



(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 I850239 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：108126310

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 07 月 25 日

(51)Int. Cl. : **H01L21/3065(2006.01)****H01L21/311 (2006.01)****H01L21/67 (2006.01)**

(30)優先權：2018/07/30 日本

2018-142005

2019/03/25 日本

2019-055846

(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：阿部拓也 ABE, TAKUYA (JP)；三好秀典 MIYOSHI, HIDENORI (JP)；清水昭貴

SHIMIZU, AKITAKA (JP)；長倉幸一 NAGAKURA, KOICHI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201330089A

TW 201825446A

US 2012/0077347A1

US 2014/0199851A1

US 2016/0260619A1

US 2018/0102256A1

US 2018/0182777A1

審查人員：何立瑋

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：12 共 40 頁

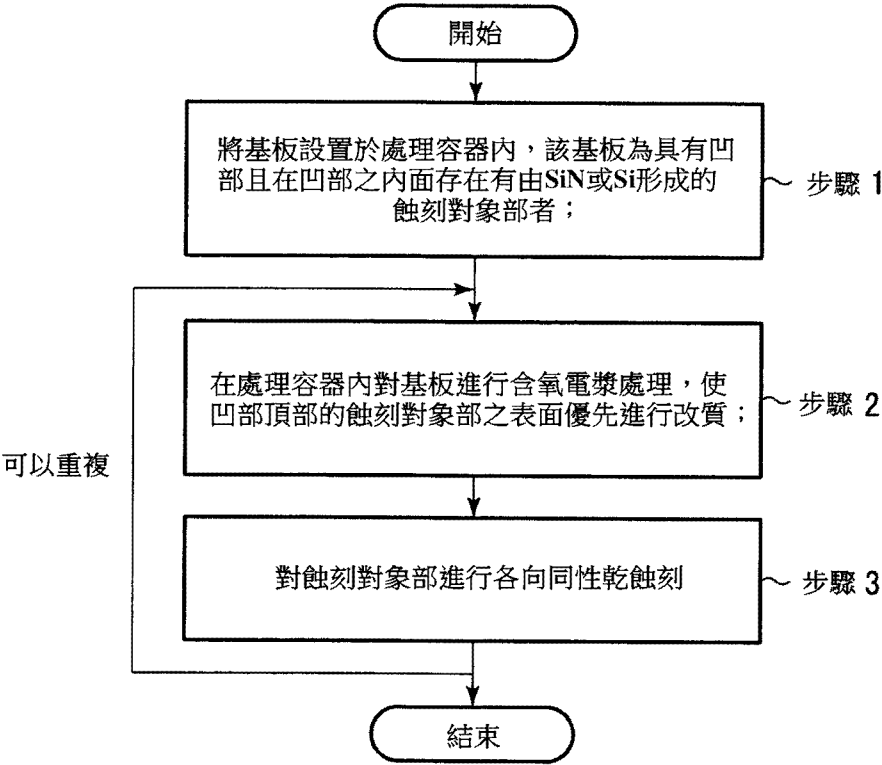
(54)名稱

蝕刻方法、及蝕刻裝置

(57)摘要

[課題]提供對形成於微細凹部之內面的 SiN 或 Si 可以均勻地進行蝕刻的蝕刻方法及蝕刻裝置。
[解決手段]蝕刻方法具有：將基板設置於處理容器內的工程，該基板為具有凹部且在凹部之內面存在有由 SiN 或 Si 形成的蝕刻對象部者；在處理容器內對基板進行含氧電漿處理，使前述凹部之頂部中的蝕刻對象部之表面優先進行改質的工程；及接著，對蝕刻對象部進行各向同性乾蝕刻的工程。

