

發明專利說明書

200301925

※ 申請案號：91134532

※IPC 分類：H01L 21/50

※ 申請日期：91 年 11 月 27 日

壹、發明名稱

(中文) 在基板上形成氮化矽層的方法

(英文) A METHOD OF FORMING A SILICON NITRIDE LAYER ON A
SUBSTRATE

貳、發明人 (共 6 人)

發明人 1

姓名：(中文) 史帝文 A. 陳

(英文) Steven A. Chen

住居所地址：(中文) 美國加州聖荷西市快爾博勒弗廣場 2278 號

(英文) 2278 Quail Bluff Place, San Jose, CA 95121, USA

國籍：(中文) 美國

(英文) USA

參、申請人 (共 1 人)

申請人 1

姓名或名稱：(中文) 美商·應用材料股份有限公司

(英文) APPLIED MATERIALS, INC.

住居所或營業所地址：(中文) 美國加州聖大克勞拉市波爾斯大道 3050 號

(英文) 3050 Bowers Avenue, Santa Clara, CA 95054,
USA

國籍：(中文) 美國

(英文) USA

代表人：(中文) 瓊西 J. 史維尼

(英文) Joseph J. Sweeney

發明人 2

姓名：(中文) 陶獻之

(英文) Xianzhi Tao

住居所地址：(中文) 美國加州帕羅奧多市麥克凱勒巷第 5A 公寓 4217 號

(英文) 4217 McKellar Lane, #5A, Palo Alto, CA 94306, USA

國籍：(中文) 美國

(英文) USA

發明人 3

姓名：(中文) 王樹林

(英文) Shulin Wang

住居所地址：(中文) 美國加州坎貝爾市史坦威大街 959 號

(英文) 959 Steinway Avenue, Campbell, CA 95008, USA

國籍：(中文) 美國

(英文) USA

發明人 4

姓名：(中文) 羅莉

(英文) Lee Leo

住居所地址：(中文) 美國加州佛利蒙市布朗士威克廣場 222 號

(英文) 222 Brunswick Place, Fremont, CA 94539, USA

國籍：(中文) 美國

(英文) USA

發明人 5

姓名：(中文) 黃克剛

(英文) Kegang Huang

住居所地址：(中文) 美國加州佛利蒙市派克德庭院 44100 號

(英文) 44100 Packard Court, Fremont, CA 94539, USA

國籍：(中文) 美國

(英文) USA

發明人 6

姓名：(中文) 尚 H.安

(英文) Sang H. Ahn

住居所地址：(中文) 美國加州聖大克勞拉市瓦波頓大街 3467 號

(英文) 3467 Warburton Avenue, Santa Clara, CA 95051, USA

國籍：(中文) 韓國

(英文) Korea

捌、聲明事項

本案已向下列國家(地區)申請專利，申請日期及案號資料如下：

【格式請依：申請國家(地區)；申請日期；申請案號 順序註記】

美國；2001年12月12日；10/015,713

主張專利法第二十四條第一項優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；日期；案號 順序註記】

美國；2001年12月12日；10/015,713

玖、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種在基板上形成氮化矽層的方法。

【先前技術】

積體電路通常形成在一半導體晶圓基板內及其上。一個或多個步驟可能包含一氮化矽層在該晶圓基板之一表面上的形成。晶圓基板的表面通常具有間隔的凸起的電晶體閘極和介於該等閘極之間的低的區域。非常窄的低的區域可以被形成在這些結構的某些之間，並且該表面也可以有完全平坦的較大的區域。

矽烷(SiH_4)氣體和氨氣(NH_3)的混合物通常被用來在這樣的一個表面上形成氮化矽層。該氮化矽層隨後被回蝕以形成與該等電晶體閘極鄰接的間隙壁。該矽烷氣體和該氨氣被注入一製程腔室中並彼此反應以形成氮化矽，其沈積在該表面上。該氮化矽層形成的速率取決於製程條件，特別是該腔室內的壓力。較高的壓力會導致該氮化矽層以較高的速率形成。在一個製程中，該壓力被維持得相對低，但許多晶圓在一個腔室中同時被處理以維持相對高的產率。

