



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I796416 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 03 月 21 日

(21)申請案號：108101455

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 01 月 15 日

(51)Int. Cl. : C23F1/12 (2006.01)

H01L21/306 (2006.01)

(30)優先權：2018/01/17 日本

2018-005792

(71)申請人：日商東京威力科創股份有限公司 (日本) TOKYO ELECTRON LIMITED (JP)
日本(72)發明人：淺田泰生 ASADA, YASUO (JP)；折居武彥 ORII, TAKEHIKO (JP)；鈴木健斗
SUZUKI, KENTO (JP)

(74)代理人：何愛文；王仁君

(56)參考文獻：

TW 201442111A

TW 201639033A

審查人員：黃敬皓

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：12 共 26 頁

(54)名稱

蝕刻方法及蝕刻裝置

(57)摘要

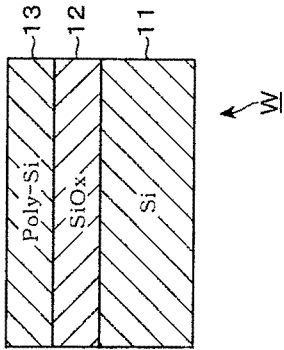
本發明之課題為在基板面內高均勻性地蝕刻含矽膜。其解決手段係對表面形成有含矽膜之基板供應七氟化碘氣體與鹼性氣體來蝕刻該含矽膜。藉由上述般之處理，便可在基板的面內高均勻性地進行蝕刻。另外，使含矽膜殘留於基板般來進行蝕刻的情況，可提高殘留之含矽膜表面的平坦性。

指定代表圖：

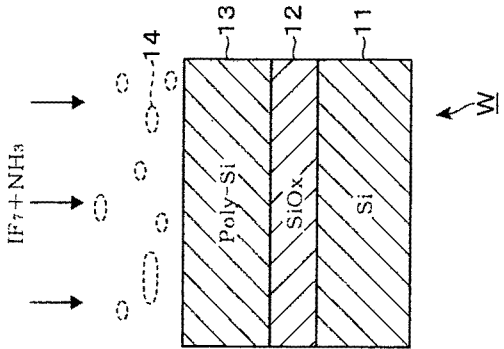
符號簡單說明：

- 11 . . . Si 層
- 12 . . . 氧化矽膜
- 13 . . . 多晶矽膜
- 14 . . . 雜質
- W . . . 晶圓

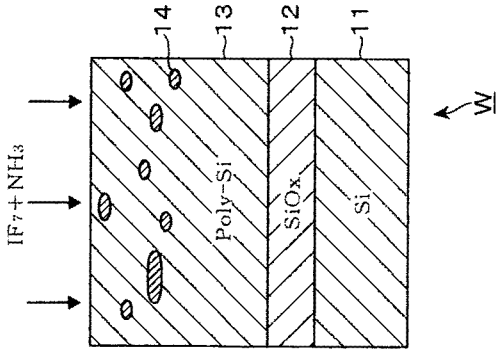
(c)



(b)



(a)



【圖2】

【發明摘要】

【中文發明名稱】 蝕刻方法及蝕刻裝置

【中文】

本發明之課題為在基板面內高均勻性地蝕刻含矽膜。

其解決手段係對表面形成有含矽膜之基板供應七氟化碘氣體與鹼性氣體來蝕刻該含矽膜。藉由上述般之處理，便可在基板的面內高均勻性地進行蝕刻。另外，使含矽膜殘留於基板般來進行蝕刻的情況，可提高殘留之含矽膜表面的平坦性。

【英文】

無

【指定代表圖】 圖2。

【代表圖之符號簡單說明】

- 11 Si 層
- 12 氧化矽膜
- 13 多晶矽膜
- 14 雜質
- W 晶圓

【發明說明書】

【中文發明名稱】 蝕刻方法及蝕刻裝置

【技術領域】

本發明係關於一種使用七氟化碘氣體來蝕刻含矽膜之技術。

【先前技術】

在半導體裝置的製造工序中，會有進行將半導體晶圓(以下記載為晶圓)表面所形成的多晶矽膜等含矽膜加以除去之處理的情況。專利文獻 1、2 中，已揭示在蝕刻多晶矽膜時，會針對該多晶矽膜而使用 IF_7 (七氟化碘)氣體來作為蝕刻選擇性高的氣體。又，專利文獻 3 中已記載為了調整蝕刻性能，會使用一種於 IF_7 氣體添加有氧化性氣體或非活性氣體之氣體來作為蝕刻氣體以蝕刻矽層之技術。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

專利文獻 1：日本特再公表 2015-115002 號公報

專利文獻 2：日本特再公表 2015-60069 號公報

專利文獻 3：日本專利第 6032033 號公報

使用上述 IF_7 氣體等蝕刻氣體來進行含矽膜的乾蝕刻之情況，會難以在晶圓面內高均勻性地進行蝕刻。又，例如雖有將被埋入於晶圓表面的含矽膜加以蝕刻，來進行處理以形成圖案(即凹部)的情況，但會因如上述般地蝕刻的均勻性較低，而有發生上述凹部之側壁附近的底部的含矽膜較多地殘留而被稱為 Footing 現象的情況。亦即，由縱剖側面觀看下，凹部的側面與底面之正交性較低，而難以形成該正交性高且形狀良好的凹部。

因此，會有進行藉由例如使用電漿之異向性蝕刻來除去含矽膜的上部側後，再藉由濕蝕刻來除去含矽膜的下部側之處理的情況。但由於上述電漿蝕刻會有對晶圓表面造成損傷的疑慮，且係進行電漿蝕刻及濕蝕刻之複數處理，故相當費時。於是，便有希望藉由不使用電漿之上述乾蝕刻來進行含矽膜的除去之要求。然而，上述專利文獻 1~3 所記載之技術並非為可解決上述般問題者。

【發明內容】

本發明係鑑於上述般情事所發明者，其目的為提供一種可在基板面內高均勻性地蝕刻含矽膜之技術。

本發明之蝕刻方法係包含有對表面形成有含矽膜之基板供應七氟化碘氣體與鹼性氣體來蝕刻該含矽膜之工序。

本發明之蝕刻裝置具備：處理容器；載置部，係設置於該處理容器內，用以載置表面形成有含矽膜之基板；以及氣體供應部，係對該處理容器內供應七氟化碘氣體與鹼性氣體來蝕刻該含矽膜。

依據本發明，便可藉由對表面形成有含矽膜之基板供應七氟化碘氣體與鹼性氣體，而在基板面內高均勻性地蝕刻含矽膜。

【圖式簡單說明】

圖 1 係說明比較例中之蝕刻工序的工序圖。

圖 2 係說明本發明相關之蝕刻工序的工序圖。

圖 3 為用以進行蝕刻之基板處理裝置的平面圖。

圖 4 為該基板處理裝置所設置之蝕刻模組的縱剖側視圖。

圖 5 為藉由該基板處理裝置所處理之晶圓的縱剖側視圖。

圖 6 為藉由該基板處理裝置之處理後的晶圓之縱剖側視圖。

圖 7 係顯示比較試驗中的晶圓縱剖側面之示意圖。

圖 8 係顯示比較試驗中的晶圓縱剖側面之示意圖。

圖 9 係顯示評估試驗中有關蝕刻量的結果之圖表。

圖 10 係顯示評估試驗中有關粗糙度的結果之圖表。

圖 11 係顯示評估試驗中有關蝕刻量的結果之圖表。

圖 12 係顯示評估試驗中有關粗糙度的結果之圖表。

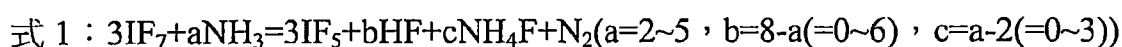
【實施方式】

針對本發明之處理加以說明前，有關比較例的處理，先參閱為晶圓 W 表面部的縱剖側視圖之圖 1 來加以說明。如圖 1(a)所示，晶圓 W 的表面部係從下方朝上方依序層積有 Si(矽)層 11、氧化矽膜 12 及多晶矽膜 13 所構成。此處理例中，

係對晶圓 W 供應 IF_7 氣體，而以氧化矽膜 12 不會露出之方式來蝕刻含矽膜(即多晶矽膜 13)的上部側。多晶矽膜 13 係混入有例如氧化矽所構成的雜質 14。

由於 IF_7 氣體對於含矽膜的蝕刻選擇性較高，故蝕刻率會變得較高。於是，多晶矽膜 13 便會朝下方被急遽地蝕刻(圖 1(b))。在此蝕刻的進行中，上述雜質 14 雖會露出，但由於 IF_7 氣體對於雜質 14 的蝕刻選擇性較低，故此雜質 14 會作為遮罩而作用。於是，在晶圓 W 的面內，雜質 14 的下方處便不容易進行蝕刻，而未存在有雜質 14 之部位處則會接著急遽地進行蝕刻。圖 1(c)係顯示蝕刻結束後的晶圓 W。因如上述般地存在有雜質 14，使得晶圓 W 面內各部的蝕刻量發生較大差異。又，確認了若以此 IF_7 氣體來進行蝕刻的話，則殘留之多晶矽膜 13 表面的皺裂會變得較大(圖 1(c))。

接著，參閱圖 2 來加以說明本發明之處理的概要與被推定為該處理中會發生的反應。在此處理中，係對具備有例如前述的表面部之晶圓 W 供應添加有鹼性氣體(即 NH_3 (氨)氣體)之 IF_7 氣體來作為蝕刻氣體(圖 2(a))。 IF_7 氣體與 NH_3 氣體會如下式 1 所示般相互反應而生成 NH_4F (氟化銨)，被認為此 NH_4F 會成為附著在晶圓 W 的表面之附著物。



