



(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 I557263 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 11 月 11 日

(21)申請案號：100134922

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 09 月 28 日

(51)Int. Cl. : C23C16/455 (2006.01)

(30)優先權：2010/09/29 日本

2010-219947

(71)申請人：東京威力科創股份有限公司 (日本) TOKYO ELECTRON LIMITED (JP)
日本

(72)發明人：布重裕 NUNOSHIGE, YU (JP)；山崎英亮 YAMASAKI, HIDEAKI (JP)

(74)代理人：林秋琴；何愛文

(56)參考文獻：

TW 554382

CN 1806315A

CN 1898410A

審查人員：陳衍任

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：17 共 50 頁

(54)名稱

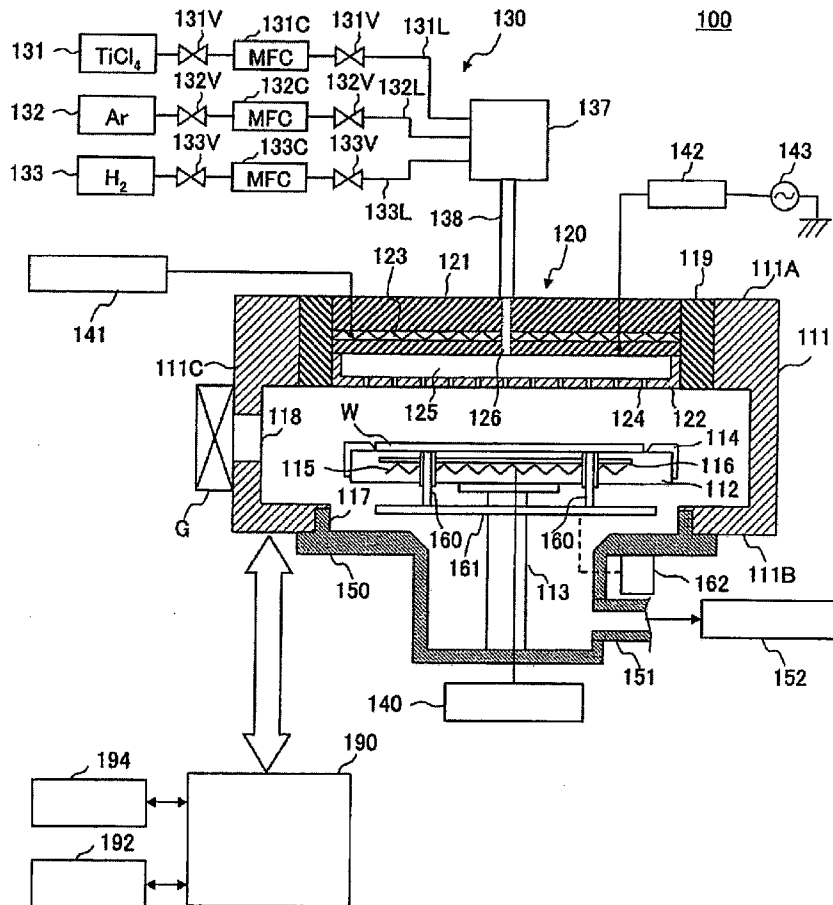
成膜方法及成膜裝置

(57)摘要

本發明關於一種成膜方法及成膜裝置，藉由使得成膜反應在反應限制區域內發生，則即便是寬深比大的接觸孔，仍可形成更薄且覆蓋率良好的鈦膜，從而降低接觸孔的電阻。該成膜裝置設置有：載置台，係用以載置基板；噴淋頭，係將處理氣體供應至處理室內；高頻電源，係以特定功率來將電漿產生用高頻供應至噴淋頭；排氣裝置，係將處理室內排氣而減壓至特定壓力；以及控制部，係藉由改變還原氣體流量、處理室內壓力或高頻功率其中之一來控制該反應限制區域，以讓欲使用於鈦膜的成膜處理之成膜氣體流量在成膜處理的反應限制區域內。

指定代表圖：

圖 1



符號簡單說明：

- 100 . . . 成膜裝置
- 111 . . . 處理室
- 111A . . . 頂壁
- 111B . . . 底壁
- 111C . . . 側壁
- 112 . . . 載置台
- 113 . . . 支撐組件
- 114 . . . 導引環
- 115 . . . 加熱器
- 116 . . . 下部電極
- 117 . . . 圓形的孔
- 118 . . . 搬出入口
- 119 . . . 絕緣組件
- 120 . . . 噴淋頭
- 121 . . . 基底組件
- 122 . . . 淋氣板
- 123 . . . 加熱器
- 124 . . . 噴出孔
- 125 . . . 氣體擴散空間
- 126 . . . 氣體導入埠
- 130 . . . 氣體供應機構
- 131~133 . . . 各氣體供應源
- 131C~133C . . . 流量控制器
- 131V~133V . . . 閥體
- 131L~133L . . . 各氣體供應管
- 137 . . . 氣體混合部
- 138 . . . 混合氣體供應管
- 140、141 . . . 加熱器電源
- 142 . . . 匹配器

- 143 . . . 高頻電源
- 150 . . . 排氣室
- 151 . . . 排氣管
- 152 . . . 排氣裝置
- 160 . . . 支撐銷
- 161 . . . 支撐板
- 162 . . . 驅動機構
- 190 . . . 控制部
- 192 . . . 操作部
- 194 . . . 記憶部
- W . . . Si 基板
- G . . . 閘閥

公告本

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：100134922

※申請日：100.9.28

※IPC 分類：C23C16/455 (2006.01)

一、發明名稱：

成膜方法及成膜裝置

二、中文發明摘要：

本發明關於一種成膜方法及成膜裝置，藉由使得成膜反應在反應限制區域內發生，則即便是寬深比大的接觸孔，仍可形成更薄且覆蓋率良好的鈦膜，從而降低接觸孔的電阻。該成膜裝置設置有：載置台，係用以載置基板；噴淋頭，係將處理氣體供應至處理室內；高頻電源，係以特定功率來將電漿產生用高頻供應至噴淋頭；排氣裝置，係將處理室內排氣而減壓至特定壓力；以及控制部，係藉由改變還原氣體流量、處理室內壓力或高頻功率其中之一來控制該反應限制區域，以讓欲使用於鈦膜的成膜處理之成膜氣體流量在成膜處理的反應限制區域內。

三、英文發明摘要：

無

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 1。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

100	成膜裝置
111	處理室
111A	頂壁
111B	底壁
111C	側壁
112	載置台
113	支撐組件
114	導引環
115	加熱器
116	下部電極
117	圓形的孔
118	搬出入口
119	絕緣組件
120	噴淋頭
121	基底組件
122	淋氣板
123	加熱器
124	噴出孔
125	氣體擴散空間
126	氣體導入埠
130	氣體供應機構

131~133	各氣體供應源
131C~133C	流量控制器
131V~133V	閥體
131L~133L	各氣體供應管
137	氣體混合部
138	混合氣體供應管
140、141	加熱器電源
142	匹配器
143	高頻電源
150	排氣室
151	排氣管
152	排氣裝置
160	支撐銷
161	支撐板
162	驅動機構
190	控制部
192	操作部
194	記憶部
W	Si 基板
G	閘閥

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種於半導體晶圓、FPD(Flat Panel Display)基板、液晶基板、太陽能電池用基板等被處理基板上形成特定薄膜之成膜方法及成膜裝置。

【先前技術】

CMOS 電晶體等半導體元件係具有配線層與基板，或配線層與配線層等連接構造。具體來說，例如圖 17 所示，Si 基板(Si 晶圓)的 p/n 雜質擴散層(擴散層)10 與第 1 配線之間係形成有接觸孔 20，而第 1 配線與第 2 配線之間則形成有介層孔 30。上述接觸孔 20 及介層孔 30 係埋置有鎢或銅等金屬來使 Si 基板或配線層電連接。近年來，在埋置該金屬前，會先使 Ti/TiN 層積膜等阻絕層形成於接觸孔 20 及介層孔 30，來形成阻絕層 22、32。

以往，這類 Ti 膜或 TiN 膜的形成係使用物理性蒸鍍(PVD)法。然而，在半導體元件的微細化及高集積化已演進的今日，接觸孔或介層孔的寬深比(口徑與深度的比)卻變得極大。於是，阻絕層的形成便多半採用階梯覆蓋率良好的化學性蒸鍍(CVD)法。

然而，為了降低擴散層 10 與接觸孔 20 內之金屬的接觸電阻，較佳係使 TiSi_x 膜(鈦矽化膜)等合金層 12 介設於例如阻絕層 22 與擴散層 10 之間，而藉由調節阻絕

層 22 與擴散層 10 界面處的工作函數，來降低基於該工作函數之蕭特基能障(Schottky barrier)。

上述 TiSi_x 膜的形成可使用例如電漿 CVD 法。該方法係使用 TiCl_4 作為原料氣體，並使用 H_2 氣體等作為還原氣體，而在溫度 650°C 左右形成 Ti 膜，同時使其一部分與 Si 基板反應而自發地形成合金層 12(例如參照專利文獻 1：日本特開 2000-049142 號公報)。

然而，過去形成上述般的 Ti 膜之情況，為了如專利文獻 1 所述般地提高成膜速度以提升成膜效率，會使成膜氣體相對於還原氣體的流量比要來得少(專利文獻 1 中流量比為 0.01 左右)，故供應 TiCl_4 氣體來進行 Ti 膜的成膜反應時，便會伴隨其而在反應所進行的供應限制區域內發生成膜反應。

亦即，在供應限制區域中，若愈提高成膜氣體的流量比，則成膜速度亦會愈大。相對於此，一般來說在反應限制區域中，由於成膜反應會因溫度而受到限制，因此所供應之成膜氣體並不會全部反應，而使得成膜效率明顯降低。

然而，傳統在供應限制區域中所進行之成膜反應係在基板表面附近處發生成膜反應，由於成膜氣體會在該處被消耗，因此若接觸孔的孔徑愈小，而寬深比愈大，便會難以到達底部。特別是近年來由於接觸孔或介層孔的寬深比(口徑與深度的比)日益增大，因此上述般接觸孔底部的膜厚便會較基板表面的膜厚要來得薄，而有覆

蓋率惡化之問題。

是以，本發明係鑑於上述問題所發明者，其目的在於提供一種藉由使得成膜反應在反應限制區域內發生，則即便是寬深比大的接觸孔，仍可形成更薄且覆蓋率良好的鈦膜，並可降低接觸孔底部的電阻之成膜方法。

【發明內容】

為解決上述問題，依據本發明一觀點，而提供一種成膜方法，係將包含有含鈦成膜氣體與還原氣體之處理氣體供應至處理室內而生成電漿，以使鈦膜成膜於被處理基板上之方法，其特徵在於：藉由改變該還原氣體流量、該處理室內壓力或對電極所施加之該電漿產生用高頻功率其中之一來控制該反應限制區域，以讓欲使用於該鈦膜的成膜處理之該成膜氣體流量在該成膜處理的反應限制區域內。

此情況下，可藉由增加該還原氣體流量來控制將成為該成膜處理之反應限制區域的邊界之該成膜氣體流量變大。又，可藉由增加該處理室內壓力來控制將成為該成膜處理之反應限制區域的邊界之該成膜氣體流量變大。此外，可藉由增加該高頻功率來控制將成為該成膜處理之反應限制區域的邊界之該成膜氣體流量變大。

又，該成膜氣體流量較佳係設定在該成膜氣體相對於該還原氣體流量的流量比為 13sccm/100sccm 以上，55sccm/100sccm 以下之範圍。又，該成膜氣體流量可設

定在該成膜氣體相對於該還原氣體流量的流量比為 13sccm/100sccm 以上，45.6sccm/100sccm 以下之範圍，亦可設定在該成膜氣體相對於還原氣體流量的流量比為 45.6sccm/100sccm 以上，55sccm/100sccm 以下之範圍。

為解決上述問題，依據本發明其他觀點，係提供一種成膜方法，係將包含有含鈦成膜氣體與還原氣體之處理氣體供應至處理室內而生成電漿，以使鈦膜成膜於被處理基板上之方法，其特徵在於：藉由使得該成膜氣體與還原氣體在依該成膜處理的處理條件而決定之該成膜處理的反應限制區域內反應，而於該被處理基板上形成鈦膜，其中該成膜處理的處理條件包含了該成膜氣體流量、該還原氣體流量、該處理室內壓力、以及對電極所施加之該電漿產生用高頻功率。

