

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：96128088

※ 申請日期：96年7月31日

※IPC 分類：H01L 21/05 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

控制磊晶層成長期間形態之方法

METHODS OF CONTROLLING MORPHOLOGY DURING
EPITAXIAL LAYER FORMATION

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2人)

姓名：(中文/英文)

1. 金以寬/KIM, YIHWAN

2. 林安德魯/LAM, ANDREW

國籍：(中文/英文)

1. 韓國/Korea

2. 香港/Hong Kong

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；60/820,956

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。

101年7月10日修正替換頁

第 96128088 號專利案 101.7.10.修正

五、中文發明摘要：

本發明之第一態樣係提供一種於基材上選擇性形成磊晶層之方法。此方法包含加熱該基材至低於約 800°C 之一溫度；以及於該磊晶膜形成過程中，一併使用矽烷與二氯矽烷作為矽源。本發明亦提供其他各式之態樣。

六、英文發明摘要：

A first aspect of the invention provides a method of selectively forming an epitaxial layer on a substrate. The method includes heating the substrate to a temperature of less than about 800°C and employing both silane and dichlorosilane as silicon sources during epitaxial film formation. Numerous other aspects are provided.

101年1月10日修正替換頁

七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

100 方法

101 步驟

102 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

10年7月6日修正替換頁

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造，更具體地，係關於控制磊晶層成長期間形態之方法。

【先前技術】

隨著小型電晶體的製造，要生產超淺源/汲極接面變得更具挑戰性。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。常利用選擇性的磊晶沉積 (selective epitaxial deposition)，將含矽材料 (例如矽、矽鍺或碳化矽) 之磊晶層形成於接面中。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 (例如多晶質層及/或非晶質層) 上。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

10年11月16日修正替換頁

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/汲極特徵，再利用選擇性成長的磊晶層，例如矽鍺 (silicon germanium, SiGe) 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，可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，亦可能發生對基材特徵有害的過度蝕刻。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，在製程過程中，此高溫反應乃是不利的。

因此，仍待開發需一種製程，可選擇性且磊晶地沉積具有選擇性摻雜物的矽與含矽化合物。此外，在具有快速沉積速率、平滑表面形態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。

【發明內容】

本發明之第一態樣係提供一種於基材上選擇性形成磊晶層之方法。此方法包含將該基材加熱至低於約 800°C 之一溫度，並於該選擇性磊晶膜形成製程中，一併使用矽烷與二氯矽烷作為矽源。

本發明之另一態樣係提供一種於基材上選擇性形成磊晶層之方法。此方法包含輪流交替至少一沉積步驟與至少一蝕刻步驟。將該基材加熱至低於約 800°C 之一溫度。該沉積步驟一併使用矽烷與二氯矽烷作為矽源。在室壓約為 5-50 Torr 下，以約 10 sccm 至 100 sccm 的流量流入每一矽源氣體。該蝕刻步驟包含流入氯化氫與氯氣之至少一者。

於本發明之另一態樣中，係提供一種於基材上形成磊晶層之方法。此方法包含：(1) 加熱該基材至低於約 800°C 之一溫度；以及(2)於該基材上進行一選擇性磊晶膜形成製程，於該選擇性磊晶膜形成製程中，一併使用矽烷與二

101年7月10日修正替換頁

氣矽烷作為矽源，以便形成該磊晶層。矽烷對二氯矽烷之比例大於 1。本發明亦提供其他各式之態樣。

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】

在以介電膜圖案化的矽基材上的選擇性磊晶成長過程中，僅於暴露的矽表面上形成(例如，非於介電表面)單晶半導體。所謂的選擇性厚度則定義為在膜成長開始或在介電表面成核之前，矽表面所獲得的最大膜厚度。

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。

在美國專利申請案號 11/001,774 一案中(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。

當沉積溫度小於 800°C 時，矽烷(silane, SiH₄)可作為選擇性矽磊晶的另一種前驅物。在此較低溫度下，矽烷的成長速率比二氯矽烷(Dichlorosilane, DCS)高。然而，本