指定代表圖：



【圖 1】



I850239

【發明摘要】

【中文發明名稱】

蝕刻方法、及蝕刻裝置

【中文】

[課題]提供對形成於微細凹部之內面的SiN或Si可以均勻地進行蝕刻的蝕刻方法及蝕刻裝置。

[解決手段]蝕刻方法具有：將基板設置於處理容器內的工程，該基板為具有凹部且在凹部之內面存在有由SiN或Si形成的蝕刻對象部者；在處理容器內對基板進行含氧電漿處理，使前述凹部之頂部中的蝕刻對象部之表面優先進行改質的工程；及接著，對蝕刻對象部進行各向同性乾蝕刻的工程。

【指定代表圖】第(1)圖。

【代表圖之符號簡單說明】無

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

蝕刻方法、及蝕刻裝置

【技術領域】

【0001】本揭示關於蝕刻方法及蝕刻裝置。

【先前技術】

【0002】最近，半導體裝置的製造過程中進行著微細化蝕刻。例如要求對高深寬比之溝或孔之內面的 SiN 或 Si 以各向同性進行蝕刻的技術。

【0003】作為對 SiN 進行蝕刻的技術，係如專利文獻 1 記載般，使 NF₃ 氣體這樣的含氟氣體電漿化，藉由氟自由基及氟離子對 SiN 進行蝕刻者為已知。又，於專利文獻 1 記載有，藉由包含含氟氣體為 O₂ 氣體這樣的氧源，可以邊抑制 SiO₂ 之蝕刻邊對 SiN 進行蝕刻。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0004】

[專利文獻 1]特表 2014-508424 號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

【0005】本揭示提供對形成於微細凹部之內面的 SiN

或 Si 可以均勻地進行蝕刻的蝕刻方法及蝕刻裝置。

[解決課題之手段]

【0006】本揭示之一態樣的蝕刻方法，係具有：將基板設置於處理容器內的工程，該基板為具有凹部且在凹部之內面存在有由 SiN 或 Si 形成的蝕刻對象部者；於處理容器內對基板進行含氧電漿處理，對前述凹部之頂部中的前述蝕刻對象部之表面優先進行改質的工程；及接著，對前述蝕刻對象部以各向同性進行乾蝕刻的工程。

[發明效果]

【0007】依據本揭示，對形成於凹部之內面的 SiN 或 Si 可以均勻地進行蝕刻。

【圖式簡單說明】

【0008】

[圖 1] 表示具體的實施形態的蝕刻方法之流程圖。

[圖 2] 表示進行蝕刻的基板的構造之一例之剖面圖。

[圖 3] 表示對圖 2 之基板進行蝕刻時的理想的狀態之剖面圖。

[圖 4] 表示進行蝕刻的基板的構造之另一例之剖面圖。

[圖 5] 表示對圖 4 之基板進行蝕刻時的理想的狀態之剖面圖。

[圖 6]表示對圖 2 的構造之基板直接進行各向同性蝕刻時之狀態之剖面圖。

[圖 7]表示進行 SiN 之各向同性乾蝕刻時的 F 自由基的濃度分布之圖。

[圖 8]表示一實施形態中進行了含氧電漿處理時的 O 自由基的濃度分布之圖。

[圖 9]說明在蝕刻對象部之表面形成內藏有碳的損傷層時的含氧電漿處理之作用之圖。

[圖 10]概略表示本實施形態之蝕刻方法使用的處理系統之一例之部分剖面平面圖。

[圖 11]概略表示圖 10 之處理系統所搭載的作為實施本實施形態之蝕刻方法的蝕刻裝置而發揮功能的製程模組之一例之剖面圖。

[圖 12]對實驗例 2 中的效果進行說明之圖。

【實施方式】

【0009】以下，參照圖面說明實施形態。

【0010】

<經緯及概要>

首先，本揭示之實施形態的蝕刻方法之經緯及概要進行說明。

例如存在於 3D-NAND 型不揮發性半導體裝置的在將多層氧化矽膜 (SiO₂ 膜) 與氮化矽膜 (SiN 膜) 積層而成的 ONON 積層構造中，透過形成於積層方向的溝對 SiN 以各