為解決上述問題，依據本發明另一觀點，係提供一種成膜裝置，係將包含有含鈦成膜氣體與還原氣體之處理氣體供應至處理室內而生成電漿，以於形成有接觸孔的被處理基板上形成鈦膜之成膜裝置，其特徵在於具備有：載置台，係用以載置該被處理基板；噴淋頭，係將該處理氣體供應至處理室內；高頻電源，係在與該載置台之間而以特定功率來將電漿產生用高頻供應至該噴淋頭；排氣裝置，係將該處理室內排氣而減壓至特定壓力；以及控制部，係藉由改變該還原氣體流量、該處理室內壓力或該高頻功率其中之一來控制該反應限制區

域，以讓欲使用於該鈦膜的成膜處理之該成膜氣體流量在該成膜處理的反應限制區域內。

依據本發明，由於可使成膜反應在反應限制區域內發生，則即便是寬深比大的接觸孔，仍可形成更薄且覆蓋率良好的鈦膜，並可降低接觸孔的電阻。

【實施方式】

以下，參照添附圖式來詳加說明本發明之較佳實施形態。

此外，本說明書及圖式中，針對實質上具有相同功能構成之構成要素，則賦予相同符號而省略重複說明。

(成膜裝置)

參照圖式來加以說明可實施本發明實施形態的成膜方法之成膜裝置的構成例。圖 1 係顯示本實施形態之成膜裝置的概略結構之圖式。此處的成膜裝置 100 係舉構成爲電漿 CVD 裝置之情況為例，其係藉由電漿 CVD(PECVD：plasma-enhanced chemical vapor deposition)來於作為被處理基板之 Si 基板 W 上形成 Ti 膜。

圖 1 所示成膜裝置 100 係具有由氣密地構成之略圓筒狀處理容器所構成的處理室(腔室)111。於處理室 111 內用以水平地支撐 Si 基板 W 之載置台(susceptor)112 係在受到其中央下部所設置之圓筒狀支撐組件 113 的支撐之狀態下所配置。該載置台 112 係由 AlN 等陶瓷所構

成，其外緣部則設置有用以導引 Si 基板 W 之導引環 114。

又，載置台 112 係埋置有加熱器 115，該加熱器 115 係藉由來自加熱器電源 140 的供電而將 Si 基板 W 加熱至特定溫度。亦即，加熱器 115 與加熱器電源 140 構成了溫度調整機構。於載置台 112 內，下部電極 116 係埋設於加熱器 115 上，且下部電極 116 為例如接地狀態。

處理室 111 的頂壁 111A 係透過絕緣組件 119 而設置有噴淋頭 120。該噴淋頭 120 大致上係由上方的基底組件 121 與安裝在該基底組件 121 下方之淋氣板 122 所構成。基底組件 121 係埋設有能夠加熱噴淋頭 120 之加熱器 123。該加熱器 123 係連接有加熱器電源 141。控制部係藉由加熱器電源 141 來控制加熱器 123，而將噴淋頭 120 加熱控制在特定溫度。

淋氣板 122 係形成有將氣體噴出至處理室 111 內之複數個噴出孔 124。各噴出孔 124 係與基底組件 121 與淋氣板 122 之間所形成之氣體擴散空間 125 相連通。基底組件 121 的中央部係設置有用以將處理氣體供應至氣體擴散空間 125 之氣體導入埠 126。氣體導入埠 126 係連接於後述氣體供應機構 130 的混合氣體供應管 138。

氣體供應機構 130 係具有供應 Ti 化合物氣體(TiCl_4 氣體)之 TiCl_4 氣體供應源 131、供應 Ar 氣之 Ar 氣體供應源 132、以及供應還原氣體(H_2 氣體)之 H_2 氣體供應源

133。

然後， TiCl_4 氣體供應源 131 係連接有 TiCl_4 氣體供應管 131L，Ar 氣體供應源 132 係連接有 Ar 氣體供應管 132L，而 H_2 氣體供應源 133 則連接有 H_2 氣體供應管 133L。各氣體管 131L~133L 係分別設置有流量控制器 (MFC) 131C~133C 以及將該流量控制器 131C~133C 挾置其中之 2 個閥體 131V~133V。

氣體混合部 137 係具有能夠混合上述處理氣體並供應至噴淋頭 120 之功能，其氣體流入側係透過各氣體管 131L~133L 而連接有處理氣體供應源 131~133，其氣體流出側係透過混合氣體供應管 138 而連接有噴淋頭 120。

在製程時，係將選自 TiCl_4 氣體、Ar 氣、 H_2 氣體當中的一種氣體或複數種氣體的混合氣體經由噴淋頭 120 的氣體導入埠 126 與氣體擴散空間 125 而從複數噴出孔 124 導入至處理室 111 內。

如此地本實施形態之噴淋頭 120 雖係構成為預先將處理氣體混合後再供應至處理室 111 內之所謂的預混合型，但亦可構成為獨立地將各處理氣體供應至處理室 111 內之後混合型。

噴淋頭 120 係透過匹配器 142 而連接有高頻(RF)電源 143，於成膜時，係從該高頻電源 143 對噴淋頭 120 供應例如 450kHz 的高頻(RF)，以於噴淋頭 120 及下部電極 116 之間產生高頻電場，來使被供應至處理室 111

內之處理氣體電漿化而形成 Ti 膜。

處理室 111 的底壁 111B 中央部係形成有圓形的孔 117，底壁 111B 係設置有覆蓋該孔 117 而朝下方突出之排氣室 150。排氣室 150 的側面係連接有排氣管 151，且該排氣管 151 係連接有排氣裝置 152。然後，便可藉由該排氣裝置 152 來將處理室 111 內減壓至特定真空壓力。

於載置台 112 處，用以支撐並升降 Si 基板 W 之複數根(例如 3 根)支撐銷(舉升銷)160 係可相對於載置台 112 表面突陷般地設置，且該等支撐銷 160 係固定在支撐板 161。然後，支撐銷 160 係藉由氣缸等驅動機構 162 而透過支撐板 161 作升降。處理室 111 的側壁 111C 係設置有供進行 Si 基板 W 的搬出入之搬出入口 118，以及能夠開閉該搬出入口 118 之閘閥 G。

該等支撐銷 160 會在將 Si 基板 W 相對於處理室 111 進行搬入或搬出時作升降。具體來說，將 Si 基板 W 搬入至處理室 111 內時係上升支撐銷 160。然後，藉由搬送臂(未圖示)來將 Si 基板 W 從搬出入口 118 搬入並載置於支撐銷 160。接著，下降支撐銷 160 來將 Si 基板 W 載置於載置台 112 上。又，將 Si 基板 W 從處理室 111 搬出時，係上升支撐銷 160 來抬舉 Si 基板 W。然後，藉由搬送臂(未圖示)來接收 Si 基板 W，再從搬出入口 118 搬出。

成膜裝置 100 係連接有控制部(整體控制裝

置)190，而藉由該控制部 190 來控制成膜裝置 100 的各部。又，控制部 190 係連接有作業員為了管理成膜裝置 100 而進行指令的輸入操作等之鍵盤，或將成膜裝置 100 的稼働狀況可視化地顯示之顯示器等所構成的操作部 192。

此外，控制部 190 係連接有記憶部 194，該記憶部 194 中記憶有藉由控制部 190 的控制來實現在成膜裝置 100 所實施之各種處理(對 Si 基板 W 所進行之成膜處理等)的程式，或執行程式所需的處理條件(配方)等。

記憶部 194 係記憶有在例如複數處理條件(配方)中所使用之資訊。其中，處理條件係整合了用來控制成膜裝置 100 各部之控制參數、設定參數等之複數參數值。各處理條件係包含有例如成膜氣體、還原氣體等的流量比，或處理室 111 內壓力、高頻功率等之參數值。

此外，該等程式或處理條件可被記憶在硬碟或半導體記憶體，又，係在收納於 CD-ROM、DVD 等可移動式電腦可讀取的記憶媒體之狀態下而安裝在記憶部 194 的特定位置。

控制部 190 係根據來自操作部 192 的指示等，而從記憶部 194 讀取所欲程式、處理條件來控制各部，以便能夠在成膜裝置 100 實施所欲處理。又，藉由來自操作部 192 之操作便可編集處理條件。

(成膜處理)

接下來說明藉由上述本實施形態之成膜裝置 100

所實施之成膜處理。圖 2A、圖 2B 係用以說明本實施形態之成膜處理之步驟圖。成膜裝置 100 係對具有例如圖 2A 所示般的膜構造之 Si 基板 200 進行處理。Si 基板 200 係於 Si 基材 202 上形成有 SiO_2 膜等層間絕緣膜 204，而藉由蝕刻來形成接觸孔 205，以使 Si 表面 203 露出於接觸孔 205 底部。

此處，係舉於圖 2A 所示般的層間絕緣膜 204 上及接觸孔 205 內形成 Ti 膜，並於接觸孔 205 底部的 Si 表面 203 上形成 TiSi_x 膜(Ti 矽化膜)之情況為例。本實施形態之成膜裝置 100 係搬入圖 2A 所示般的 Si 基板 200 而實施 Ti 膜的成膜處理。

首先，將 Si 基板 200 搬入至處理室 111 內並載置於載置台 112 上後，關閉閘閥 G，而藉由加熱器 115、123 來將載置台 112 與噴淋頭 120 加熱至特定溫度。然後，藉由排氣裝置 152 來將處理室 111 內減壓至特定真空壓力。

於此狀態下，如圖 2A 所示般地供應 TiCl_4 氣體等含 Ti 成膜氣體、 H_2 氣體等還原氣體，並藉由高頻電源 143 而以特定功率來對噴淋頭 120 供應特定高頻以生成電漿。藉此使成膜氣體與還原氣體發生反應，而於 Si 基板 200 上形成 Ti 膜。如此地，如圖 2B 所示，Si 表面 203 及層間絕緣膜 204 表面便會形成有 Ti 膜 206，另一方面，於 Si 表面 203 表面(即接觸孔 205 底部)處，所沉積之 Ti 會與下層之 Si 表面 203 的 Si 發生矽化反應(矽

化物化)，而自發地形成 TiSi_x 膜 207。

然而，依上述方式產生電漿而形成 Ti 膜的情況，若導入過多的還原氣體(此處為 H_2 氣體)，則 TiCl_4 氣體相對於還原氣體的流量比便會降低。於是，若是在 Ti 膜的成膜反應中供應 TiCl_4 氣體，則伴隨其而在反應所進行之所謂供應限制模式(transfer limited mode)下的反應便會成為主要。

供應限制模式下的成膜反應係在基板表面附近處發生成膜反應，由於 TiCl_4 氣體會在此處被消耗，因此若接觸孔 205 的孔徑愈小而寬深比愈大，便會難以到達底部。是以，若是圖 3 所示般之接觸孔 205 的孔徑小而寬深比大的情況，則接觸孔 205 底部的膜厚便會較基板表面的膜厚要來得薄，而有覆蓋率惡化之問題。

於是，本發明人試著減少 H_2 氣體並增加 TiCl_4 氣體的流量來增大 TiCl_4 氣體相對於 H_2 氣體的流量比後，Ti 膜便如圖 4 所示般地，接觸孔 205 底部的膜厚會變成與基板表面的膜厚大致相同，而改善了覆蓋率。

此被認為係因為藉由增大 TiCl_4 氣體的流量比，則 Ti 膜的成膜反應中，成膜反應較 TiCl_4 氣體的供應要容易進行之所謂反應限制模式(reaction limited mode)下的反應便會成為主要。

此情況下，若得知從供應限制模式切換為反應限制模式邊界處的 TiCl_4 氣體流量比，則藉由使 TiCl_4 氣體的流量為該邊界的流量以上，便可經常地在覆蓋率良好的

反應限制模式下發生成膜反應。於是，便進行了求得從供應限制模式切換為反應限制模式邊界處的 TiCl_4 氣體流量比之實驗。

首先，針對於表面整體地形成有 Si 膜之裸基板的 Si 膜上形成 Ti 膜之實驗結果加以說明。使用 Si 膜的裸基板係為了評估在接觸孔 205 底部之 Si 表面 203 上的成膜反應。此實驗中係將作為處理氣體之還原氣體(H_2 氣體)的流量固定在 100sccm，而使 TiCl_4 氣體的流量在 12sccm~80sccm 之間變化來進行 Ti 膜的成膜處理，以求得成膜速度。