若單一一個晶圓在一腔室中被處理，其可能需要增加壓力以得到較高的氮化矽層形成速率。但是已發現當一氮化矽層在高速率和壓力下被形成時其厚度會產生實質上的變異，特別是把較大的平坦區域和介於電晶體閘極之間之

窄的低的區域間的沈積速率，以及對應的產生的厚度，拿來做比較時。

【發明內容】

本發明大體上係關於一種在基板上形成氮化矽層的方法，一基板被置入一製程腔室中，該基板具有凸起的電晶體閘極和介於該等電晶體閘極間之低的區域的表面，將該基板加熱至一製程溫度，維持該腔室中的壓力在一製程壓力下，一含矽氣體被注入該腔室中，氮氣被注入該腔室中，該含矽氣體和該氮氣彼此反應而在該表面上形成一氮化矽層，當該氮化矽層形成在該表面上後將該基板從該腔室中移出。

該氮化矽層在該製程溫度相對高時，通常至少 500°C ，以及該壓力相對高時，通常至少 50 托耳，被形成以得到一相對高的該氮化矽層的形成速率。製程條件被控制以更均勻地形成該氮化矽層。通常，若該表面具有一介於電晶體閘極之間的寬度小於 0.15 微米並且具有高度對寬度比至少 1.0 之低的區域，以及一至少 5 微米乘 5 微米的完全平坦區域，氮氣對含矽氣體的體積比係被選擇成足夠高以使該層在平坦區域上形成的速率不會比在低的區域的底部上形成的速率快超過 25%。比例通常是在 200 和 350 之間，雖然低許多的比例也是可能的，若其他製程條件，特別是壓力，被控制得宜的話，可得到相似的結果。

【實施方式】

一製程被敘述，其中在該製程溫度相對高時，通常至少 500°C，以及該壓力相對高時，通常至少 50 托耳，一氮化矽層被形成在電晶體閘極上以得到一相對高的該氮化矽層的形成速率。製程條件被控制以更均勻地形成該氮化矽層。通常，若該表面具有一介於電晶體閘極之間的寬度小於 0.15 微米並且具有高度對寬度比至少 1.0 之低的區域，以及一至少 5 微米乘 5 微米的完全平坦區域，氮氣對含矽氣體的體積比係被選擇成足夠高以使該層在平坦區域上形成的速率不會比在低的區域的底部上形成的速率快超過 25 %。

伴隨的圖示之第 1 圖說明被用來執行根據本發明之方法的設備 10。該設備包含一化學氣相沈積腔室 12、一晶座 14、一閘門 16、一幫浦 18、一狹長閘門 20、以及一分散板 21。該晶座 14 位於該腔室 12 的底部。該閘門 16 係與該腔室 12 之上端部分連結，並且該幫浦 18 係與該腔室 12 之底部連結。該狹長閘門 20 開啟和關閉在該腔室 12 之一側的一狹長閘門開口。該分散板 21 位於該狹長閘門 20 上方之該腔室 12 之一頂蓋(lid)內並將該腔室 12 分隔成上半部分和下半部分。

在使用上，一晶圓基板 22 經由該狹長閘門開口被置入該腔室 12 內並且被安置在該晶座 14 上。該狹長閘門 20 然後關閉該狹長閘門開口。該閘門 16 被關閉並且該幫浦 18 被打開以降低將該腔室 12 中的壓力。氣體然後透過該閘門

16 被注入該腔室 12 內並且流動通過位於該晶圓基板 22 上方之該分散板 21 內之開口 24 至該幫浦 18 處。該晶圓基板 22 藉此被暴露於該等氣體中。該閥門 16 通常係與連接不同氣體之歧管(manifold)連接。不同的氣體因此可以在不同的時間被注入至該腔室 12 中。該幫浦 18 可以被運作以將該腔室 12 中的壓力維持並控制在一預定的製程壓力下，或者增加或降低該壓力。一阻抗加熱元件 26 被安置在該晶座 14 內。一通過該阻抗加熱元件 26 的電流導致該晶座以及該晶圓基板 22 的加熱。一設備(未示出)被用來監控該腔室 12 內的壓力並且另一個設備(未示出)偵測該晶圓基板 22 的溫度。

