I493073

(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 I493073 B**

(45)公告日： 中華民國 104 (2015) 年 07 月 21 日

(21)申請案號：099145678 (22)申請日： 中華民國 99 (2010) 年 12 月 24 日

(51)Int. Cl.： *C23C16/54 (2006.01)* *C23C16/455 (2006.01)*

(30)優先權：2009/12/25 日本 2009-295351

(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：加藤壽 KATO, HITOSHI (JP) ；織戶康一 ORITO, KOHICHI (JP) ；菊地宏之 KIKUCHI, HIROYUKI (JP) ；尾谷宗之 OTANI, MUNEYUKI (JP) ；熊谷武司 KUMAGAI, TAKESHI (JP) ；成嶋健索 NARUSHIMA, KENSAKU (JP) ；西森崇 NISHIMORI, TAKASHI (JP)

(74)代理人：林秋琴；何愛文

(56)參考文獻：

US 6200893B1 US 2004/0052972A1

US 2008/0193643A1

審查人員：林倞

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：15 共 61 頁

(54)名稱

成膜裝置、成膜方法及電腦可讀取記憶媒體

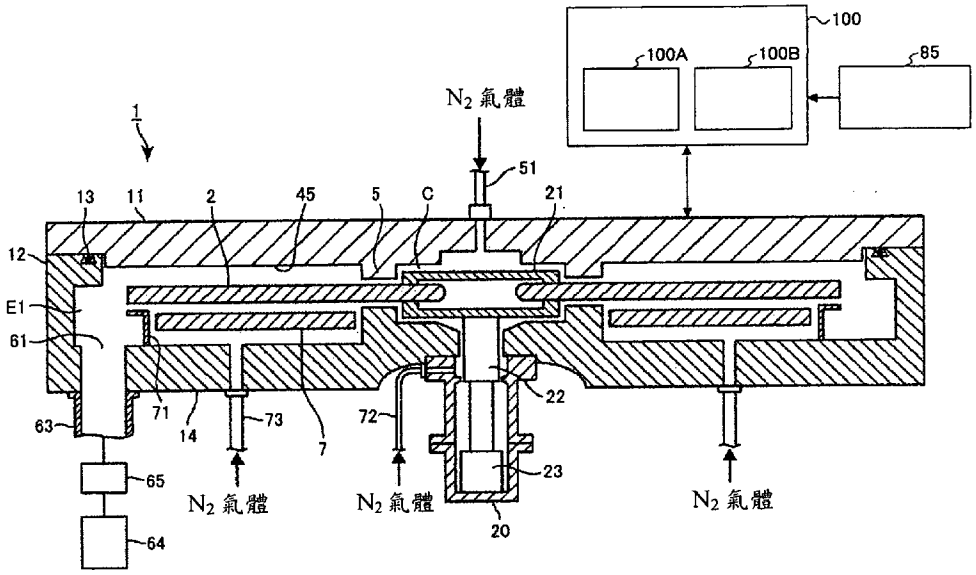
FILM DEPOSITION APPARATUS, FILM DEPOSITION METHOD, AND COMPUTER-READABLE STORAGE MEDIUM

(57)摘要

本發明係一種成膜裝置，在進行氮化鈦膜之成膜處理時，令旋轉機台與各氣體噴嘴以 100rpm 以上進行相對旋轉，而使得反應氣體之供給循環或是反應產物之成膜循環高速化來形成薄膜。在基板表面生成之反應產物的結晶化所造成之粒徑粗大化進行之前，將下一反應產物層積層於上層側來形成平滑表面。

A film deposition apparatus rotates a turntable and each gas nozzle relatively to each other at a rotational speed of 100 rpm or higher when depositing a titanium nitride film, to speed up a reaction gas supply cycle or a film deposition cycle of a reaction product. A next film of the reaction product is deposited before the grain size of the reaction product already generated on a substrate surface begins to grow due to crystallization of the already generated reaction product.

圖 1



1・・・真空容器

2・・・旋轉機台

5・・・突出部

7・・・加熱器單元

11・・・頂板

12・・・容器本體

13・・・密封構件

14・・・底面部

20・・・盒體

21・・・核心部

22・・・旋轉軸

23・・・驅動部

45・・・天花板面

51・・・分離氣體供給管

61・・・第 1 排氣口

63・・・排氣流路

64・・・真空泵

65・・・壓力調整機構(壓力調整裝置)

71・・・蓋構件

72,73・・・洗滌氣體供給管

85・・・記憶媒體

100・・・控制部

100A・・・處理器

100B・・・記憶部

C・・・中心部區域

E1・・・第 1 排氣區域

I493073

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：99145678

※申請日：99. 12 24　※IPC 分類：C23C 16/54 (2006.01)
C23C 16/455 (2006.01)

一、發明名稱：（中文/英文）

成膜裝置、成膜方法及電腦可讀取記憶媒體

FILM DEPOSITION APPARATUS, FILM DEPOSITION METHOD, AND COMPUTER-READABLE STORAGE MEDIUM

二、中文發明摘要：

本發明係一種成膜裝置，在進行氮化鈦膜之成膜處理時，令旋轉機台與各氣體噴嘴以 100rpm 以上進行相對旋轉，而使得反應氣體之供給循環或是反應產物之成膜循環高速化來形成薄膜。在基板表面生成之反應產物的結晶化所造成之粒徑粗大化進行之前，將下一反應產物層積層於上層側來形成平滑表面。

三、英文發明摘要：

A film deposition apparatus rotates a turntable and each gas nozzle relatively to each other at a rotational speed of 100 rpm or higher when depositing a titanium nitride film, to speed up a reaction gas supply cycle or a film deposition cycle of a reaction product. A next film of the reaction product is deposited before the grain size of the reaction

product already generated on a substrate surface begins to grow due to crystallization of the already generated reaction product.

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：

1	真空容器
2	旋轉機台
5	突出部
7	加熱器單元
11	頂板
12	容器本體
13	密封構件
14	底面部
20	盒體
21	核心部
22	旋轉軸
23	驅動部
45	天花板面
51	分離氣體供給管
61	第 1 排氣口
63	排氣流路
64	真空泵
65	壓力調整機構(壓力調整裝置)
71	蓋構件
72,73	洗滌氣體供給管
85	記憶媒體

100	控制部
100A	處理器
100B	記憶部
C	中心部區域
E1	第 1 排氣區域

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】

本發明係關於一種可於真空環境氣氛下對基板利用反應氣體來進行氮化鈦膜之成膜的成膜裝置、成膜方法以及記憶媒體。

【先前技術】

於半導體裝置之多層配線構造，對於在下層側配線層與上層側配線層之間的層間絕緣膜形成有接觸孔(用以連接該等配線層彼此)的接觸體構造而言，有時填埋於此接觸孔內之金屬材料方面會使用鋁。於此接觸孔之內壁面係形成例如 TiN（氮化鈦；titan nitride）膜作為用以防止鋁擴散至層間絕緣膜內之障壁膜。

於接觸孔內壁面形成此種障壁膜之際，由於習知之 CVD（Chemical Vapor Deposition）法在被覆性並非良好，所以作為替代性成膜方式係檢討例如 ALD（Atomic Layer Deposition）法、MLD（Molecular Layer Deposition）法或是 SFD（Sequential Flow Deposition）法等。

於該等成膜方式形成 TiN 膜之情況下，係例如將 $TiCl_4$（氯化鈦）氣體以及例如 NH_3（氨）氣體交互供給至半導體晶圓上，來依序積層 TiN 之分子層。此種方式之填埋特性（被覆率）高達 90%以上，可大幅改善填埋特性，但是由於成膜速度緩慢故有生產性差之課題存在。此外，若將每次之 $TiCl_4$ 氣體之環境氣氛事先維持在 $TiCl_4$ 氣體之吸附

到達飽和為止，亦即若進行飽和吸附，則無法控制膜表面之形態結構（表面狀態；morphology）。換言之，若該反應氣體之吸附時間（反應氣體之供給時間）耗費長時間以於晶圓上使得反應氣體之吸附量達到飽和為止，則於 TiN 膜之情況，例如於供給 NH_3 氣體之間，會因為於晶圓表面所生成之 TiN 粒子出現結晶化而產生原子或分子之遷移（移動），薄膜表面形態結構會惡化。此外，於 CVD 法中此種結晶化之進行無法避免。

是以，於形成適於次世代之電容電極之際，當作為例如 ZrO（氧化鋯）、TiO（氧化鈦）、TaO（氧化鉭）等之障壁膜使用 TiN 膜之情況，若該 TiN 膜表面形狀粗糙，於電容電極會有電荷部份集中之問題。

進而，為了抑制 TiN 之遷移而例如以低溫進行成膜之情況，有時反應氣體之分解變得不充分，反應氣體中之 Cl（氯）等會夾帶至薄膜中而無法得到設定預期之電氣特性。

例如，於美國專利公報 7,153,542 號、日本國專利 3144664 號公報、美國專利公報 6,869,641 號等係針對 ALD 法等作了記載，但針對前述課題並未檢討。

【發明內容】

本發明係基於前述事情而進行者，其實施形態之一目的，係提供一種當於真空容器內對於基板利用反應氣體來形成氮化鈦膜之際，可迅速形成該氮化鈦膜且可得到表面形狀平滑之氮化鈦膜的成膜裝置、成膜方法以及電腦可讀取記憶媒體(儲存有實施此方法之程式)。

依據本發明之一觀點係提供一種成膜裝置，具備有：機台，係設置於真空容器內，設有用以載置基板之基板載置區域；第1反應氣體供給裝置與第2反應氣體供給裝置，係於前述真空容器之圓周方向上相互分離設置，對前述機台上之基板分別供給含Ti之第1反應氣體以及含N之第2反應氣體；分離區域，係設置於被供給前述第1反應氣體之第1處理區域與被供給前述第2反應氣體之第2處理區域之間，將兩反應氣體加以分離；旋轉機構，係使得前述第1反應氣體供給裝置以及前述第2反應氣體供給裝置和前述機台在前述真空容器之圓周方向上進行相對旋轉，以讓前述基板依序位於前述第1處理區域與前述第2處理區域；真空排氣裝置，係將前述真空容器內加以真空排氣；以及控制部，當對於前述基板進行成膜時，使得前述第1反應氣體供給裝置與前述第2反應氣體供給裝置以及前述機台經由前述旋轉機構以100rpm以上進行旋轉；其中，在前述真空容器內，將前述第1反應氣體與前述第2反應氣體依序供給至前述基板表面來形成氮化鈦膜。

再者，亦可採用下述配置：具備活性化氣體注射器，來對前述機台上之基板供給NH_3氣體或是H_2氣體之至少一者的電漿；此活性化氣體注射器，係藉由前述旋轉機構而連同前述第1反應氣體供給裝置以及前述第2反應氣體供給裝置對前述機台進行相對旋轉，並於進行前述相對旋轉時，前述電漿於前述第2處理區域與前述第1處理區域之間被供給至前述基板。

前述分離區域亦可具備有用以供給分離氣體之分離氣體供給裝置；再者亦可具備天花板面，係位於此分離氣體供給裝置在前述圓周方向兩側，用以與前述機台之間形成讓分離氣體自該分離區域流向處理區域側之狹隘空間。

尚可具有下述構成：前述第 1 反應氣體供給裝置以及前述第 2 反應氣體供給裝置係與前述第 1 處理區域以及前述第 2 處理區域之個別的天花板面相隔離而分別設於前述基板附近，朝前述基板方向分別供給前述第 1 反應氣體以及前述第 2 反應氣體。

依據本發明之一觀點，係提供一種成膜方法，係於真空容器內將含 Ti 之第 1 反應氣體以及含 N 之第 2 反應氣體依序供給至基板表面來形成氮化鈦膜；包含下述製程：自在前述真空容器之圓周方向上相互分離設置之第 1 反應氣體供給裝置以及第 2 反應氣體供給裝置，來對設有用以載置前述基板之基板載置區域的機台表面分別供給前述第 1 反應氣體以及前述第 2 反應氣體之製程；於被供給前述第 1 反應氣體之第 1 處理區域與被供給前述第 2 反應氣體之第 2 處理區域之間所設置的分離區域，來分離兩反應氣體之製程；使得前述第 1 反應氣體供給裝置以及前述第 2 反應氣體供給裝置和前述機台相對地在前述真空容器之圓周方向上以 100rpm 以上進行旋轉，而讓前述基板依序位於前述第 1 處理區域與前述第 2 處理區域之製程；以及將前述真空容器內進行真空排氣之製程。

亦可進一步包含自活性化氣體注射器對前述機台上之

前述基板供給 NH_3 氣體或是 H_2 氣體之至少一者電漿之製程；前述旋轉製程係使得前述活性化氣體注射器連同前述第 1 反應氣體供給裝置以及前述第 2 反應氣體供給裝置對前述機台進行相對旋轉，以於前述相對旋轉時在前述第 2 處理區域與前述第 1 處理區域之間對前述基板供給前述電漿。

前述分離兩氣體之製程亦可自分離氣體供給裝置對前述分離區域供給分離氣體；再者，前述分離氣體亦可自前述分離氣體供給裝置供給至：位於前述分離氣體供給裝置在前述圓周方向兩側、用以使得分離氣體自前述分離區域流向處理區域側而設置於前述機台與前述真空容器之天花板面之間的狹隘空間。

供給前述第 1 反應氣體以及前述第 2 反應氣體之製程亦可自與前述第 1 處理區域以及前述第 2 處理區域之個別的天花板面相隔離而分別設置於前述基板附近之前述第 1 反應氣體供給裝置以及前述第 2 反應氣體供給裝置，來朝向前述基板方向分別供給前述第 1 反應氣體以及前述第 2 反應氣體。

依據本發明之一觀點，係提供一種實體之電腦可讀取記憶媒體，係儲存有程式，一旦由電腦實行前述程式，前述電腦會實行成膜裝置之處理，前述成膜裝置係於真空容器內將含 Ti 之第 1 反應氣體以及含 N 之第 2 反應氣體依序供給至基板表面而形成氮化鈦膜；前述處理包含：

使得前述電腦實行下述工作：自於前述真空容器之圓

周方向上相互分離設置之第 1 反應氣體供給裝置以及第 2 反應氣體供給裝置，對設有用以載置前述基板之基板載置區域的機台表面分別供給前述第 1 反應氣體以及前述第 2 反應氣體；

使得前述電腦實行下述工作：在被供給前述第 1 反應氣體之第 1 處理區域與被供給前述第 2 反應氣體之第 2 處理區域之間所設之分離區域，使得兩反應氣體分離；

使得前述電腦實行下述工作：使得前述第 1 反應氣體供給裝置以及前述第 2 反應氣體供給裝置和前述機台相對地在前述真空容器之圓周方向上以 100rpm 以上進行旋轉，而讓前述基板依序位於前述第 1 處理區域與前述第 2 處理區域；以及

使得前述電腦實行下述工作：將前述真空容器內加以真空排氣。

【實施方式】

〔第 1 實施形態〕

本發明之第 1 實施形態之成膜裝置之一例係如圖 1(沿著圖 3 之 I－I'線之截面圖）～圖 3 所示般，具備有：扁平之真空容器（或是腔室）1，其平面形狀呈大致圓形；以及，旋轉機台 2，係設置於此真空容器 1 內，於該真空容器 1 之中心具有旋轉中心。真空容器 1 係以頂板 11 可自容器本體 12 裝卸自如的方式所構成者。此頂板 11 係藉由真空容器 1 內受到減壓而經由在容器本體 12 上面之周緣部以環狀設置之密封構件(例如 O 型環 13)而被拉向容器本體 12 側以