圖 5 係顯示其實驗結果。圖 5 係以成膜速度為縱軸，以 TiCl_4 氣體流量為橫軸，而將於 Si 膜上形成 Ti 膜情況下之 TiCl_4 氣體流量與成膜速度的關係作為圖表。此外，此實驗中的其他的處理條件係使下部電極 116 的溫度為 550°C ，使噴淋頭 120 的溫度為 420°C ，使處理室 111 內壓力為 666Pa，且除了 TiCl_4 氣體與 H_2 氣體以外另供應 2000sccm 的 Ar 氣，並以 800W 的功率來對噴淋頭 120 供應 450kHz 的高頻(RF)而生成電漿，來進行成膜處理 30 秒鐘。

由圖 5 所示之實驗結果可知從供應限制模式切換為反應限制模式邊界處的 TiCl_4 氣體流量為 25.3sccm。亦即， TiCl_4 氣體的流量比為邊界流量 25.3sccm 以下之區域係成為依據供應限制模式之反應區域(供應限制區域)。然後， TiCl_4 氣體的流量為邊界流量 25.3sccm 以上

之區域則成為依據反應限制模式之反應區域(反應限制區域)。將該反應限制區域的邊界流量以 TiCl_4 氣體相對於 H_2 氣體的流量比(TiCl_4 氣體的流量/ H_2 氣體的流量)來表示時，為 25.3sccm/100sccm。

於供應限制區域中，Ti 膜的成膜速度會隨著 TiCl_4 氣體的流量增加而變快，在邊界流量 25.3sccm 處，成膜速度係達到最大。另一方面，於反應限制區域中，Ti 膜的成膜速度會隨著 TiCl_4 氣體的流量增加而減少。此外，隨著 TiCl_4 氣體的流量變大，則減少變得和緩。由此可知若 TiCl_4 氣體的流量過多，便會成為飽和傾向。

接下來，針對於表面整體地形成有 SiO_2 膜之裸基板的 SiO_2 膜上形成 Ti 膜之實驗結果加以說明。使用 SiO_2 膜的裸基板係為了評估在構成基板表面及接觸孔 205 的開口部表面或內壁部表面之層間絕緣膜 204 上的成膜反應。此處，係在相同於使用 Si 膜的裸基板時之處理條件下進行 Ti 膜的成膜。

圖 6 係顯示其實驗結果。圖 6 係以成膜速度為縱軸，以 TiCl_4 氣體的流量為橫軸，而將於 SiO_2 膜上形成 Ti 膜情況下之 TiCl_4 氣體流量與成膜速度的關係作為圖表。此外，圖 6 的圖表係將圖 5 所示之圖表予以重疊顯示。

圖 6 中的虛線圖形係顯示從 Si 膜上之 Ti 膜的成膜結果所預測之 SiO_2 膜上之 Ti 膜的成膜結果。已知在通常利用電漿 CVD 所進行之 Ti 膜的成膜中，Si 膜上與

SiO_2 膜上的成膜速度會因成膜溫度而有一定的變化。若基板溫度變高，則在 Si 膜上，當形成 Ti 膜時，由於會因 H_2 氣體而發生 Ti 的還原反應，同時亦會因基板的 Si 而發生 Ti 的還原反應，因而使得 Si 膜上的成膜速度較 SiO_2 膜上的成膜速度要來得大。

又，於 Si 膜上，雖然會因基板的 Si 而發生 Ti 的還原反應，同時亦會有該 Si 與 Ti 的矽化物化反應並行著進行，但由於該等反應速度係決定於基板溫度，因此若基板溫度為一定，則成膜速度比亦會是一定。於是， SiO_2 膜上的成膜速度圖形便可由 Si 膜上的成膜速度圖形來加以預測。本實驗中係將 SiO_2 膜上的成膜速度預測值計算為 Si 膜上的成膜速度實際測量值之 $2/3$ 倍，圖 6 係顯示 SiO_2 膜上之成膜速度的預測圖形(虛線圖形)。

由圖 6 所示之實驗結果可知 SiO_2 膜上亦與 Si 膜上同樣地，從供應限制模式切換為反應限制模式邊界處的 TiCl_4 氣體流量為 25.3sccm。亦即， TiCl_4 氣體的流量為邊界流量 25.3sccm 以下之區域係成為依據供應限制模式之反應區域(供應限制區域)。然後， TiCl_4 氣體的流量為邊界流量 25.3sccm 以上之區域則成為依據反應限制模式之反應區域(反應限制區域)。

又， SiO_2 膜上亦與 Si 膜上同樣地，於供應限制區域中，Ti 膜的成膜速度會隨著 TiCl_4 氣體的流量增加而變快，在邊界流量 25.3sccm 處，成膜速度係達到最大。另一方面，於反應限制區域中，Ti 膜的成膜速度會隨著

TiCl₄ 氣體的流量增加而減少。此外，隨著 TiCl₄ 氣體的流量變大，則減少變得和緩。由此可知在 SiO₂ 膜上亦同樣地若 TiCl₄ 氣體的流量過多，便會成為飽和傾向。

然而，有關 SiO₂ 膜上的成膜速度實際測量圖形，得知了相對於在 TiCl₄ 氣體流量為 12~40sccm 之區域中係與預測圖形大致一致，而在 TiCl₄ 氣體流量大於 40sccm 之區域(亦即有飽和傾向之區域)中，實際測量圖形係較預測圖形要來得低。

此被認為係因為隨著 TiCl₄ 氣體流量的增加，與 Ti 膜的成膜反應同時發生了 Ti 膜的蝕刻反應。依據圖 6 的實驗，在 TiCl₄ 氣體流量為邊界流量 45.6sccm 以上之區域中，則蝕刻反應便會與成膜反應同時地發生。將發生該蝕刻反應的邊界流量以 TiCl₄ 氣體相對於 H₂ 氣體的流量比(TiCl₄ 氣體的流量/H₂ 氣體的流量)來表示時，為 45.6sccm/100sccm。

以下，針對上述成膜反應與蝕刻反應，比較 SiO₂ 膜上的反應與 Si 膜上的反應來更加詳細地說明。於 SiO₂ 膜上的 Ti 膜成膜中，在氣相中因電漿的促使而分解之 TiCl₄ 氣體會在基板表面藉由還原氣體(H₂ 氣體)或 H 自由基與熱能而反應形成 Ti 膜。然而，所成膜之 Ti 膜會因 TiCl₄ 氣體所分解產生的 Cl 氣體或 Cl 自由基，而發生 Cl+Ti→TiCl_x 反應，因此被認為與成膜的同時亦會發生蝕刻反應。

相對於此，於 Si 膜上的 Ti 膜成膜中，所分解之 TiCl_x

氣體會在基板表面藉由 H_2 氣體或 H 自由基的還原氣體、熱能而與 Si 反應形成 Ti 矽化物($TiSi_x$)。由於藉由該矽化物化反應所形成之 Ti 矽化物會與 Ti 原子與 Si 原子堅固地結合，因此便不會與 $TiCl_4$ 氣體所分解產生的 Cl 氣體或 Cl 自由基反應，而不會發生蝕刻反應。

如此地，被認為在圖 6 所示之 $TiCl_4$ 氣體的流量為邊界流量 45.6sccm 以上之區域中，隨著 $TiCl_4$ 氣體流量的增加，由於在氣相中 $TiCl_4$ 氣體所分解產生的 Cl 氣體或 Cl 自由基的濃度變高而積極地發生蝕刻反應後之結果，則 SiO_2 膜上的成膜速度實際測量圖形便會較預測圖形要來得低。

此外，得知了若如上所述地增加 $TiCl_4$ 氣體流量，相對於在 SiO_2 膜上會與成膜反應同時地發生蝕刻反應，由於 Si 膜上不會發生蝕刻反應，因此縱使是增加 $TiCl_4$ 氣體流量，Si 膜上仍不會因蝕刻而受到損傷。

由以上可知，藉由使得 $TiCl_4$ 氣體流量在圖 6 所示之反應限制區域內，則即便是孔徑小而寬深比大的接觸孔 205，仍可大幅地改善 Ti 膜的覆蓋率。

亦即，在反應限制區域中，由於基板溫度會成為反應的限制過程，因此縱使是 $TiCl_4$ 氣體在基板表面附近處被消耗而導致接觸孔 205 內的 $TiCl_4$ 氣體流量減少，成膜速度仍不會改變。於是，便可在接觸孔 205 內形成較供應限制區域情況更加良好覆蓋率的 Ti 膜，且在接觸孔 205 底部的 Si 表面 203 上形成較供應限制區域情

況更厚的 Ti 膜。

此外，藉由使得 TiCl_4 氣體流量在圖 6 所示之反應限制區域中發生蝕刻反應的區域內，便可在接觸孔 205 底部的 Si 表面 203 上形成更厚的 Ti 膜。亦即，於發生蝕刻反應之區域中，相對於在構成基板表面之 SiO_2 膜等層間絕緣膜 204 上會與成膜反應同時地發生蝕刻反應，而在接觸孔 205 底部的 Si 表面 203 上則不會發生蝕刻反應。於是，便可相對於基板表面所形成之 Ti 膜，而使得接觸孔 205 底部的 Si 表面 203 所形成之 Ti 膜較厚。

然而，上述 Ti 膜成膜反應中之供應限制區域與反應限制區域與邊界處的 TiCl_4 氣體流量，可藉由改變 TiCl_4 氣體流量以外的處理條件來調整。據此，便可藉由 TiCl_4 氣體流量以外的處理條件來控制 Ti 膜成膜反應的反應限制區域。

具體來說，由於可藉由 H_2 氣體等還原氣體的流量、處理室 111 內壓力、高頻電源 143 的 RF 功率來控制反應限制區域，因此以下便根據其實驗結果來加以說明。此外，亦如根據圖 6 所說明般，供應限制區域與反應限制區域的邊界不論是在 Si 膜上形成 Ti 膜之情況，或在 SiO_2 膜上形成 Ti 膜之情況皆為相同，因此以下的實驗便使用 SiO_2 膜的裸基板，而在 SiO_2 膜上形成 Ti 膜。

(反應限制區域中之 H_2 氣體流量相依性)

首先，針對反應限制區域中之 H_2 氣體流量相依性的評估實驗結果加以說明。此實驗中係使 H_2 氣體流量在 $0\text{sccm}\sim 100\text{sccm}$ 之間變化，來求得在分別的 H_2 氣體流量下而與圖 6 情況同樣地於裸基板的 SiO_2 膜上進行 Ti 膜的成膜處理之成膜速度。此外，其他的處理條件係與圖 5 所示之實驗時相同。

圖 7、圖 8 係顯示其實驗結果。圖 7 係以成膜速度為縱軸，以 TiCl_4 氣體流量為橫軸，而將使 H_2 氣體的流量為 30sccm 、 40sccm 、 50sccm 、 100sccm 時的成膜速度圖形分別予以重疊顯示。圖 8 係以反應限制區域邊界處的 TiCl_4 氣體流量為縱軸，以 H_2 氣體的流量為橫軸，而將該等關係予以整合。圖 8 之反應限制區域邊界處的 TiCl_4 氣體流量係圖 7 中成膜速度達到最大時的 TiCl_4 氣體流量。

由圖 7、圖 8 之實驗結果可知，隨著 H_2 氣體流量的增加，會有反應限制區域邊界處的 TiCl_4 氣體流量亦增加為較大之傾向。據此，藉由增加 H_2 氣體流量，則可控制使反應限制區域邊界處的 TiCl_4 氣體流量增加。

(反應限制區域的處理室內壓力相依性)

接下來，針對反應限制區域的處理室內壓力相依性之評估實驗結果加以說明。此實驗中係使 RF 功率為 1000W 時的處理室 111 內壓力變化為 400Pa 、 500Pa 、 666Pa ，而在分別的壓力下使 TiCl_4 氣體的流量在 $12\text{sccm}\sim 80\text{sccm}$ 之間變化，來求得與圖 6 情況同樣地於

裸基板的 SiO_2 膜上進行 Ti 膜的成膜處理之成膜速度。又，使 RF 功率為 800W 時的處理室 111 內壓力變化為 500Pa、666Pa，並進行相同於上述之成膜處理來求得成膜速度。此外，其他的處理條件係與圖 5 所示之實驗時相同。