然後，附著在晶圓 W 表面的 NH_4F 會與雜質 14 反應而將該雜質 14 蝕刻。又，由於係在此 NH_4F 附著於晶圓 W 之狀態下來供應 IF_7 氣體，故會抑制多晶矽膜 13 的蝕刻率變得過大。於是，露出於晶圓 W 表面的雜質 14 便會因蝕刻而被除去，另一方面，不存在有雜質 14 之區域處，則蝕刻會以防止多晶矽膜 13 被急遽地蝕刻之方式而進行(圖 2(b))。此外，有關附著在晶圓 W 的 NH_4F ，如後續所詳細敘述般，會因此蝕刻中之晶圓 W 的加熱溫度而昇華並被除去。圖 2(c)係顯示蝕刻結束後的晶圓 W。如前述般地進行蝕刻之結果，如該圖 2(c)所示，可在晶圓 W 的面內高均勻性地蝕刻多晶矽膜 13。又，確認了藉由如此般地進行蝕刻，便可抑制多晶矽膜 13 表面的皺裂。

接著，針對基板處理裝置 2，參閱圖 2 的平面圖來加以說明，該基板處理裝置 2 係包含有使用上述 IF_7 氣體及添加氣體(NH_3 氣體)來進行蝕刻之蝕刻模組 4。基板處理裝置 2 係具備有用以搬出入晶圓 W 之搬出入部 21、鄰接於搬出入部 21 所設置之 2 個加載互鎖室 31、分別鄰接於 2 個加載互鎖室 31 所設置之 2 個熱處理模組 30、以及分別鄰接於 2 個熱處理模組 30 所設置之 2 個蝕刻模組 4。

搬出入部 21 具備：常壓搬送室 23，係設置有第 1 基板搬送機構 22 且成為常壓氛圍；以及載置器用載置台 25，係設置於該常壓搬送室 23 的側部，且載置有會收納晶圓 W 之載置器 24。圖式中，符號 26 為鄰接於常壓搬送室 23 之定位器室，係為了使晶圓 W 旋轉來光學性地求得偏心量，以進行晶圓 W 相對於第 1 基板搬送機構 22 的對位而設置。第 1 基板搬送機構 22 會在載置器用載置台 25 上的載置器 24、定位器室 26、與加載互鎖室 31 之間搬送晶圓 W。

各加載互鎖室 31 內係設置有例如具有多關節臂構造之第 2 基板搬送機構 32，該第 2 基板搬送機構 32 會在加載互鎖室 31、熱處理模組 30、與蝕刻模組 4 之間搬送晶圓 W。構成熱處理模組 30 之處理容器內以及構成蝕刻模組 4 之處理容器內係構成為真空氛圍，而加載互鎖室 31 內則會切換常壓氛圍與真空氛圍，俾能夠在該等真空氛圍的處理容器內與常壓搬送室 23 之間進行晶圓 W 的傳遞。

圖式中，符號 23 為開閉自如的閘閥，係分別設置於常壓搬送室 23 與加載互鎖室 31 之間、加載互鎖室 31 與熱處理模組 30 之間、以及熱處理模組 30 與蝕刻模組 4 之間。有關熱處理模組 30，係包含有會儲存晶圓 W 且內部被排氣而成為真空氛圍之處理容器，以及設置於處理容器內且可加熱所載置的晶圓 W 之載置台等。藉由具備有上述般的構成，便會構成為可對使用上述 IF_7 氣體及 NH_3 氣體來進行蝕刻後的晶圓 W 進行加熱處理，以除去因蝕刻而附著在晶圓 W 的殘渣。

接著針對蝕刻模組 4，參閱為縱剖側視圖之圖 4 來加以說明。蝕刻模組 4 係具備有處理容器 41、配置於處理容器 41 的內部之載置台 42、在處理容器 41 的上部處而與載置台 42 呈對向配置之氣體噴淋頭 5、以及將處理容器 41 的內部排氣來調整該處理容器 41 內的壓力之排氣單元 43。圖式中，符號 40 為處理容器 41 所形成之晶圓 W 的搬送口，會藉由上述閘閥 33 而被開閉。前述載置台 42 的上面係水平地載置有晶圓 W。圖式中，符號 44 為載置台 42 所埋設之加熱器，會加熱該載置台 42 所載置的晶圓 W 以使其成為設定的溫度。載置台 42 雖設置有為了在與前述第 2 基板搬送機構 32 之間進行晶圓 W 的傳遞，而出沒自如於其上面之 3 根升降銷，但省略圖示。

為氣體供應部之氣體噴淋頭 5 係構成為水平的板狀體。氣體噴淋頭 5 的上側、下側各設置有扁平的擴散空間 51、52，該等擴散空間 51、52 係被相互區隔。氣體噴淋頭 5 的下面係分別開口有被相互區隔的複數氣體噴出口 54、55，氣體噴出口 54 與氣體噴出口 55 係分別連接於擴散空間 51 及擴散空間 52。

擴散空間 51 的上部側係連接有氣體流道 56 的下游端。氣體流道 56 的上游側係分歧而形成氣體流道 57、58，氣體流道 57、58 的上游側係分別連接於 IF_7 氣體的供應源 61 及 Ar (氬)氣體供應源 62。擴散空間 52 的上部側係連接有相對於氣體流道 56 而被隔開之氣體流道 63 的下游端。氣體流道 63 的上游側係分歧而形成氣體流道 64、65，氣體流道 64、65 的上游側係分別連接於 NH_3 氣體的供應源 66 及 Ar 氣體供應源 67。氣體流道 57、58、64、65 各介設有閥體或質流控制器所構成的流量調整部 68，來進行對各流道的下游側之氣體的供給/停止，以及對各流道的下游側之氣體的流量調整。上述 Ar 氣體為用以稀釋處理容器 41 內的 IF_7 氣體及 NH_3 氣體之稀釋氣體。藉由如上述般地構成蝕刻模組 4，則從氣體供應源 61、66 所供應之 IF_7 氣體及 NH_3 氣體在從氣體噴淋頭 5 被噴出之前便不會相互混合，而是在從氣體噴淋頭 5 被噴出後，才會在處理容器 41 內相互混合。

如圖 3 所示，基板處理裝置 2 係具備有為電腦之控制部 20，此控制部 20 係具有程式、記憶體及 CPU。程式係寫入有命令(各步驟)，俾能夠進行前述晶圓 W 的處理及晶圓 W 的搬送，此程式係被儲存在電腦記憶媒體，例如光碟、硬碟、磁光碟、DVD 等，且被安裝在控制部 20。控制部 20 會藉由該程式來對基板處理裝置 2 的各部輸出控制訊號，以控制各部的動作。具體來說，係藉由控制訊號來控制蝕刻模組 4 的動作、熱處理模組 30 的動作、第 1 基板搬送機構 22、第 2 基板搬送機構 32 的動作、以及定位器室 26 的動作。上述蝕刻模組 4 的動作係包含有加熱器 44 的輸出調整、藉由各流量調整部 68 之各氣體的流量調整及各氣體的供給/停止、以及藉由排氣單元 43 之排氣流量的調整等各動作。藉由該控制部 20 及蝕刻模組 4 便構成了本發明之蝕刻裝置。

以下說明基板處理裝置 2 中之晶圓 W 的處理。此處係以圖 5 所示之晶圓 W 作為被處理物來加以說明。此晶圓 W 的表面係設置有氧化矽膜 12。該氧化矽膜 12 係形成有貫穿孔 16，且以被埋置於該貫穿孔 16 內之方式而形成有多晶矽膜 13。此處理例中，會蝕刻該多晶矽膜 13 的上部側。

儲存有圖 5 中所說明的晶圓 W 之載置器 24 係被載置於載置器用載置台 25。然後，此晶圓 W 會依常壓搬送室 23→定位器室 26→常壓搬送室 23→加載互鎖室 31 的順序被搬送，並經由熱處理模組 30 被搬送至蝕刻模組 4 的處理容器 41 內。然後，該晶圓 W 會被載置於載置台 42，並被加熱至例如 80°C 。另一方面，

使處理容器 41 內的壓力，即晶圓 W 周圍的壓力為例如

13.3Pa(100mTorr)~66.6Pa(500mTorr)。成為上述般的較小壓力之目的在於如前述般抑制 IF₇ 氣體的含矽膜，即多晶矽膜 13 的蝕刻率變得過大。

接著，從氣體噴淋頭 5 來對處理容器 41 內供應 IF₇ 氣體、NH₃ 氣體及 Ar 氣體。如圖 2 中所說明般，IF₇ 氣體與 NH₃ 氣體會相互反應而產生 NH₄F，該 NH₄F 會附著在晶圓 W。晶圓 W 係被加熱至 80℃，在此溫度下，附著在晶圓 W 的 NH₄F 氣體會昇華。如此般地，在晶圓 W 的表面處進行 NH₄F 的附著與昇華之狀態下，藉由 IF₇ 氣體來進行多晶矽膜 13 的蝕刻，便會因該蝕刻而於晶圓 W 的表面形成有凹部 18，其深度會慢慢地變深。

縱使多晶矽膜 13 包含有圖 2 中所敘述之矽氧化物構成的雜質 14，該多晶矽膜 13 仍會因附著在晶圓 W 的 NH₄F 而被除去，又，會因該 NH₄F 而抑制多晶矽膜 13 的蝕刻率過度地變大。其結果，便與蝕刻圖 2 中所敘述的多晶矽膜 13 之情況同樣地，可在晶圓 W 的面內高均勻性地蝕刻多晶矽膜 13。此外，有關 NH₄F，雖被認為除了雜質 14 以外亦會作用在氧化矽膜 12，但由所進行之實驗確認了氧化矽膜 12 的外形幾乎並無改變(無膜 Loss)。有關雜質 14，由於膜中所含的量為微量，故被認為會因該 NH₄F 而被充分地除去。