向同性進行乾蝕刻的工程存在。

【0011】在這樣的 ONON 積層構造中，厚度為 $1\mu\text{m}$ 以上以及形成的溝為高深寬比，基於負載效應 (Depth Loading)，溝頂部的 SiN 優先被蝕刻。因此，期待著抑制溝頂部的 SiN 之蝕刻，在溝頂部與溝底部按照同一程度之蝕刻量進行蝕刻。

【0012】又，亦有對在這樣的高深寬比之溝之內面全體所形成的 SiN 進行蝕刻的情況，該情況亦因為負載效應致使溝頂部的 SiN 被優先蝕刻。

【0013】另外，在高深寬比之溝之內面亦有存在 Si 之情況，對該 Si 進行蝕刻的情況亦產生同樣的問題。又，這樣的問題不限定於溝，孔亦同樣產生。

【0014】於此，一實施形態中，係將基板設置於處理容器內，該基板為具有凹部且在凹部之內面存在有由 SiN 或 Si 形成的蝕刻對象部者，在處理容器內對基板進行含氧電漿處理，使凹部頂部之蝕刻對象部之表面優先改質，接著，對蝕刻對象部以各向同性進行乾蝕刻。

【0015】藉此，凹部頂部中蝕刻對象部比起其他之部分變為相對地難蝕刻，減低負載效應，凹部之內面之蝕刻對象部可以均勻地進行蝕刻。

【0016】

<具體的實施形態>

接著，對具體的實施形態進行說明。

圖 1 係表示具體的實施形態的蝕刻方法之流程圖。

首先，將基板設置於處理容器內(步驟1)，該基板為具有凹部且在凹部之內面存在有由SiN或Si形成的蝕刻對象部者。接著，在處理容器內對基板進行含氧電漿處理，使凹部頂部之蝕刻對象部之表面優先改質(步驟2)。接著，對蝕刻對象部進行各向同性乾蝕刻(步驟3)。重複步驟2與步驟3亦可。

【0017】基板並非特別限定者，舉出以矽晶圓為代表的半導體晶圓之例。構成蝕刻對象部的SiN或Si，其之代表性為膜。SiN膜，例如作為Si前驅物，使用SiH₄氣體、SiH₂Cl₂、Si₂Cl₆等之矽烷系氣體，以及NH₃氣體、N₂氣體、聯氨系化合物氣體等之含氮氣體，藉由熱CVD、電漿CVD、ALD等進行成膜。又，Si膜，例如作為Si前驅物，使用SiH₄氣體、Si₂H₆氣體等之矽烷系氣體藉由熱CVD進行成膜。Si膜可以摻雜B、P、C、As等。

【0018】形成於基板的凹部可以是溝亦可以是孔。溝之寬度或孔之直徑小，凹部之深寬比越大，負載效應變為越大，因此本實施形態的效果容易發揮。溝之寬度及孔之直徑為300nm以下為較佳，凹部之深寬比為25以上為較佳。

【0019】圖2係表示進行蝕刻的基板的構造之一例之剖面圖，係表示形成有3D-NAND型不揮發性半導體裝置用之ONON積層構造的半導體晶圓(以下，簡單標記為晶圓)者。

【0020】本例中，晶圓W，係在矽基體100之上隔著

下部構造 101 具有 SiO_2 膜 111 與 SiN 膜 112 的積層構造部 102。 SiO_2 膜 111 與 SiN 膜 112 之積層數實際為 100 層左右。於積層構造部 102 形成有貫穿積層方向的溝(狹縫)103，於溝 103 之內面之整面形成有狹縫 SiN 膜 113。

【0021】從該狀態，針對在溝 103 之內面之整面所形成的狹縫 SiN 膜 113 之全部以及積層構造部 102 的 SiN 膜 112 之一部分統合進行各向同性蝕刻，理想上設為圖 3 所示狀態。