第 2 圖說明一晶圓基板 22 具有一上表面 32，氮化矽層將被形成在其上。該上表面 32 具有複數個凸起的電晶體閘極 34 和 36 並有低的區域介於其間。該等電晶體閘極 34 和 36 在一密集的區域內被安置在接近彼此處，並且該等電晶體閘極 36 在與該等電晶體閘極 34 相比較不密集的區域中被安置在與彼此距離較遠處。一低的區域 38 形成在兩個該等電晶體閘極 34 之間。該低的區域 38 具有一寬度 40 以及一深度 42。該寬度 40 係小於 0.15 微米，並且該深度 42 對該寬度 40 的比至少是 1.0。該低的區域 38 因此是相當窄的，但是具有一深度，當與其寬度比較之下相當深。一完全平坦區域 46 形成在該等電晶體閘極 34 和 36 之間。該區域 46 大約是 10 微米寬，並且具有一進入紙張方向的大約是 20 微米的長度。該區域 46 因此大約是 200 微米平方。

第 3 圖說明為了在第 2 圖中之該表面 32 上形成一氮化矽層而被執行的步驟。在步驟 141 中，該晶圓基板被置入該腔室內。在步驟 142 中，該晶圓基板然後被加熱至一製程溫度。在步驟 143 中，氮氣與氮氣 (N_2) 載氣一起被注入該腔室中。在步驟 144 中，矽烷氣體被注入該腔室中。該矽烷氣體和該氮氣可以在流入該腔室之前預先混合。在步驟 145 中，當該晶圓被暴露於該等氣體中時該製程腔室的壓力被維持在一製程壓力下。在步驟 146 中，該壓力被抽低至約 2 托耳並且將該晶圓基板從該腔室中移出。

當位於該製程腔室中之該基板處於製程溫度下並且該腔室中的壓力處於製程壓力下時，該矽烷氣體和該氮氣彼此反應。如在第 4 圖中所示，該矽烷氣體和該氮氣的反應導致氮化矽層 50 在該晶圓基板 22 的表面 32 上形成。該氮化矽層 50 在該平坦區域 46 上具有一厚度 T1，在其一個區域 52 上約 8 微米並且藉由一約 2 微米的距離 54 與該等電晶體閘極 34 之最接近的電晶體閘極隔開。該氮化矽層 50 在該低的區域 38 之一底部上具有一厚度 T2。該氮氣和該矽烷氣體在一樣長的時間內同時流動，因此導致氮氣對矽烷氣體的分壓與它們分別的流速具有同樣的比例。該氮氣對該矽烷氣體之流速比係被選擇成足夠高以使該氮化矽層形成在該平坦區域 46 上的速率與該氮化矽層形成在該低的區域 38 之一底部上的速率不會相差太多，並因此，產生的厚度 T1 不會比該厚度 T2 厚非常多。

第 4 圖說明形成在例如第 1 圖之晶圓基板 22 之晶圓基

板上之氮化矽層的實驗結果。在每一個例子中，該腔室中的製程壓力維持在約 240 托耳。四個晶圓在 725°C 下被處理，並且對每一個在 725°C 下被處理的晶圓，氮氣對矽烷的分壓比都被改變。然後四個晶圓在 750°C 下被處理，每一個都在不同的氮氣對矽烷氣體的分壓下，接著是四個晶圓在 775°C 下以及四個晶圓在 800°C 下。已發現在每一個例子中，該厚度 T1 以一特定百分比大於該厚度 T2，由 $F(t.v.)(\%) = (T1 - T2) / T2$ 來表示。F(t.v.) 在一特定的氮氣對矽烷氣體分壓比下有一最理想的最小值。該最理想的最小值根據溫度而不同。通常可以說所有的最理想的都落在介於 200 和 350 之間的分壓比處，無論溫度是多少。F(t.v.) 在介於 200 和 350 之間的分壓比處通常也小於 25%。在特定的例子中，也可能得到低於 20% 的 F(t.v.)。因為給定的製程條件，特別是相對高的壓力，一低於 20% 的 F(t.v.) 值是罕見的。

