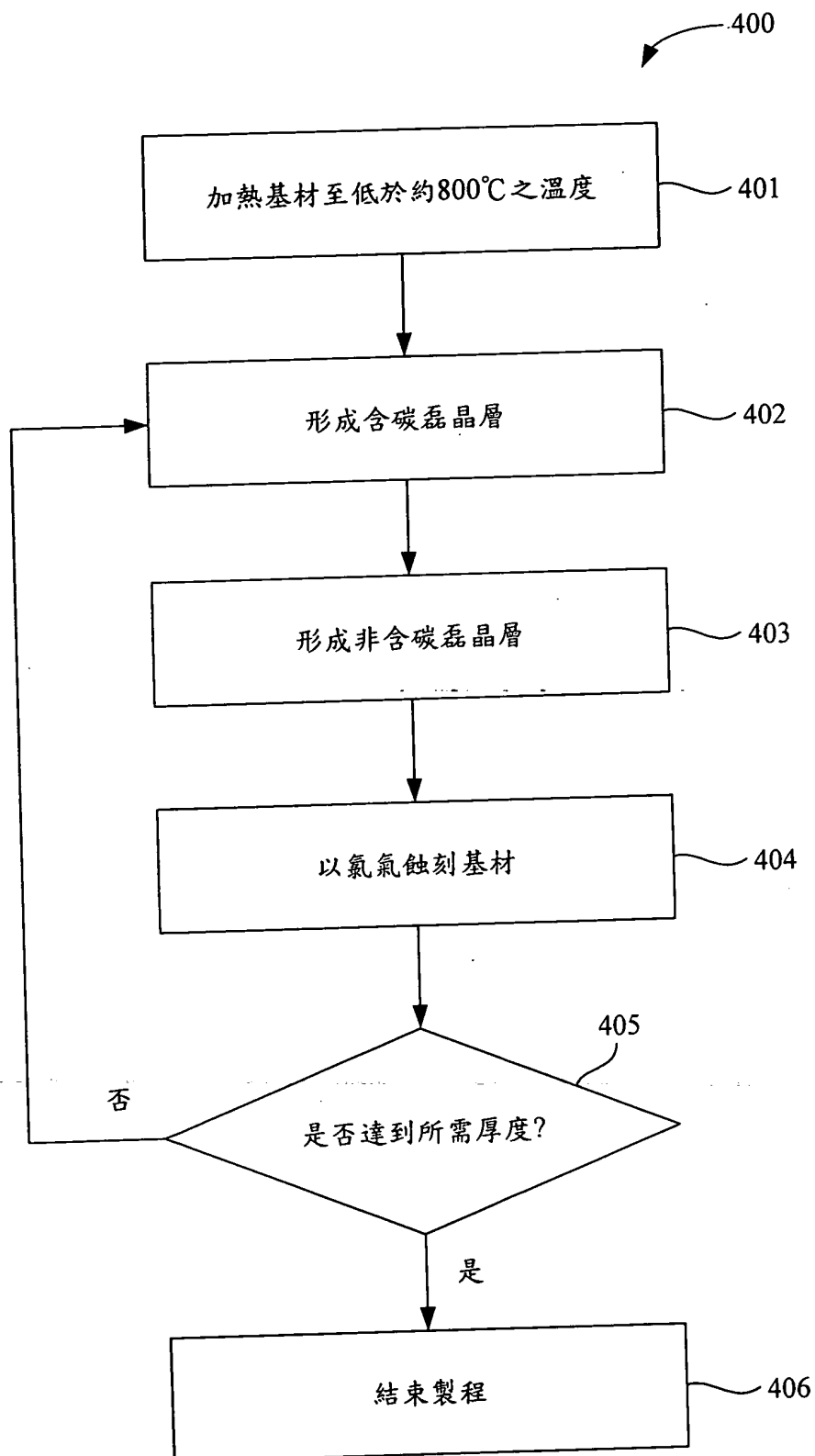
第 1D 圖



第 2 圖



第 3 圖



第 4 圖

七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第(4)圖。

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

400 方法

401 步驟

402 步驟

403 步驟

404 步驟

405 步驟

406 步驟

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

101年3月21日 修正
補充

第96128085號專利案101年3月修正

第2圖中的圖示200繪示了依據本發明所形成堆疊層(例如第1C圖所示),沿著非含碳種磊晶層、含碳晶層與非含碳覆蓋磊晶層的碳濃度。如第2圖所示,由線條202所標示的碳濃度,係沿著堆疊層的深度均勻分布(其中X軸代表堆疊層的深度,Y代表沿堆疊層的碳分布)。依據本發明之部份實施例,可藉由控制含碳層及/或種磊晶層及/或覆蓋層的相對厚度,亦或控制含碳層中的初始碳濃度,進而控制堆疊層中碳濃度。