然後，從 IF₇ 氣體、NH₃ 氣體及 Ar 氣體的供應開始經過特定時間後，停止該等各氣體從氣體噴淋頭 5 之供應，便結束蝕刻。圖 6 係顯示蝕刻結束後之狀態的晶圓 W。藉由如上述般地進行蝕刻，則凹部 18 的深度便會在晶圓 W 的面內一致。又，可抑制構成凹部的底面之多晶矽膜 13 的皺裂。於是，此凹部便可抑制發明所欲解決之課題的項目中所敘述之 Footing 的發生。蝕刻結束後的晶圓 W 會被搬送至熱處理模組 30 並受到加熱處理而成為特定的溫度，在蝕刻殘渣被除去後，晶圓 W 會依加載互鎖室 31→常壓搬送室 23 的順序被搬送，並被返回載置器 24。

依據包含有該蝕刻模組 4 之基板處理裝置 2，便可在晶圓 W 的面內高均勻性地蝕刻多晶矽膜 13，來抑制蝕刻後殘留之多晶矽膜 13 表面的皺裂。另外，由於依據上述處理便不須使用電漿，則晶圓 W 表面的各膜便不會受到來自該電漿的損傷，故亦具有可提高晶圓 W 所形成之半導體裝置的可靠度之優點。但是，使用電漿來進行蝕刻的情況亦包含於本發明之權利範圍。此外，雖係針對基板處理裝置 2 中以圖 5 所示的晶圓 W 作為被處理物來加以說明，但亦可處理圖 2(a)

所示的晶圓 W。因此，基板處理裝置 2 並不限於蝕刻孔或凹部內所埋置的含矽膜之情況。

又，有關上述各處理例，雖係顯示僅蝕刻多晶矽膜 13 的上側之範例，但亦可以蝕刻晶圓 W 表面所形成的多晶矽膜 13 整體之方式來進行處理。此情況下，由於晶圓 W 的面內各部處之多晶矽膜 13 的蝕刻率均勻性較高，故可獲得能夠抑制蝕刻所需時間之效果。更具體地敘述，若是晶圓 W 面內的蝕刻率差異較大之情況，即便是晶圓 W 面內中的一區域處蝕刻已結束，由於其他區域處會因蝕刻率較低而成為蝕刻尚未結束之狀態，故需將蝕刻時間設定為即便是一區域已被蝕刻後而蝕刻仍會進行，來讓多晶矽膜 13 會在晶圓 W 面內的所有區域處均被蝕刻。亦即，有關一區域，係設定為會進行過蝕刻的時間。但藉由蝕刻率的均勻性較高，由於可縮短或是消除上述般過蝕刻的時間，故可如上述般地抑制蝕刻所需時間。

另一方面，蝕刻上述多晶矽膜 13 之處理例中，係將 IF_7 氣體及 NH_3 氣體同時供應至處理容器 41 內。亦即，供應 IF_7 氣體之期間與供應 NH_3 氣體之期間係相互重疊而為一致。

亦可不如上述般地供應 IF_7 氣體及 NH_3 氣體。首先，僅將 IF_7 氣體及 NH_3 氣體中的 NH_3 氣體供應至處理容器 41 內來使其吸附在晶圓 W。之後，亦可停止 NH_3 氣體的供應，而僅將 IF_7 氣體及 NH_3 氣體中的 IF_7 氣體供應至晶圓 W，來使其與吸附在晶圓 W 的 NH_3 氣體反應而產生 NH_4F 以除去雜質 14，且藉由 IF_7 氣體來進行多晶矽膜 13 的蝕刻。亦即，亦可依序將 NH_3 氣體與 IF_7 氣體供應至晶圓 W 來進行處理。亦可依此順序來重複進行氣體供應。亦即，亦可在依序供應 NH_3 氣體、 IF_7 氣體後，再次以此順序來供應 NH_3 氣體、 IF_7 氣體。如此般地， NH_3 氣體並不限於以被添加在 IF_7 氣體之方式來被供應至晶圓 W。其他例如，亦可在開始將 IF_7 氣體及 NH_3 氣體同時供應至晶圓 W 後，在停止 IF_7 氣體的供應前便先進行 NH_3 氣體的供應停止。亦即，供應 IF_7 氣體的期間與供應 NH_3 氣體的期間相重疊並不限於該等的期間為相互一致。

另一方面，含矽膜為一種含有矽來作為主成分之膜，並不限於多晶矽膜。具體地，例如非晶矽膜、單晶矽膜、 SiGe 膜、 SiC 膜等皆包含於含矽膜。又，除了 IF_7 氣體以外，作為被供應至晶圓 W 之鹼性氣體，由於被認為只要是會與 IF_7 氣體反應且與 NH_4F 同樣地包含有氮及氟，來生成會對氧化物具有蝕刻作用之化

合物即可，故亦可使用 NH_3 氣體以外的鹼性氣體。具體來說，鹼性氣體係包含有 N_2H_4 (聯胺)，為胺之 $(\text{CH}_3)\text{NH}_2$ (甲胺)或丁胺、二甲胺等。

上述蝕刻模組 4 中，亦可構成為 IF_7 氣體、 NH_3 氣體會被供應至例如氣體噴淋頭 5 內之共通的擴散空間。詳細地敘述，亦可以氣體噴淋頭 5 內會進行該等 IF_7 氣體及 NH_3 氣體的混合，並將該混合氣體噴出至晶圓 W 之方式來構成氣體噴淋頭 5。又，上述蝕刻模組 4 中亦可構成為取代氣體噴淋頭 5，而設置有氣體供應部來對晶圓 W 供應氣體，該氣體供應部係具備例如平面觀看下會沿晶圓 W 的圓周般而開口為同心圓狀之氣體的噴出口。亦即，氣體供應部不限於構成為氣體噴淋頭。此外，本發明不限於前述實施例或後述評估試驗中所敘述的範例，各範例可適當地做改變或相互組合。

(評估試驗)

針對關於本發明所進行的評估試驗加以說明。

<評估試驗 1>

評估試驗 1 係使用構成為與圖 4 所說明的蝕刻模組 4 大致相同之蝕刻裝置，來對具有圖 5 所說明的構造之晶圓 W 同時供應 IF_7 氣體、 NH_3 氣體及 Ar 氣體以蝕刻多晶矽膜 13。然後，在蝕刻後，使用 TEM(穿透型電子顯微鏡)來取得晶圓 W 的縱剖側面影像。 IF_7 氣體的流量係設定為 20~500sccm， NH_3 氣體的流量係設定為 10~500sccm，Ar 氣體的流量係設定為 100~1000sccm。該等氣體的供應時間，即蝕刻時間為 3 秒，處理容器 41 內的壓力及晶圓 W 的溫度係分別設定為 6.66~199.9Pa(50~1500mTorr)、20~100°C。

又，以不同於評估試驗 1 之處理條件來進行比較試驗 1-1、1-2，該比較試驗 1-1、1-2 係對具有圖 5 所說明的構造之晶圓 W 中的多晶矽膜 13 進行蝕刻，並與評估試驗 1 同樣地取得蝕刻後晶圓 W 的縱剖側面影像。比較試驗 1-1 中，係分別將 F_2 (氟)氣體以 200~1000sccm，將 NH_3 氣體以 5~100sccm，將 N_2 氣體以 50~1000sccm 來同時供應至處理容器 41 內而進行蝕刻。該等各氣體係間斷地被供應至處理容器 41 內 7 次，在進行第 N 次(N 為整數)的供應後，且進行第 N+1 次的供應前，會先藉由吹淨氣體來進行處理容器 41 內的吹淨。又， F_2 氣體、 NH_3 氣體及 N_2 氣體的 1 次供應時間係設定為 30 秒。又，處理容器 41 內的壓力及晶圓 W 的溫度係分別設定為 13.33~333.3Pa(100~2500mTorr)、30~120°C。比較試驗 1-2 係將 ClF_3 (三氯化氟)氣體以 50~500sccm，將 N_2 氣體以 100~1500sccm 來同

時供應至處理容器 41 內而進行蝕刻。該等氣體對處理容器 41 的供應次數係與評估試驗 1 相同，為 1 次，氣體的供應時間為 36.3 秒。又，處理容器 41 內的壓力及晶圓 W 的溫度係分別設定為 13.33~333.3Pa(100~2500mTorr)、30~120°C。

有關評估試驗 1，構成凹部 18 底部之蝕刻後多晶矽膜 13 表面的平坦性很高，並未見到 Footing。因此，由此確認了晶圓 W 的面內各部處均是被高均勻性地進行蝕刻。然後，凹部 18 的深度=蝕刻量為 50nm。此外，前述圖 6 係將該評估試驗 1 中所取得的 TEM 影像作為概略圖來加以表示之圖式。又，圖 7 係將由比較試驗 1-1 所取得的 TEM 影像，圖 8 係將由比較試驗 1-2 所取得的 TEM 影像分別作為概略圖來加以表示之圖式。如該等圖 7、8 所示，相較於評估試驗 1，比較試驗 1-1、1-2 中多晶矽膜 13 表面的平坦性較低，且有見到 Footing。又，比較試驗 1-1 中蝕刻量為 30nm，比較試驗 1-2 中蝕刻量為 36.3nm。因此，關於蝕刻率，評估試驗 1 係較比較試驗 1-1、1-2 要來得大。如此般，由評估試驗 1 的結果顯示了藉由使用 IF_7 氣體及 NH_3 氣體，則可在晶圓 W 面內以高均勻性且抑制蝕刻後多晶矽膜 13 的皺裂之方式來進行該多晶矽膜 13 的蝕刻，且可獲得高蝕刻率。