在不背離本發明的範圍下調整製程條件是有可能的。例如，使用一範圍在 600°C 至 850°C 內的溫度是可能的，更佳者在 725°C 至 800°C 的範圍內，如同第 4 圖之十六個晶圓般。溫度較佳者至少 500°C 以得到一相對高的氮化矽層的形成速率，如同一次處理一個晶圓所要求者。在一不同於 240 托耳的壓力下也可能得到適合的結果。就其本身而言，該壓力可以介於 50 托耳和 350 托耳之間，並且較佳者至少 100 托耳。使用不同的氮氣對矽烷氣體之分壓比也可能得到適合的結果。至少 100 的分壓比可以證實適用於不同的

溫度及／或壓力下。使用不同的含矽氣體也是可能的，例如矽乙烷(Si_2H_6)、二氯矽烷(SiH_2Cl_2)、氯化矽乙烷(Si_2Cl_6)、雙(三級丁胺基)矽烷(BTBAS)、或這些氣體的組合，並且據此調整製程條件。

當某些示範實施例在伴隨的圖示中已被敘述並示出的同時，應當被理解的是對本發明來說上述的實施例只是說明性的而非限制性的，並且本發明並不被限制在所示出和敘述的特定的構造和安排中，因為對那些熟知技藝者來說一些修改可能會產生。

【圖式簡單說明】

本發明藉由與伴隨的圖示相關之實施例來進一步被說明，其中：

- 第 1 圖為一可被用來執行根據本發明之方法的製程腔室之剖面側視圖；
- 第 2 圖為一具有根據本發明之方法形成之氮化矽層在其上之晶圓基板之剖面側視圖；
- 第 3 圖為一說明根據本發明之實施例之用來形成一氮化矽層的步驟之流程圖；以及
- 第 4 圖為一說明在四個組內之十六個不同的晶圓基板之厚度變異對氮氣和矽烷氣體之製程分壓比的圖表，該等組在不同的溫度下被處理，並且每一組在四個不同的氮氣和矽烷氣體分壓比下被處理。

【元件代表符號簡單說明】

10	設備	12	化學氣相沈積腔室
14	晶座	16	閥門
18	幫浦	20	狹長閥門
21	分散板	22	晶圓基板
24	開口	26	阻抗加熱元件
32	上表面	34	電晶體閘極
36	電晶體閘極	38	低的區域
40	寬度	42	深度
46	平坦區域	50	氮化矽層
52	區域	54	距離

肆、中文發明摘要

在製程溫度相對高，通常至少 500°C，以及在壓力相對高，通常至少 50 托耳的情況下，一氮化矽層被形成在電晶體閘極上以得到一相對高速率的該氮化矽層的形成。製程條件被控制以更均勻地形成該氮化矽層。通常，若該表面具有一介於電晶體閘極之間的寬度小於 0.15 微米並且具有高度對寬度比至少 1.0 之低的區域，以及一至少 5 微米乘 5 微米的完全平坦區域，氮氣 (NH₃) 對含矽氣體的體積比係被選擇成足夠高以使該層在平坦區域上形成的速率不會比在低的區域 (low region) 的底部上形成的速率快超過 25%。

伍、英文發明摘要

A silicon nitride layer is formed over transistor gates while the processing temperature is relatively high, typically at least 500°C, and the pressure is relatively high, typically at least 50 Torr, to obtain a relatively high rate of formation of the silicon nitride layer. Processing conditions are controlled so as to more uniformly form the silicon nitride layer. Generally, the ratio of the NH₃ gas to the silicon-containing gas by volume is selected sufficiently high so that, should the surface have a low region between transistor gates which is less than 0.15 microns wide and have a height-to-width ratio of at least 1.0, as well as an entirely flat area of at least 5 microns by 5 microns, the layer forms at a rate of not more than 25% faster on the flat area than on a base of the low region.