維持氣密狀態，當自容器本體 12 分離時係藉由未圖示之驅動機構朝上方被上提。

旋轉機台 2 在中心部係被固定於圓筒形狀之核心部 21，此核心部 21 係被固定於朝鉛直方向延伸之旋轉軸 22 的上端。旋轉軸 22 係貫通真空容器 1 之底面部 14，旋轉軸之下端則是裝設於驅動部 23(形成使得該旋轉軸 22 繞鉛直軸(於此例中係繞順時鐘方向進行旋轉之旋轉機構)。此外，如後述般，旋轉機台 2 藉由此驅動部 23 而於薄膜之成膜中以例如 100rpm～240rpm 繞鉛直方向軸進行旋轉。旋轉軸 22 以及驅動部 23 係被收納於上面呈現開口之筒狀盒體 20 內。此盒體 20，於其上面所設置之凸緣部分被氣密地裝設於真空容器 1 之底面部 14 的下面，維持盒體 20 之內部環境氣氛與外部環境氣氛之氣密狀態。

於旋轉機台 2 表面部，如圖 2 以及圖 3 所示般，沿著旋轉方向（圓周方向）R 設有用以載置複數片(例如 5 片)之形成基板之半導體晶圓（以下稱為「晶圓」）W 之圓形狀凹部 24。又於圖 3 中為方便起見僅於 1 個凹部 24 描繪了晶圓 W。此處圖 4A 以及圖 4B 係將旋轉機台 2 沿同心圓切斷且橫向展開顯示之展開圖，凹部 24 係如圖 4A 所示般其直徑設定為較晶圓 W 直徑略大例如 4mm，而其深度設定為與晶圓 W 之厚度為同等大小。圖 4B 係以箭頭表示圖 4A 之氣流。從而，若晶圓 W 落入凹部 24，則晶圓 W 表面與旋轉機台 2 表面（亦即未載置晶圓 W 之區域）將會對齊。於凹部 24 之底面形成有貫通孔，而可讓用以支撐晶圓 W 內面

使得該晶圓 W 昇降之例如後述 3 支昇降銷（皆未圖示）貫通該貫通孔。

此凹部 24 係用以將晶圓 W 定位、避免因旋轉機台 2 之旋轉所伴隨而生之離心力而飛出，係相當於本實施形態之基板載置區域之部位。

如圖 2 以及圖 3 所示般，於真空容器 1，在與旋轉機台 2 之凹部 24 的通過區域分別對向之上位置處，第 1 反應氣體噴嘴 31 以及第 2 反應氣體噴嘴 32 與 2 支分離氣體噴嘴 41、42 係於真空容器 1 之圓周方向（亦即，旋轉機台 2 之旋轉方向 R）相互保有間隔而從中心部以放射狀延伸著。於此例中，自後述之搬運口 15 觀看繞順時鐘方向係依序配置排列有第 2 反應氣體噴嘴 32、分離氣體噴嘴 41、第 1 反應氣體噴嘴 31 以及分離氣體噴嘴 42。此等反應氣體噴嘴 31、32 以及分離氣體噴嘴 41、42 係裝設於例如真空容器 1 之側周壁，其基端部之氣體導入埠 31a、32a、41a、42a 係貫通於該側壁。

該等氣體噴嘴 31、32、41、42 係從真空容器 1 之周壁部導入於真空容器 1 內。

第 1 反應氣體噴嘴 31 以及第 2 反應氣體噴嘴 32 係分別經由未圖示之流量調整閥等而分別連接於第 1 反應氣體（處理氣體）之含 Ti（鈦）反應氣體例如 $TiCl_4$（氯化鈦）氣體之供給源、以及第 2 反應氣體之含 N（氮）反應氣體例如 NH_3（氨）氣體之供給源（皆未圖示）。此外，分離氣體噴嘴 41、42 皆經由流量調整閥等而與儲留著分離氣體（惰

性氣體）之 N_2（氮）氣體的氣體供給源（未圖示）連接著。

於反應氣體噴嘴 31、32，例如圖 4A 中形成用以朝下方側噴出反應氣體之處理氣體供給口的例如口徑 0.3mm 之噴出孔 33 係面向正下方沿噴嘴之長度方向保持例如 2.5mm 之間隔來配置排列著。此外，於分離氣體噴嘴 41、42，用以朝下方側噴出分離氣體之例如口徑 0.5mm 之噴出孔 40 係面向正下方沿長度方向保持例如 10mm 程度之間隔來穿設著。反應氣體噴嘴 31、32 分別形成第 1 反應氣體供給機構（或是第 1 反應氣體供給裝置）以及第 2 反應氣體供給機構（或是第 2 反應氣體供給裝置），分離氣體噴嘴 41、42 係形成分離氣體供給機構（或是分離氣體供給裝置）。此外，反應氣體噴嘴 31、32 之下方區域分別形成用以將 $TiCl_4$ 氣體吸附於晶圓 W 之第 1 處理區域 91 以及用以將 NH_3 氣體吸附於晶圓 W 之第 2 處理區域 92。

於前述圖 1～圖 3、圖 4A 以及圖 4B 雖省略圖示，惟反應氣體噴嘴 31、32 係如圖 5A 所示般，具備有噴嘴蓋 120，其自處理區域 91、92 之天花板面 45 分離而分別設於晶圓 W 附近，沿著噴嘴 31、32 之長度方向將該等噴嘴 31、32 從上方側加以覆蓋，且下方側呈開口狀。噴嘴蓋 120 於旋轉機台 2 之旋轉方向 R 上之兩側面部，下端部係朝水平方向外延形成有凸緣狀整流構件 121。此整流構件 121 係為了抑制分離氣體回繞至處理區域 91、92 內以及反應氣體上揚至噴嘴 31、32 之上方側而設置者，具有隨著從旋轉機台 2 之中心側朝外周側沿旋轉方向 R 之寬度尺寸逐漸變大之形

狀。是以，圖 5B 中氣體之流動如箭頭所示般，自該等噴嘴 31、32 之上游側朝各處理區域 91、92 流動接近之分離氣體係通過噴嘴蓋 120 之上方區域而分別往排氣口 61、62 被排氣，可將各處理區域 91、92 之反應氣體濃度保持在高濃度。此外，圖 5A 以及圖 5B 皆為沿著旋轉機台 2 之圓周方向將裝置加以縱斷展開之圖，於成膜裝置，在相對於處理區域 91、92 以及分離區域 D 之外側區域設有排氣口 61、62，為便於顯示各氣體之流動係以同一平面顯示著處理區域 91、92 以及分離區域 D 與排氣口 61、62。此外，此整流構件 121 如圖 5A 以及圖 5B 所示般可於旋轉機台 2 之旋轉方向 R 上形成於兩側面，亦可僅於上游側以及下游側之一側設置。

分離氣體噴嘴 41、42 係用以形成將第 1 處理區域 91 與第 2 處理區域 92 加以分離之分離區域 D，於此分離區域 D 之真空容器 1 之頂板 11 係如圖 2、圖 3、圖 4A 以及圖 4B 所示般，設有平面形狀為扇型且朝下方突出之凸狀部 4，其係將以旋轉機台 2 之旋轉中心為中心且沿著真空容器 1 之內周壁附近所描繪之圓在圓周方向作分割而成者。分離氣體噴嘴 41、42 係被收容於此凸狀部 4 之以前述圓之圓周方向中央朝該圓之半徑方向延伸形成之溝槽部 43 內。亦即，從分離氣體噴嘴 41（42）之中心軸到作為凸狀部 4 之扇型的兩端（亦即在旋轉機台 2 之旋轉方向 R 上之上游側端以及下游側端）的距離係設定為相同長度。

此外，溝槽部 43 於本實施形態係將凸狀部 4 加以二等

均分形成，惟亦可例如以自溝槽部 43 看時凸狀部 4 在旋轉機台 2 之旋轉方向 R 上游側較前述旋轉方向 R 下游側來得寬的方式形成溝槽部 43。

從而，於分離氣體噴嘴 41、42 在前述旋轉方向 R 之兩側係存在著前述凸狀部 4 下面之例如平坦的低天花板面 44（第 1 天花板面），此天花板面 44 在前述旋轉方向 R 之兩側係存在有較該天花板面 44 來得高之天花板面 45（第 2 天花板面）。此凸狀部 4 之功用在於形成為狹隘空間之分離空間來阻止第 1 反應氣體以及第 2 反應氣體侵入旋轉機台 2 之間而阻止此等反應氣體混合。

亦即，以分離氣體噴嘴 41 為例，則分離空間係阻止來自旋轉機台 2 之旋轉方向 R 上游側之 NH_3 氣體的侵入，此外，阻止來自旋轉方向 R 下游側之 $TiCl_4$ 氣體之侵入。

於此例中，係以直徑 300mm 之晶圓 W 為被處理基板，此時凸狀部 4，自旋轉機台 2 之旋轉中心離開 140mm 之外周側之部位（亦即後述之與突出部 5 之交界部位），圓周方向之長度（亦即與旋轉機台 2 呈同心圓之圓弧長）為例如 146mm，於載置晶圓 W 之基板載置區域（凹部 24）之最外側部位，圓周方向之長度為例如 502mm。此外，如圖 4A 所示般，於該外側部位自分離氣體噴嘴 41（42）之兩側分別位於左右之凸狀部 4 在圓周方向之長度 L 為例如 246mm。

此外，如圖 4A 所示般，凸狀部 4 之下面亦即天花板面 44 距離旋轉機台 2 表面之高度 h 係設定為例如

0.5mm~4mm。因此，為了確保分離區域D之分離機能，對應於旋轉機台2之旋轉數之使用範圍等，將凸狀部4之大小、凸狀部4下面（第1天花板面44）與旋轉機台2表面之間的高度h例如依據實驗等進行設定。又在分離氣體方面，不限於氮（N_2）氣體亦可使用氬（Ar）氣體等惰性氣體等。

於頂板11下面，係與相對於旋轉機台2之核心部21為外周側之部位成為對向且沿著該核心部21之外周設有突出部5。此突出部5係和凸狀部4在旋轉機台2之旋轉中心側的部位連續形成，其下面係和凸狀部4之下面（天花板面44）形成為相同高度。圖2以及圖3係於較前述天花板面45為低且較分離氣體噴嘴41、42為高之位置將頂板11朝水平切斷來表示。此外，突出部5與凸狀部4未必要形成一體，亦可為獨立個體。

真空容器1之頂板11下面、亦即自旋轉機台2之基板載置區域（凹部24）所觀看之天花板面，如前述般第1天花板面44與較此天花板面44來得高之第2天花板面45係存在於圓周方向上，在圖1中，係針對設有高天花板面45之區域顯示其縱截面，於圖6中係針對設有低天花板面44之區域顯示縱截面。扇型凸狀部4之周緣部（亦即真空容器1之外緣側部位）如圖2以及圖6所示般，以對向於旋轉機台2外端面的方式形成有彎曲成L字型的彎曲部46。扇型凸狀部4係設置於頂板11側，可從容器本體12卸除，故於前述彎曲部46之外周面與容器本體12之間存在有些

許間隙。此彎曲部46係與凸狀部4同樣地基於防止反應氣體自兩側侵入，而防止兩反應氣體之混合的目的所設置者，彎曲部46內周面與旋轉機台2外端面之間隙、以及彎曲部46外周面與容器本體12之間隙係設定為與天花板面44相對於旋轉機台2表面之高度h為同樣的尺寸。於此例中，從旋轉機台2表面側區域可看出彎曲部46內周面構成了真空容器1內周壁。

容器本體12內周壁，於分離區域D如圖6所示般係接近於前述彎曲部46外周面而形成為垂直面，但於分離區域D以外之部位，如圖1所示般係例如自與旋轉機台2外端面呈對向之部位跨過底面部14而成為縱截面形狀切除為矩形而於外方側凹陷之構造。將此凹陷部位之連通於前述第1處理區域91以及第2處理區域92的區域分別稱為第1排氣區域E1以及第2排氣區域E2。於該等第1排氣區域E1以及第2排氣區域E2之底部，如圖3所示般係分別形成有第1排氣口61以及第2排氣口62。如圖1所示般，此等排氣口61、62個別經由排氣流路63而與形成真空排氣機構（或是真空排氣裝置）之例如真空泵64連接著。此外，圖1中，65為壓力調整機構（或是壓力調整裝置），設置於每個排氣流路63。

如前述般，排氣口61、62係以發揮分離區域D之分離作用的方式以俯視觀看時設置於前述分離區域D在前述旋轉方向R之兩側。詳而言之，自旋轉機台2之旋轉中心觀看於第1處理區域91與相對於此第1處理區域91例如鄰

接於旋轉方向R下游側之分離區域D之間形成有第1排氣口61，自旋轉機台2之旋轉中心觀看於第2處理區域92與相對於此第2處理區域92例如鄰接於旋轉方向R下游側之分離區域D之間形成有第2排氣口62。該等排氣口61、62係以專門(個別)進行各反應氣體（$TiCl_4$氣體以及NH_3氣體）之排氣的方式配置著。於此例中，其中一排氣口61係設置於第1反應氣體噴嘴31與相對於此反應氣體噴嘴31鄰接於前述旋轉方向R下游側之分離區域D在第1反應氣體噴嘴31側端之延長線之間，又另一排氣口61係設置於第2反應氣體噴嘴32與相對於此反應氣體噴嘴32鄰接於前述旋轉方向R下游側之分離區域D在第2反應氣體噴嘴32側端之延長線之間。亦即，第1排氣口61係設置於圖3中以一點鏈線表示之通過旋轉機台2中心與第1處理區域91之直線L1和通過旋轉機台2中心與鄰接於前述第1處理區域91下游側之分離區域D上游側端之直線L2之間，第2排氣口62係位於此圖3中以二點鏈線表示之通過旋轉機台2中心與第2處理區域92之直線L3和通過旋轉機台2中心與鄰接於前述第2處理區域92下游側之分離區域D之上游側端之直線L4之間。

於此例中，藉由將排氣口61、62設置於較旋轉機台2為低之位置而從真空容器1之內周壁與旋轉機台2之周緣之間的間隙進行排氣，惟不限定設置於真空容器1之底面部14，亦可於真空容器1之側壁設置排氣口61、62。

於前述旋轉機台2與真空容器1之底面部14之間的空

間，如圖 1 所示般設有形成加熱機構（或是加熱裝置）之加熱器單元 7，經由旋轉機台 2 對旋轉機台 2 上之晶圓 W 加熱至由程序配方所決定之溫度。於前述旋轉機台 2 之周緣附近下方側，為了將從旋轉機台 2 之上方空間到排氣區域 E 之環境氣氛與加熱器單元 7 所處環境氣氛加以區隔，以圍繞加熱器單元 7 整周的方式設有蓋構件 71。此蓋構件 71 之上緣朝外側彎曲形成凸緣形狀，減少該彎曲面與旋轉機台 2 下面之間的間隙，以抑制來自外界之氣體侵入蓋構件 71 內。

較配置著加熱器單元 7 之空間更為接近旋轉中心之部位之底面部 14，係於旋轉機台 2 之下面中心部附近接近於核心部 21，其間係成為狹窄空間。此外，即使是貫通該底面部 14 之旋轉軸 22 的貫通孔也同樣地，其內周面與旋轉軸 22 之間隙在旋轉機台 2 下面中心部附近變為狹窄。此等狹窄空間係連通於前述盒體 20 內。此外於前述盒體 20 係設置有洗滌氣體供給管 72，用以將作為洗滌氣體使用之 N_2 氣體供給於前述狹窄空間內進行洗滌。此外，於真空容器 1 之底面部 14，於加熱器單元 7 之下方側位置沿圓周方向之複數部位設置有洗滌氣體供給管 73 以洗滌加熱器單元 7 之配置空間。

如上述般，藉由設置洗滌氣體供給管 72、73，則從盒體 20 內到加熱器單元 7 之配置空間的空間受 N_2 氣體所洗滌，此洗滌氣體會從旋轉機台 2 與蓋構件 71 之間的間隙經由排氣區域 E 而朝排氣口 61、62 進行排氣。藉此，由於可