圖 9、圖 10 係顯示其實驗結果。圖 9 係以成膜速度為縱軸，以 TiCl_4 氣體流量為橫軸，而將各成膜處理中的成膜速度圖形予以重疊顯示。圖 10 係以反應限制區域邊界處的 TiCl_4 氣體流量為縱軸，以處理室內壓力為橫軸，而將該等關係予以整合。圖 10 之反應限制區域邊界處的 TiCl_4 氣體流量係圖 9 中成膜速度達到最大時的 TiCl_4 氣體流量。

由圖 9、圖 10 的實驗結果可知，隨著處理室內壓力增加，會有反應限制區域邊界處的 TiCl_4 氣體流量亦微量增加之傾向。據此，藉由增加處理室內壓力，則亦可控制使反應限制區域邊界處的 TiCl_4 氣體流量增加。

(反應限制區域的 RF 功率相依性)

接下來，說明反應限制區域的 RF 功率相依性之評估實驗結果。

此實驗中係將 H_2 氣體的流量固定在 100sccm，而使高頻電源 143 的 RF 功率變化為 500W、800W、1000W、1200W，來求得與圖 6 情況同樣地於裸基板的 SiO_2 膜上進行 Ti 膜的成膜處理之成膜速度。又，將 H_2 氣體固定在 30sccm，而使 RF 功率變化為 500W、800W，

來求得與上述情況同樣地於裸基板的 SiO_2 膜上進行 Ti 膜的成膜處理之成膜速度。此外，其他的處理條件係與圖 5 所示之實驗時相同。

圖 11、圖 12 係顯示其實驗結果。圖 11 係以成膜速度為縱軸，以 TiCl_4 氣體流量為橫軸，而將各成膜處理中的成膜速度圖形予以重疊顯示。圖 12 係以反應限制區域邊界處的 TiCl_4 氣體流量為縱軸，以 RF 功率為橫軸，而將該等關係予以整合。圖 12 之反應限制區域邊界處的 TiCl_4 氣體流量係圖 11 中成膜速度達到最大時的 TiCl_4 氣體流量。

由圖 11、圖 12 的實驗結果可知，不僅是 H_2 氣體流量較大之情況(100sccm)，即使是 H_2 氣體流量較小之情況(30sccm)，隨著 RF 功率的增加，會有反應限制區域邊界處的 TiCl_4 氣體流量亦增加為較大之傾向。據此，藉由增加 RF 功率，則亦可控制使反應限制區域邊界處的 TiCl_4 氣體流量增加。

如上所述地，可藉由 TiCl_4 氣體流量以外的處理條件，例如 H_2 氣體流量、處理室內壓力、RF 功率，來控制 Ti 膜成膜反應的反應限制區域。此外，藉由該等處理條件亦可控制圖 6 所示之發生蝕刻反應的區域。

於是，本實施形態之 Ti 膜的成膜處理中，係使得使用於該成膜處理之 TiCl_4 氣體的流量在反應限制區域或發生蝕刻反應之區域內，而藉由改變 TiCl_4 氣體流量以外的處理條件，來控制反應限制區域或發生蝕刻反應

的區域。藉此，由於可經常地在反應限制區域內進行成膜處理，因此即便是形成有寬深比大的接觸孔，仍可經常地形成覆蓋率良好的 Ti 膜。

另一方面，為了在反應限制區域或發生蝕刻反應的區域中進行成膜處理，亦被認為只要單純地增加 TiCl_4 氣體流量即可。但已知若 TiCl_4 氣體的流量過多，便會有所成膜之 Ti 膜的電阻率上升之問題。於是，便必須在電阻率不會上升之範圍內增加 TiCl_4 氣體流量。

此處，將 TiCl_4 氣體流量與所成膜之 Ti 膜電阻率的關係之實驗結果顯示於圖 13。該實驗中係使處理室內壓力為 500Pa，使 RF 功率為 1000W，而上述以外的處理條件則與圖 5 情況同樣地於裸基板的 Si 膜上進行 Ti 膜的成膜處理，來測量藉此所形成之 Ti 膜的電阻率。

圖 13 係以電阻率為縱軸，以 TiCl_4 氣體流量為橫軸，而將 TiCl_4 氣體流量與所成膜之 Ti 膜電阻率的關係作成為圖表。據此，當 TiCl_4 氣體的流量超過 55sccm 時，電阻率會開始上升。

依據以上的實驗結果，針對 Ti 膜成膜處理中之最適當的 TiCl_4 氣體流量實用範圍參照圖式來加以說明。圖 14 係將上述實驗中反應限制區域邊界處的 TiCl_4 氣體流量會成為最小(13sccm)之成膜速度圖形(圖 11)與電阻率圖形(圖 13)予以重疊顯示。

據此， TiCl_4 氣體的流量的實用範圍當以流量比(TiCl_4 氣體的流量/ H_2 氣體的流量)來表示時，藉由設定

在 13sccm/100sccm~55sccm/100sccm 之範圍內，便可形成覆蓋率良好的 Ti 膜。又，若欲使接觸孔 205 的底部加厚時，較佳係設定在發生蝕刻反應的區域，即為 45.6sccm/100sccm~55sccm/100sccm 之範圍內，而不希望發生蝕刻反應時，則較佳地設定在 13sccm/100sccm~45.6sccm/100sccm 之範圍內。

接下來，將實際上於接觸孔形成 Ti 膜情況下的實驗結果顯示於圖 15、圖 16。圖 15 係顯示於圖 6 所示之情況下，使 TiCl_4 氣體的流量為 12sccm 而在供應限制區域中成膜之情況，與使 TiCl_4 氣體的流量為 40sccm 而在反應限制區域且發生蝕刻之區域中所成膜情況下的接觸孔整體之圖式。圖 16 係圖 15 所示之接觸孔的上部(Top)、側部(Side)、底部(Bottom)之放大圖。下述表 1 係將圖 15、圖 16 所示之各部的膜厚與覆蓋率予以整合。

[表 1]

	膜厚(nm)		覆蓋率(%)	
	供應限制 區域	反應限制 區域	供應限制 區域	反應限制 區域
基板表面	12.4	5.1	-	-
孔洞底部	8.5	10.5	68.7	207.3
孔洞側壁上部	3.9	3.4	31.8	67.7
孔洞側壁側部	1.8	2.7	14.4	52.5
孔洞側壁下部	0.8	2.4	6.6	47.9

由表 1 可知，接觸孔底部的厚度在圖 6 所示之反應

限制區域的情況(此處亦為進而發生蝕刻之區域)中，相較於供應限制區域的情況，係從 68.7%大幅改善為 207.3%。

又，接觸孔側壁的成膜在供應限制區域的情況中，膜厚係從上部至下部逐漸減少。相對於此，在反應限制區域的情況，膜厚係從上部至下部大致為一定，而顯示了相較於供應限制區域的情況，覆蓋率係獲得改善。由此可知，可於接觸孔內從上部至下部而以大致相等的成膜速度來成膜。

此外，基板表面的膜厚在反應限制區域的情況，相較於供應限制區域的情況係從 12.4nm 變薄為 5.1nm。由此可知在基板表面係進行了蝕刻反應。藉由可使該基板表面的厚度變薄，便亦可大幅改善對接觸孔側壁的覆蓋率。

藉此，可覆蓋率佳地形成於該 Ti 膜成膜處理後所實施之阻隔膜(例如 TiN 膜)或接觸栓塞用膜(例如鎢膜)。此外，由於在接觸孔側壁亦會形成有足夠厚度的 Ti 膜，因此亦可不形成阻隔膜而是直接在 Ti 膜上形成接觸栓塞用膜，從而可提高產能，且亦可降低製造成本。

以上，雖已參照添附圖式來加以說明本發明之較佳實施形態，但無需贅言本發明當然不限於該實施形態。本發明所屬技術區域中具通常知識者應當可在申請專利範圍所記載之範疇內，思及各種變更例或修正例，且可明瞭該等當然亦屬於本發明之技術範圍。

本發明可適用於在半導體晶圓、FPD 基板、液晶基板，太陽能電池用基板等被處理基板上形成特定薄膜之成膜方法及成膜裝置。

【圖式簡單說明】

圖 1 係顯示本發明實施形態之成膜裝置結構之剖面圖。

圖 2A 係用以說明同實施形態之成膜處理之步驟圖。

圖 2B 係用以說明同實施形態之成膜處理之步驟圖。

圖 3 係用以說明在供應限制模式下，於寬深比大的接觸孔形成 Ti 膜情況下的覆蓋情況之示意圖。

圖 4 係用以說明反應限制模式下，於寬深比大的接觸孔形成 Ti 膜情況下的覆蓋情況之示意圖。

圖 5 係將於 Si 膜上形成 Ti 膜情況下之 TiCl_4 氣體流量與成膜速度的關係作為圖表之圖式。

圖 6 係將於 SiO_2 膜上形成 Ti 膜情況下之 TiCl_4 氣體流量與成膜速度的關係作為圖表之圖式。

圖 7 係顯示反應限制區域中之 H_2 氣體流量相依性的評估實驗結果之圖式。

圖 8 係顯示圖 7 所示之 H_2 氣體流量與反應限制區域邊界處的 TiCl_4 氣體流量的關係之圖式。

圖 9 係顯示反應限制區域之處理室內壓力相依性

的評估實驗結果之圖式。

圖 10 係顯示圖 9 所示之處理室內壓力與反應限制區域邊界處的 TiCl_4 氣體流量的關係之圖式。

圖 11 係顯示反應限制區域中之 RF 功率相依性的評估實驗結果之圖式。

圖 12 係顯示圖 11 所示之 RF 功率與反應限制區域邊界處的 TiCl_4 氣體流量的關係之圖式。

圖 13 係將 TiCl_4 氣體流量與所成膜之 Ti 膜電阻率的關係作為圖表之圖式。

圖 14 係將圖 6 所示之 H_2 氣體流量 30sccm、RF 功率 500W 情況下的成膜速度圖形與圖 13 所示之電阻率圖形予以重疊之圖式。

圖 15 係顯示實際上於接觸孔形成 Ti 膜情況下的實驗結果之圖式。

圖 16 為圖 15 所示之各部(上部、側部、下部)的部分放大圖。

圖 17 係顯示半導體元件的配線構造之概略圖。

【主要元件符號說明】

100	成膜裝置
111	處理室
111A	頂壁
111B	底壁
111C	側壁

112	載置台
113	支撐組件
114	導引環
115	加熱器
116	下部電極
117	圓形的孔
118	搬出入口
119	絕緣組件
120	噴淋頭
121	基底組件
122	淋氣板
123	加熱器
124	噴出孔
125	氣體擴散空間
126	氣體導入埠
130	氣體供應機構
131~133	各氣體供應源
131C~133C	流量控制器
131V~133V	閥體
131L~133L	各氣體供應管
137	氣體混合部
138	混合氣體供應管
140、141	加熱器電源
142	匹配器

143	高頻電源
150	排氣室
151	排氣管
152	排氣裝置
160	支撐銷
161	支撐板
162	驅動機構
190	控制部
192	操作部
194	記憶部
200、W	Si 基板
202	Si 基材
203	Si 表面
204	層間絕緣膜
205	接觸孔
206	Ti 膜
207	TiSi _x 膜
G	閘閥

七、申請專利範圍：

104年7月28日修正
劃線頁(本)

1. 一種成膜方法，係將包含有含鈦成膜氣體與還原氣體之處理氣體供應至處理室內而生成電漿，以使鈦膜成膜於形成有接觸孔的被處理基板上之方法，其特徵在於：

藉由改變該還原氣體流量、該處理室內壓力或對電極所施加之該電漿產生用高頻功率其中之一來控制該反應限制區域，以讓欲使用於該鈦膜的成膜處理之該成膜氣體流量在該成膜處理的反應限制區域內；

藉由增加該還原氣體流量、該處理室內壓力、該高頻功率之任一者來控制將成為該成膜處理之反應限制區域的邊界之該成膜氣體流量變大。

2. 如申請專利範圍第 1 項之成膜方法，其中該成膜氣體流量係設定在該成膜氣體相對於該還原氣體流量的流量比為 13sccm/100sccm 以上，55sccm/100sccm 以下之範圍。
3. 如申請專利範圍第 2 項之成膜方法，其中該成膜氣體流量係設定在該成膜氣體相對於該還原氣體流量的流量比為 13sccm/100sccm 以上，45.6sccm/100sccm 以下之範圍。
4. 如申請專利範圍第 2 項之成膜方法，其中該成膜氣體流量係設定在該成膜氣體相對於該還原氣體流量的流量比為 45.6sccm/100sccm 以上，