拾、申請專利範圍

1. 一種在一基板上形成一氮化矽層的方法，至少包含：

將一基板置入一製程腔室中，該基板具有凸起的電晶體閘極和介於該等電晶體閘極之間的低的區域的一表面；

加熱該基板至至少 500°C 的製程溫度；

維持該腔室內的壓力在至少 50 托耳的製程壓力下；

注入氮氣至該腔室內；

注入一含矽氣體至該腔室內，該氮氣對該含矽氣體的分壓比係在一選擇的製程比例下，該含矽氣體和該氮氣彼此反應而在該表面上形成一氮化矽層，若該表面具有一介於電晶體閘極之間的具有高度對寬度比至少 1.0 之寬度小於 0.15 微米之低的區域，以及一至少 1 微米乘 1 微米的完全平坦區域，該製程比例係被選擇成足夠高以便當該腔室內的該基板處於該製程溫度下並且該腔室內的壓力處於該製程壓力下時，該層在該平坦區域上形成的速率不會比在該低的區域的底部上形成的速率快超過 25 %；以及

將該基板從該腔室移出。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中上述之表面具有一高度對寬度比至少 1.0 之寬度小於 0.15 微米之低的區域，以及一至少 1 微米平方之實質上的平坦區域，該層在該平坦區域上形成的速率不會比在該低的區域的底

部上形成的速率快超過 25%。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之方法，其中上述之層以一不會快超過 25% 的速率形成在該平坦區域的一區域上，其與介於該平坦區域和該低的區域之間最接近的電晶體閘極相距至少 1 微米。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中上述之製程溫度係介於 600°C 和 800°C 之間。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中上述之製程壓力係介於 50 托耳和 350 托耳之間。
6. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中上述之含矽氣體係矽烷 (SiH_4)、矽乙烷 (Si_2H_6)、二氯矽烷 (SiH_2Cl_2)、氯化矽乙烷 (Si_2Cl_6)、和雙(三級丁胺基)矽烷 (BTBAS) 中的至少一個。
7. 如申請專利範圍第 6 項所述之方法，其中上述之表面具有一高度對寬度比至少 1.0 之寬度小於 0.15 微米之低的區域，以及一至少 25 微米平方之實質上的平坦區域，該層在該平坦區域上形成的速率不會比在該低的區域的底部上形成的速率快超過 25%。

8. 如申請專利範圍第 6 項所述之方法，其中上述之製程溫度係介於 600°C 和 800°C 之間。
9. 如申請專利範圍第 6 項所述之方法，其中上述之製程壓力係介於 50 托耳和 350 托耳之間。
10. 如申請專利範圍第 6 項所述之方法，其中上述之製程比例係至少 100。
11. 如申請專利範圍第 10 項所述之方法，其中上述之製程比例係介於 200 和 350 之間。
12. 如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中上述之製程溫度係介於 600°C 和 800°C 之間。
13. 如申請專利範圍第 12 項所述之方法，其中上述之製程壓力係介於 50 托耳和 350 托耳之間。
14. 如申請專利範圍第 13 項所述之方法，其中上述之壓力係約 240 托耳。
15. 一種在一基板上形成一氮化矽層的方法，至少包含：
將一基板置入一製程腔室中，該基板具有凸起的電晶體閘極和介於該等電晶體閘極之間的低的區域之一表