又，評估試驗 1 中， NH_3 氣體相對於 IF_7 氣體的流量比(= NH_3 氣體的流量/ IF_7 氣體的流量)為 0.6。晶圓 W 的溫度係設定為 20~100°C，處理容器 41 內的壓力係設定為 6.66~199.9Pa(50~1500mTorr)。因此，由此確認了藉由設定為上述般的流量比、晶圓 W 的溫度及處理容器 41 內的壓力來進行處理，便可如前述般地在晶圓 W 面內高均勻性地進行蝕刻，且可獲得高蝕刻率。此外，本案發明人確認了關於處理容器 41 內壓力，當設定為 26.6Pa 以外的數值來進行與評估試驗 1 相同的試驗，且將處理容器 41 內壓力設定為 13.3Pa(100mTorr)~133.3Pa(1000mTorr)的範圍內之情況下，便可獲得形狀與評估試驗 1 之結果同樣良好的凹部 18。因此，處理容器 41 內的壓力較佳宜設定為該 13.3Pa~133.3Pa。

<評估試驗 2>

評估試驗 2-1 係以膜厚會成為 200nm 之方式來於晶圓 W 表面成膜出非晶矽膜，並使用構成為與圖 4 所說明的蝕刻模組 4 大致相同之蝕刻裝置來一起供應 IF_7 氣體與 NH_3 氣體 8 秒鐘，以進行該非晶矽膜的蝕刻。與評估試驗 1 相同，處理容器 41 內的壓力為 50~1500mTorr。在蝕刻後，取得殘留在晶圓 W 之非晶矽

膜表面的影像，來測量該非晶矽膜的蝕刻量(200nm－殘留之非晶矽膜的膜厚)與殘留在晶圓 W 之非晶矽膜表面的粗糙度。處理條件當中，關於 NH_3 氣體的流量及載置台 42 表面的溫度(=晶圓 W 的溫度)之組合，係針對每個處理來做改變。 NH_3 氣體/ IF_7 氣體的流量比(= NH_3 氣體的流量/ IF_7 氣體的流量)係設定為 0.2、0.4、0.6、1.2 或 1.8，關於晶圓 W 的溫度，係設定為 35°C、60°C、80°C、100°C 或 120°C。 IF_7 氣體的流量係設定為 20~500sccm。又，在進行蝕刻前，非晶矽膜表面的粗糙度為 2.53nm，有關此粗糙度的數值，愈小則表示平坦性愈高。

又，評估試驗 2-2 係取代非晶矽膜而於晶圓 W 的表面成膜出多晶矽膜，除了對此多晶矽膜進行蝕刻以外，係進行與評估試驗 2-1 相同的試驗。然後，測量多晶矽膜的蝕刻量(200nm－殘留之多晶矽膜的膜厚)與該多晶矽膜表面的粗糙度。進行蝕刻前之多晶矽膜的粗糙度為 7.46nm。

圖 9、圖 10 之各圖表係顯示評估試驗 2-1 的結果，圖 11、圖 12 之各圖表係顯示評估試驗 2-2 的結果。圖 9~圖 12 之各圖表的縱軸係表示載置有晶圓 W 之台座的溫度=晶圓 W 的溫度。又，圖 9~圖 12 之各圖表的橫軸為 NH_3 氣體/ IF_7 氣體的流量比。圖 9、圖 11 之圖表係顯示有關蝕刻量的結果。詳細地敘述，圖表內係藉由賦予等高線來圈出蝕刻量近似的區域且相互區隔出蝕刻量較遠離的區域。然後，為了相互區別等高線所圈出的各區域，係對該各區域賦予相異的圖案來加以顯示。

圖 10、圖 12 之圖表係顯示有關粗糙度的結果。詳細地敘述，圖表內係藉由賦予等高線來圈出粗糙度的數值相近似之區域且相互區隔出粗糙度的數值較遠離之區域。然後，與圖 9、圖 11 之圖表同樣地，為了相互區別等高線所圈出之各區域，係對該各區域賦予相異的圖案來加以顯示。此外，實際上，圖 9~圖 12 之圖表雖係藉由電腦繪圖而以彩色的濃淡來顯示蝕刻量或粗糙度的分佈，但為了便於圖示，而如前述般地加以顯示。

有關蝕刻量，評估試驗 2-1 中大約為 4~54nm 範圍內的數值，評估試驗 2-2 中大約為 4~44nm 範圍內的數值。有關粗糙度，評估試驗 2-1 中大約為 2.5~5.5nm 範圍內的數值，評估試驗 2-2 中大約為 4.0~8.0nm 範圍內的數值。因此，評估試驗 2-1、2-2 中，蝕刻後所殘留之非晶矽膜、多晶矽膜表面粗糙度的數值相較於蝕刻前的粗糙度數值並未大幅地上升。因此，由此評估試驗 2 的結果確認了使晶圓 W 的溫度為 35°C~120°C 來供應 IF_7 氣體及 NH_3 氣體時，可獲得能夠在晶圓

W 面內高均勻性地進行蝕刻之本發明效果。又，有關晶圓 W 的溫度為 35°C 情況下之粗糙度數值，評估試驗 2-1 中為 4.2 以下，評估試驗 2-2 中為 7.2 以下，而被抑制較蝕刻前的粗糙度數值要上升。縱使晶圓 W 的溫度為稍低於此 35°C 之數值，由於被認為粗糙度的數值並未大幅地變化，故推定當晶圓 W 的溫度為例如 30°C~120°C 時，便可獲得能夠提高上述蝕刻的均勻性之效果。

另外，如圖 9 所示，有關評估試驗 2-1，當晶圓 W 的溫度為 35°C、60°C 之情況，若 NH₃ 氣體/IF₇ 氣體的流量比較大，則蝕刻量會較小。但當晶圓 W 的溫度為 80°C 以上之情況，則蝕刻量會無關於 NH₃ 氣體/IF₇ 氣體的流量比而成為較高值，具體來說為 30nm 以上。然後，如圖 10 所示，有關粗糙度，係無關於晶圓 W 的溫度及 NH₃ 氣體/IF₇ 氣體的流量比而為較低值，具體來說為 5.6nm 以下。

又，如圖 11 所示，有關評估試驗 2-2，當晶圓 W 的溫度為 35°C、60°C 之情況，若 NH₃ 氣體/IF₇ 氣體的流量比較大，則蝕刻量會較小。但當晶圓 W 的溫度為 80°C 以上之情況，則蝕刻量會無關於 NH₃ 氣體/IF₇ 氣體的流量比而成為較高值，具體來說為 29nm 以上。然後，當 NH₃ 氣體/IF₇ 氣體的流量比為 0.2、0.6、1.2、1.8 之情況，使晶圓 W 的溫度為 100°C 會較使晶圓 W 的溫度為 120°C 其蝕刻量較大。因此，由此可得知使晶圓 W 的溫度為 100°C 會較 120°C，在蝕刻量上有變大之傾向。然後，由圖 12 可明白得知，粗糙度係無關於晶圓 W 的溫度及 NH₃ 氣體/IF₇ 氣體的流量比而為較低值，具體來說為 9nm 以下。由上述般評估試驗 2-1、2-2 的結果可得知針對非晶矽膜及多晶矽膜，為了獲得高蝕刻率且抑制蝕刻後的粗糙，則使蝕刻時的晶圓 W 溫度為 80°C~100°C 會更佳。

另外，比較評估試驗 2-1、2-2 中晶圓 W 的溫度為 80°C 之情況與 100°C 之情況，當 NH₃ 氣體/IF₇ 氣體的流量比相同時，晶圓 W 的溫度為 80°C 之情況的蝕刻量係較大。又，當 NH₃ 氣體/IF₇ 氣體的流量比為 0.2、0.4 時，晶圓 W 的溫度為 80°C 之情況的粗糙度數值係較小。又，比較評估試驗 2-2 中晶圓 W 的溫度為 80°C 之情況與 100°C 之情況，當 NH₃ 氣體/IF₇ 氣體的流量比相同時，晶圓 W 的溫度為 80°C 之情況的蝕刻量係較大且粗糙度數值係較小。如此般地，評估試驗 2 所設定之晶圓 W 的溫度當中，由提高蝕刻率且抑制蝕刻後的粗糙之觀點來看，則 80°C 為最佳值。

然而，由於係如上述般地設定蝕刻時之處理容器 41 內壓力，故當晶圓 W 的溫度為 80°C 以上時，NH₄F 便會自晶圓 W 昇華。評估試驗 2-1、2-2 中，晶圓 W

的溫度為 80°C 以上之情況下，蝕刻量會較大被認為是因為縱使有 NH_4F 附著，由於會如上述般地發生昇華，故 IF_7 氣體的蝕刻作用便不會因該 NH_4F 而受到很大的妨礙之緣故。但 NH_3 氣體及 NH_4F 吸附在晶圓 W 之機率則是晶圓 W 的溫度愈低便會愈高。於是，若蝕刻時的晶圓 W 溫度過高，則該 NH_4F 的作用便會變弱。基於上述般理由而推定會成為以下結果：晶圓 W 的溫度為 100°C 之情況係較 120°C 之情況要來得佳，且晶圓 W 的溫度為 80°C 之情況更佳。然後，被認為縱使是自此 80°C 而有若干變化之溫度，蝕刻率仍會變高且粗糙度仍會變低。若考量如上述般地當晶圓 W 的溫度為 80°C 以上時會讓 NH_4F 昇華這一點，則被認為晶圓 W 的特佳溫度範圍應為該 80°C 以上之溫度且低於 100°C 之溫度，具體來說為 80°C~90°C。