55sccm/100sccm 以下之範圍。

5. 如申請專利範圍第 1 至 4 項中任一項之成膜方法，其係藉由使得該成膜氣體與還原氣體在依該成膜處理的處理條件而決定之該成膜處理的反應限制區域內反應，而於該被處理基板上形成鈦膜，其中該成膜處理的處理條件包含了該成膜氣體流量、該還原氣體流量、該處理室內壓力、以及對電極所施加之該電漿產生用高頻功率。

6. 一種成膜裝置，係將包含有含鈦成膜氣體與還原氣體之處理氣體供應至處理室內而生成電漿，以於形成有接觸孔的被處理基板上形成鈦膜之成膜裝置，其特徵在於具備有：

載置台，係用以載置該被處理基板；

噴淋頭，係將該處理氣體供應至處理室內；

高頻電源，係在與該載置台之間而以特定功率來將電漿產生用高頻供應至該噴淋頭；

排氣裝置，係將該處理室內排氣而減壓至特定壓力；以及

控制部，係藉由改變該還原氣體流量、該處理室內壓力或該高頻功率其中之一來控制該反應限制區域，以讓欲使用於該鈦膜的成膜處理之該成膜氣體流量在該成膜處理的反應限制區域內；

該控制部係藉由增加該還原氣體流量、該處理室內壓力、該高頻功率之任一者來控制將成為該成