面；

加熱該基板至一介於 600°C 和 800°C 之間的製程溫度；

維持該腔室內的壓力在一介於 50 托耳和 350 托耳之間的製程壓力下；

注入氮氣至該腔室內；

注入一含矽氣體至該腔室內，該氮氣對該含矽氣體的分壓比係在一至少 100 之選擇的製程比例下，該含矽氣體和該氮氣彼此反應而在該表面上形成一氮化矽層；以及

將該基板從該腔室移出。

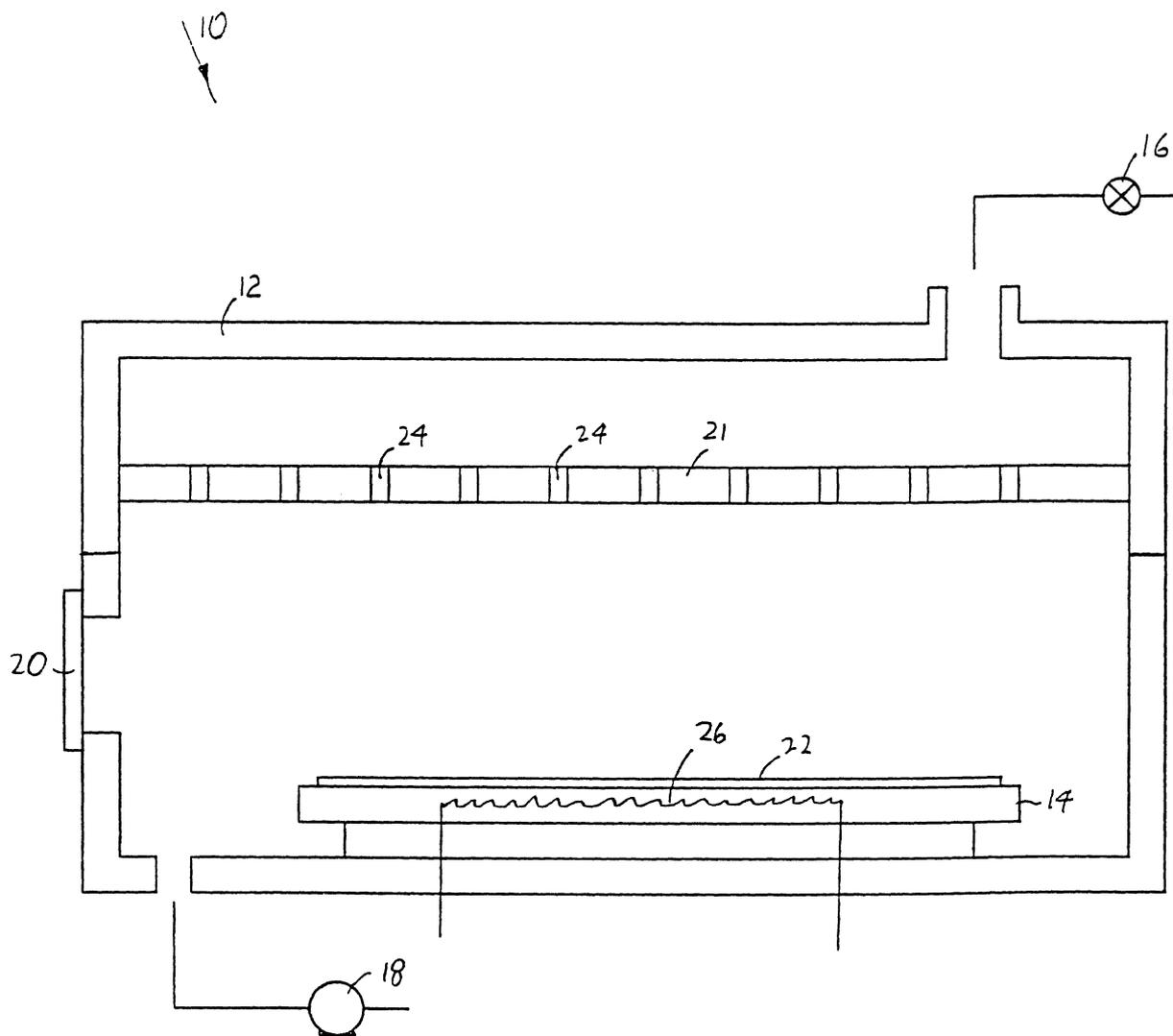
16. 如申請專利範圍第 15 項所述之方法，其中上述之表面具有一高度對寬度比至少 1.0 之寬度小於 0.15 微米之低的區域，以及一至少 1 微米平方之實質上的平坦區域，該層在該平坦區域上形成的速率不會比在該低的區域的底部上形成的速率快超過 25%。