10年7月10日修正替換頁

發明之發明人卻觀察到以矽烷為基礎的製程可能會產生形態上的問題(例如表面粗糙或坑洞)。

於本發明之至少一實施例中，藉由一併使用矽烷與二氯矽烷(例如於膜成長時，混合矽烷與二氯矽烷)，可降低及/或消除與使用矽烷有關而觀察到的形態問題。相信此方法改變膜表面上的擴散機制，提供較大的形態控制。

雖然本發明可與其他選擇性磊晶製程一併使用，但於部份實施例中，本發明可與美國專利申請案號 11/001,774 一案中(申請日 2004 年 12 月 1 日，代理人案號 9618)，所述之 AGS 製程一同施行。

利用僅以矽烷作為矽源的選擇性製程(例如在 AGS 製程中)所形成的矽磊晶膜，已發現其表面粗糙且有凹洞。利用矽烷與二氯矽烷兩者作為矽源的選擇性製程(例如在 AGS 製程中)所形成的矽磊晶膜，已發現具有改善的膜形態，例如改善的表面平滑(例如沒有凹洞)。不同於其他方法(例如後沉積平化步驟)，不需額外的製程步驟，使用矽烷與二氯矽烷可即時控制膜形態(例如在磊晶膜形成過程期間)。

於部份實施例中，如上述使用矽源之製程的示例可包含流量約 10 sccm 到約 100 sccm 矽烷。此外，矽源可包含流量約 10 sccm 到約 100 sccm 的二氯矽烷。於此示例中，在 AGS 製程中的沉積循環過程中，可採用約 5 Torr 到 50 Torr 的室壓範圍，而沉積時間約為 2-250 秒，且較佳約為 5-10 秒，以及介於約 700°C 至約 750°C 之間的溫度範圍。

10年11月15日修正替換頁

於部份實施例中，矽烷與二氯矽烷的比例可大於 1，例如為 2 : 1，3 : 1，4 : 1，5 : 1，7 : 1，10 : 1 等(矽烷 : 二氯矽烷)。在沉積循環之後，可進行蝕刻製程，舉例而言，以流量約 50 sccm 至約 500 sccm 的氯化氫(HCl)作為蝕刻劑，約 5 Torr 到 100 Torr 的室壓範圍，而沉積時間約為 2-250 秒，且較佳約為 5-10 秒，以及介於約 700°C 至約 750°C 之間的溫度範圍。在蝕刻循環後，可於約 5 Torr 至 50 Torr 的壓力下，溫度範圍介於約 700°C 至 750°C 之間，進行約 10 秒的清潔循環。於沉積、蝕刻及/或清潔過程中，亦可使用其他的製程時間、溫度及/或流量。舉例而言，可如於美國專利申請案號 11/227,794 (申請日 2005 年 09 月 14 日，代理人案號 9618/P01) 一案中所述，於每一蝕刻步驟中，使用氯氣(Cl₂)或氯氣與氯化氫之組合。

第 1 圖為依據本發明，用以形成磊晶膜之第一示範方法 100 之流程圖。參照第 1 圖，於步驟 101 中，將基材放入一處理室中，並將基材加熱至約 800°C 或低於 800°C。於部份實施例中，在磊晶膜形成過程中，可使用較低溫度範圍，例如低於 750°C，低於 700°C 或低於 650°C。

於步驟 102 中，矽烷與二氯矽烷則與適用的載流氣體及/或摻雜物一起流入處理室中，以便於基材上形成一磊晶膜。於部份實施例中，一或多種蝕刻氣體(例如氯化氫、氯氣、氯化氫與氯氣之組合等)可與矽源氣體於相同的時間一起流入(例如在同時進行的沉積-蝕刻製程過程中)。於其他實施例中，可於沉積之後，採用一分開的蝕刻步驟(例如於

(11年)月10日修正替換頁

AGS 製程中)。沉積與蝕刻步驟則持續進行，直至達到所需的磊晶膜厚度為止。於部份實施例中，所採用的矽烷與二氯矽烷的比例可大於 1，例如為 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, 7:1, 10:1 等(矽烷:二氯矽烷)。亦可使用其他的矽源比例。

第 2 圖為依據本發明，用以形成磊晶膜之第二示範方法 200 之流程圖。參照第 2 圖，於步驟 201 中，將基材放入一處理室中，並將基材加熱至約 800°C 或低於 800°C。於部份實施例中，在磊晶膜形成過程中，可使用較低溫度範圍，例如低於 750°C，低於 700°C 或低於 650°C。