防止前述 $TiCl_4$ 氣體或是 NH_3 氣體從第 1 處理區域 91 與第 2 處理區域 92 之一者經由旋轉機台 2 下方而回繞至另一者，是以此洗滌氣體也可扮演分離氣體之角色。

此外，於真空容器 1 之頂板 11 中心部係連接著分離氣體供給管 51，而對頂板 11 與核心部 21 之間的空間 52 供給作為分離氣體使用之 N_2 氣體。供給於此空間 52 之分離氣體係經由前述突出部 5 與旋轉機台 2 之間的狹窄間隙 50 而沿著旋轉機台 2 之基板載置區域側表面朝向周緣噴出。由於此突出部 5 所圍繞之空間係充滿著分離氣體，是以可防止反應氣體（$TiCl_4$ 氣體以及 NH_3 氣體）經由旋轉機台 2 中心部而在第 1 處理區域 91 與第 2 處理區域 92 之間發生混合。

再者，於真空容器 1 之側壁，如圖 2 以及圖 3 所示般，形成有用以在外部搬運臂 10 與旋轉機台 2 之間進行晶圓 W 之收授之搬運口 15。此搬運口 15 可藉由未圖示之閘閥而開閉自如。此外，由於形成旋轉機台 2 之基板載置區域的凹部 24 係在面臨此搬運口 15 之位置而於搬運臂 10 之間進行晶圓 W 之收授，是以在旋轉機台 2 下方側之對應於該收授位置的部位，設有貫通凹部 24 而將晶圓 W 從內面上提之收授用昇降銷 16 的昇降機構（未圖示）。

此外，此成膜裝置係如前述圖 1 所示般，具備有能以控制裝置全體動作之電腦所形成之控制部 100。控制部 100 具有：CPU 等處理器 100A、以及記憶體等記憶部 100B。記憶部 100B 亦可形成 CPU 實行處理程式運算之際所使用

之工作記憶體，而儲存著 CPU 所實行之處理程式以及配方等各種資料。工作記憶體亦可和記憶部 100B 係以個別之記憶體等來形成。此記憶部 100B 依據對於晶圓 W 所進行之處理的種類別而儲存著晶圓 W 之加熱溫度、各反應氣體之流量、真空容器 1 內之處理壓力以及旋轉機台 2 之旋轉數等配方（處理條件、處理參數等）。當對於晶圓 W 供給反應氣體而進行薄膜之成膜處理時，為了快速形成薄膜且如後述實施例所示般讓薄膜表面形態結構成為良好（亦即表面之面狀態成為平滑），旋轉機台 2 之旋轉數係基於記憶部 100B 所儲存之配方而設定為例如 100rpm～240rpm。前述處理程式亦可從硬碟、光碟、光磁碟、記憶卡、軟碟、半導體記憶裝置等實體（tangible）之電腦可讀取之記憶媒體 85 安裝至控制部 100 內之記憶部 100B。當然，控制部 100 內之記憶部 100B 本身亦可形成儲存著處理程式之電腦可讀取的記憶媒體。

於控制部 100 可連接操作者用以輸入資料或命令之操作面板等輸入裝置（未圖示）、用以對操作者顯示訊息、操作手冊或是成膜裝置狀態等狀態之顯示裝置（未圖示）等。輸入裝置以及顯示裝置亦可一體設置於諸如觸控面板般之使用者介面部。

視需要藉由來自使用者介面部之指令等而從記憶部 100B 讀取出任意配方以及處理程式而於 CPU 實行處理程式，藉此，在控制部 100 之控制下，於成膜裝置實行所希望之機能而進行所希望之處理。亦即，處理程式對成膜裝

置之控制，係使得電腦實現有關成膜裝置之成膜處理的機能，或是使得電腦實行關於成膜裝置之成膜處理的順序，或是讓電腦以實行成膜裝置之成膜處理的機構來作用。此外，至少程式亦可將儲存於實體（tangible）之電腦可讀取記憶媒體之狀態者安裝於控制部 100 來利用，或是從控制部 100 之外部裝置（未圖示）、例如經由專用電路來隨時傳送而以線上(on-line)利用。

其次，針對上述第 1 實施形態之成膜裝置之動作，參照圖 7 以及圖 8 來說明。首先，打開未圖示之閘閥，自外部藉由搬運臂 10 而經由搬運口 15 而使得晶圓 W 於旋轉機台 2 之凹部 24 內進行收授。此收授係藉由當凹部 24 在面臨搬運口 15 之位置停止時，經由凹部 24 底面之貫通孔從真空容器 1 底部側使得昇降銷 16 進行昇降來進行者。此種晶圓 W 之收授係使得旋轉機台 2 間歇性旋轉來進行，而於旋轉機台 2 之例如 5 個凹部 24 內分別載置晶圓 W。接著，關閉閘閥讓壓力調整機構 65 之開度成為全開使得真空容器 1 內成為真空狀態，讓旋轉機台 2 以例如 100rpm 繞順時鐘方向旋轉，且藉由加熱器單元 7 將晶圓 W（亦即旋轉機台 2）加熱至 TiN（氮化鈦）之結晶化溫度(例如 250℃以上之溫度，於此例為 400℃)。

其次，以真空容器 1 內之壓力值成為既定值、例如 1066.4Pa（8Torr）的方式調整壓力調整機構 65 之開度。此外，從第 1 反應氣體噴嘴 31 以例如 100sccm 來供給 $TiCl_4$ 氣體，並從第 2 反應氣體噴嘴 32 以例如 5000sccm 供給 NH_3

氣體。進而，從分離氣體噴嘴 41、42 皆以 10000sccm 供給 N_2 氣體，且從分離氣體供給管 51 以及洗滌氣體供給管 72、73 以既定流量將 N_2 氣體供給至真空容器 1 內。

接著，一旦藉由旋轉機台 2 之旋轉，讓晶圓 W 通過第 1 處理區域 91，則如圖 7A 所示般，於該晶圓 W 表面會吸附 $TiCl_4$ 氣體。此時，由於旋轉機台 2 如前述般係以高速旋轉且反應氣體之流量、處理壓力如前述般作了設定，是以晶圓 W 上之 $TiCl_4$ 吸附膜 151 之膜厚 t1 會變得較 $TiCl_4$ 氣體吸附量達到飽和為止(例如將晶圓 W 靜置於 $TiCl_4$ 氣體之環境氣氛中時)之飽和膜厚 t0 來得薄。如前述般使得 $TiCl_4$ 氣體之吸附膜厚 t1 形成為較飽和膜厚 t0 來得薄之際，由於如前述般以從旋轉機台 2 之旋轉中心朝向外周側而與旋轉機台 2 成為水平的方式接近於晶圓 W 來設置第 1 反應氣體噴嘴 31，並使得噴出孔 33 沿著該氣體噴嘴 31 之長度方向以等間隔設置，進而於各處理區域 91、92 間分別設置分離區域 D 來謀求真空容器 1 內之氣流的安定化，所以 $TiCl_4$ 氣體被均勻地供給於晶圓 W 上，吸附膜 151 之膜厚在整個晶圓 W 面內成為均勻。

其次，一旦此晶圓 W 通過第 2 處理區域 92，則如圖 7B 所示般，晶圓 W 表面之吸附膜 151 受到氮化而生成 1 層或複數層之 TiN 膜 152 分子層。此 TiN 膜 152 會因為伴隨結晶化之原子、分子之遷移（移動）而有晶粒尺寸變大之趨勢（亦即趨向於粒成長）。隨著此粒成長之進行，TiN 膜 152 之表面形態結構會逐漸惡化（亦即表面狀態變粗

糙）。但是，如前述般，由於使得旋轉機台 2 以高速旋轉，故表面形成有 TiN 膜 152 之晶圓 W 之後會直接通過第 1 處理區域 91，接著迅速地到達第 2 處理區域 92。亦即，包含 $TiCl_4$ 氣體朝晶圓 W 表面之吸附以及此 $TiCl_4$ 氣體之氮化處理的處理循環間之時間（亦即進行 TiN 膜 152 結晶化之時間）可設定為極短。是以，如圖 7C 以及圖 7D 所示般，在下層側 TiN 膜 152 之結晶化進行之前，藉由於上層側積層 TiN 膜 153，則下層側 TiN 膜 152 之原子、分子之移動會受到上層側反應產物之 TiN 膜 153 所阻礙，亦即下層側 TiN 膜 152 之表面狀態（具體而言為粒成長）受到上層側 TiN 膜 153 之限制。此外，由於吸附膜 151 之膜厚 t1 如前述般薄薄地形成著，所以即便 TiN 膜 152 發生 TiN 粒子之結晶化，也可壓低成長後晶粒尺寸（亦即表面形態結構之惡化程度）。從而，此下層側 TiN 膜 152 如後述實施例所說明般，相較於以 CVD（Chemical Vapor Deposition）法、循環間之時間長之習知 ALD（Atomic Layer Deposition）法等來成膜之情況，晶粒尺寸極小、且表面狀態成為平滑。

此外，由於晶圓 W 接著迅速地通過處理區域 91、92，所以上層側 TiN 膜 153 之原子、分子之移動同樣地受到進而於上層側所形成之 TiN 膜之限制。以此方式使得晶圓 W 依此順序交互地通過第 1 處理區域 91 與第 2 處理區域 92 複數次，藉此，會依序積層前述晶粒尺寸極小、表面平滑之反應產物而形成 TiN 膜之薄膜。由於如前述般旋轉機台 2 係高速進行旋轉，是以此薄膜相較於例如習知之 ALD 法

能更快速地成膜。此時之成膜速度雖隨各反應氣體之供給量、真空容器 1 內之處理壓力等而變化，惟舉出一例則為例如 5.47nm／min 程度。

此時，於分離區域 D 供給 N_2 氣體，且於中心部區域 C 供給作為分離氣體之 N_2 氣體，是以如前述般，即便旋轉機台 2 進行高速旋轉之情況，如圖 8 中以箭頭所表示之氣體流動般，可於 $TiCl_4$ 氣體與 NH_3 氣體不致混合的前提下進行各氣體之排氣。此外，於分離區域 D，由於彎曲部 46 與旋轉機台 2 外端面之間的間隙如前述般變得狹窄，是以 $TiCl_4$ 氣體與 NH_3 氣體即使經由旋轉機台 2 外側也不會混合。從而，第 1 處理區域 91 之環境氣氛與第 2 處理區域 92 之環境氣氛完全被分離，$TiCl_4$ 氣體朝排氣口 61 排氣，而 NH_3 氣體朝排氣口 62 排氣。其結果，$TiCl_4$ 氣體以及 NH_3 氣體不論於環境氣氛中或是於晶圓 W 上皆不會相混。此外，由於旋轉機台 2 下方側係藉由 N_2 氣體進行洗滌，是以流入排氣區域 E 之氣體不會潛入穿過旋轉機台 2 下方側，也不會有例如 $TiCl_4$ 氣體流入 NH_3 氣體之供給區域的情況發生。一旦以此方式結束了成膜處理，則停止氣體之供給將真空容器 1 內進行真空排氣，之後停止旋轉機台 2 之旋轉將各晶圓 W 以與晶圓 W 搬入時為相反的動作來依序利用搬運臂 10 搬出至真空容器 1 外。

此處，若事先記載處理參數之一例，則真空容器 1 中心部之來自分離氣體供給管 51 的 N_2 氣體流量為例如 5000sccm。此外，相對於 1 片晶圓 W 之反應氣體供給循環

數(亦即晶圓 W 分別通過處理區域 91、92 之次數)係對應於目標膜厚而改變成為多數次(例如 600 次)。

依據上述實施形態，於真空容器 1 內之旋轉機台 2 上載置晶圓 W，對此晶圓 W 供給反應氣體而於真空環境氣氛下進行氮化鈦膜之成膜之際，於進行薄膜之成膜處理時，係使得旋轉機台 2 與各氣體噴嘴 31、32、41、42 以 100rpm 以上相對地在真空容器 1 之圓周方向上旋轉。是以，反應氣體之供給循環（或是反應產物之成膜循環）可於高速下進行，所以可迅速形成薄膜，可提高生產量。此外，由於反應氣體之供給循環間之時間極短，可在基板表面所生成之反應產物之結晶化所造成之粒徑粗大化發生之前，讓下一反應產物層積層於上層側，也就是藉由上層側反應產物來控制下層側反應產物之原子、分子之遷移（移動），結果可抑制會使得表面形狀惡化之遷移。從而，相較於以習知 CVD 法、循環間之時間長之 ALD 法所形成之薄膜，可得到表面形狀平滑之薄膜。

是以，將此 TiN 膜作為次世代電容電極例如 ZrO（氧化鋯）、TiO（氧化鈦）、TaO（氧化鉭）等之障壁膜使用之情況，可抑制該電極之電荷集中，得到良好的電氣特性。此外，於半導體裝置之多層構造，即便於接觸孔等凹部(用以對上層側配線層與下層側配線層之間的層間絕緣膜中填埋將此等配線層彼此加以連接之鋁等金屬層)係使用此 TiN 膜作為防止金屬層朝層間絕緣膜擴散之障壁膜的情況，即便此接觸孔之高寬比高達 50 程度之情形，同樣地可迅速地

得到表面平滑、被覆性高之薄膜。

此外，關於吸附於晶圓 W 上之吸附膜 151 的膜厚 t1，由於較飽和膜厚 t0 來得薄，所以即便發生 TiN 粒子之結晶化也可將成長之晶粒尺寸限制於極小。亦即，於本實施形態，可說藉由使得旋轉機台 2 進行高速旋轉，可將吸附膜 151 之膜厚 t1 予以薄化（減低晶粒尺寸）控制。

另一方面，當將旋轉機台 2 之旋轉數設定為低速(例如 30rpm 以下)來進行 TiN 膜 152 之成膜處理的情況，如圖 9A 所示般，例如吸附膜 151 之膜厚 t2 會大致與飽和膜厚 t0 相等，薄膜表面形態結構會惡化。亦即，如圖 9B 所示般，若對形成有此吸附膜 151 之晶圓 W 供給 NH3 氣體來生成 TiN 膜 152，由於由 $TiCl_4$ 之吸附膜 151 的形成以及此吸附膜 151 之氮化所構成之處理循環間之時間耗費長時間，是以如圖 9C 所示般，在對 TiN 膜 152 之上層形成下一 TiN 膜 153 為止之間，會因為該 TiN 膜 152 中發生 TiN 粒子之結晶化造成原子、分子之遷移（移動），表面形態結構會惡化。此時，由於吸附膜 151 之膜厚 t2 變得較前述膜厚 t1 來得厚，所以有時隨結晶化而成長之粒子的尺寸（表面狀態之惡化）也會對應於此膜厚 t2 而變大。

是以，若對此表面狀態粗糙之 TiN 膜 152 表面供給 $TiCl_4$ 氣體，如圖 9D 所示般，由於上層側吸附膜 151 係仿傚下層側 TiN 膜 152 表面來形成，所以該吸附膜 151 表面也會和 TiN 膜 152 同樣地成為粗糙狀態。之後，若對此上層側吸附膜 151 供給 NH_3 氣體，由於同樣地上層側 TiN 膜

153 也會進行結晶化，所以表面會變得更為粗糙。若以此方式依序積層之 TiN 膜分別進行結晶化，所得薄膜表面會成為凹凸極大之狀態。從而，當將旋轉機台 2 之旋轉數設定於此種低速來進行成膜處理之情況下，要控制表面形態結構會變得極為困難。此外，若將旋轉機台 2 之旋轉數設定為慢速，則成膜速度也會變慢。

