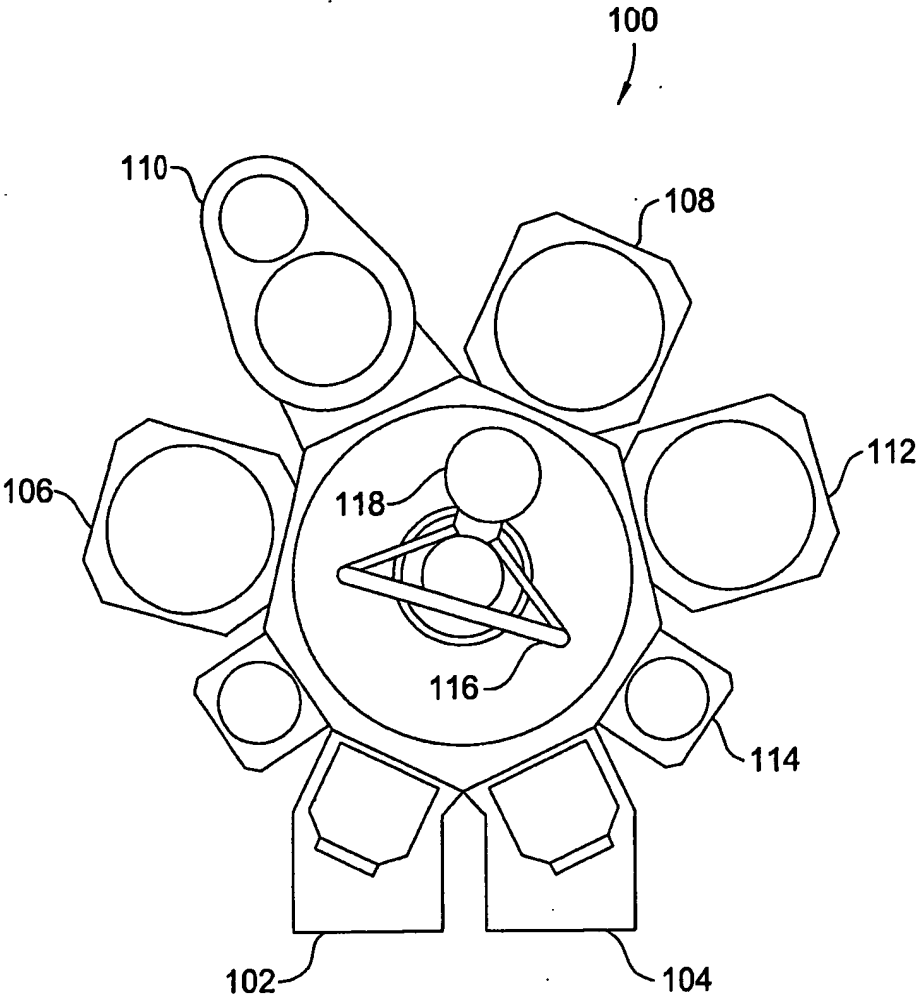
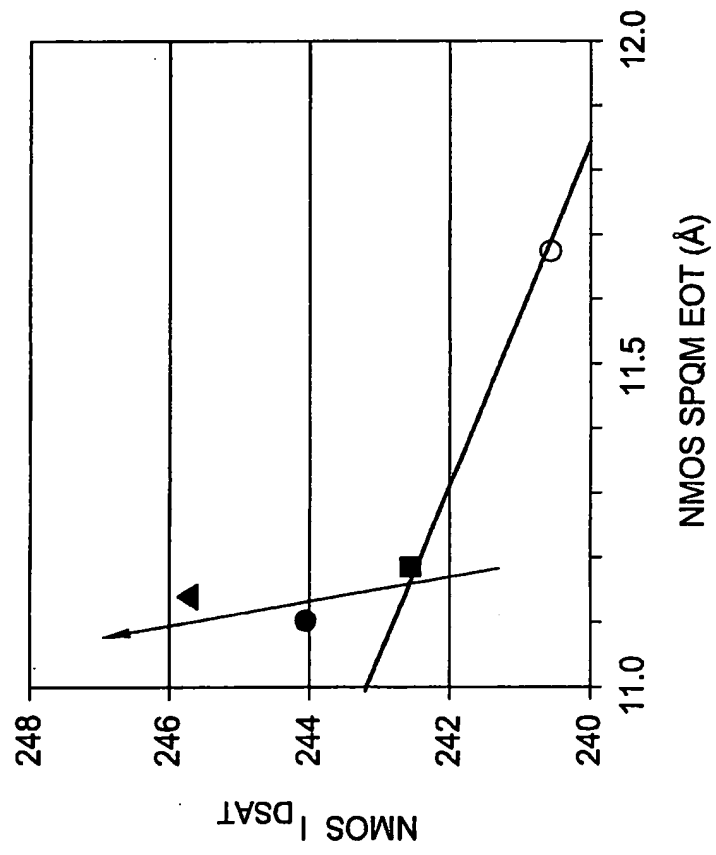