膜處理之反應限制區域的邊界之該成膜氣體流量
變大。

八、圖式：
圖 1

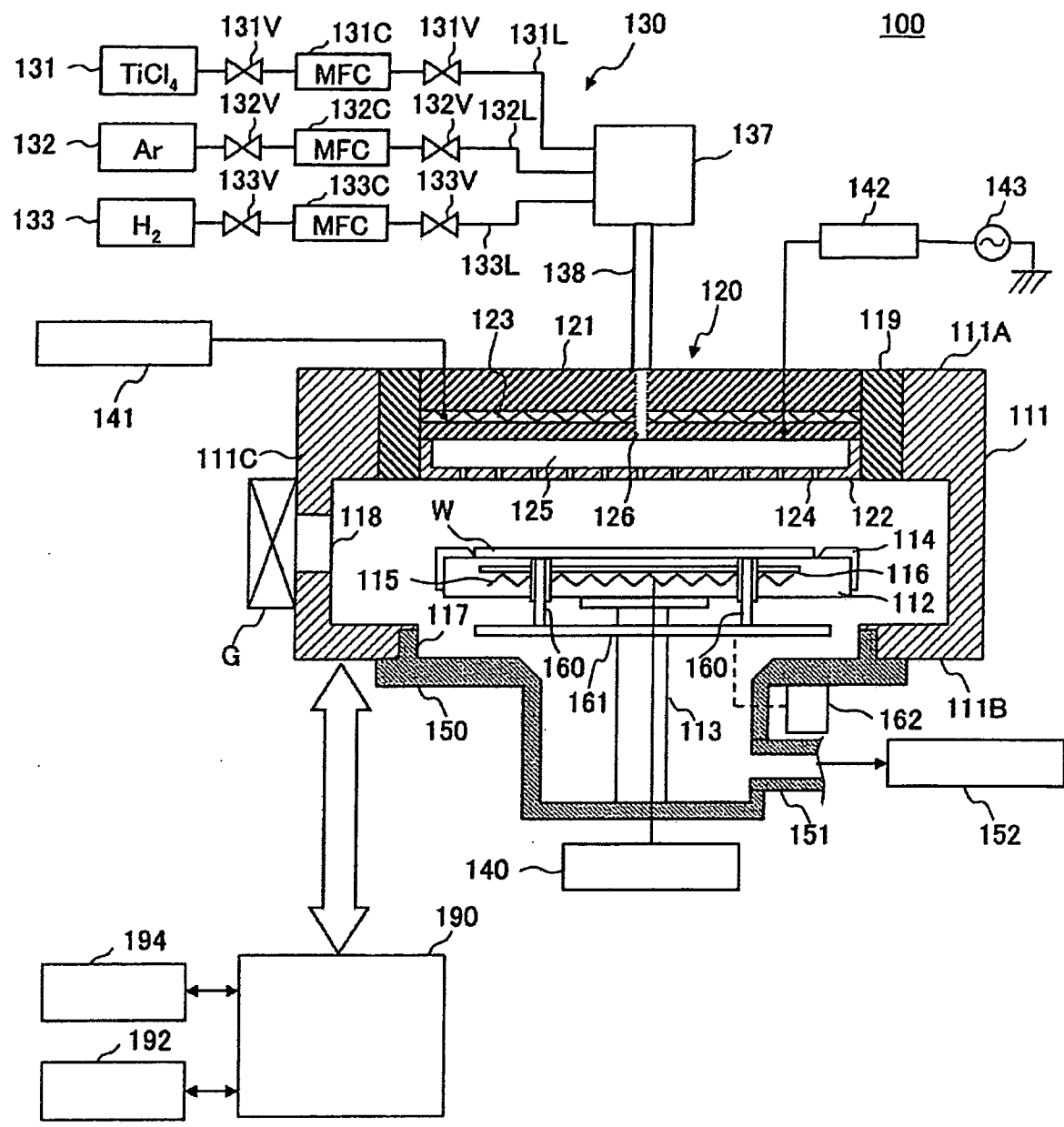


圖 2A

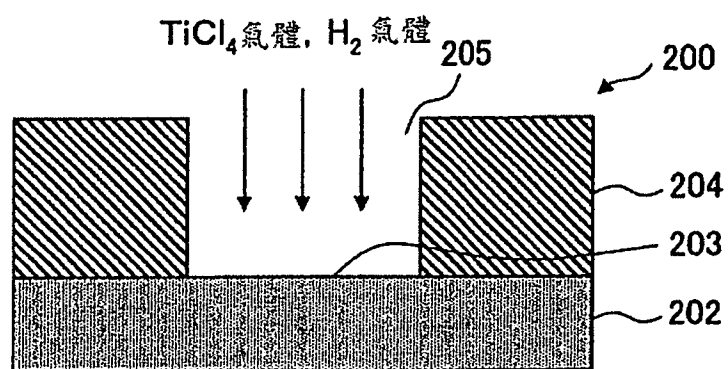


圖 2B

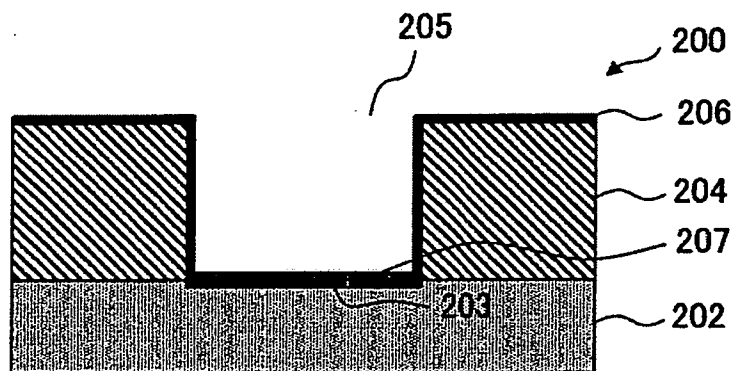


圖 3

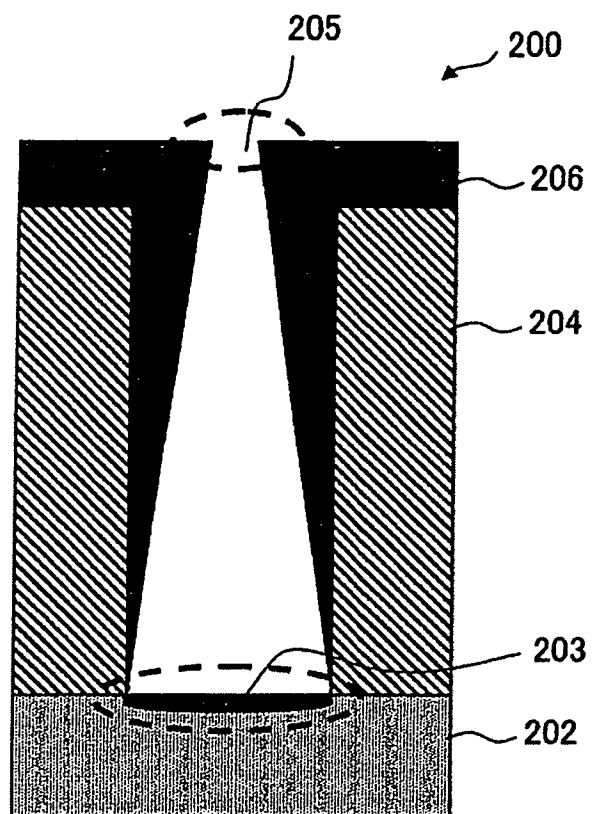


圖 4

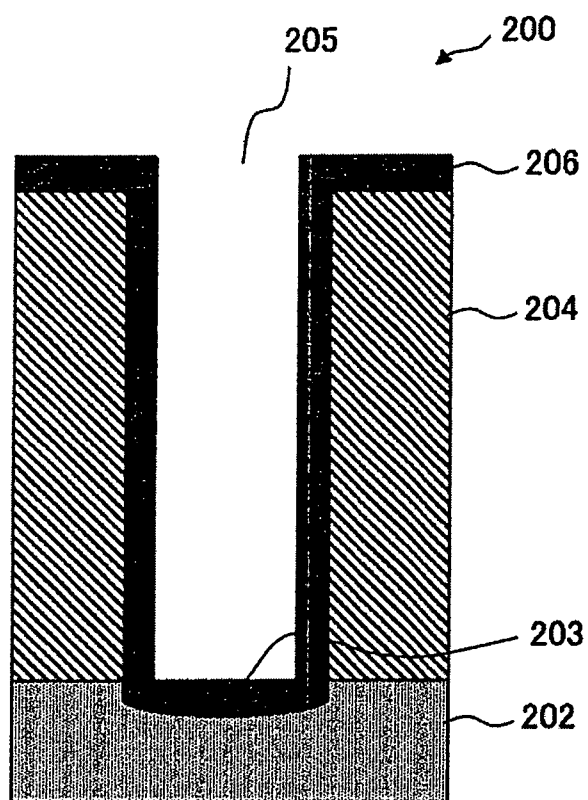


圖 5

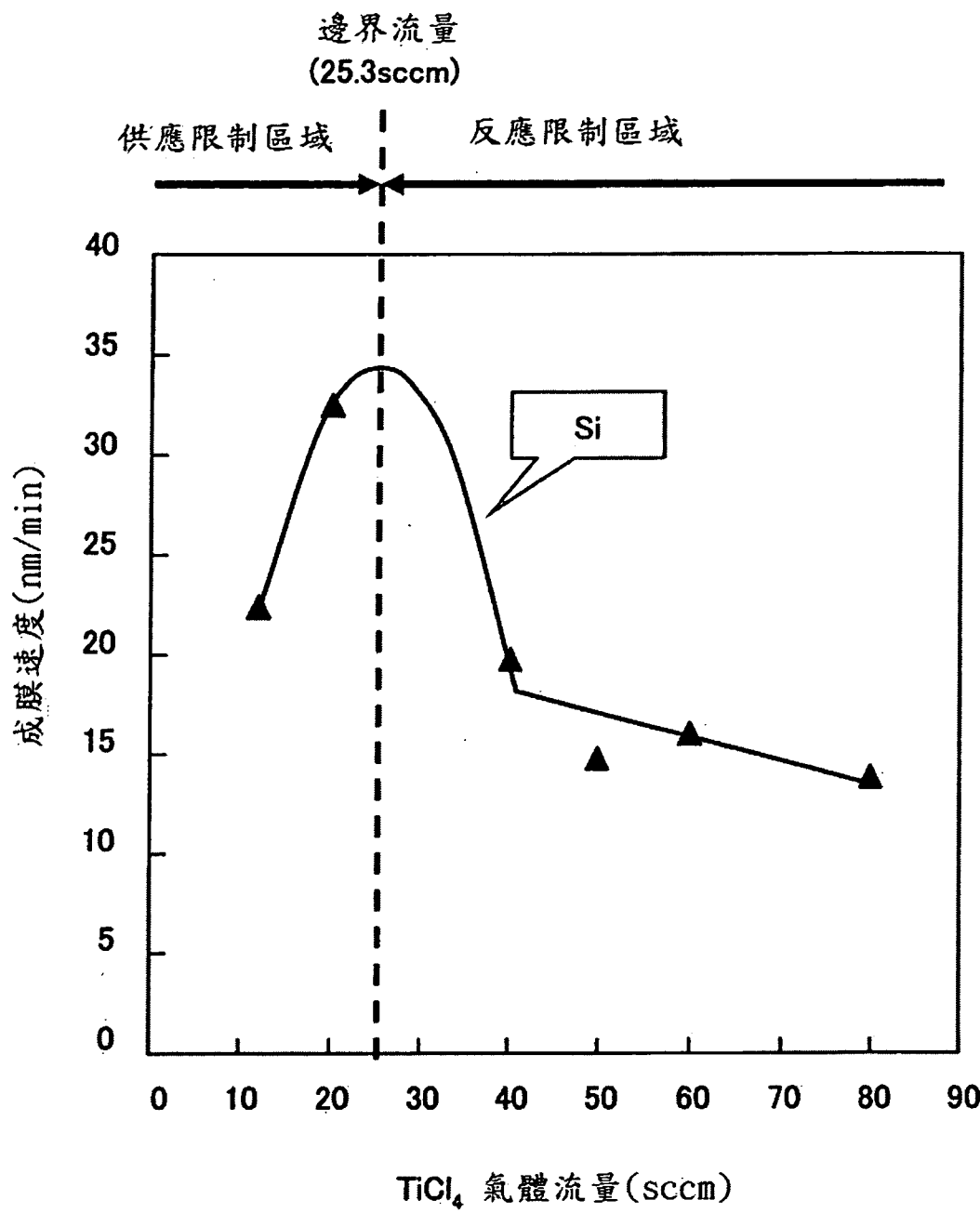


圖 6

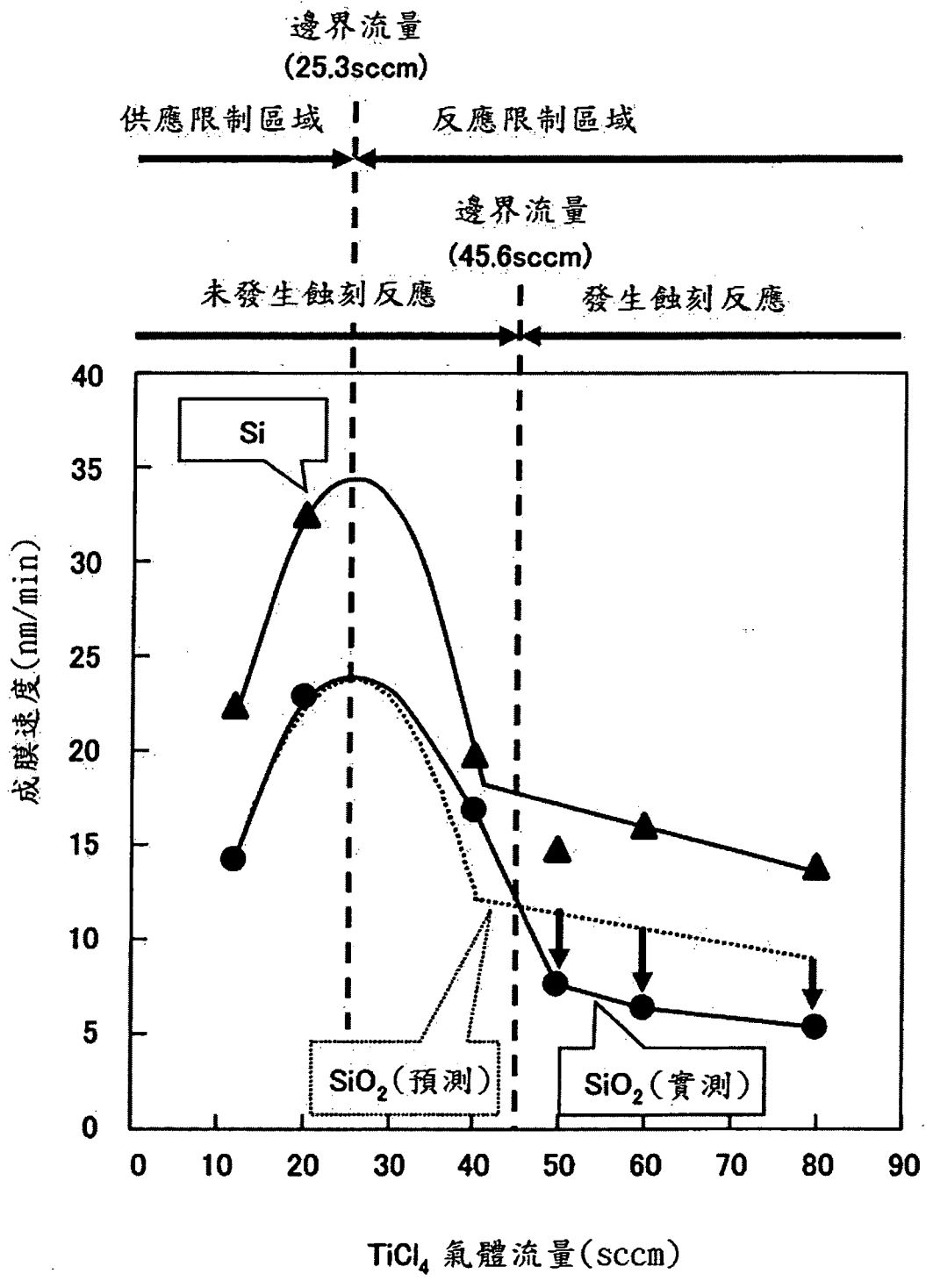


圖 7

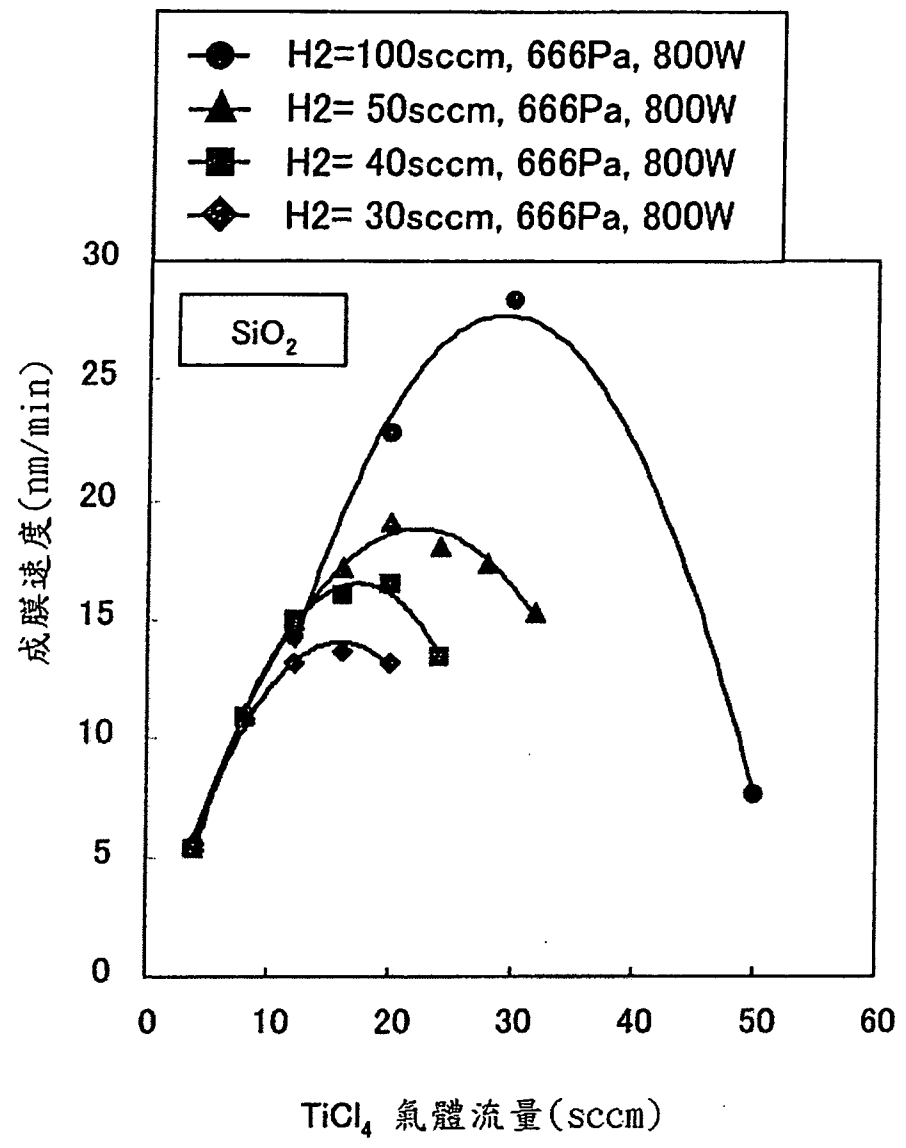


圖 8

反應限制區域邊界的 TiCl_4 氣體流量 (sccm)