17. 如申請專利範圍第 15 項所述之方法，其中上述之製程比例係介於 200 和 350 之間。

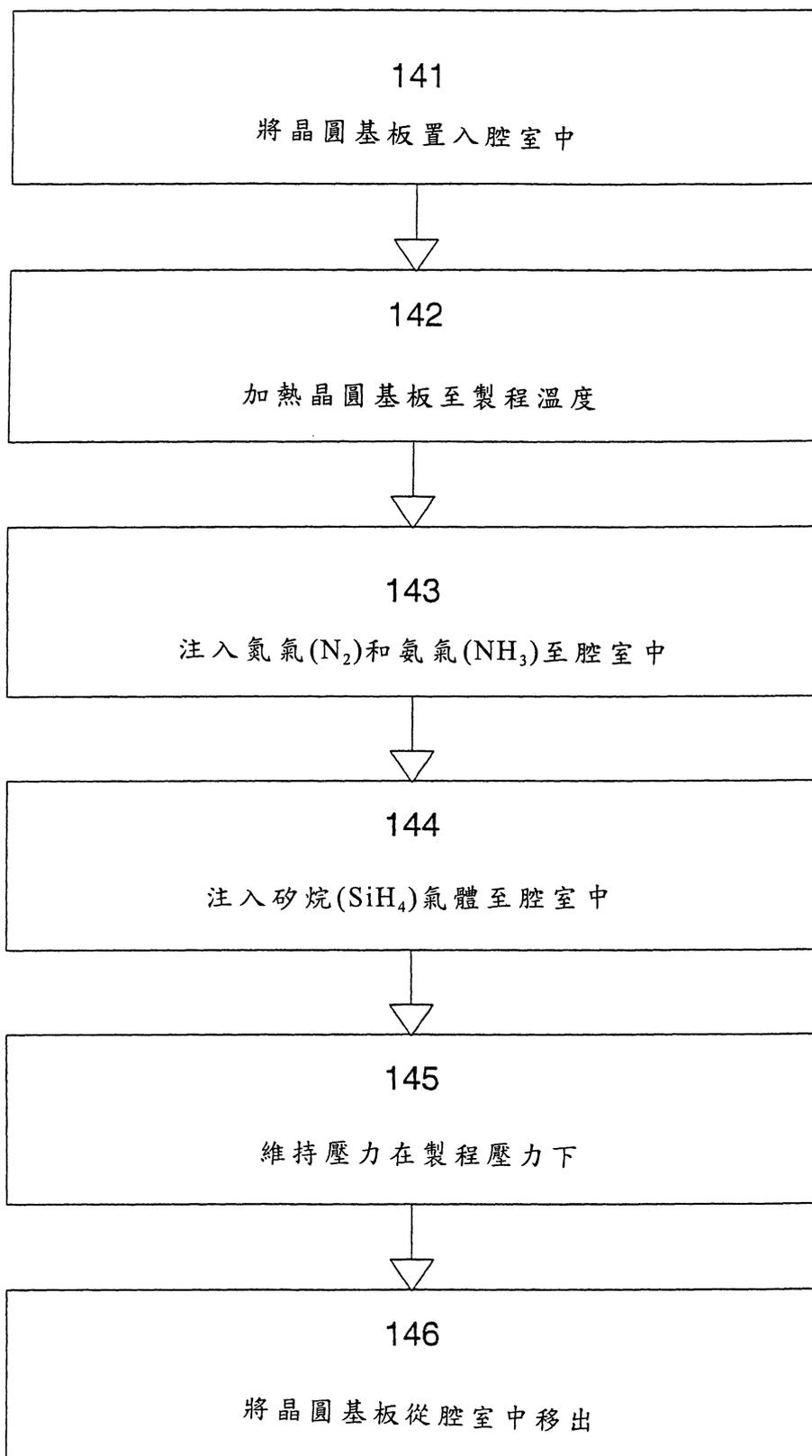
18. 如申請專利範圍第 16 項所述之方法，其中上述之製程比例係介於 200 和 350 之間。