第 1 圖



第 3 圖

公告本

第96111860

號專利案100年9月修正

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：96111860

※申請日期：96年4月3日

※IPC 分類：H01L 21/
318
(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

以多步驟退火來形成氧氮化矽閘極介電層的方法

SILICON OXYNITRIDE GATE DIELECTRIC FORMATION USING
MULTIPLE ANNEALING STEPS

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1人)

姓名：(中文/英文)

1. 奧森克里斯多夫 S/OLSEN, CHRISTOPHER S.

國籍：(中文/英文)

1. 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 4 月 3 日；11/397,010

☐ 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】

本發明實施方案大致係有關形成氧氮化矽膜層之半導體處理。更詳細地說，本發明係有關一種用來形成氧氮化矽膜層之方法，其係利用包含電漿氮化以及一種兩步驟退火的製程來完成。

【先前技術】

隨著積體電路和電晶體之元件幾何尺寸日漸縮減，所需用以驅動電晶體閘極的電流也日益升高。已知電晶體的閘極驅動電流會隨其閘極電容增加而增加，且閘極電容等於 $k \times A/d$ ，其中 k 是該閘極介電質（通常是二氧化矽）的介電常數， d 是該介電質的厚度，且 A 是閘極接點面積。因此，降低介電質的厚度與提高閘極介電質的介電常數乃是兩種可用來提高閘極電容與驅動電流的方式。

已有人嘗試減少介電質的厚度，例如降低二氧化矽介電質的厚度到 $20\text{\AA}$ 以下。但是，使用厚度低於 $20\text{\AA}$ 的二氧化矽介電質經常會造成效能不佳及耐用性降低。舉例來說，在摻有硼的電極中，硼原子會從電極滲出穿過薄的二氧化矽介電質而進入其下方的矽基材中。此外，還會出現不樂見的閘極漏電流（即，通道電流（channel current））現象，因而增加閘極的耗電量。薄二氧化矽閘極介電質也較易受到負型通道金氧半導體（negative-channel metal-oxide semiconductor, NMOS）熱載子裂變、以及正型通道金氧半導體（NMOS）負偏斜溫度不穩定（negative bias temperature

instability, NBTI)現象的影響。

將二氧化矽層氮化已是習用以降低二氧化矽介電層厚度到 $20\text{\AA}$ 以下的方法。以電漿氮化將氮原子併入至閘極氧化物中。氮化可在電極/氧化物界面中提供高濃度的氮原子。此界面中高濃度的氮原子可防止硼原子滲透進入閘極氧化物中。相反的，該閘極氧化物介電質塊材在電漿氮化過程中，僅摻雜有微量的氮原子。塊材中低量的氮原子導致膜層具有較原來氧化物膜層厚度為低的等效氧化物層厚度 (equivalent oxide thickness, EOT)，因而可減少閘極漏電流。較佳是提供一種 $EOT < 12\text{\AA}$ 的介電質。