於步驟 202 中，矽烷與二氯矽烷則與適用的載流氣體及/或摻雜物一起流入處理室中，以便於基材上形成一磊晶膜。於部份實施例中，可使用流量約為 10 sccm 至約 100 sccm 的矽烷，隨著流量約為 10 sccm 至約 100 sccm 的二氯矽烷。可採用約 5 Torr 至約 50 Torr 的壓力範圍。進行約 2-250 秒的沉積，且較佳為 5-10 秒。於部份實施例中，矽烷與二氯矽烷的比例可大於 1，例如為 2:1、3:1、4:1、5:1、7:1、10:1 等(矽烷:二氯矽烷)。亦可採用其他流量、壓力、溫度、時間及/或矽烷與二氯矽烷比例。

於步驟 203 中，蝕刻氣體例如氯化氫及/或氟氣，則與適用的載流氣體一起流入處理室中，以對在步驟 202 中所沉積的材料進行蝕刻。舉例而言，可以流量約 50 sccm 至約 500 sccm 的氯化氫作為蝕刻劑，處理室壓力約 5 Torr 到 100 Torr 的室壓範圍，對基材進行蝕刻，而蝕刻時間約

101年11月16日修正替換頁

為 2-250 秒，且較佳約為 5-10 秒。亦可使用其他蝕刻劑、量、壓力及/或時間。

於步驟 204 中，在蝕刻循環後，進行約 2-250 秒的清潔循環，且較佳為 5-10 秒。亦可使用其他的清潔時間。

於步驟 205 中，則確認是否達到所需的磊晶膜厚度。若有達到，則於步驟 206 終止製程。否則的話，製程則回到步驟 202，以於基材上額外的磊晶材料。

前述揭示僅作為本發明之示範實施例。任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，可對前述所揭示之裝置與方法可作各種之更動與潤飾。舉例而言，於磊晶膜形成過程中，可使用較低的溫度範圍，例如低於 750°C，低於 700°C，或小於 650°C。

據此，雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，其他實施例亦可能落入本發明之精神與範圍下，如後申請專利範圍所界定者。

【圖式簡單說明】

為讓本發明之上述和其他目的、特徵、優點與實施例能更明顯易懂，所附圖式之詳細說明如下：

第 1 圖係繪示依據本發明之一實施例，用以形成磊晶膜之第一示範方法之流程圖。

第 2 圖係繪示依據本發明之一實施例，用以形成磊晶膜之第二示範方法之流程圖。

10/年7月10日修正替換頁

【主要元件符號說明】

100 方法

101 步驟

102 步驟

200 方法

201 步驟

202 步驟

203 步驟

204 步驟

205 步驟

206 步驟

101年7月10日修正替換頁

十、申請專利範圍：

1. 一種形成磊晶層之方法，其包含：

提供一基材；

加熱該基材至低於約 800°C 之一溫度；以及

於該基材上進行一選擇性磊晶膜形成製程，於該選擇性磊晶膜形成製程中，一併使用矽烷與二氯矽烷作為矽源，以便形成該磊晶層；

其中進行該選擇性磊晶膜形成製程包含：

流入矽烷與二氯矽烷；以及

流入一蝕刻氣體，該蝕刻氣體包含氯化氫與氯氣之至少一者。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中加熱該基材包含將該基材加熱至低於約 750°C 之一溫度。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中加熱該基材包含將該基材加熱至低於約 700°C 之一溫度。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中加熱該基材包含將該基材加熱至低於約 650°C 之一溫度。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中進行該選擇性磊晶膜形成製程包含：

10/年1月10日修正替換頁

進行一沉積步驟，且於該沉積步驟後進行一蝕刻步驟。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述之方法，其中進行該沉積步驟包含提供矽烷流以及二氯矽烷流。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述之方法，其中該矽烷之流量為約 10 至 100 sccm。