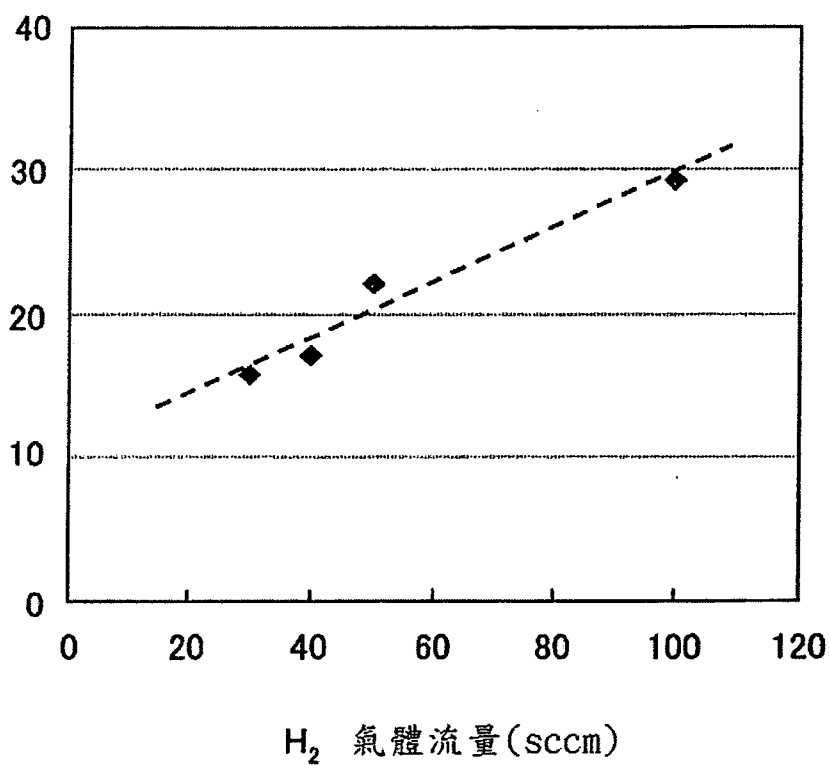


圖 9

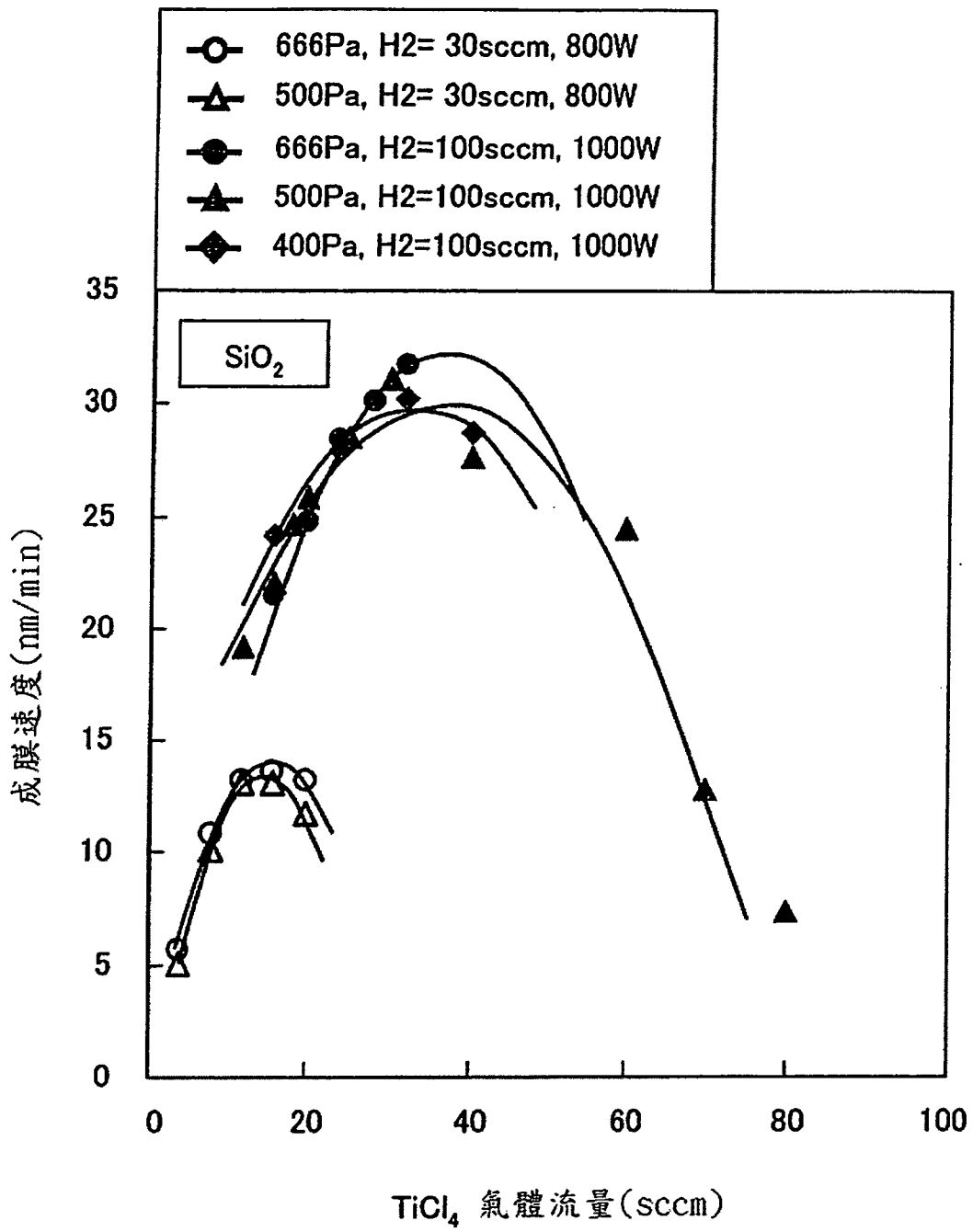


圖 10

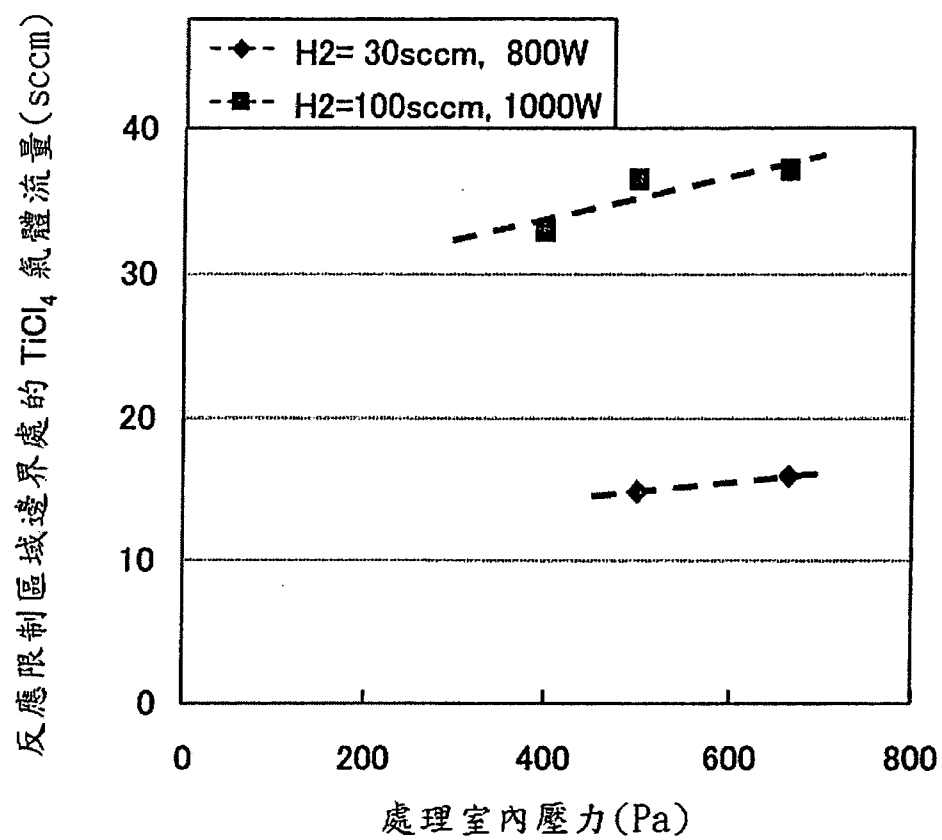


圖 11

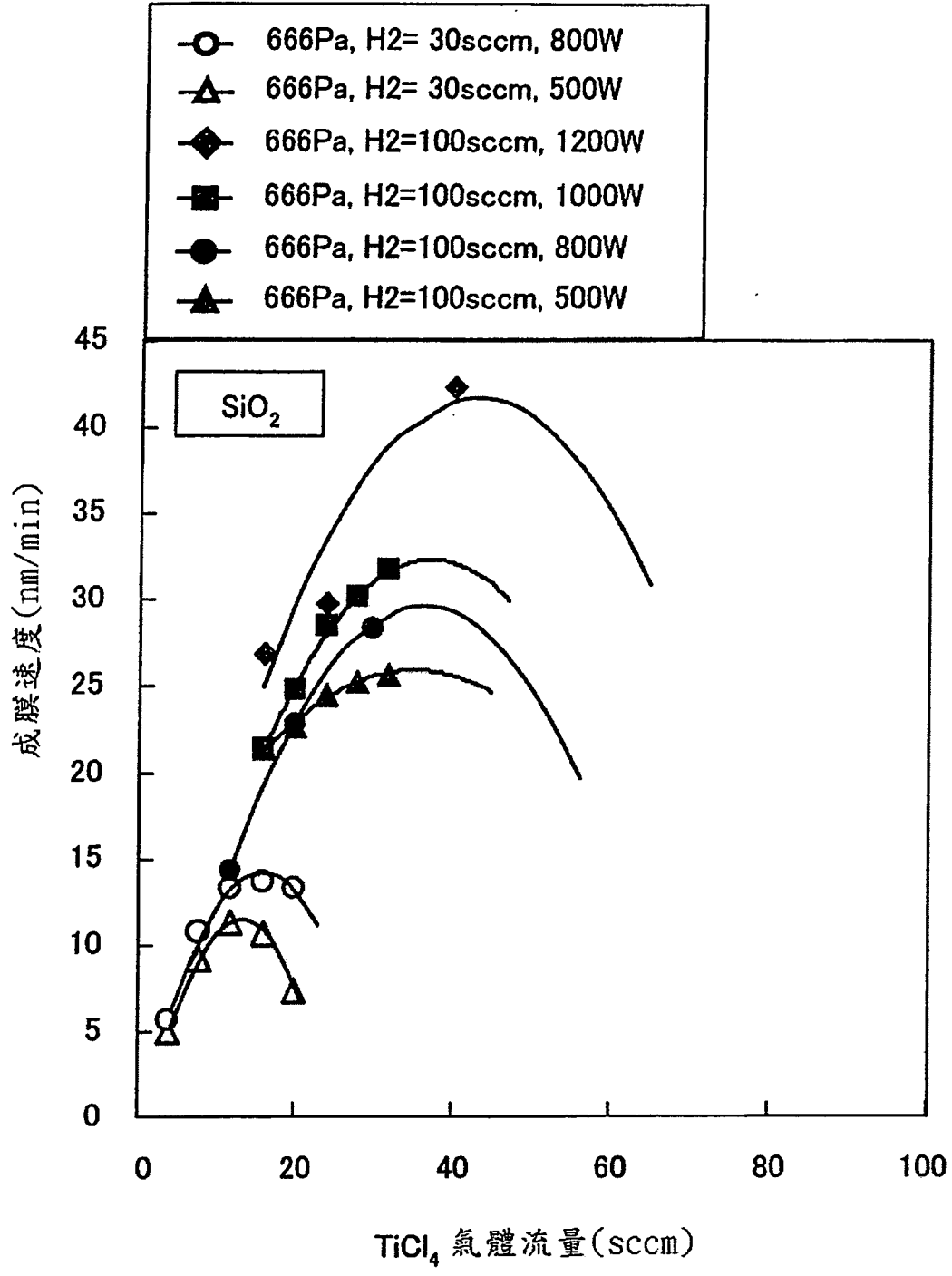


圖 12

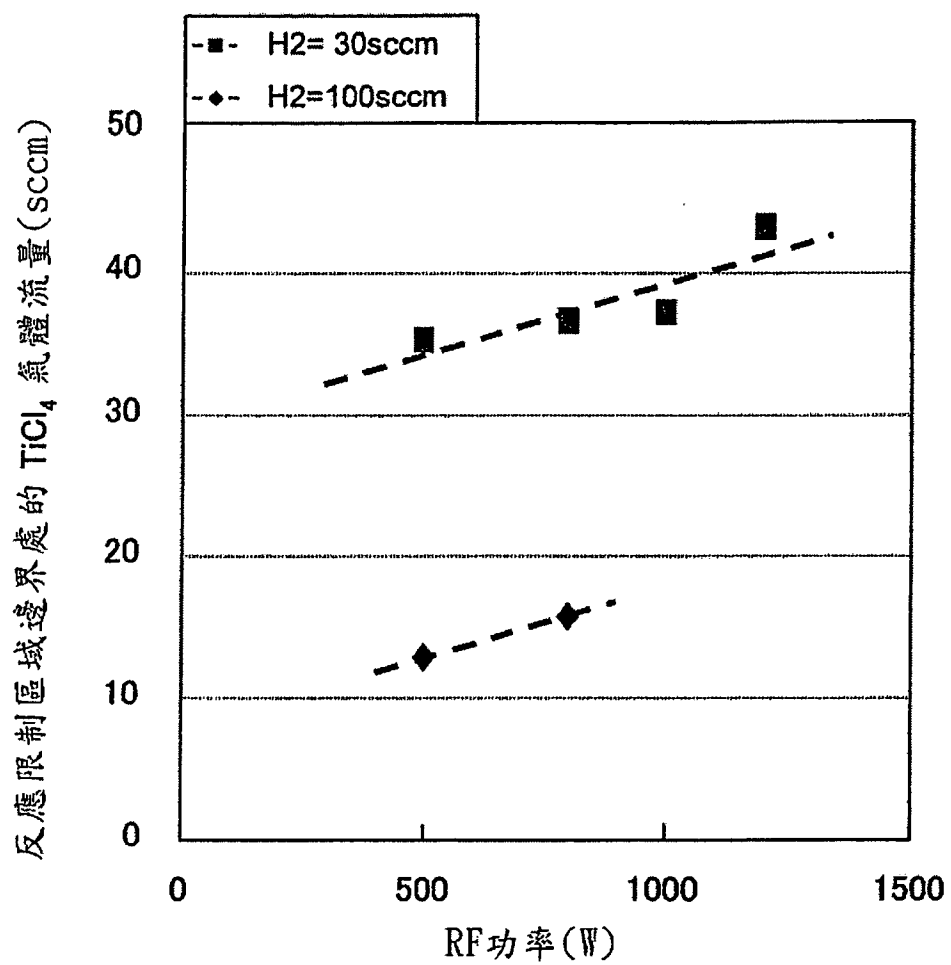