氮化後將氧氮化矽膜層退火可改善通道電子的遷移力，但代價是會造成 EOT 上升，此可在傳統氧氮化矽膜層退火過程中執行尖峰瞬間導電度量測中觀察到。相對於在較高 EOT 厚度下，通道電子的遷移力在較低 EOT 厚度下的裂變較快。此外，較高的 EOT 值也會降低傳統退火的氧氮化矽膜層的驅動電流。因此，需要一種可使膜層具有欲求的通道電子遷移力、驅動電流和 EOT 的退火製程。

【發明內容】

本發明提供一種用以形成具有欲求之通道電子遷移力和驅動電流的氧氮化矽薄層的製備方法。依據本發明一實施方案，該方法包括以 1 至 100 毫托耳的氧化氣體 (其可為氧氣、一氧化二氮或一氧化氮) 將氧氮化矽層退火，和以約 1 slm 的氧氣將該氧氮化矽層退火。以 1 至 100 毫托耳的氧化氣體將氧氮化矽層退火的步驟，係在較以約 1 slm 的

氧氣將該氮化矽層退火的步驟所需之更高溫度與更高壓力下進行。

【實施方式】

第 1 圖為一群集工具 100 的示意圖，用以依據本發明各種實施方案來處理半導體基材。此群集工具 100 的實例之一為位於加州聖大克勞拉市的美商應用材料公司出品的 GATE STACK CENTURA™ 群集工具。此群集工具 100 包括加載鎖定室 102、104，快速熱退火或處理室 (rapid thermal anneal or process, RTP) 106、108，去耦合電漿氮化 (decoupled plasma nitridation, DPN) 室 110，沉積室 112，及冷卻室 114。此群集工具 100 也包括一用來傳送基材 118 進出一特定處理室的基材處理工具 116。

基材處理工具 116 位在一與其周圍各處理室連通的中央傳送室中。欲處理的基材係位在加載鎖定室 102、104 中。沉積室 112 是一種化學或物理氣相沉積室，其可被用來在一半導體基材上形成一膜或一層。

RTP 處理室 106、108 可用來在減壓下 (例如，約等於或小於 10 托耳) 執行快速熱處理。可用的 RTP 處理室實例包括位於加州聖大克勞拉市的美商應用材料公司出品的 RADIANCE XE™、RADIANCE XE PLUS™ 和 RADIANCE™ RTP 腔室。

第 2 圖為用來形成一退火的氮化矽層之方法 200 的流程圖。一開始，先處理一基板以於該基板表面上形成一

氧化矽層。接著，在步驟 202 中，以一諸如熱氮化或電漿氮化之類的氮化製程來處理該氧化矽層，以形成一氧氮化矽層。使用電漿氮化製程來形成氧氮化矽層的方法揭示在 2003 年 6 月 12 日申請之美國專利申請案第 10/461,143 號中，其全文在此併入作為參考。

待形成氧氮化矽層後，讓該氧氮化矽層經歷一兩步驟式的退火處理。此退火處理的第一步驟 204 是在一處理室壓約為 100 毫托耳至約 800 托耳間，約 700°C 或更高溫度下實施約 1 至約 120 秒。此退火處理的第一步驟 204 可以在含有一惰性、還原、氧化或上述之混合的氣體環境下實施。適合的惰性氣體包括氮氣、氬氣及氫氣。適合的還原氣體包括氫氣。適合的氧化氣體包括氧氣、一氧化二氮、一氧化氮及臭氧。上述這些氣體的混合氣體包括由氮氣與氧氣組成的混合氣體。

氧氣流速係以分壓表示，至於其他壓力則是由流入製程室中的其他氣體(例如，氮氣)分壓來平衡。當提供氧氣時，須選擇氧氣流速使其可提供 1 至 100 毫托耳的氧氣分壓。如果第一退火步驟係在約 1000°C 下實施，則此氧氣分壓較佳是在約 1 至約 15 毫托耳的氧氣間。如果第一退火步驟係在約 1050°C 下實施，則此氧氣分壓較佳是在約 10 至約 50 毫托耳的氧氣間。如果第一退火步驟係在約 1100°C 下實施，則此氧氣分壓較佳是在約 75 至約 200 毫托耳間。一般並不樂見在第一退火步驟添加太多的氧氣，因為可能會造成過度氧化。