由以上可知，於本實施形態，藉由將旋轉機台 2 之旋轉數設定於高速來進行 TiN 膜之成膜，可迅速地形成表面形態結構良好之 TiN 膜。此處，於本實施形態之成膜裝置，係對向於旋轉機台 2 上之晶圓 W 設置有各反應氣體噴嘴 31、32，所以亦可例如增加反應氣體之流量或是設定高處理壓力，來讓晶圓 W 上所吸附之反應氣體之吸附量達到飽和。即使於此種情形，由於旋轉機台 2 係以高速旋轉，所以可在 TiN 膜 152 之結晶化進行之前接著形成上層側 TiN 膜 153，可得到良好表面形態結構之薄膜。此外，由於可調整各反應循環之膜厚，乃可進一步提高生產量。如此般，即便是增加反應氣體之供給量或是提高處理壓力之情況，各反應氣體也同樣地被個別排氣。

作為前述第 1 反應氣體，除了上述例之外，亦可使用含 Ti 之氣體例如 TDMAT（四二甲胺鈦）氣體等，作為第 2 反應氣體亦可使得 NH_3 氣體產生自由基化來使用。此外，旋轉機台 2 之旋轉數若過高則例如薄膜之被覆性會變低，所以亦可為例如 240rpm 以下。亦即，於後述實施例中，在進行 TiN 膜之成膜實驗之時，即使旋轉機台 2 之旋轉數為

240rpm 也會成為良好之被覆性，故可說只要至少 240rpm 以下即可得到良好之被覆性。

〔第 2 實施形態〕

於上述第 1 實施形態，係使得包含 $TiCl_4$ 氣體之吸附膜 151 的形成以及此吸附膜 151 之氮化所致 TiN 膜 152 之形成的成膜循環反覆進行複數次來形成薄膜，惟於例如 TiN 膜 152 含有雜質之情況等，亦可於成膜循環之間對 TiN 膜 152 進行電漿處理。針對以此方式進行電漿處理之情況之成膜裝置之一例，以第 2 實施形態來參照圖 10～圖 12 而於以下說明。圖 10～圖 12 中之與圖 1～圖 6 相同部份係賦予同一符號而省略其說明。

於此例中，如圖 10 所示般，係例如於相對於搬運口 15 在旋轉機台 2 之旋轉方向 R 上游側設有前述第 2 反應氣體噴嘴 32。此外，於第 2 反應氣體噴嘴 32 與該第 2 反應氣體噴嘴 32 在旋轉機台 2 之旋轉方向 R 下游側的分離區域 D 之間係設有用以對晶圓 W 進行電漿處理之活性化氣體注射器 220。此活性化氣體注射器 220 係具備有：氣體導入噴嘴 34 以及一對套管（未圖示），係從旋轉機台 2 外周側朝旋轉中心側對該旋轉機台 2 作水平延伸者；以及，例如石英所構成之蓋體 221，係將配置此等氣體導入噴嘴 34 以及一對套管之區域沿著長度方向從上方側加以覆蓋所設者，與前述噴嘴蓋 120 為同樣的構成。圖 11 中 222 乃設定為與前述整流構件 121 為同樣尺寸之氣流控制面 222，圖 12 中之 223 係為了從真空容器 1 之頂板 11 下掛蓋體 221 而沿著該

蓋體 221 之長度方向所設置之支持體。此外，圖 10 中 37 係與套管之基端部（亦即真空容器 1 之內壁側）連接著之保護管。

於真空容器 1 之外部設有圖 10 所示之高頻電源 180，經由整合器 181 來對埋設於套管內之未圖示電極供給例如 13.56MHz 以及例如 1500W 以下之高頻電力。氣體導入噴嘴 34 係經由其側方側沿長度方向於複數部位所形成之氣體孔 341 而將電漿產生用處理氣體之例如 NH_3 氣體以及 H_2 氣體之至少一者從真空容器 1 外部朝套管水平地噴出。

於此第 2 實施形態中，在進行成膜處理之情況，係從各氣體噴嘴 31、32、41、42 將各氣體供給於真空容器 1 內，並從氣體導入噴嘴 34 將電漿生成用處理氣體(例如 NH_3 氣體)以既定流量例如 5000sccm 供給於真空容器 1。此外，從未圖示之高頻電源對上述電極供給既定值之電力例如 400W 之高頻。

活性化氣體注射器 220，從氣體導入噴嘴 34 朝上述套管噴出之 NH_3 氣體係藉由對該等套管間所供給之高頻而被活性化成為離子等活性種，此活性種（電漿）係朝下方噴出。如圖 13A 以及圖 13B 所示般，表面形成有吸附膜 151、接著此吸附膜 151 受到氮化而形成 TiN 膜 152 之晶圓 W，一旦到達活性化氣體注射器 220 之下方區域，會如圖 13C 所示般暴露於電漿中，當例如表面之 TiN 膜 152 中含有 Cl（氯）等雜質之情況，此雜質將會從膜中被排出。然後，與前述第 1 實施形態同樣地，如圖 13D 所示般，之後於該

TiN 膜 152 上層側迅速地積層下一 TiN 膜 153，下層側 TiN 膜 152 之原子、分子之移動受到限制。藉由如上方式使得吸附膜 151 之生成、此吸附膜 151 之氮化所致 TiN 膜 152 之生成、以及利用電漿來降低(或是去除)雜質此等依照此順序反覆進行複數次，可迅速形成雜質極少且表面平滑之薄膜。

依據此第 2 實施形態，除了前述第 1 實施形態之效果，尚具有以下效果。亦即，由於可藉由對晶圓 W 進行電漿處理來降低薄膜中之雜質量，所以可提高電氣特性。此外，由於每當於真空容器 1 之內部進行成膜循環時進行著改質處理，亦即晶圓 W 沿旋轉機台 2 之圓周方向通過各處理區域 91、92 之路徑中途以不致干涉成膜處理的方式進行著改質處理，所以相較於例如薄膜之成膜結束後進行改質處理，能以短時間來進行改質處理。

此外，於前述例中，係相對於氣體供給系統（亦即噴嘴 31、32、41、42）使得旋轉機台 2 進行旋轉，惟亦可相對於旋轉機台 2 使得氣體供給系統在圓周方向上旋轉。

接著，針對用以確認上述實施形態之成膜裝置以及成膜方法之效果所進行之實驗作說明。

（實驗例 1）

首先，將旋轉機台 2 之旋轉數如以下所示般作各種變更來進行 TiN 膜之成膜，所得到之 TiN 膜表面係使用 SEM（電子顯微鏡）來觀察。此外，針對其他成膜條件例如反應氣體之供給量以及處理壓力等，由於各實驗例係採用相

同條件，故省略說明。此外，晶圓 W 之加熱溫度係設定為 250℃以上(例如 400℃)。

（旋轉機台 2 之旋轉數：rpm）

比較例 1：30

實施例 1：100 或是 240

（實驗結果）

如圖 14A～圖 14C 所得實驗結果之 SEM 照片所示般，以比較例 1 而言如圖 14A 所示般確認了表面狀態粗糙，而接近於使用習知 CVD 法或 SFD 法所成膜之面狀態。如前述般，由於 TiN 係於 250℃以上結晶化，是以一般認為當此實驗之加熱溫度並不會特別妨礙 TiN 粒子結晶化之情況下，起因於 TiN 粒子結晶化之凹凸會顯現於膜表面。

另一方面，經確認得知：如實施例 1 所示般，當提高旋轉機台 2 之旋轉數而成為 100rpm 之情況，如圖 14B 所示般 TiN 膜表面形態結構會提升，進而若為 240rpm 之情況，如圖 14C 所示般表面會成為極度平滑。從而，確認了藉由使得旋轉機台 2 進行高速旋轉，則如前述般成膜循環間之時間變短，可藉由上層側 TiN 膜來抑制下層側 TiN 膜之結晶化。

（實驗例 2）

接著，以與實驗例 1 同樣的條件針對成膜後之各樣品，使用 AFM(原子力顯微鏡)來測定 TiN 膜表面粗度。此外，測定長度為 10nm。

其結果，如圖 15 所示般，確認了當旋轉機台 2 之旋轉

數為 30rpm 之情況，表面粗度成為 2nm 程度，為 100rpm 以上之情況係成為 0.5nm 程度之低值。

於上述實施形態之各例中，在真空容器內藉由含 Ti 之第 1 反應氣體與含 N 之第 2 反應氣體來於基板表面形成氮化鈦膜之際，係使得用以載置基板之機台以及將前述 2 種類之反應氣體分別供給於機台上基板之第 1 反應氣體供給機構以及第 2 反應氣體供給機構在真空容器之圓周方向上相對地以 100rpm 以上進行旋轉而交互地供給兩反應氣體。是以，前述兩反應氣體之供給循環可高速地進行，可迅速地形成氮化鈦膜。此外，由於兩反應氣體之供給循環間之時間可極度縮短，所以可在因基板表面所生成之反應產物之結晶化所致粒徑之粗大化進行之前即於上層側積層下一反應產物層，也就是可藉由上層側反應產物來限制下層側反應產物之原子、分子之遷移（移動）。其結果，可得到表面形態結構良好（表面形狀平滑）之氮化鈦膜。

以上，針對本發明之較佳實施形態作了描述，惟本發明並不限定於相關特定之實施形態，可在申請專利範圍內所記載之本發明之主旨範圍內進行各種變形、變更。

本專利申請係基於 2009 年 12 月 25 日於日本專利廳提出申請之特願 2009－295351 主張優先權，參照該專利申請之全部內容而包含於本案中。

【圖式簡單說明】

圖 1 係顯示本發明之第 1 實施形態之成膜裝置一例的縱截面圖。

圖 2 係顯示第 1 實施形態之成膜裝置內部之概略構成一例的立體圖。

圖 3 係顯示第 1 實施形態之成膜裝置的橫斷俯視圖。

圖 4A、4B 係顯示前述成膜裝置之處理區域以及分離區域一例的縱截面圖。

圖 5A、5B 係更詳細顯示前述成膜裝置之處理區域以及分離區域一例的縱截面圖。

圖 6 係顯示前述成膜裝置之部份份的縱截面圖。

圖 7A～7D 係顯示前述成膜裝置中於形成 TiN 膜時之作用之一例的示意圖。

圖 8 係顯示前述成膜裝置之真空容器內氣流之一例的概略圖。

圖 9A～9D 係顯示使用習知之 ALD 法來形成 TiN 膜之情況之作用之一例的示意圖。

圖 10 係顯示本發明之第 2 實施形態之成膜裝置之一例的俯視圖。

圖 11 係顯示第 2 實施形態之成膜裝置之部份分解立體圖。

圖 12 係顯示第 2 實施形態之成膜裝置之部份放大截面圖。

圖 13A～13D 係顯示第 2 實施形態之成膜裝置之作用之一例的示意圖。

圖 14A～14C 係顯示於本發明之實施例所得實驗結果之特性圖。

圖 15 係顯示於本發明之實施例所得實驗結果之特性圖。

【主要元件符號說明】

1	真空容器
2	旋轉機台
4	凸狀部
5	突出部
7	加熱器單元
10	搬運臂
11	頂板
12	容器本體
13	密封構件
14	底面部
15	搬運口
16	昇降銷
20	盒體
21	核心部
22	旋轉軸
23	驅動部
24	凹部
31,32	反應氣體噴嘴
31a,32a	氣體導入埠
33	噴出孔
34	氣體導入噴嘴

37	保護管
40	噴出孔
41,42	分離氣體噴嘴
41a,42a	氣體導入埠
43	溝槽部
44,45	天花板面
46	彎曲部
51	分離氣體供給管
52	空間
61,62	排氣口
63	排氣流路
64	真空泵
65	壓力調整機構(壓力調整裝置)
71	蓋構件
72,73	洗滌氣體供給管
85	記憶媒體
91,92	處理區域
100	控制部
100A	處理器
100B	記憶部
120	噴嘴蓋
121	整流構件
151	$TiCl_4$ 吸附膜
152,153	TiN 膜

180	高頻電源
181	整合器
220	活性化氣體注射器
221	蓋體
222	氣流控制面
223	支持體
341	氣體孔
C	中心部區域
D	分離區域
E1	第 1 排氣區域
E2	第 2 排氣區域
W	晶圓

專利申請案第 99145678 號
ROC Patent Appln. No. 99145678
修正後無劃線之申請專利範圍中文本 - 附件(二)
Amended Claims in Chinese - Encl. (II)
(民國 103 年 8 月 5 日送呈)
(Submitted on August 5, 2014)

七、申請專利範圍：

1. 一種成膜裝置，具備有：

機台，係設置於真空容器內，設有用以載置基板之基板載置區域；

第 1 反應氣體供給裝置與第 2 反應氣體供給裝置，係於該真空容器之圓周方向上相互分離設置，對該機台上之基板分別供給含 Ti 之第 1 反應氣體以及含 N 之第 2 反應氣體；

分離區域，係設置於被供給該第 1 反應氣體之第 1 處理區域與被供給該第 2 反應氣體之第 2 處理區域之間，將兩反應氣體加以分離；

旋轉機構，係使得該第 1 反應氣體供給裝置以及該第 2 反應氣體供給裝置和該機台在該真空容器之圓周方向上進行相對旋轉，以讓該基板依序位於該第 1 處理區域與該第 2 處理區域；

真空排氣裝置，係將該真空容器內加以真空排氣；以及

控制部，當對於該基板進行成膜時，使得該第 1 反應氣體供給裝置與該第 2 反應氣體供給裝置以及該機台經由該旋轉機構以 100rpm 以上進行旋轉；

其中在該真空容器內，將該第 1 反應氣體與該第 2 反應氣體依序供給至該基板表面來形成氮化鈦膜；

進一步具備活性化氣體注射器，來對該機台上之基板供給 NH_3 氣體或是 H_2 氣體之至少一者的電漿；

該活性化氣體注射器，係藉由該旋轉機構而連同該第1反應氣體供給裝置以及該第2反應氣體供給裝置對該機台進行相對旋轉，並配置成為於進行該相對旋轉時，該電漿於該第2處理區域與該第1處理區域之間被供給至該基板。

2. 如申請專利範圍第1項之成膜裝置，其中該分離區域係具備有用以供給分離氣體之分離氣體供給裝置。

3. 如申請專利範圍第2項之成膜裝置，其中該分離區域係具備有：該分離氣體供給裝置；以及，天花板面，係位於該分離氣體供給裝置之該圓周方向兩側，用以與該機台之間形成讓分離氣體自該分離區域流向處理區域側之狹隘空間。

4. 如申請專利範圍第1項之成膜裝置，其中該第1反應氣體供給裝置以及該第2反應氣體供給裝置係與該第1處理區域以及該第2處理區域之個別的天花板面相隔離而分別設於該基板附近，朝該基板方向分別供給該第1反應氣體以及該第2反應氣體。

5. 一種成膜方法，係於真空容器內將含Ti之第1反應氣體以及含N之第2反應氣體依序供給至基板表面來形成氮化鈦膜；包含下述製程：

自在該真空容器之圓周方向上相互分離設置之第1反應氣體供給裝置以及第2反應氣體供給裝置，來對設有用以載置該基板之基板載置區域的機台表面分別供給該第1反應氣體以及該第2反應氣體之製程；

於被供給該第1反應氣體之第1處理區域與被供給該第2反應氣體之第2處理區域之間所設置的分離區域，來分離兩反應氣體之製程；

使得該第1反應氣體供給裝置以及該第2反應氣體供給裝置和該機台相對地在該真空容器之圓周方向上以100rpm以上進行旋轉，而讓該基板依序位於該第1處理區域與該第2處理區域之製程；以及

將該真空容器內進行真空排氣之製程；

進一步包含有自活性化氣體注射器對該機台上之該基板供給 NH_3 氣體或是 H_2 氣體之至少一者電漿之製程；

其中該旋轉製程係使得該活性化氣體注射器連同該第1反應氣體供給裝置以及該第2反應氣體供給裝置對該機台進行相對旋轉，以於該相對旋轉時，在該第2處理區域與該第1處理區域之間對該基板供給該電漿。