8. 如申請專利範圍第 6 項所述之方法，其中該二氯矽烷之流量為約 10 至 100 sccm。

9. 如申請專利範圍第 6 項所述之方法，其中進行該沉積步驟包含使用約 5 至 500 Torr 之一製程壓力。

10. 如申請專利範圍第 6 項所述之方法，其中進行該沉積步驟包含流入矽烷與二氯矽烷長達約 10 秒。

11. 如申請專利範圍第 5 項所述之方法，其中進行該蝕刻步驟包含流入該蝕刻氣體，其中該蝕刻氣體包含氯化氫與氯氣之至少一者。

12. 如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中該蝕刻氣體之流量約為 50 至 500 sccm。

1997年1月16日修正替換頁

13. 如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中進行該蝕刻步驟包含使用約 5 至 100 Torr 之一製程壓力。

14. 如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中該蝕刻步驟包含流入蝕刻氣體長達約 10 秒。

15. 如申請專利範圍第 5 項所述之方法，更包含至少一清潔步驟。

16. 一種形成磊晶層之方法，其包含：

提供一基材；

加熱該基材至低於約 800°C 之一溫度；

進行一選擇性磊晶膜形成製程，其包含至少一沉積步驟與至少一蝕刻步驟：

其中該沉積步驟與該蝕刻步驟輪流交替；