為比較由不同流速之氮氣與氧氣組成的數種組合，在

三種不同熱退火溫度下所形成的膜層性質，而觀察並紀錄飽和驅動電流(其係為閘極電流密度的函數)。對一使用約 10 至約 50 毫托耳氧氣的製程來說，當其第一退火步驟係在 1050°C 下實施時，其最大飽和驅動電流出現在閘極電流密度為 100mA/mm² 時。

該退火處理的第二步驟 206 是在約 10 毫托耳至約 100 托耳的較低壓力及約 900 至約 1100°C 溫度下實施。該第二退火步驟 206 係實施約 1 至約 120 秒。可控制該第二步驟 206 使其能增加氧氮化矽層 EOT 約 0.1 至約 2Å。可將氧氣及其他氧化氣體引入至 RTP 室。氧化氣體包括氧氣、一氧化二氮、一氧化氮及臭氧。在一較佳的該第二退火步驟 206 中，以可提供約 0.5 至約 3.0 托耳之氧氣分壓的流速將氧氣流入製程室中約 15 秒。舉例，可使用約 1 slm 的流速來提供此範圍的氧氣分壓。

在第二退火步驟 206 之後，可在該群集工具的另一製程室內形成一帽蓋層於氧氮化矽層表面上(步驟 208)。可在該群集工具內執行其他額外的處理或是將基板轉移至其另一工具中。

第 3 圖為以各種處理條件(包括本發明實施例的處理條件)所形成之膜層的有效氧化物厚度與飽和驅動電流的關係。空心圓圈代表在 1000°C 下以 0.5 托耳氧氣(每一退火步驟中其餘氣體部份均為氮氣)實施 15 秒的一步驟退火，實心圓圈則代表在 1000°C 下以氮氣實施 15 秒的第一退火步驟加上以 0.5 托耳氧氣實施 15 秒之第二退火步驟。實心三角形代表在 1000°C 下以氮氣實施 45 秒之第一退火步驟

加上以 0.5 托耳氧氣實施 15 秒之第二退火步驟。至於實心方形則代表在 950℃ 下以氮氣實施 45 秒的第一退火步驟加上以 0.5 托耳氧氣實施 15 秒之第二退火步驟。依據這些結果，本發明中兩步驟的退火處理結果遠比一步驟的退火處理來得優異。此外，較佳是在兩步驟退火處理的第一步驟同時使用氧氣和氮氣。但是，須知此係較佳實施例，本發明尚涵蓋其他實施方案。

依據本發明實施方案，可觀察到以各種製程條件形成的膜層，其氧氣分壓為溫度的函數。相較於不使用氧氣之第一退火步驟於 1000℃、1050℃、及 1100℃ 所形成的元件而言，使用氧氣在第一退火步驟中所形成的大部份元件比較能被接受。這些結果顯示，相較於不在退火期間添加氧氣的元件來說，於高溫下實施的第一退火步驟期間添加氧氣可提供更多無缺陷的元件。

雖然本發明已揭示如上，習知技藝人士應知在不悖離本發明精神範疇下，仍可對本發明技術作多種改良與修飾，這些改良與修飾仍應被視為涵蓋在附隨之申請專利範圍中。

【圖式簡單說明】

藉由參考附圖中所說明的本發明實施例可瞭解上述發明內容以及本發明的實施方式中。然而，必須要注意的是，所附圖式僅說明本發明的一般實施例，因此並非限制本發明之範疇，對於本發明而言，其可接受其他等效實施例。

第 1 圖為一用以處理半導體基材之群集工具的示意圖。

第 2 圖為用以形成一經退火之氧氮化矽膜層的方法流程圖。

第 3 圖為以各種處理條件(其係在兩步驟處理的兩個步驟中均包括有氧氣)所形成之膜層的有效氧化物厚度與飽和驅動電流的關係。

【主要元件符號說明】

100	群集工具	102、104	加載鎖定室
106、108	快速熱退火或處理室		
110	去耦合電漿氮室	112	沉積室
114	冷卻室	116	基材處理工具
118	基材	200	方法
202、208	步驟	204	第一步驟
206	第二步驟		