19. 如申請專利範圍第 15 項所述之方法，其中上述之含矽氣

體是矽烷。

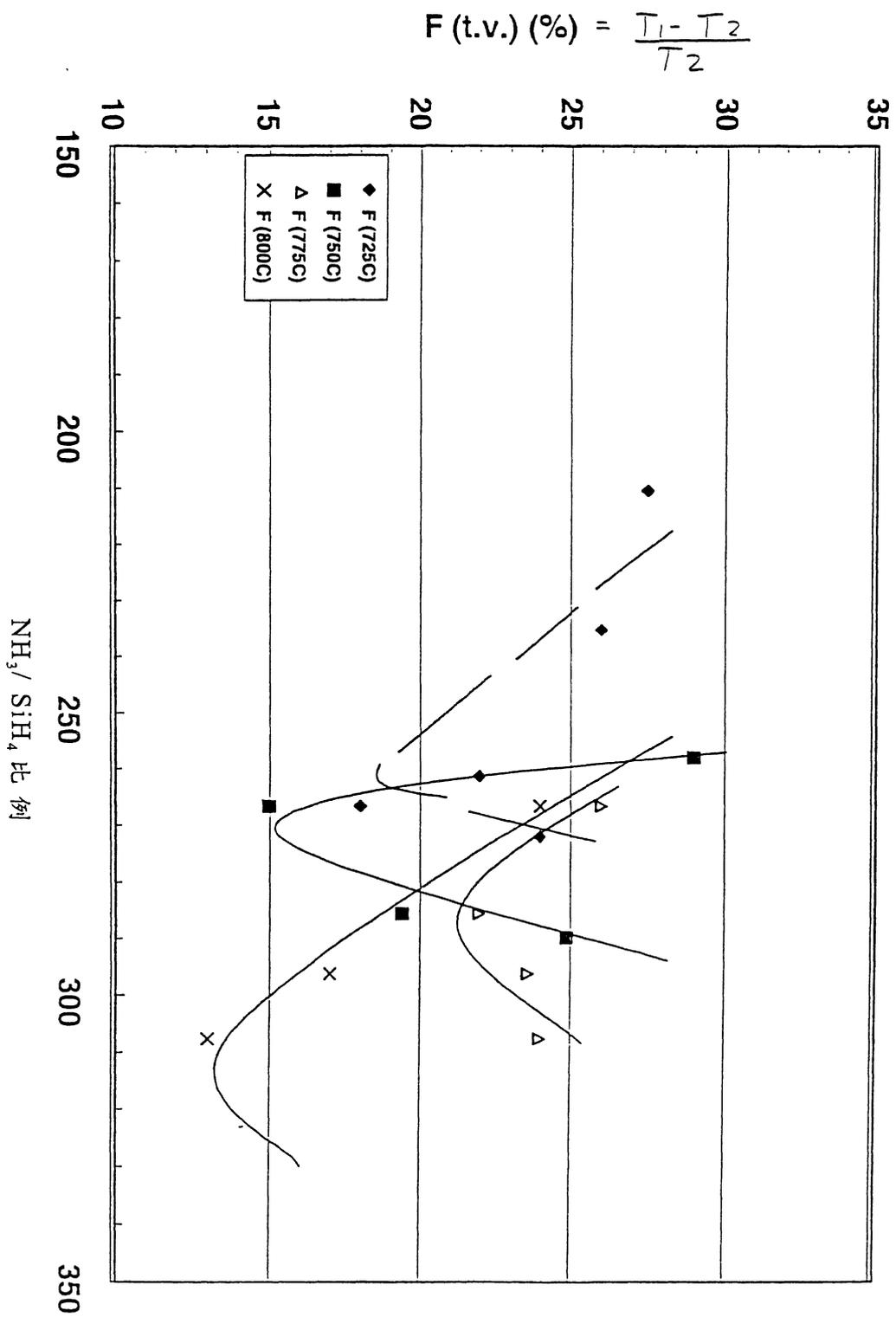


第 1 圖



第 3 圖

厚度變異對 NH₃/SiH₄ 比例



第 4 圖

陸、(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：

無元件代表符號

柒、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無化學式