然而，觀看評估試驗 2-1 中晶圓 W 的溫度為 35°C 或 60°C 之情況的結果，當 NH_3 氣體的流量大於 IF_7 氣體的流量時，即 NH_3 氣體/ IF_7 氣體的流量比為 1.2、1.8 時，蝕刻量係較小。但當 NH_3 氣體的流量小於 IF_7 氣體的流量時，即 NH_3 氣體/ IF_7 氣體的流量比為 0.2~0.6 時，除了晶圓 W 的溫度為 35°C 且 NH_3 氣體/ IF_7 氣體的流量比為 0.6 之情況的結果以外，係成為蝕刻量較大之結果。

又，觀看評估試驗 2-2 中晶圓 W 的溫度為 35°C 或 60°C 之情況的結果，當 NH_3 氣體/ IF_7 氣體的流量比為 1.2，1.8 時，蝕刻量係較小。然後，當 NH_3 氣體/ IF_7 氣體的流量比為 0.2~0.6 時，除了晶圓 W 的溫度為 35°C 且 NH_3 氣體/ IF_7 氣體的流量比為 0.6 之情況以外，係成為蝕刻量較大之結果。

成為上述般結果的原因被認為是因為如上述般地 NH_4F 會從晶圓 W 昇華之溫度為 80°C 以上，當不會發生此昇華之 35°C、60°C 的情況，若 NH_3 氣體的流量較大，則會因 NH_4F 朝晶圓 W 之附著量變得過剩，而造成 IF_7 氣體的蝕刻量降低之緣故。因此，由此評估試驗 2 的結果確認了當晶圓 W 的溫度為低於 80°C 之情況，較佳宜使 NH_3 氣體/ IF_7 氣體的流量比為 0.6 以下。

又，評估試驗 2-1、2-2 中，將晶圓 W 的溫度設定為 80°C 以上之情況下，粗糙度的數值雖不會因 NH_3 氣體/ IF_7 氣體的流量比而有很大的變化，但有關蝕刻量，則將 NH_3 氣體/ IF_7 氣體的流量比設定為 1.2 或 1.8 會較設定為 0.6 要來得大。因此，由此確認了當晶圓 W 的溫度為 80°C 以上之情況下，有關 NH_3 氣體/ IF_7 氣體的流量比，若為 1.2~1.8，則可獲得高蝕刻率且大幅抑制蝕刻後的粗糙。亦即，由此確認了有關 NH_3 氣體的流量/ IF_7 氣體的流量，較佳為 1.2~1.8 之範圍內。

2022 年 11 月 11 日修正

然而，當晶圓 W 的溫度為 80°C 以上之情況，被認為縱使 NH₃ 氣體/IF₇ 氣體的流量比為稍小於 1.2 之值，蝕刻作用仍不會有很大的變化，而當晶圓 W 的溫度低於 80°C 之情況，則是被認為縱使 NH₃ 氣體/IF₇ 氣體的流量比為稍大於 0.6 之值，蝕刻作用仍不會有很大的變化。具體來說，被認為當晶圓 W 的溫度為 80°C 以上之情況，只要 NH₃ 氣體/IF₇ 氣體的流量比為例如 1 以上，而當晶圓 W 的溫度為低於 80°C 之情況，只要 NH₃ 氣體/IF₇ 氣體的流量比為例如 1 以下，則蝕刻作用的變化便會較少。因此，推定當晶圓 W 的溫度為 80°C 以上之情況，則 NH₃ 氣體/IF₇ 氣體的流量比較佳為 1~1.8，而當低於 80°C 的情況，則 NH₃ 氣體的流量/IF₇ 氣體的流量較佳為 1 以下。

【符號說明】

W	晶圓
13	多晶矽膜
2	基板處理裝置
20	控制部
4	蝕刻模組
42	載置台
5	噴淋頭

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種蝕刻方法，係包含有對表面形成有含矽膜之基板供應七氟化碘氣體與鹼性氣體來蝕刻該含矽膜之工序；

對該基板供應該七氟化碘氣體的期間與對該基板供應該鹼性氣體的期間係相重疊；

蝕刻該含矽膜之工序係包含有在使該基板的溫度為 80°C 以上之狀態下，以該鹼性氣體的流量/該七氟化碘氣體的流量會成為 $1\sim 1.8$ 之方式來對儲存有該基板之處理容器內供應該鹼性氣體及該七氟化碘氣體之工序。

【第2項】 一種蝕刻方法，係包含有對表面形成有含矽膜之基板供應七氟化碘氣體與鹼性氣體來蝕刻該含矽膜之工序；

對該基板供應該七氟化碘氣體的期間與對該基板供應該鹼性氣體的期間係相重疊；

蝕刻該含矽膜之工序係包含有在使該基板的溫度低於 80°C 之狀態下，以該鹼性氣體的流量/該七氟化碘氣體的流量會成為 1 以下之方式來對儲存有該基板之處理容器內供應該鹼性氣體及該七氟化碘氣體之工序。

【第3項】 如申請專利範圍第1項之蝕刻方法，其中蝕刻該含矽膜之工序係包含有：在使該基板的溫度為 120°C 以下之狀態下，對該基板供應該鹼性氣體及該七氟化碘氣體之工序。

【第4項】 如申請專利範圍第2項之蝕刻方法，其中蝕刻該含矽膜之工序係包含有：在使該基板的溫度為 30°C 以上之狀態下，對該基板供應該鹼性氣體及該七氟化碘氣體之工序。

【第5項】 如申請專利範圍第1至4項中任一項之蝕刻方法，其中蝕刻該含矽膜之工序係包含有：使儲存有該基板該處理容器內的壓力為 $13.3\text{Pa}\sim 133.3\text{Pa}$ ，來供應該七氟化碘氣體與該鹼性氣體之工序。

【第6項】 如申請專利範圍第1至4項中任一項之蝕刻方法，其中該鹼性氣體為氨氣。

【第7項】 一種蝕刻裝置，係具備有：
處理容器；

2022年08月01日修正

載置部，係設置於該處理容器內，用以載置並加熱表面形成有含矽膜之基板；以及

氣體供應部，係對該處理容器內供應七氟化碘氣體與鹼性氣體來蝕刻該含矽膜；

對該基板供應該七氟化碘氣體的期間與對該基板供應該鹼性氣體的期間係相重疊；

藉由該載置部來加熱該基板以使該基板的溫度成為 80°C 以上之狀態下，該氣體供應部會以該鹼性氣體的流量/該七氟化碘氣體的流量成為 1~1.8 之方式來將該鹼性氣體及該七氟化碘氣體供應至儲存有該基板之該處理容器內。