6. 如申請專利範圍第5項之成膜方法，其中該分離兩氣體之製程係自分離氣體供給裝置對該分離區域供給分離氣體。

7. 如申請專利範圍第6項之成膜方法，其中該分離氣體係自該分離氣體供給裝置供給至狹隘空間，其係位於該分離氣體供給裝置在該圓周方向兩側、用以使得分離氣體自該分離區域流向處理區域側而設置於該機台與該真空容器之天花板面之間。

8. 如申請專利範圍第5項之成膜方法，其中供給該第1

反應氣體以及該第2反應氣體之製程，係自與該第1處理區域以及該第2處理區域之個別的天花板面相隔離而分別設置於該基板附近之該第1反應氣體供給裝置以及該第2反應氣體供給裝置，來朝向該基板方向分別供給該第1反應氣體以及該第2反應氣體。

9. 一種實體之電腦可讀取記憶媒體，係儲存有程式，一旦由電腦實行該程式，該電腦會實行成膜裝置之處理，該成膜裝置係於真空容器內將含Ti之第1反應氣體以及含N之第2反應氣體依序供給至基板表面而形成氮化鈦膜；該處理包含：

使得該電腦實行下述工作：自於該真空容器之圓周方向上相互分離設置之第1反應氣體供給裝置以及第2反應氣體供給裝置，來對設有用以載置該基板之基板載置區域的機台表面分別供給該第1反應氣體以及該第2反應氣體；

使得該電腦實行下述工作：在被供給該第1反應氣體之第1處理區域與被供給該第2反應氣體之第2處理區域之間所設之分離區域，使得兩反應氣體分離；

使得該電腦實行下述工作：使得該第1反應氣體供給裝置以及該第2反應氣體供給裝置和該機台相對地在該真空容器之圓周方向上以100rpm以上進行旋轉，而讓該基板依序位於該第1處理區域與該第2處理區域；以及

使得該電腦實行下述工作：將該真空容器內加以真

空排氣；

該處理係進一步包含使得該電腦實行下述工作：自活性化氣體注射器來供給NH_3氣體或是H_2氣體之至少一者的電漿至該機台上之該基板；

該旋轉工作係使得該電腦實行下述工作：使得該活性化氣體注射器連同該第1反應氣體供給裝置以及該第2反應氣體供給裝置對該機台進行相對旋轉，而於該相對旋轉時，在該第2處理區域與該第1處理區域之間對該基板供給該電漿。

10. 如申請專利範圍第9項之電腦可讀取記憶媒體，其中該分離兩氣體之工作係使得該電腦實行下述工作：從分離氣體供給裝置對該分離區域供給分離氣體。

11. 如申請專利範圍第10項之電腦可讀取記憶媒體，其中該分離兩氣體之工作係使得該電腦實行下述工作：自該分離氣體供給裝置將分離氣體供給至狹隘空間，其係位於該分離氣體供給裝置在該圓周方向兩側、用以使得分離氣體自該分離區域流向處理區域側而形成於該機台與該真空容器之天花板面之間。

12. 如申請專利範圍第9項之電腦可讀取記憶媒體，其中供給該第1反應氣體以及該第2反應氣體之工作係使得該電腦實行下述工作：自與該第1處理區域以及該第2處理區域之個別的天花板面相隔離而分別設置於該基板附近之該第1反應氣體供給裝置以及該第2反應氣體供給裝置，來朝向該基板方向分別供給該第1

反應氣體以及該第2反應氣體。

八、圖式：

圖 1

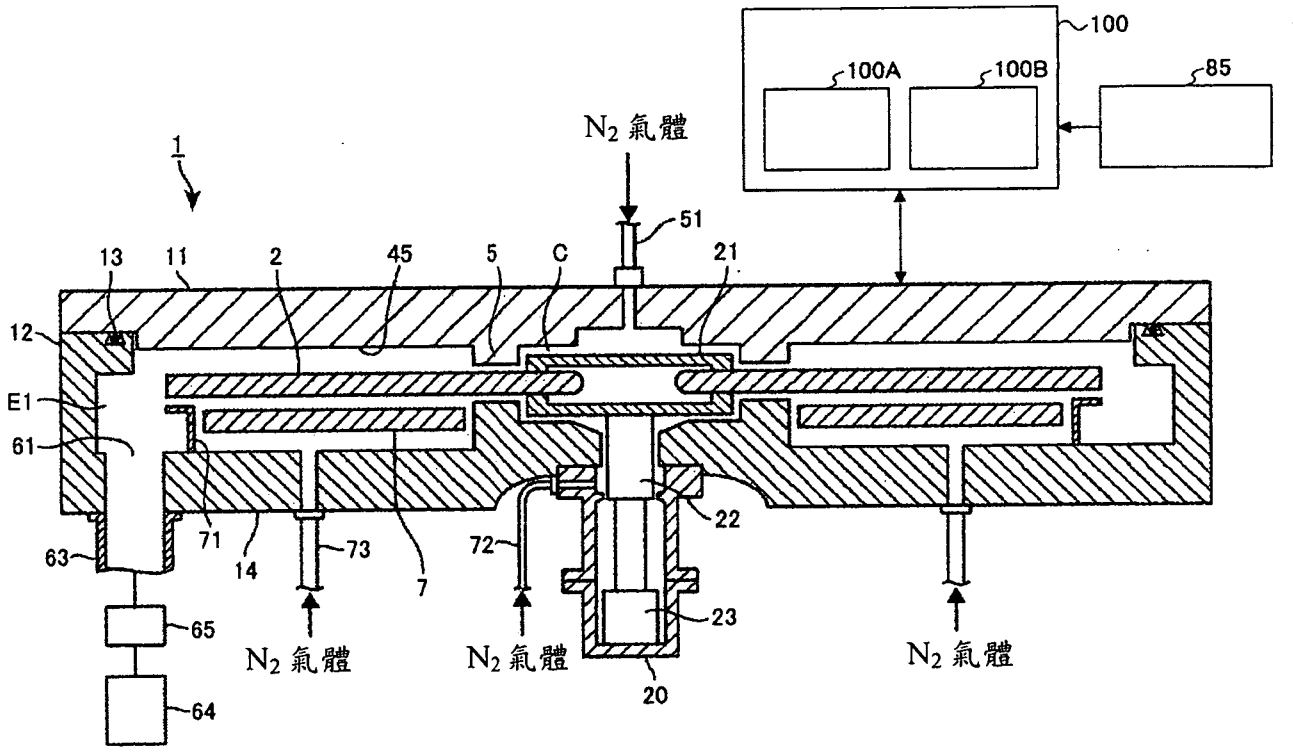

100
100A
100B
85
1
N2 氣體
51
13
11
2
45
5
C
21
12
E1
61
71
14
73
7
72
22
63
65
64
23
20
N2 氣體
N2 氣體
N2 氣體

圖 2

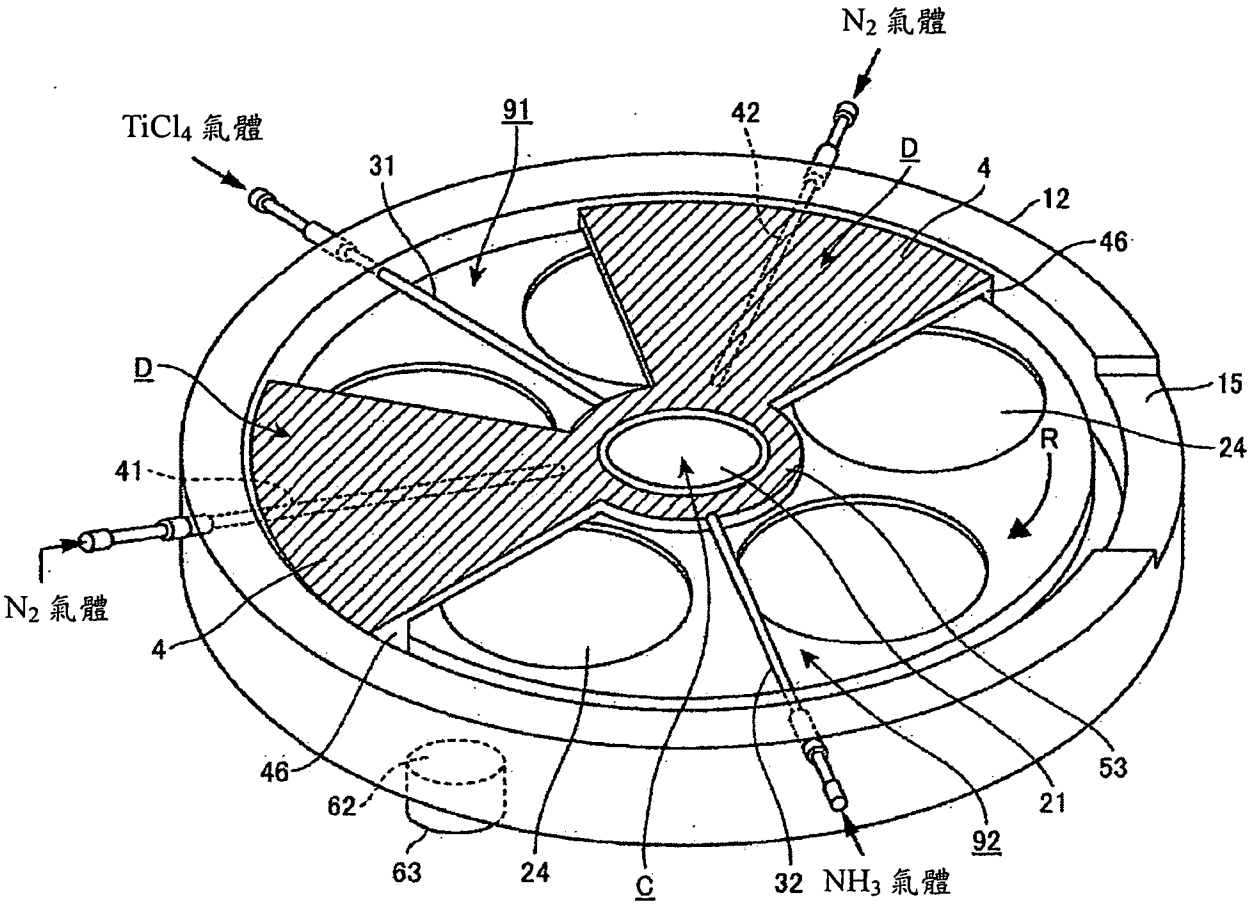

N_2 氣體
$TiCl_4$ 氣體
91
42
D
4
12
46
31
D
15
24
R
41
N_2 氣體
4
46
62
63
24
C
32
NH_3 氣體
92
21
53

圖 3

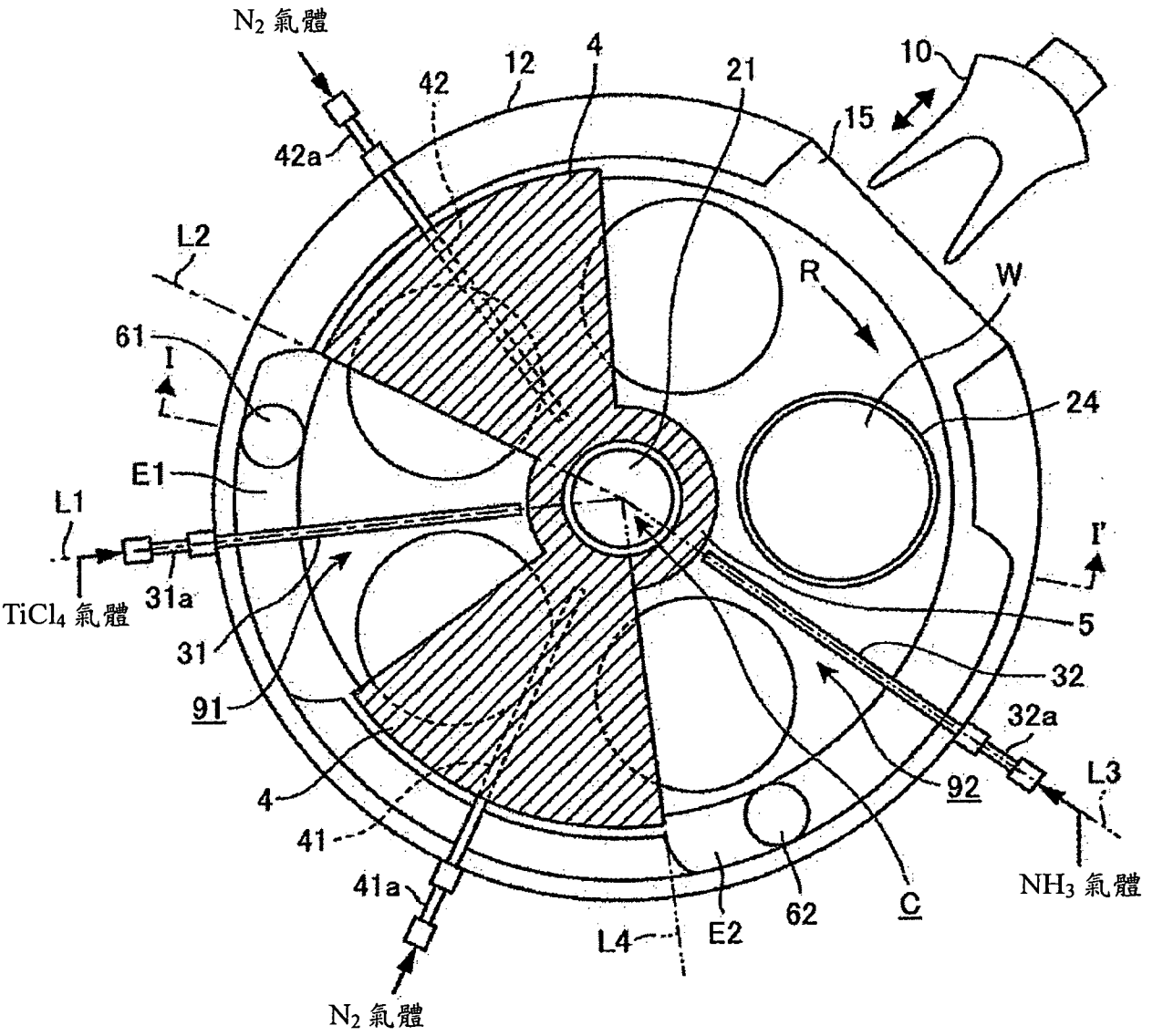

N_2 氣體
42
12
4
21
10
15
42a
L2
R
W
61
I
24
E1
L1
I'
$TiCl_4$ 氣體
31a
5
31
32
91
32a
L3
92
4
41
41a
62
C
NH_3 氣體
L4
E2
N_2 氣體