其中該沉積步驟包含在約為 5 至 50 Torr 之一沉積壓力下，以約 10 至 100 sccm 的流量分別流入矽烷與二氣矽烷；以及

其中該蝕刻步驟包含流入氯化氫與氯氣之至少一者。

17. 如申請專利範圍第 16 項所述之方法，其中該選擇

101年1月16日修正替換頁

性磊晶膜形成製程更包含至少一清潔步驟。

18.如申請專利範圍第 16 項所述之方法，其中加熱該基材包含將該基材加熱至低於約 750°C 之一溫度。

19.如申請專利範圍第 16 項所述之方法，其中加熱該基材包含將該基材加熱至低於約 700°C 之一溫度。

20.如申請專利範圍第 16 項所述之方法，其中加熱該基材包含將該基材加熱至低於約 650°C 之一溫度。

21.一種形成磊晶層之方法，其包含：

提供一基材；

加熱該基材至低於約 800°C 之一溫度；以及

於該基材上進行一選擇性磊晶膜形成製程，於該選擇性磊晶膜形成製程中，一併使用矽烷與二氯矽烷作為矽源，以便形成該磊晶層；

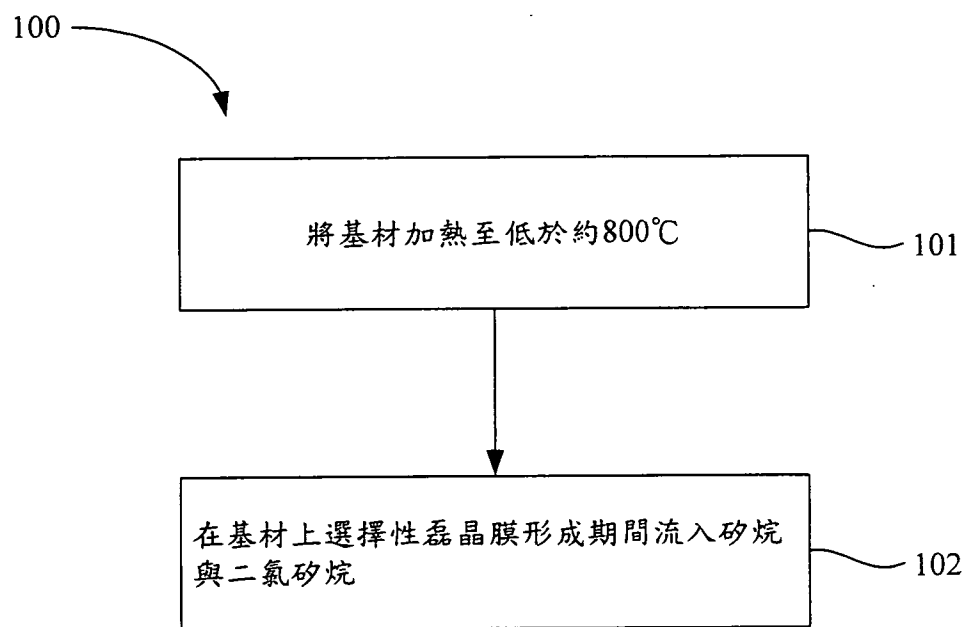
其中矽烷對二氯矽烷之比例大於 1。

22.如申請專利範圍第 21 項所述之方法，其中矽烷對二氯矽烷之比例大於 2。

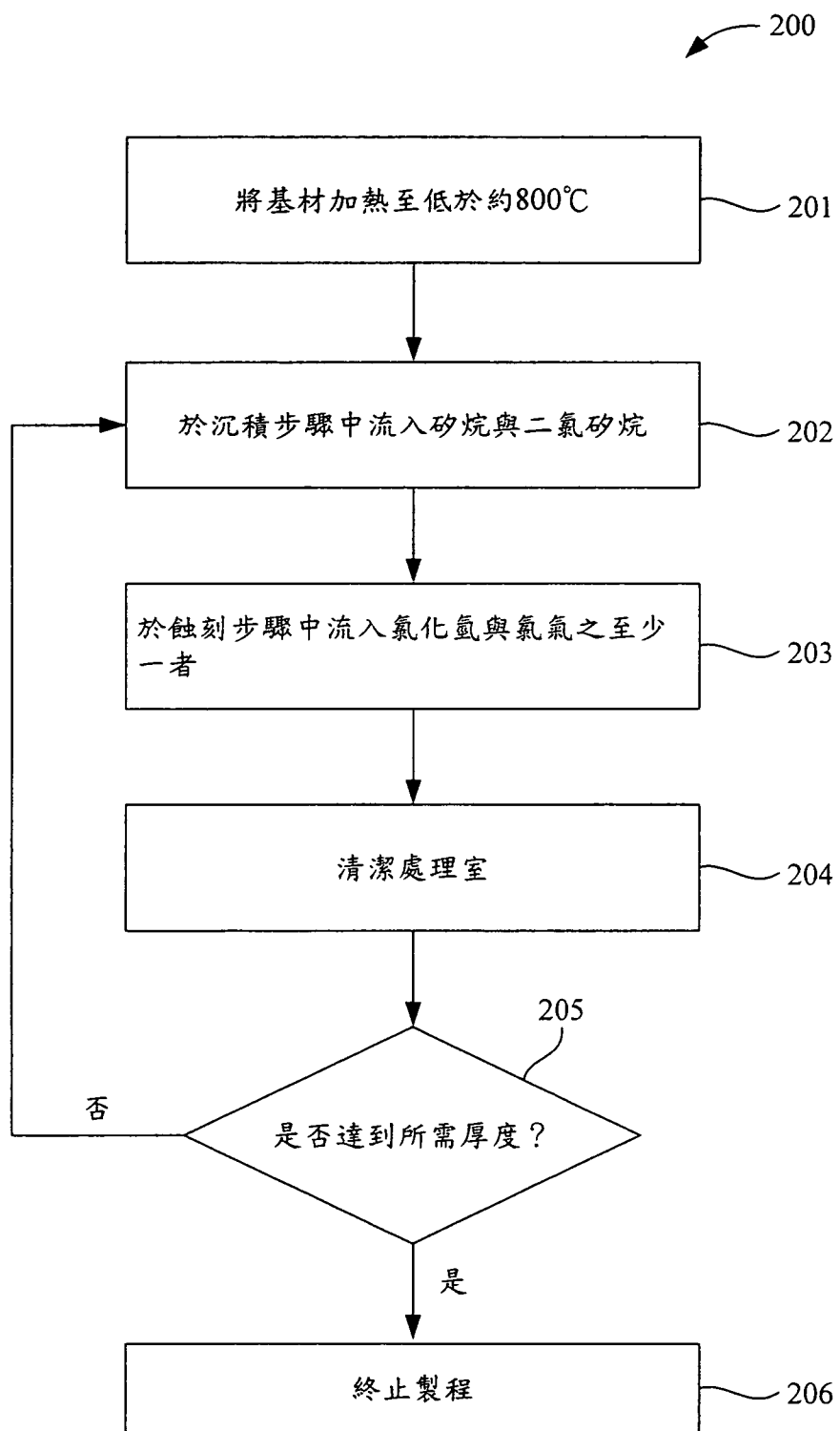
23.如申請專利範圍第 22 項所述之方法，其中矽烷對

101年7月16日修正替換頁

二氯矽烷之比例大於 5。



第 1 圖



第 2 圖