【第8項】 一種蝕刻裝置，係具備有：

處理容器；

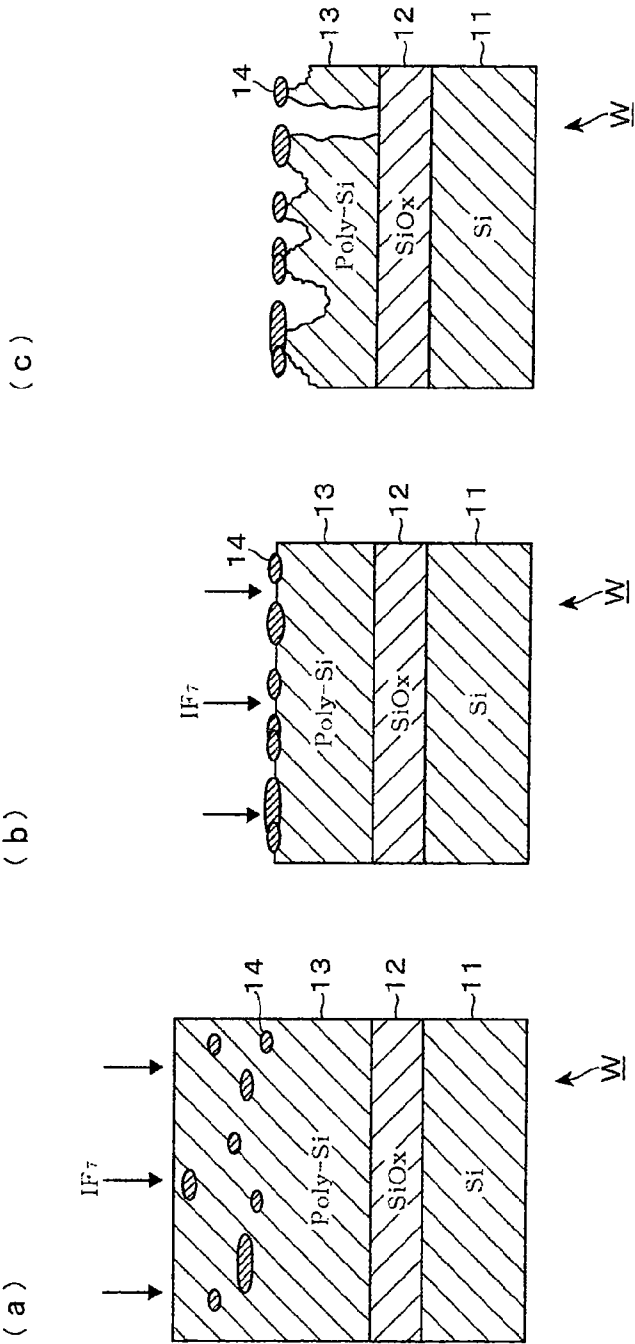
載置部，係設置於該處理容器內，用以載置並加熱表面形成有含矽膜之基板；以及

氣體供應部，係對該處理容器內供應七氟化碘氣體與鹼性氣體來蝕刻該含矽膜；

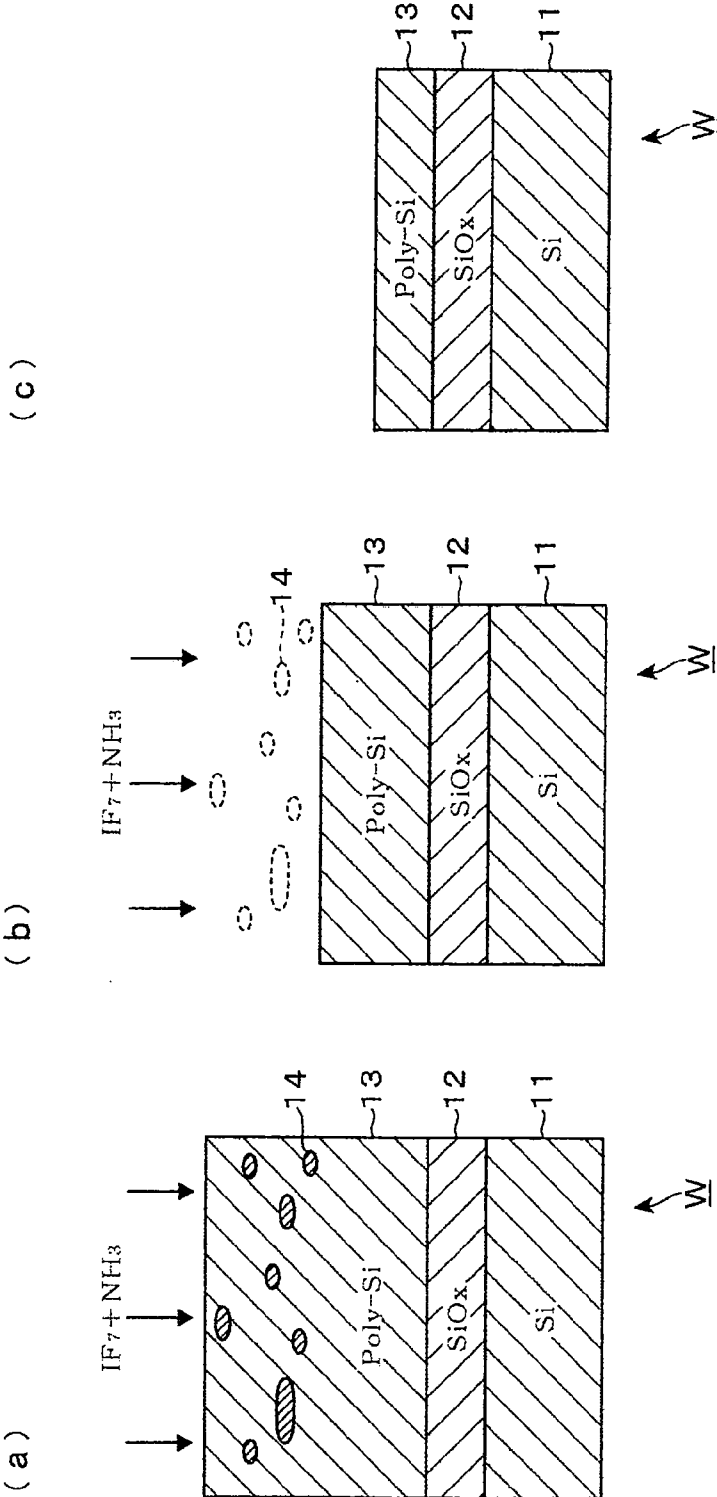
對該基板供應該七氟化碘氣體的期間與對該基板供應該鹼性氣體的期間係相重疊；

藉由該載置部來加熱該基板以使該基板的溫度成為低於 80°C 之狀態下，該氣體供應部會以該鹼性氣體的流量/該七氟化碘氣體的流量成為 1 以下之方式來將該鹼性氣體及該七氟化碘氣體供應至儲存有該基板之該處理容器內。