圖 4A

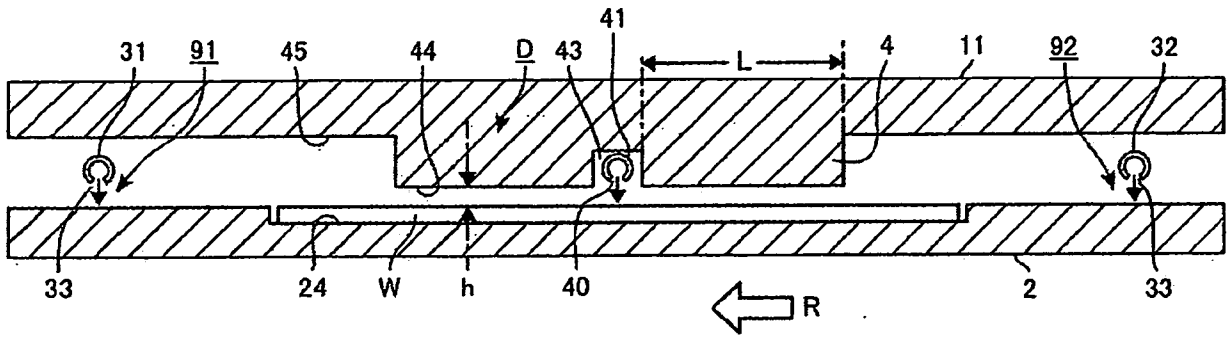

31
91
45
44
D
43
41
L
4
11
92
32
33
24
W
h
40
R
2
33

圖 4B

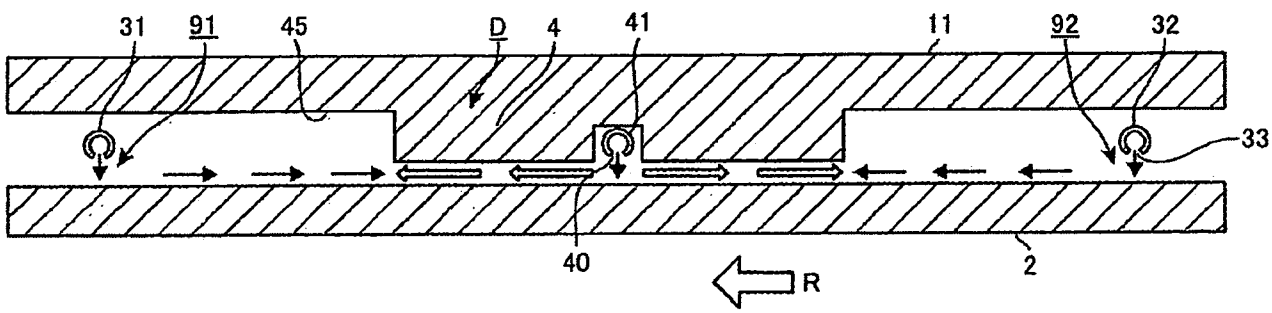

31
91
45
D
4
41
11
92
32
33
40
R
2

圖 5A

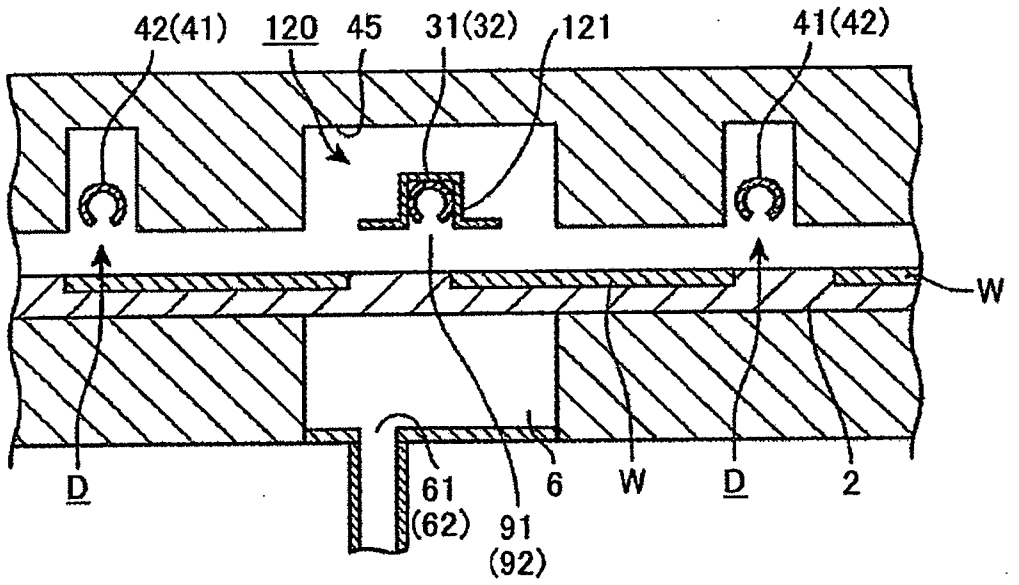

42(41)
120
45
31(32)
121
41(42)
W
D
61
(62)
91
(92)
6
W
D
2

圖 5B

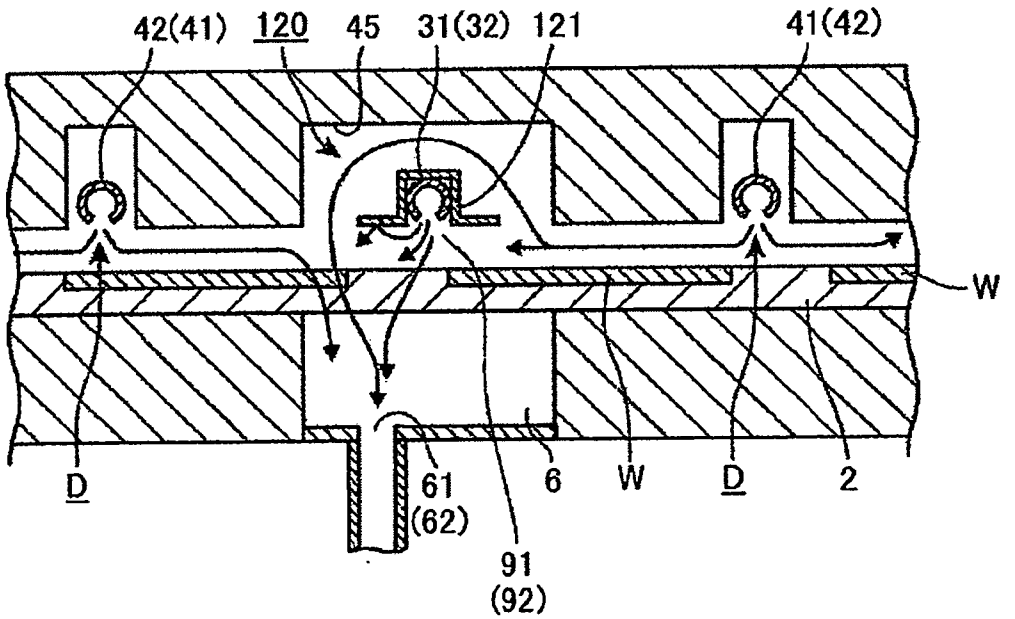

42(41)
120
45
31(32)
121
41(42)
W
D
61
(62)
91
(92)
6
W
D
2

圖 6

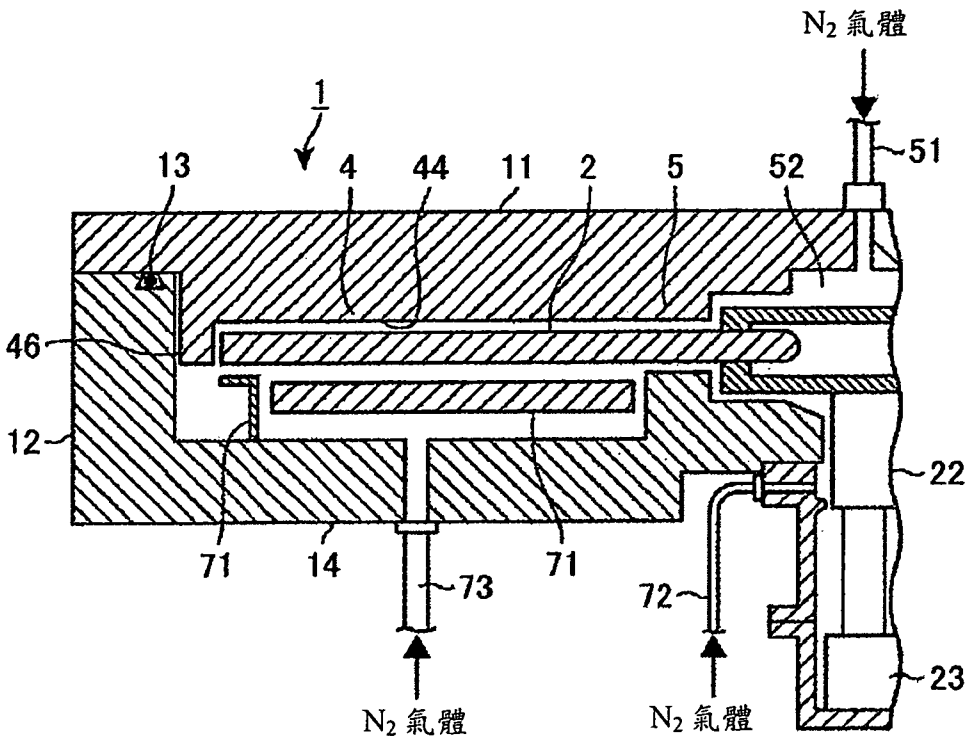


圖 7A

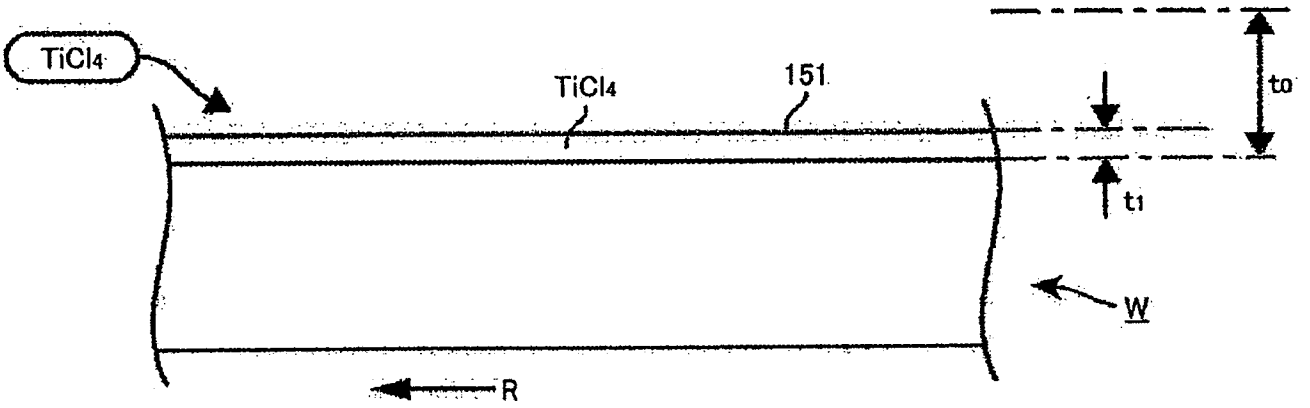


圖 7B

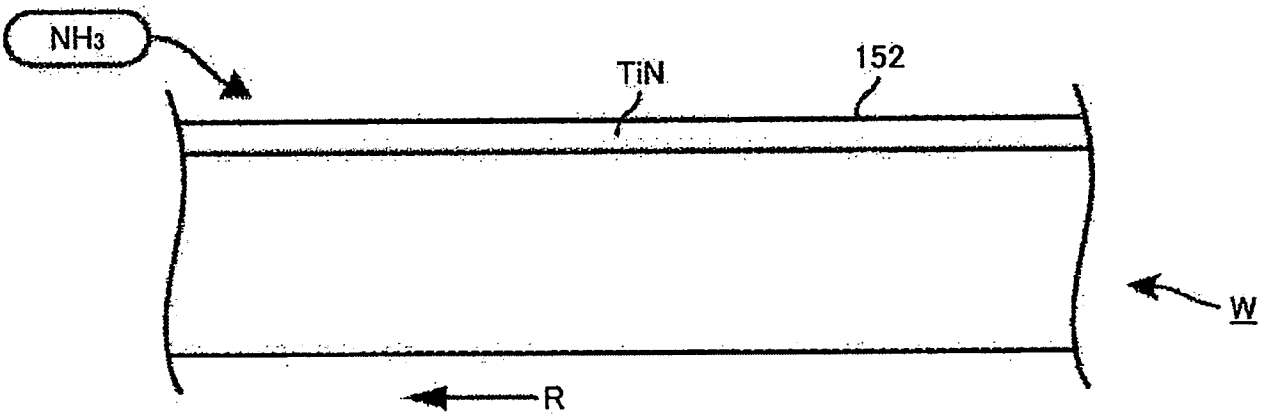