於部份實施例中,可從含碳磊晶層相對於非含碳磊晶層的厚度,估計最後的碳濃度。舉例而言,第3圖中的圖示300係繪示了當種磊晶層與覆蓋磊晶層之沉積時間為固定時(例如第1C圖所示),依據不同含碳磊晶層的沉積時間,所獲得的取代碳濃度(substitutional carbon, SC)。如第3圖中的線條302所示,層堆疊中的碳濃度係正比於含碳磊晶層的沉積時間。因此,依據本發明之部份實施例,藉由控制含碳磊晶層的沉積時間,可進而控制在種磊晶層/含碳層/覆蓋層堆疊中,或者是夾置於中間的碳濃度。

在一個或多個實施例中,磊晶層中的標的碳濃度其範圍可由約200 ppm到5原子百分率(atomic percent, at%),較佳由約0.5 at%到2 at%,例如約1.5 at%。亦可使用其他標的濃度。於部份實施例中,磊晶層中(例如第1A-1D圖中的層104)的碳濃度可呈漸層變化。

含碳矽層中所含的碳,一般都位於緊接在含矽層沉積之後的晶格裂縫中。初始碳濃度,或說,含碳層中所沉積

十、申請專利範圍：

1. 一種於一基材上形成一磊晶層堆疊之方法，該磊晶層堆疊包含一所需厚度及一標的碳濃度，該方法包含：

(a)於該基材上形成一第一矽層，該第一矽層包含含碳矽；

(b)於該第一矽層上形成一第二矽層，該第二矽層包含非含碳矽；

(c)使來自該第一矽層的碳分布至該第二矽層；

(d)蝕刻該磊晶層堆疊以移除該第二矽層之一部份；

(e)重複步驟(a)至(d)直到經蝕刻之該磊晶層堆疊具有該所需厚度；且

(f)控制下列之一者或多者：該第一矽層之(i)一初始碳濃度、(ii)一厚度及(iii)一沉積時間以達成經蝕刻之該磊晶層堆疊之標的碳濃度。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該標的碳濃度係介於約 200 ppm 與 5 at%之間。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該初始碳濃度係介於約 0.5 at%至 10 at%之間。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，更包含於該第一矽層與該基材之間，形成一非含碳磊晶層。

5. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該所需厚度介於約 $10\text{\AA}$ 至 $2000\text{\AA}$ 之間。
6. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該初始碳濃度係大於或等於該標的碳濃度。
7. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中蝕刻該磊晶層堆疊之步驟包括以含有氯氣之一蝕刻氣體蝕刻該磊晶層堆疊。
8. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中每個第二矽層具有一厚度，以避免該蝕刻氣體與該第一矽層之間發生一反應。
9. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中形成該第一矽層與該第二矽層中之至少一者，係在低於或約 700°C 之溫度下進行。
10. 一種用以控制形成於一基材上之一磊晶層堆疊中的碳濃度之方法，其至少包含：
決定該磊晶層堆疊之一所需標的碳濃度；以及
形成該磊晶層堆疊，藉由：

(a)於該基材上形成一第一磊晶層，該第一磊晶層含有碳；

(b)於該第一磊晶層上形成非含碳之一覆蓋層；

(c)使來自該第一磊晶層的碳分布至該覆蓋層；

(d)蝕刻以移除該覆蓋層之一部份；

(e)重複步驟(a)至(d)直到經蝕刻之該磊晶層堆疊具有所需厚度；且

(f)控制下列之一者或多者：該第一矽層之(i)一初始碳濃度、(ii)一厚度及(iii)一沉積時間以達成經蝕刻之該磊晶層堆疊之標的碳濃度。

11.如申請專利範圍第10項所述之方法，更包含於該第一磊晶層與該基材之間，形成一種磊晶層。

12.如申請專利範圍第10項所述之方法，其中該標的碳濃度介於約200 ppm與5 at%之間。

13.如申請專利範圍第10項所述之方法，其中該第一磊晶層之厚度介於約2Å至100Å之間。

14.如申請專利範圍第10項所述之方法，其中蝕刻步驟包含以氣蝕刻該磊晶層堆疊。

15. 如申請專利範圍第 10 項所述之方法，更包含形成該磊晶層堆疊之額外的交替第一磊晶層與覆蓋層。