圖 13

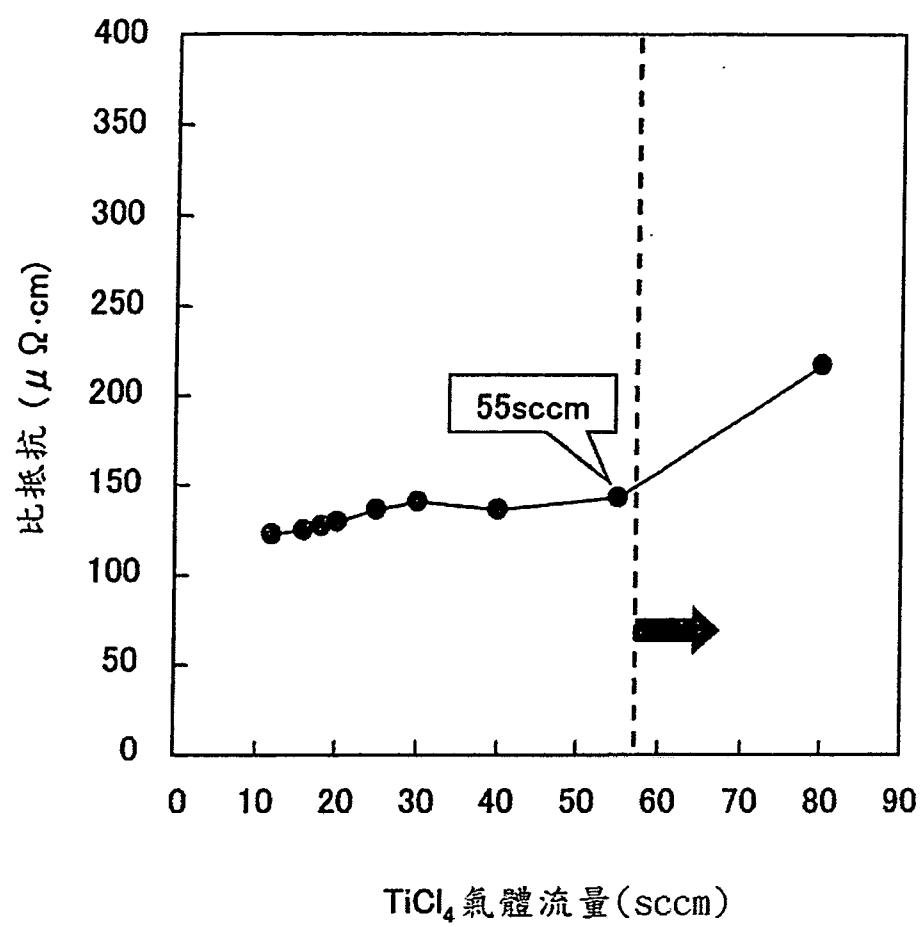


圖 14

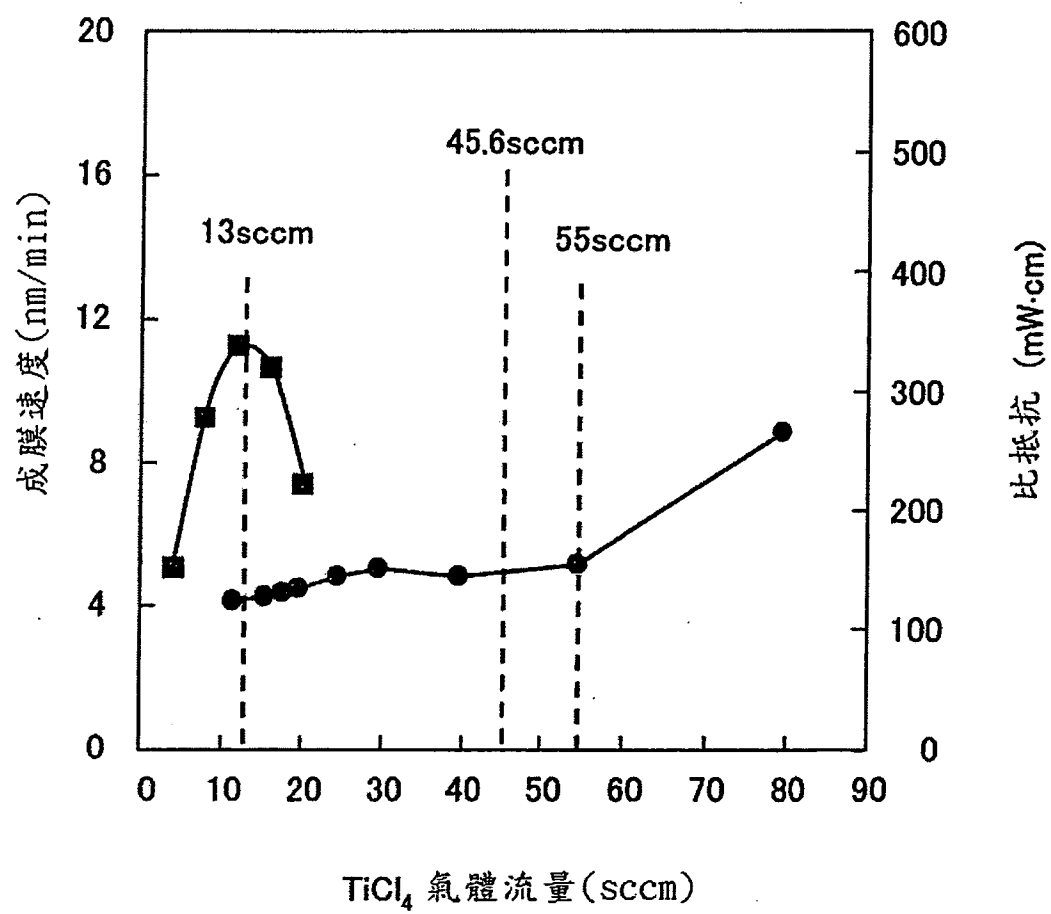


圖 15

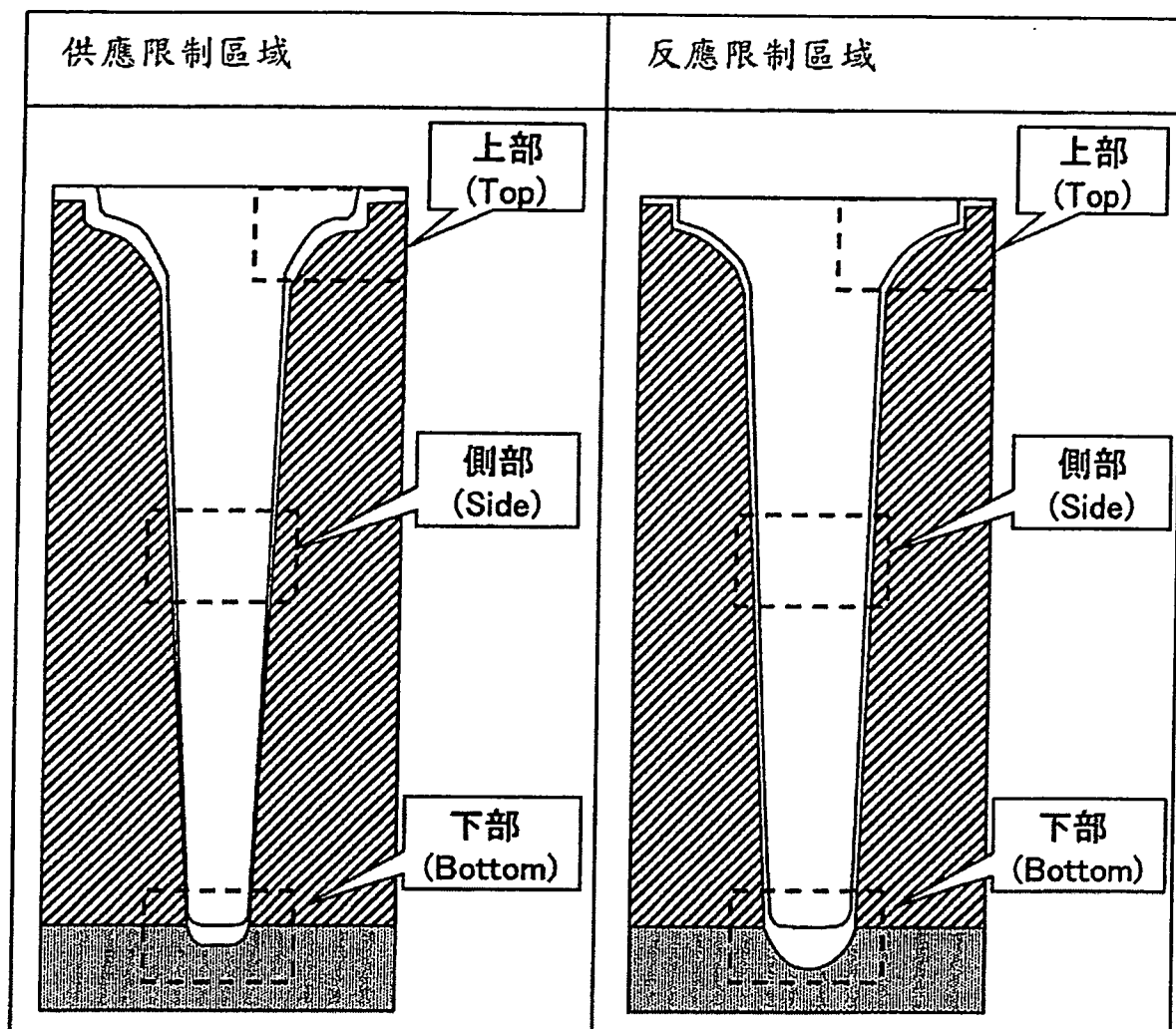


圖 16

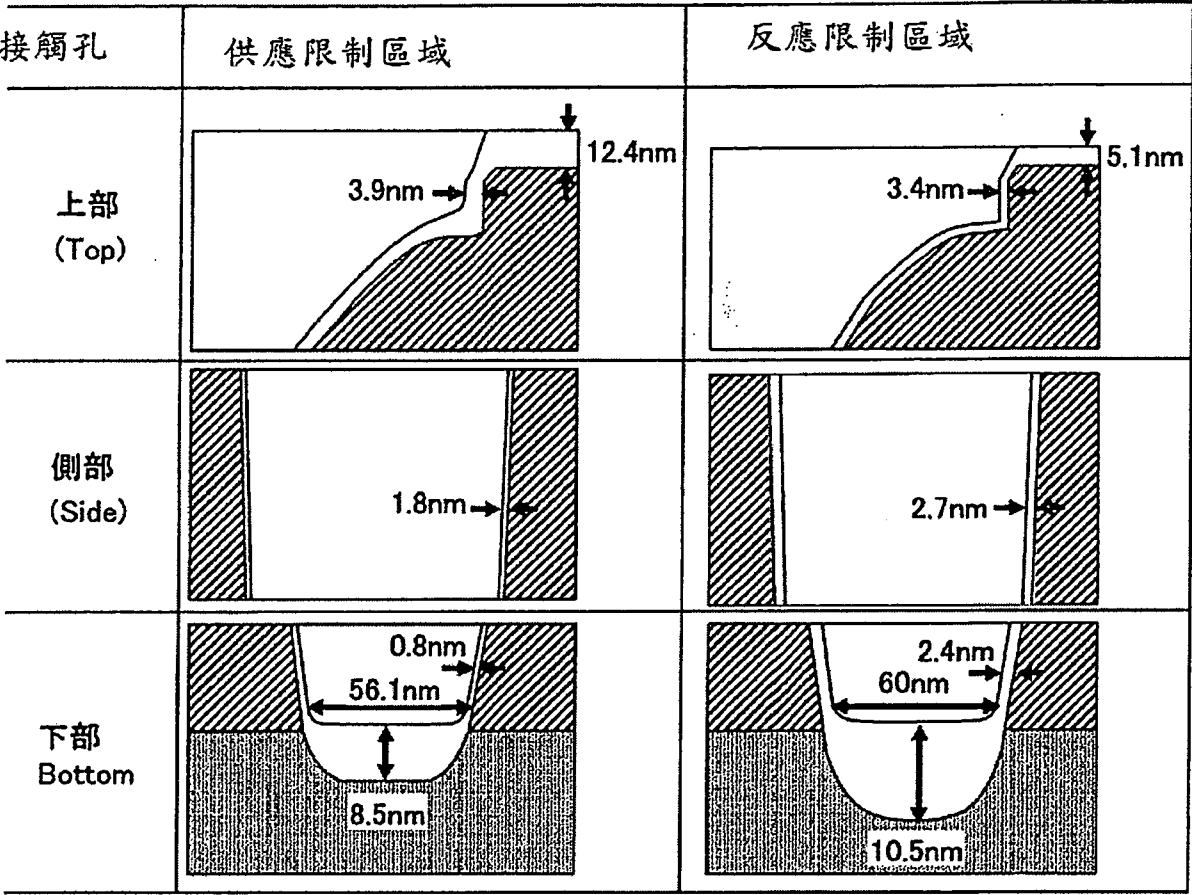


圖 17