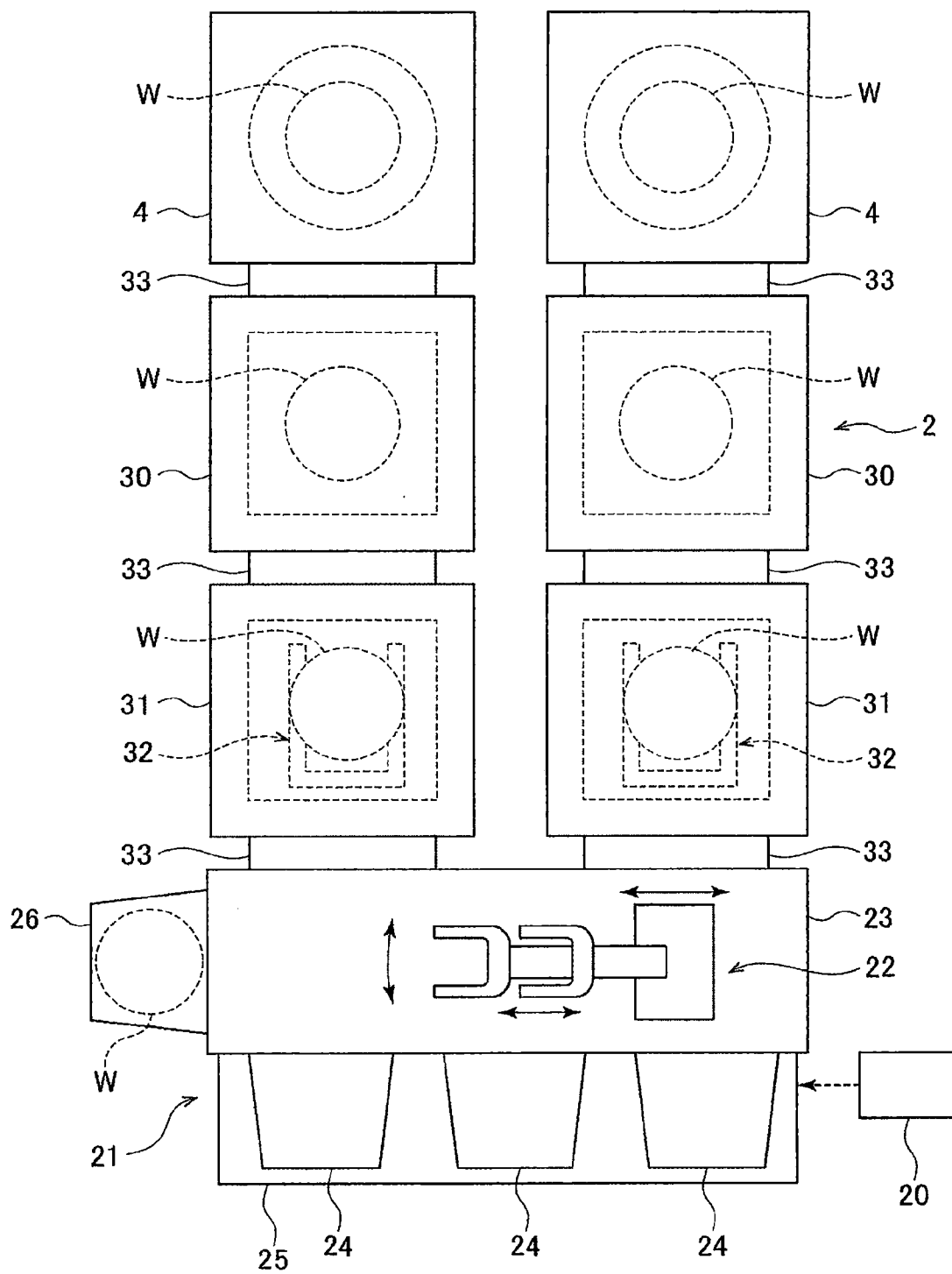
【發明圖式】



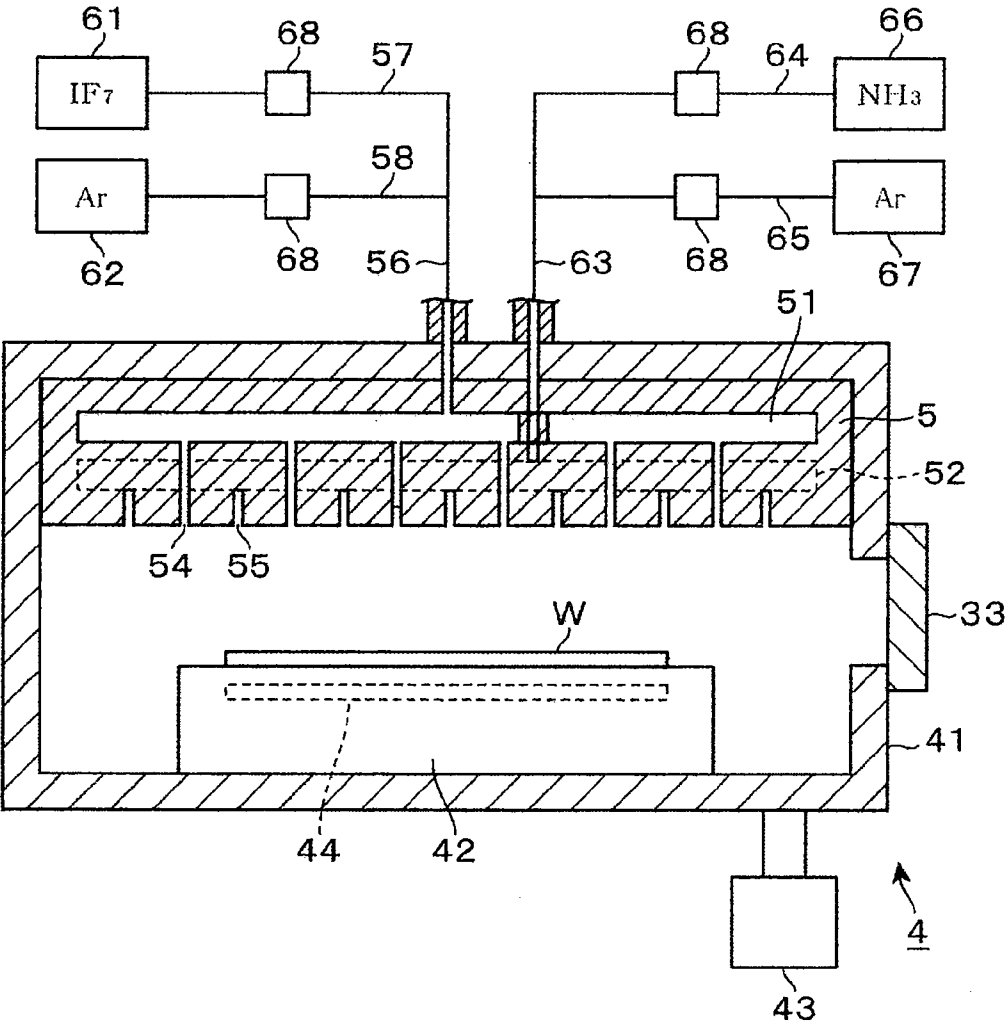
【圖1】



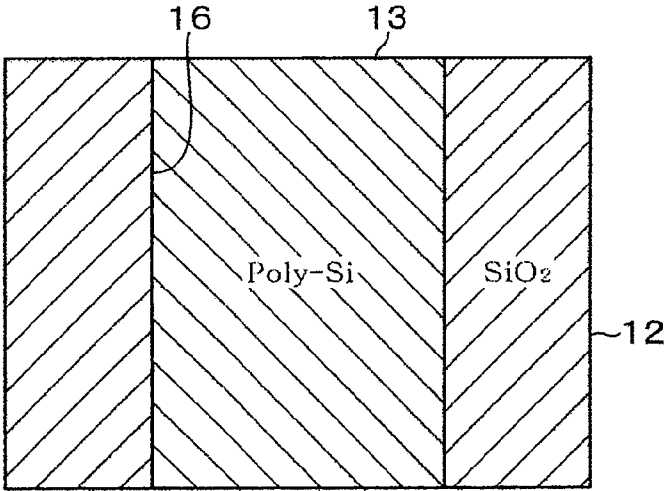
【圖2】



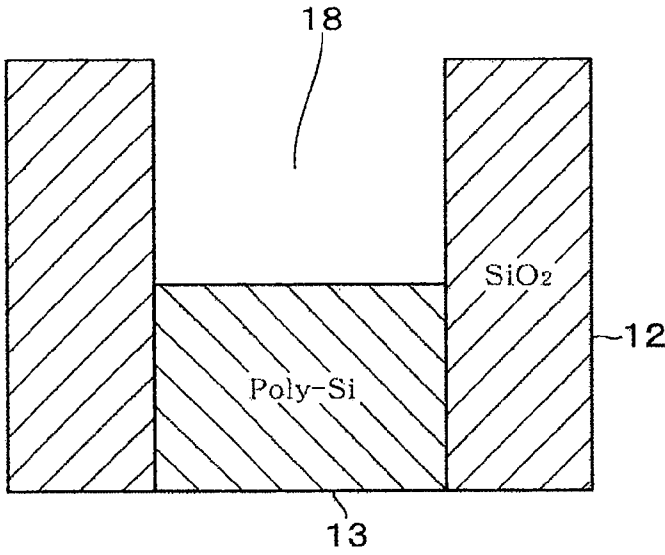
【圖3】



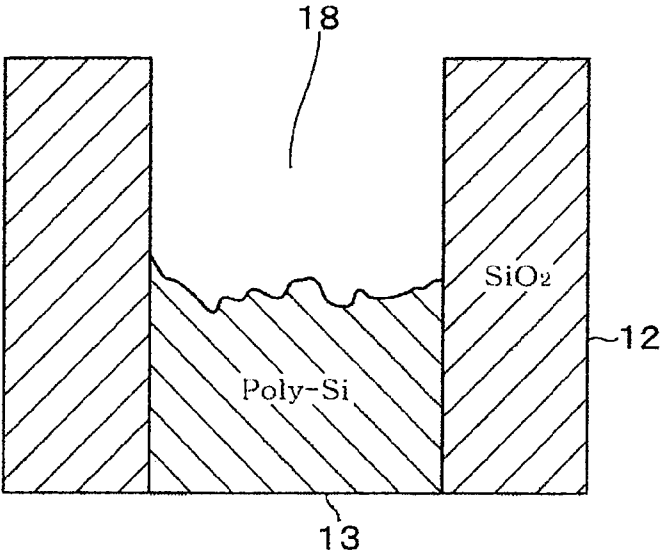
【圖4】