圖 7C

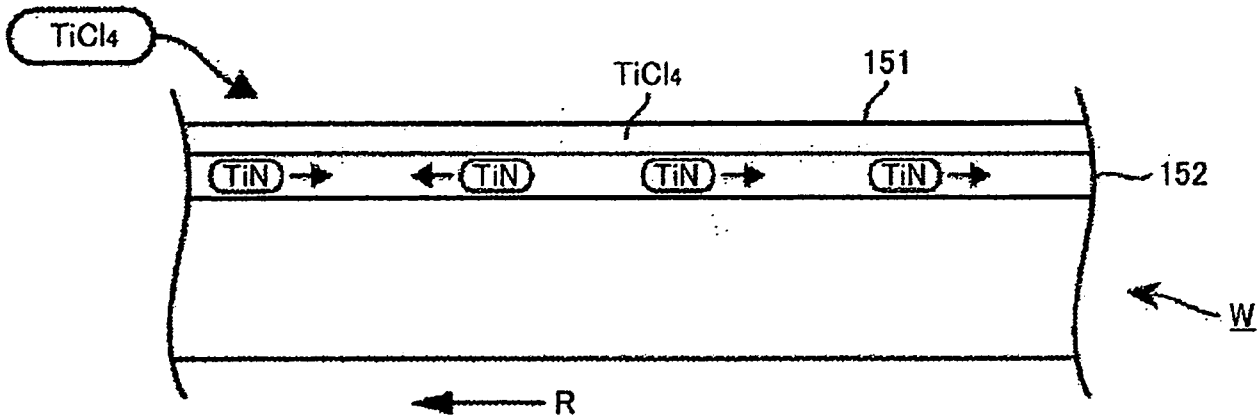


圖 7D

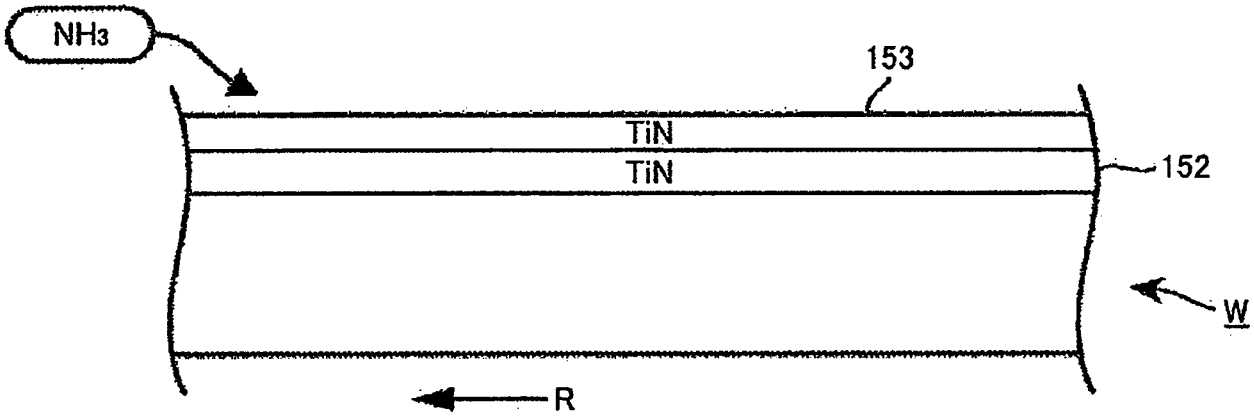


圖 8

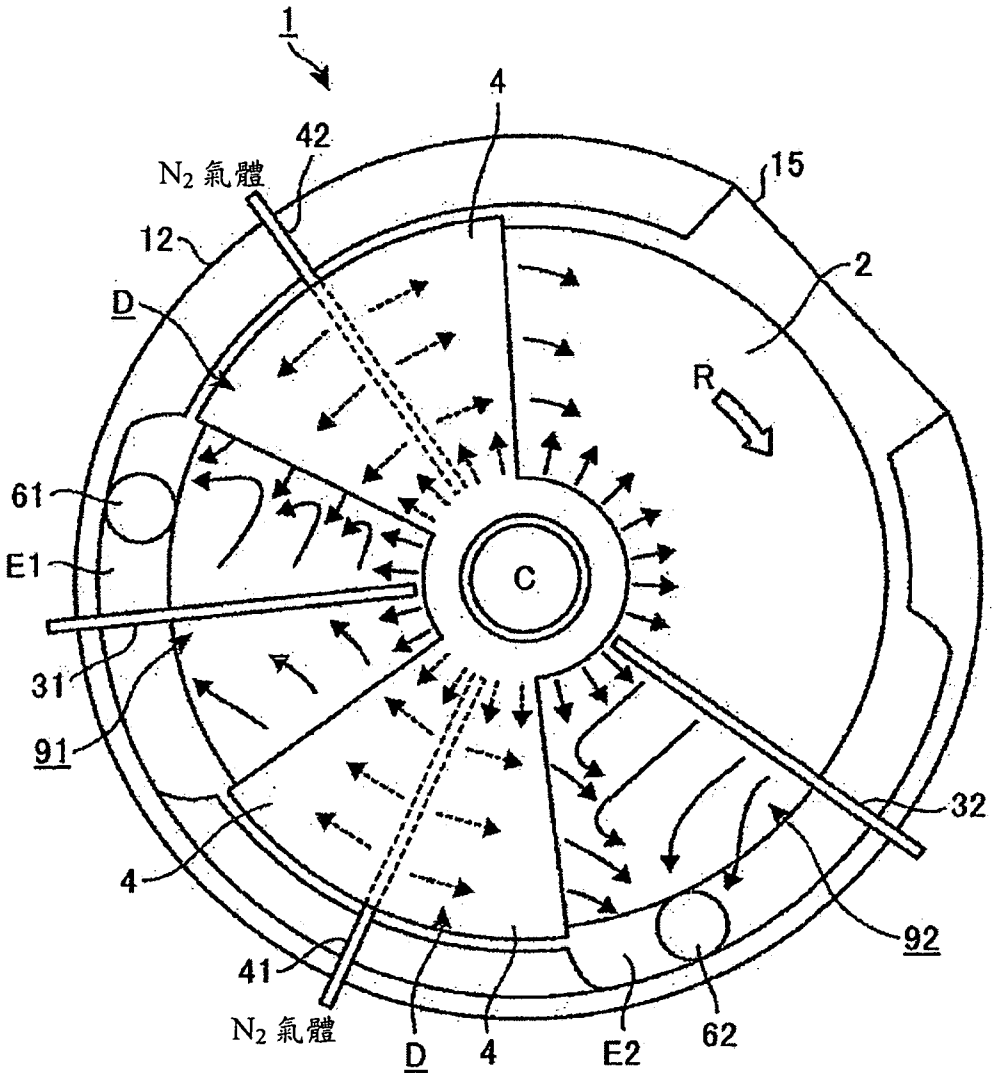


圖 9A

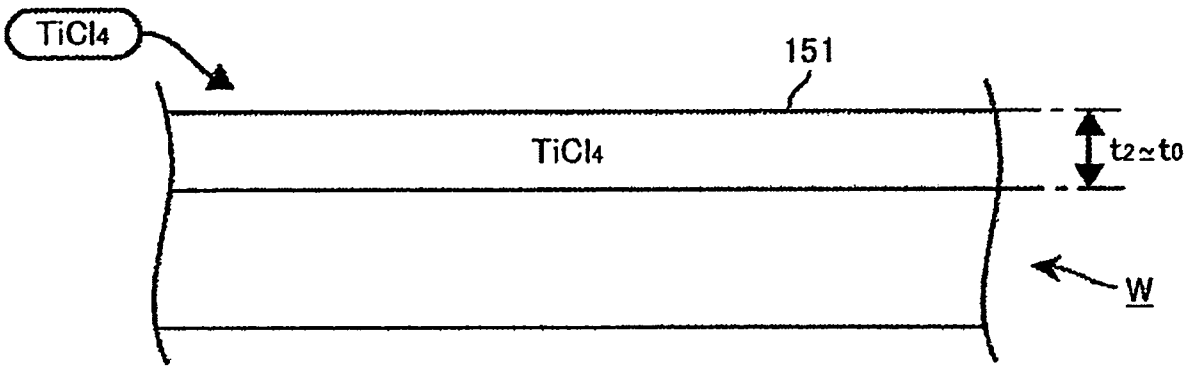


圖 9B

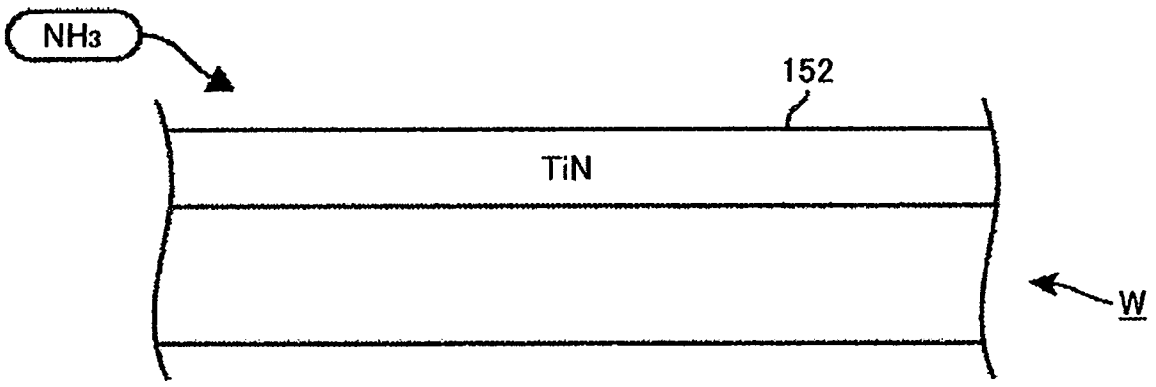


圖 9C

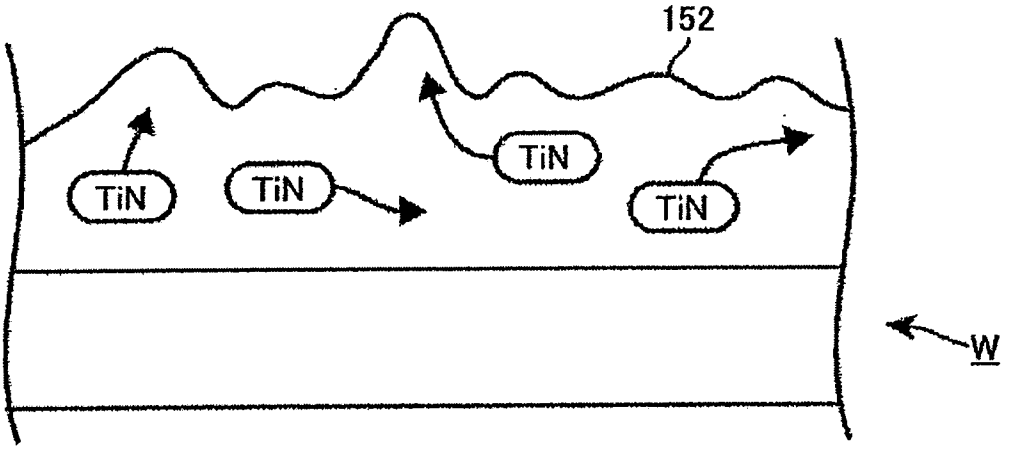


圖 9D

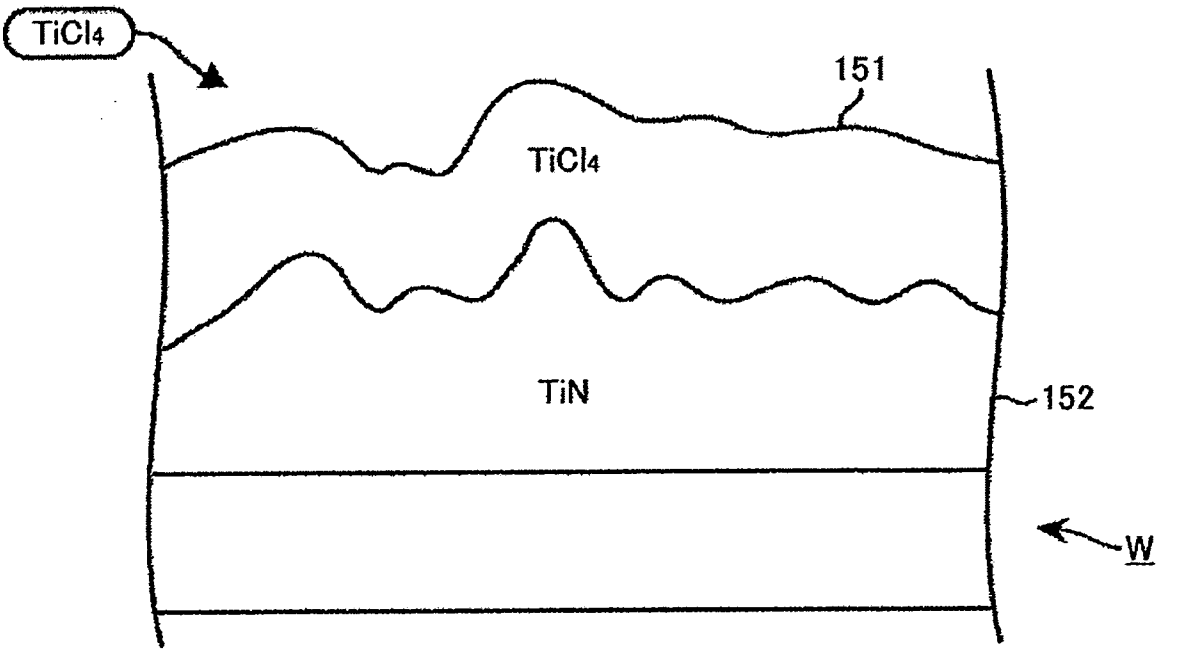


圖 10

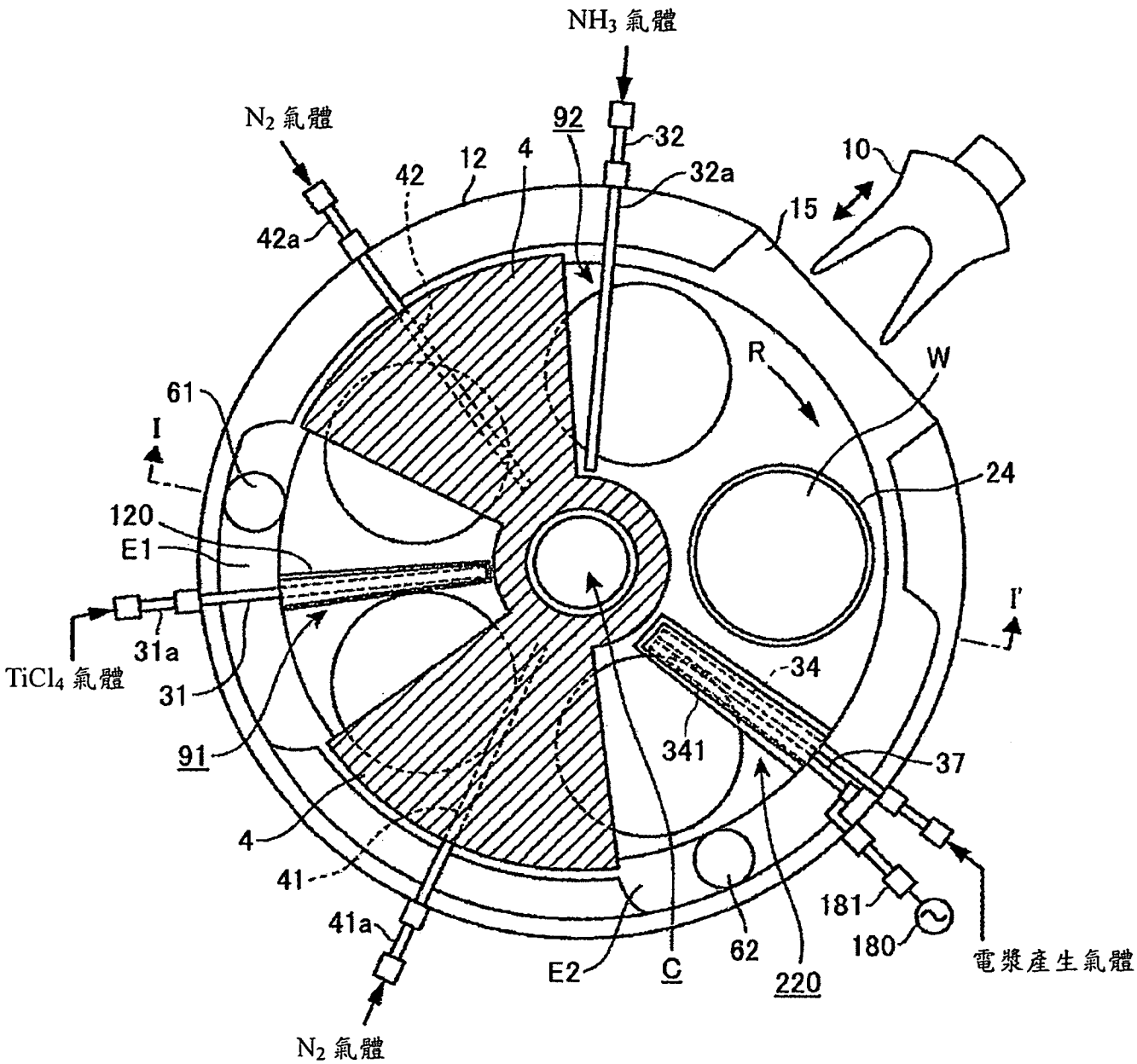

NH3 氣體
N2 氣體
92
32
32a
42
12
4
10
15
42a
R
W
61
I
24
120
E1
I'
TiCl4 氣體
31a
31
34
341
91
37
4
41
41a
181
180
電漿產生氣體
E2
C
62
220
N2 氣體