五、中文發明摘要：

所揭示的為一種在一製程室中處理一半導體基材的方法，其包括利用一種兩步驟退火製程來形成氧氮化矽膜層。第一退火步驟包括在分壓約 1 至約 100 毫托耳的氧化氣體下將該氧氮化矽膜退火，且第二退火步驟包括在流速約 1 slm 的氧氣下將該氧氮化矽膜退火。第一退火步驟係在比第二退火步驟更高溫且更高壓力下實施。

六、英文發明摘要：

A method for processing a semiconductor substrate in a chamber includes forming a silicon oxynitride film using a two-step anneal process. The first anneal step includes annealing the silicon oxynitride film in the presence of an oxidizing gas that has a partial pressure of about 1 to about 100 mTorr, and the second anneal step includes annealing the silicon oxynitride film with oxygen gas that has a flow rate of about 1 slm. The first anneal step is performed at a higher chamber temperature and higher chamber pressure than the second anneal step.

十、申請專利範圍：

1. 一種用於處理一半導體基材的方法，包含：

形成一氧氮化矽膜層；

在一氧化氣體存在下形成具有約 1 毫托耳至約 100 毫托耳的一氧氣分壓的一環境，將該氧氮化矽膜層退火；以及

以一氧氣形成具有約 0.5 托耳至約 3.0 托耳的一氧氣分壓的一環境，將該氧氮化矽膜層退火。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該形成一氧氮化矽膜層的步驟係以電漿氮化來實施。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該在一氧化氣體存在下形成具有約 1 至約 100 毫托耳的一氧氣分壓的一環境，將該氧氮化矽膜層退火的步驟係在約 700°C 或更高溫度下實施。

4. 如申請專利範圍第 3 項所述之方法，其中該在一氧化氣體存在下形成具有約 1 至約 100 毫托耳的一氧氣分壓的一環境，將該氧氮化矽膜層退火的步驟係在約 1000°C 至約 1100°C 間實施。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該在一氧化氣體存在下形成具有約 1 至約 100 毫托耳的一氧氣分壓的一環境，將該氧氮化矽膜層退火的步驟係實施約 1 至約 120 秒。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該在一氧化氣體存在下形成具有約 1 至約 100 毫托耳的一氧氣分壓的一環境，將該氧氮化矽膜層退火的步驟係在製程室壓約 100 毫托耳至約 800 托耳間實施。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該氧化氣體係選自氧氣、一氧化二氮、一氧化氮及臭氧。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該氧化氣體為氧氣。

9. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該在一氧化氣體存在下形成具有約 1 至約 100 毫托耳的一氧氣分壓的一環境，將該氧氮化矽膜層退火的步驟更包含以一還原氣體將該氧氮化矽膜層退火。

10. 如申請專利範圍第 9 項所述之方法，其中該還原氣體是氫氣。

11. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該在一氧化氣體存在下形成具有約 1 至約 100 毫托耳的一氧氣分壓的一環境，將該氧氮化矽膜層退火的步驟更包含以一惰性氣體將該氧氮化矽膜層退火。

12. 如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中該惰性氣體係選自氮氣、氬氣及氦氣。

13. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中以氧氣將該氧氮化矽膜層退火的步驟中，氧氣的流速約為 1 slm 且在約 900°C 至約 1100°C 下實施該步驟。

14. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中以氧氣將該氧氮化矽膜層退火的步驟中，氧氣的流速約為 1 slm 且在約 10 毫托耳至約 100 托耳的壓力下實施該步驟。

15. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該以氧氣形成具有約 0.5 托耳至約 3.0 托耳的一氧氣分壓的一環境，將該氧氮化矽膜層退火的步驟係實施約 1 秒至約 120 秒。