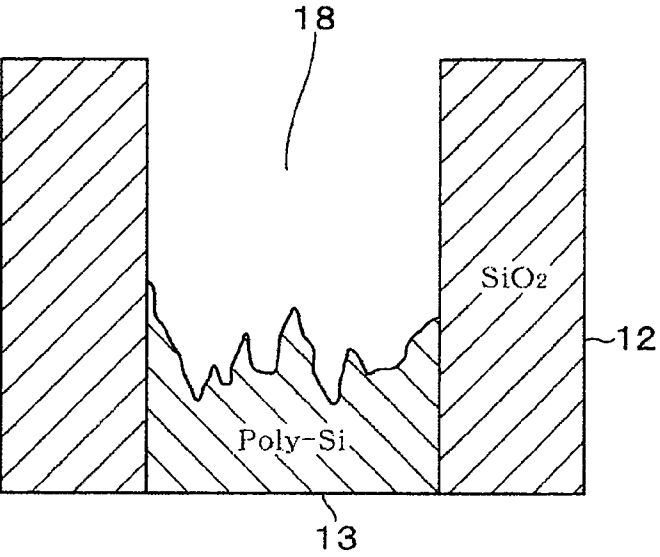
【圖5】



【圖6】

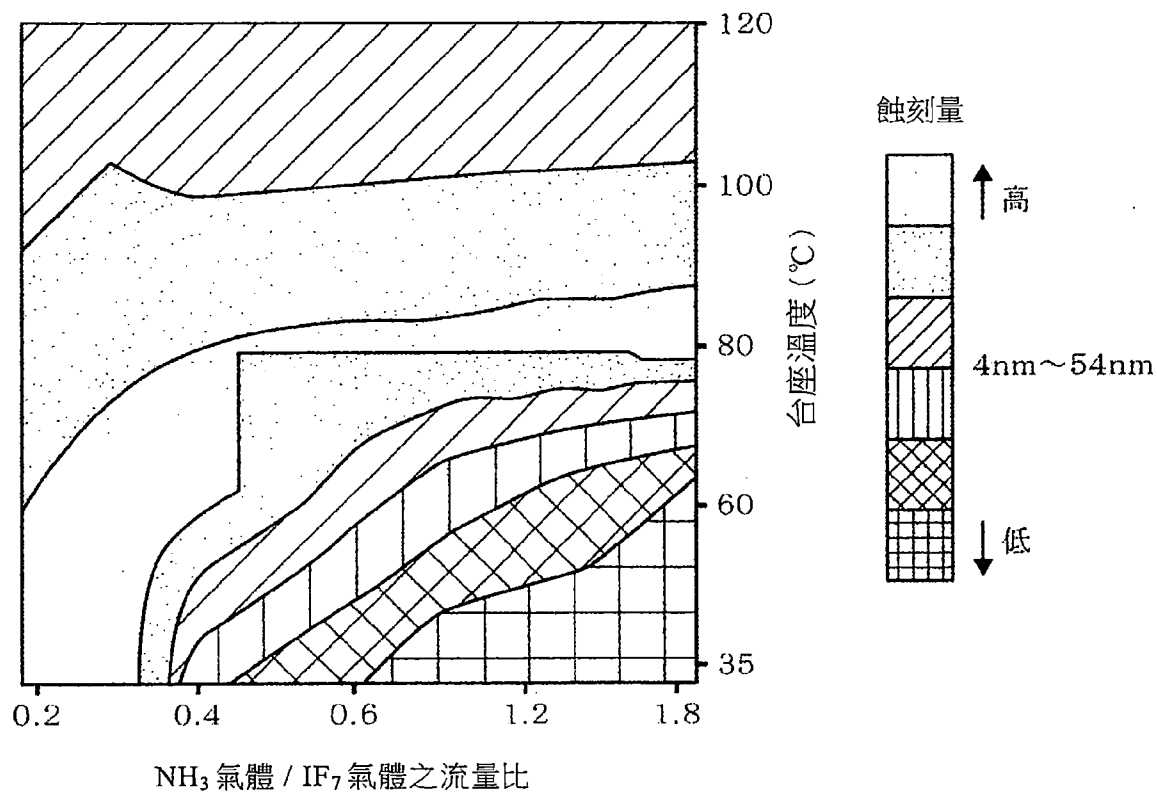


【圖7】

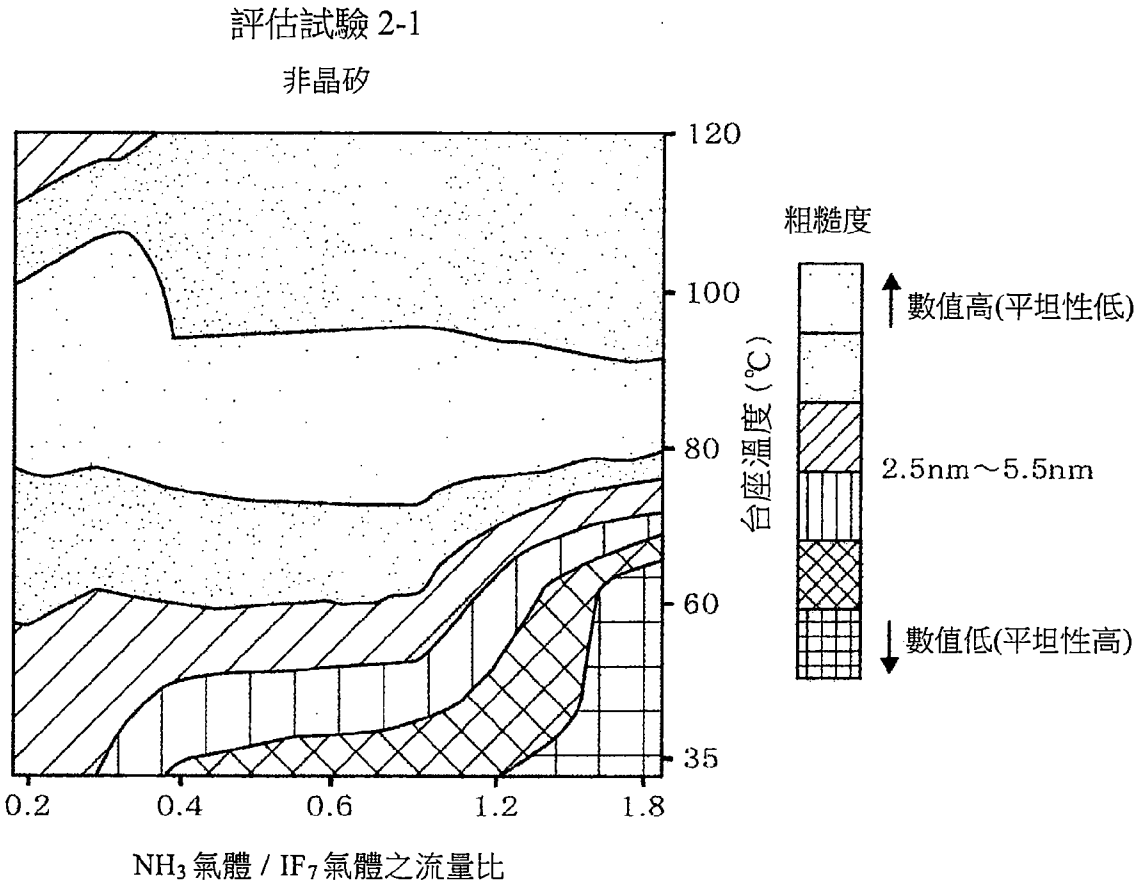


【圖8】

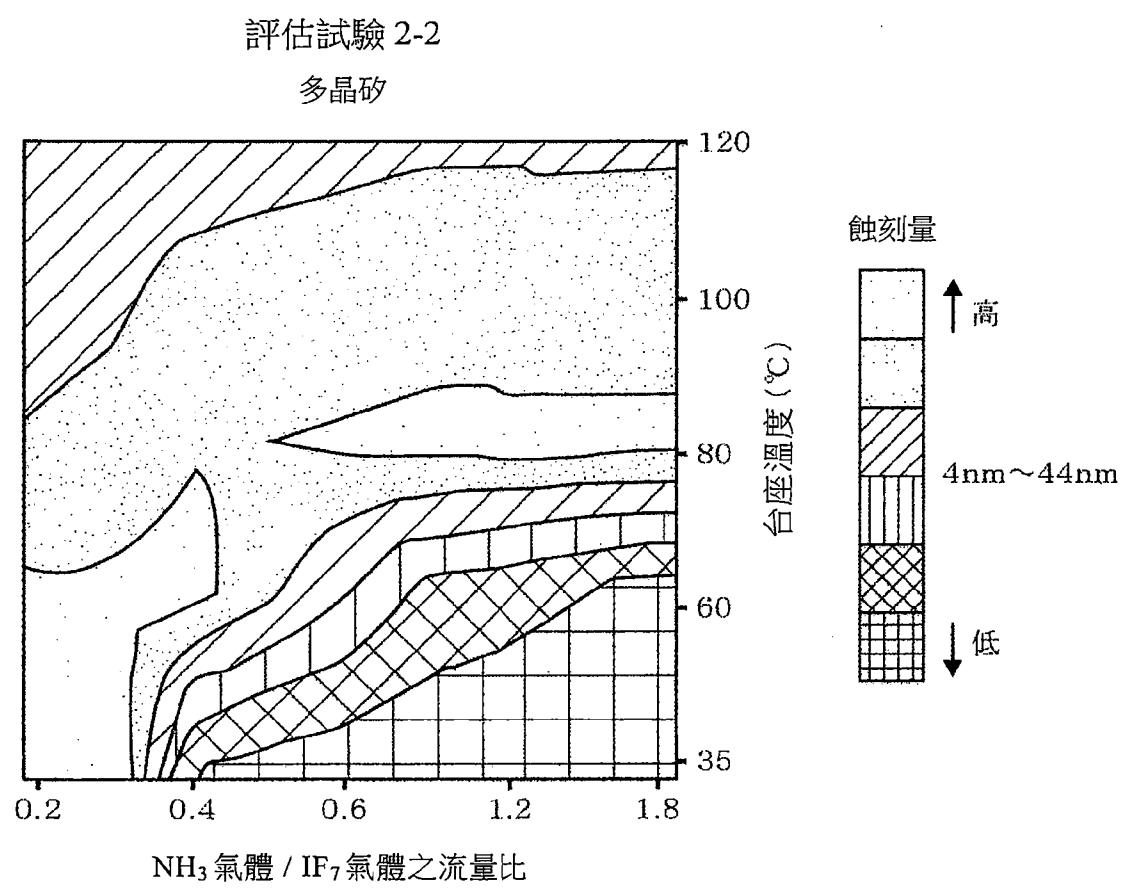
評估試驗 2-1
非晶矽



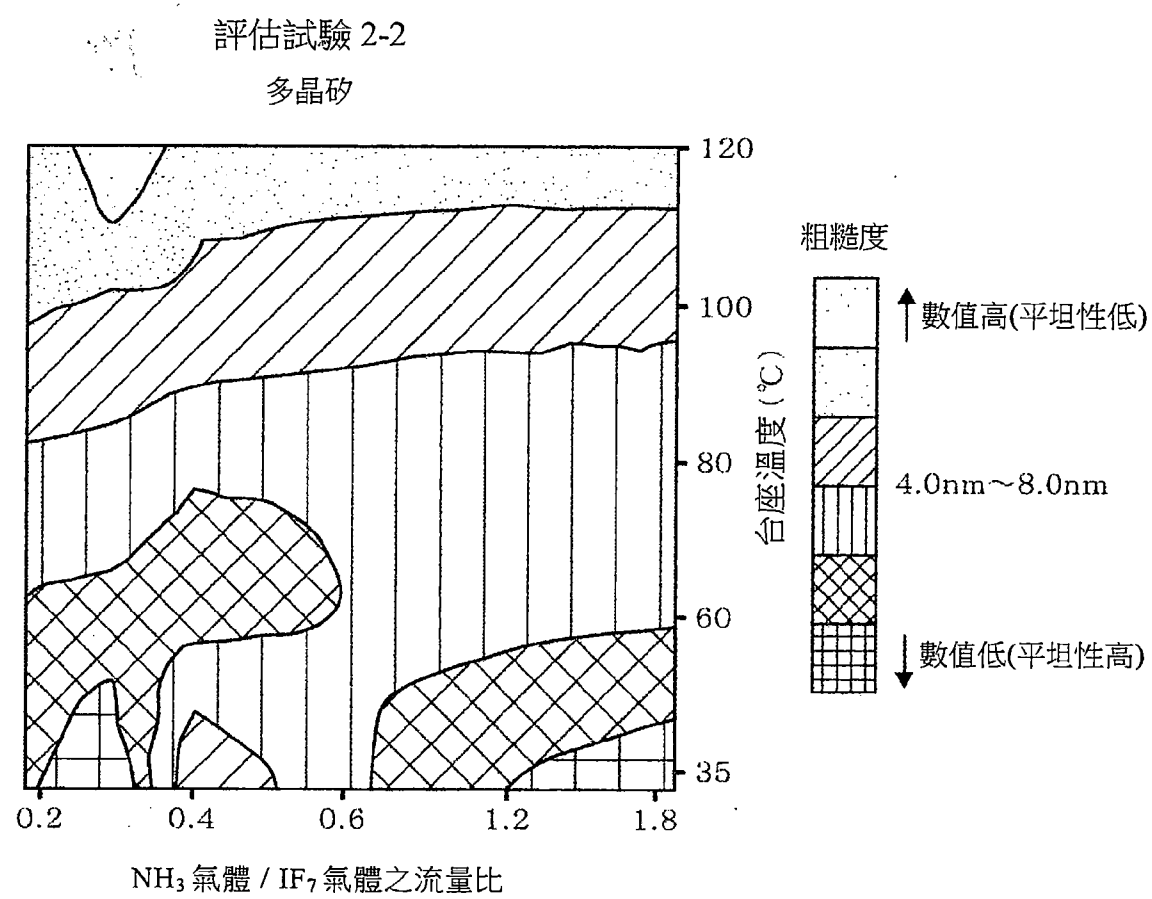
【圖9】



【圖10】



【圖11】



【圖12】