圖 11

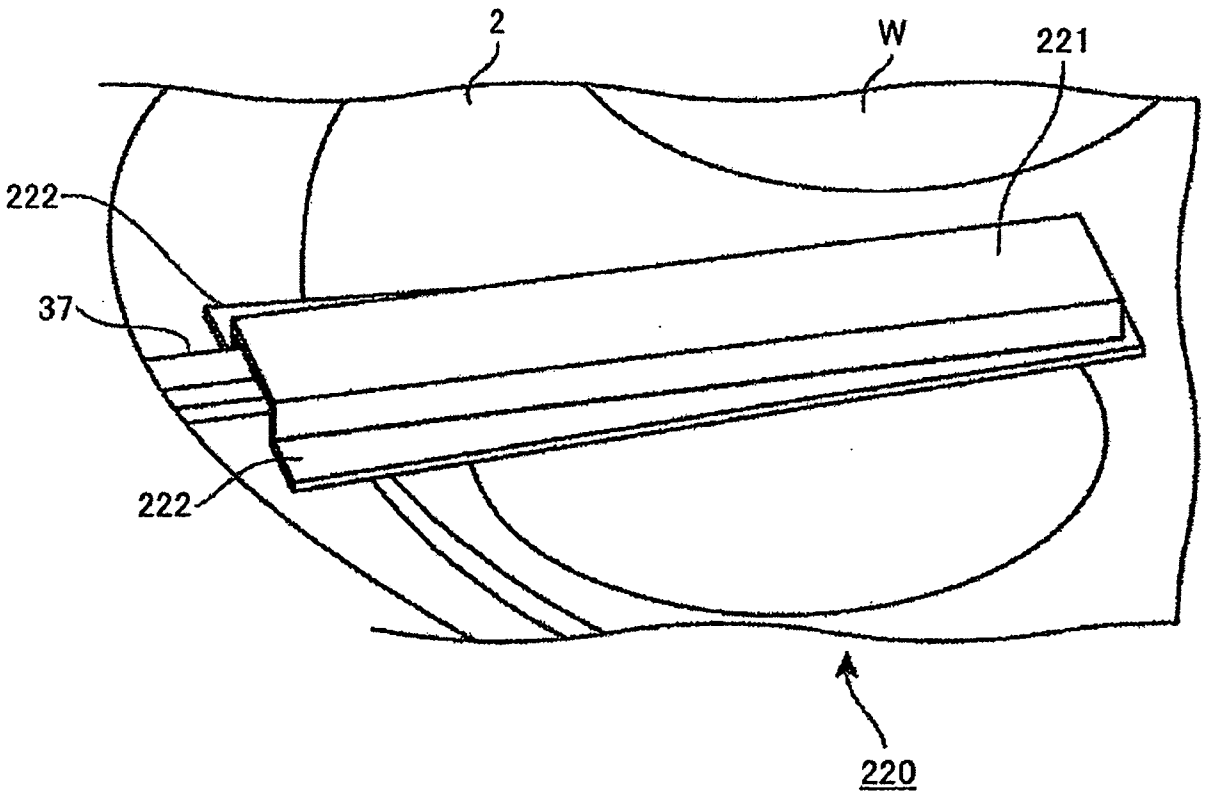


圖 12

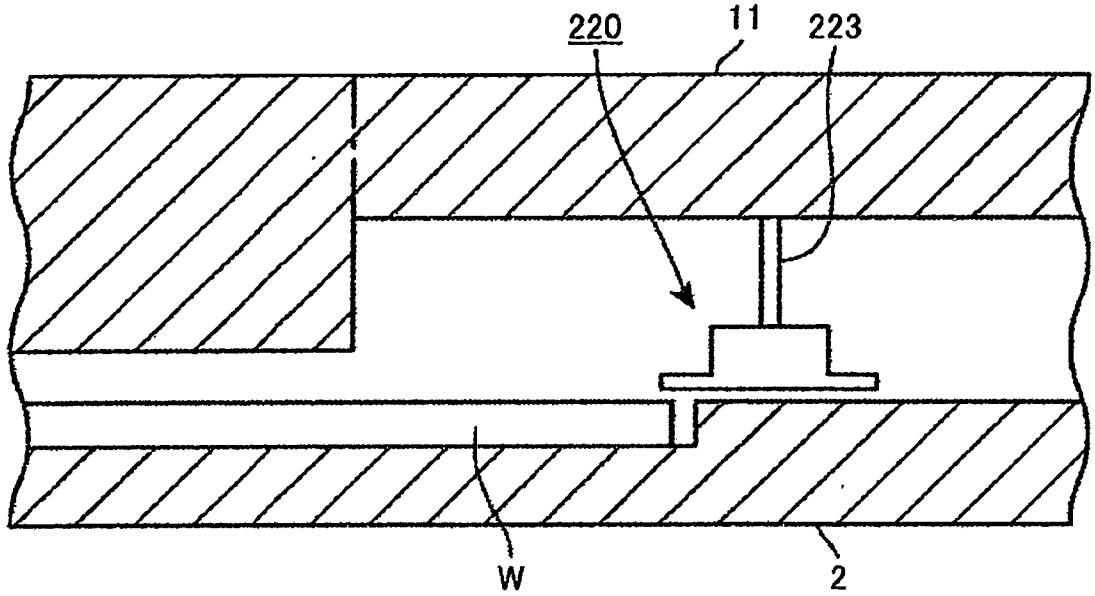


圖 13A

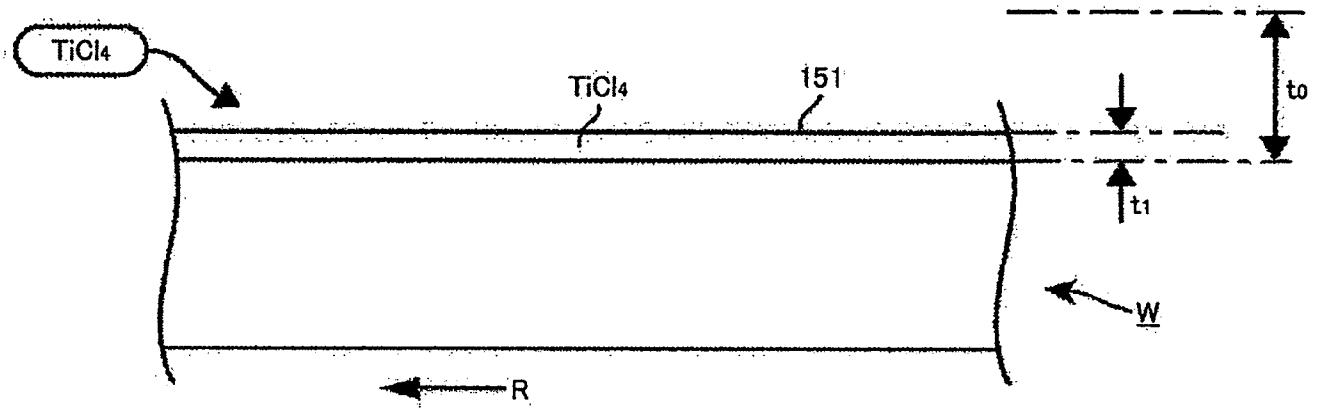


圖 13B

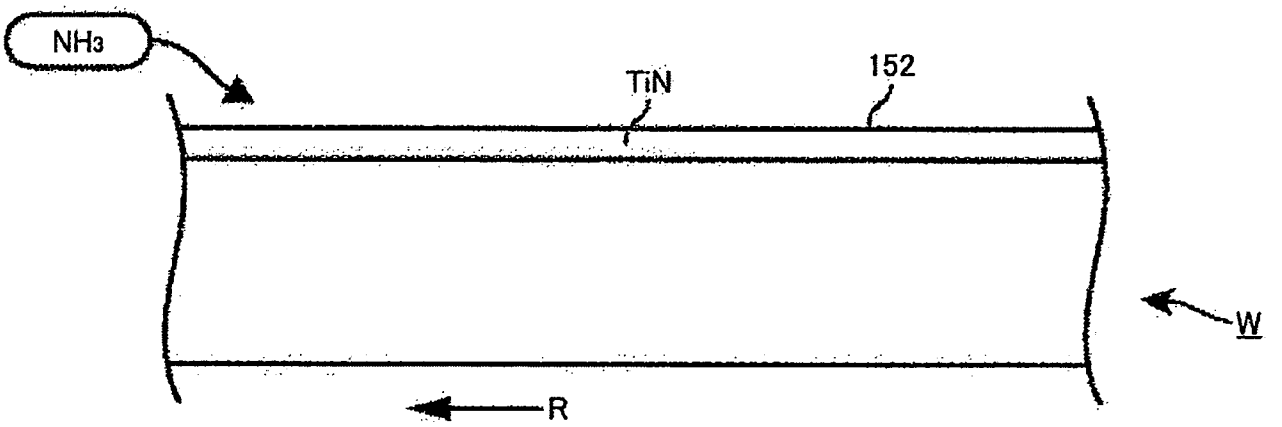


圖 13C

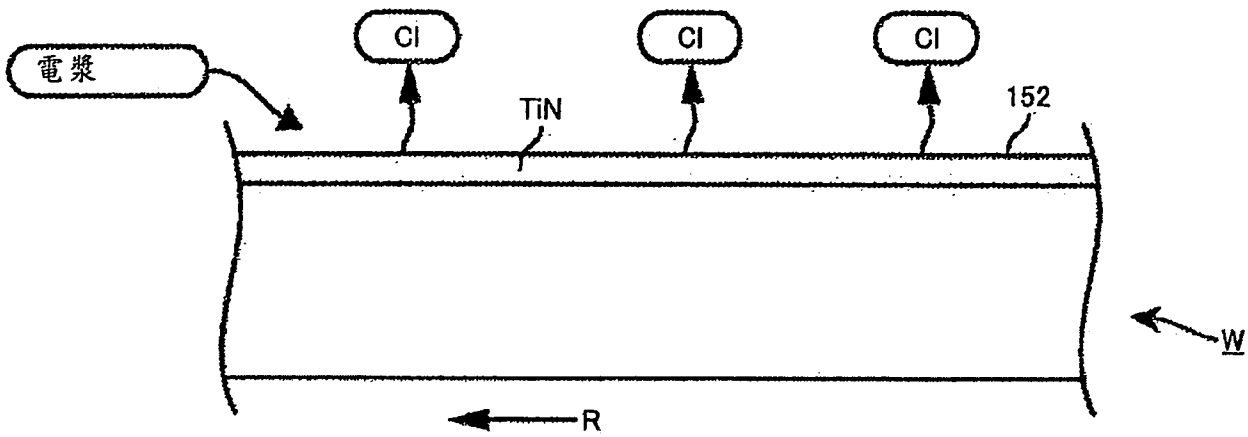


圖 13D

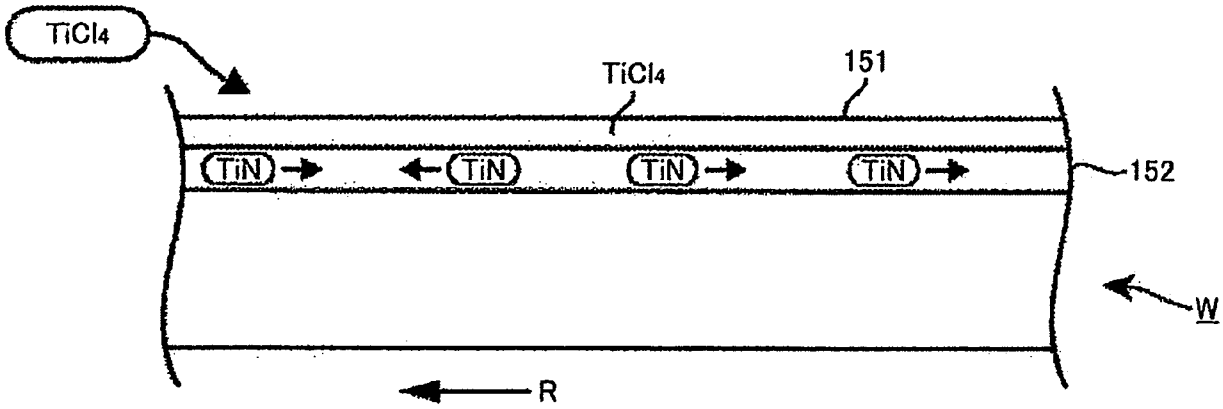
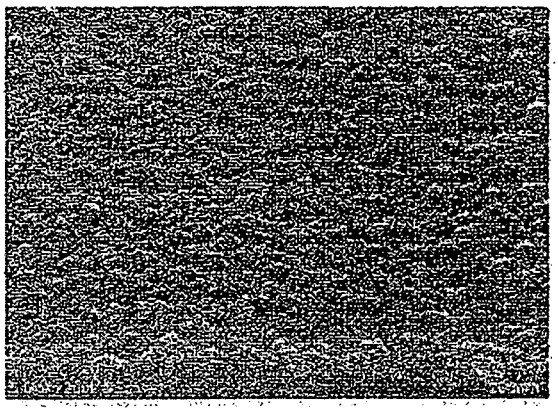
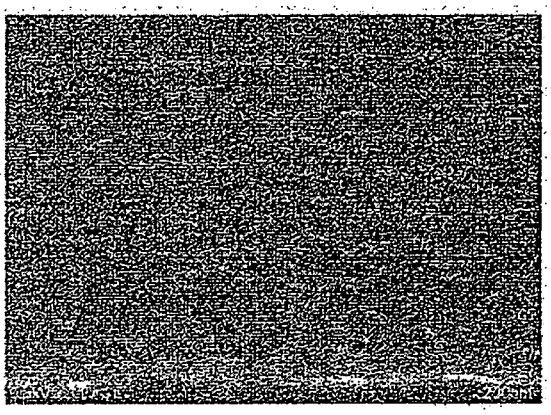


圖 14A



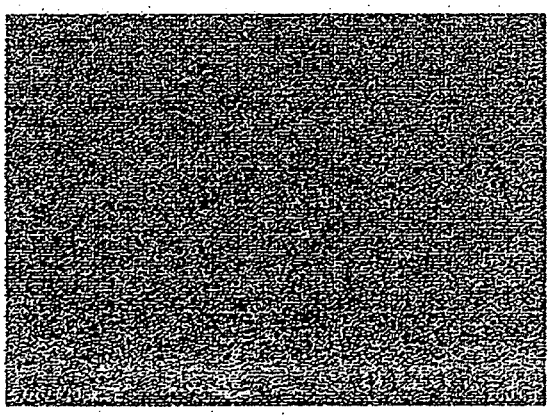
30rpm

圖 14B



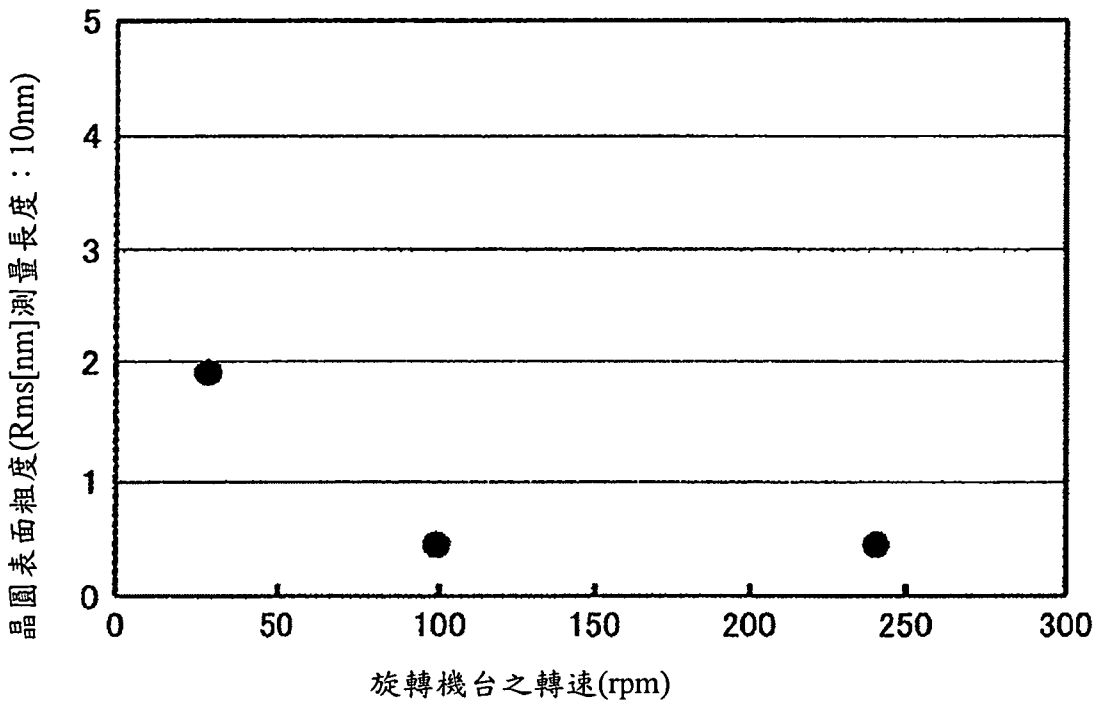
100rpm

圖 14C



240rpm

圖 15


晶圓表面粗度(Rms[nm]測量長度：10nm)
5
4
3
2
1
0
0
50
100
150
200
250
300
旋轉機台之轉速(rpm)