16. 一種用於退火一半導體基材的方法，該半導體基材設置在一製程室中且具有一氧氮化矽膜層，該方法包含：

在約 1000°C 至約 1100°C 的溫度下，將一氧化氣體流入該製程室中，以提供約 1 至約 100 毫托耳的一氧氣分壓；
以及

將一氧氣流入該製程室中，以提供約 0.5 托耳至約 3 托耳的一氧氣分壓，

其中該將一氧化氣體流入該製程室中的步驟係在比該將一氧氣流入該製程室的步驟更高的溫度與更高的製程室

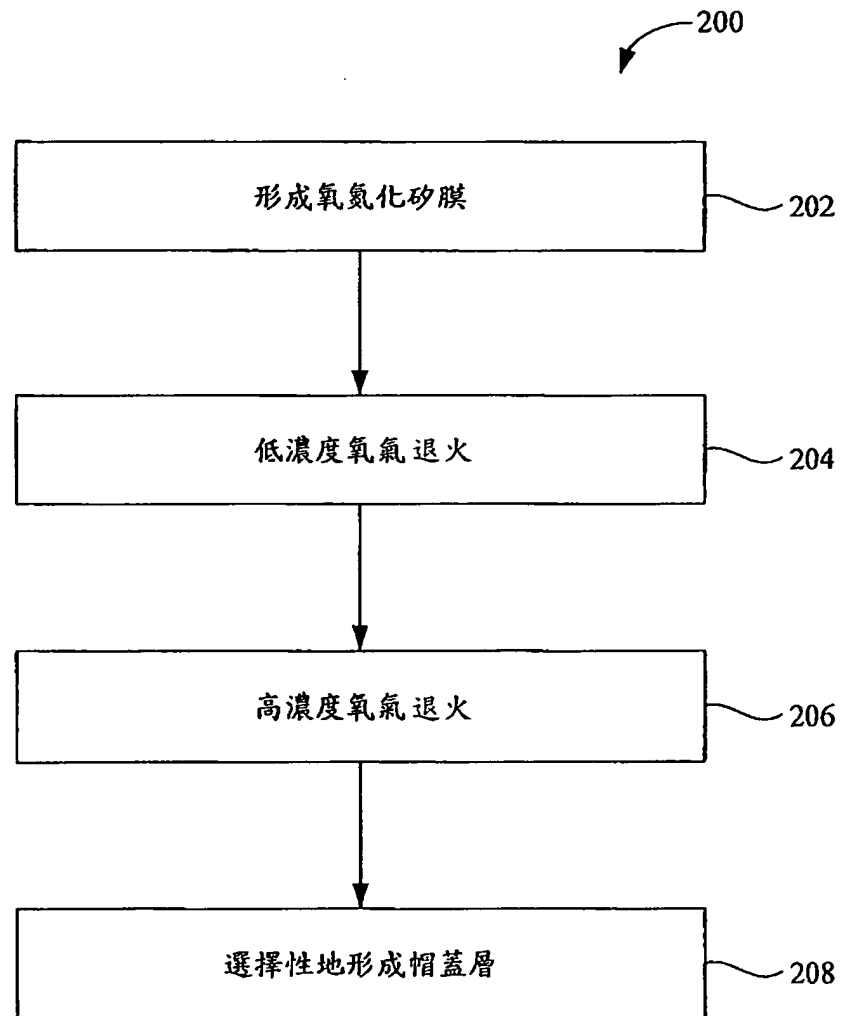
壓下實施。

17. 如申請專利範圍第 16 項所述之方法，其中該將一氧化氣體流入該製程室中的步驟係在約 1000℃ 的溫度下實施。

18. 如申請專利範圍第 16 項所述之方法，其中該將一氧化氣體流入該製程室中的步驟係實施約 1 秒至約 120 秒。

19. 如申請專利範圍第 16 項所述之方法，其中該將一氧化氣體流入該製程室中的步驟係在約 100 毫托耳至約 800 托耳的一製程室壓下實施。

20. 如申請專利範圍第 16 項所述之方法，其中該氧化氣體係選自氧氣、一氧化二氮、一氧化氮及臭氧。



第 2 圖

七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第(2)圖。

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

200	方法
202、208	步驟
204	第一步驟
206	第二步驟

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