【0022】圖 4 係表示進行蝕刻的基板的構造之另一例之剖面圖，係表示同樣形成有 3D-NAND 型不揮發性半導體裝置用之 ONON 積層構造的晶圓者，但是在溝 103 之內面不存在狹縫 SiN 膜 113 之情況。亦即，在溝 103 之內面存在構成 ONON 積層構造的 SiO_2 膜 111 與 SiN 膜 112。

【0023】本例之情況下，從圖 4 之狀態，針對積層構造部 102 的 SiN 膜 112 之一部分進行各向同性蝕刻，理想上設為圖 5 所示狀態。

【0024】但是，圖 2 的構造之晶圓 W 中，在該狀態下對 SiN 以各向同性進行蝕刻的情況下，實際上係如圖 6 所示，基於負載效應致使溝 103 之頂部的 SiN 優先被蝕刻，在溝 103 之頂部與底部發生 SiN 之蝕刻不均勻。圖 4 的構造之晶圓 W 亦同樣。

【0025】此係因為進行 SiN 之各向同性乾蝕刻時，作為蝕刻劑通常使用的 F 自由基的濃度，係如圖 7 所示，溝 103 之頂部高於底部。

【0026】這樣的現象，不僅發生在對以上這樣的 ONON 積層構造之狹縫 SiN 或積層 SiN 進行蝕刻的情況，亦同樣發生在僅對溝或孔之內面整面所形成的 SiN 進行蝕刻的情況，或對 Si 進行蝕刻的情況。

【0027】於此，本實施形態中，在蝕刻對象部亦即 SiN 或 Si 之蝕刻之前，進行含氧電漿處理，使蝕刻對象部之表面改質。

【0028】藉由進行含氧電漿處理，電漿中之氧自由基(O 自由基)與蝕刻對象部(SiN 或 Si)起作用，蝕刻對象部之表面被氧化而形成改質層 120。藉由這樣的改質層 120，變為相對地難蝕刻。此時，如圖 8 所示，O 自由基的濃度為，在凹部(溝)103 之頂部高，在底部低，因此凹部頂部優先被改質，蝕刻對象部表面之改質層 120 之厚度成為凹部頂部較厚。

【0029】因此，藉由含氧電漿處理，可以使蝕刻對象部之凹部頂部中的蝕刻量相對地被抑制。藉此，可以抑制凹部頂部之蝕刻量與凹部底部之蝕刻量的差，可以實現更均勻的蝕刻。

【0030】另外，在蝕刻對象部之表面上有可能會存在內含碳的損傷層之情況，在這樣的情況下，該內含碳的損傷層會阻礙蝕刻。這樣的情況下，藉由進行含氧電漿處理，如圖 9 所示，例如可以從狹縫 SiN 膜 113 之表面上之損傷層 130 將碳作為 CO 除去，可以增加凹部整體之蝕刻對象部之蝕刻量。

【0031】因此當在蝕刻對象部之表面上存在內含碳的損傷層時，藉由含氧電漿處理，可以達成相對地抑制蝕刻對象部之凹部頂部之蝕刻量的效果，以及從內含碳的損傷層中除去碳而增加蝕刻量之效果之兩種效果。因此，藉由對形成有損傷層的蝕刻對象部實施含氧電漿處理之後進行乾蝕刻，則可以增加凹部整體之蝕刻對象部之蝕刻量，且可以抑制凹部頂部之蝕刻量與凹部底部之蝕刻量之間的差。

【0032】步驟2之含氧電漿處理，係使含氧電漿作用在收納於處理容器內的基板。此時之含氧電漿處理，主要由電漿中之氧自由基(O自由基)起作用為較佳，因此使用遠距電漿(remote plasma)為較佳。遠距電漿，係在與配置基板的處理空間不同之電漿生成空間中生成含氧電漿，並將該含氧電漿輸送至處理空間。此時，含氧電漿中之氧離子(O₂離子)在輸送中容易失活，O自由基主要被供給至處理空間。藉由主要使用O自由基進行處理，可以減低對基板之損傷。此時之電漿源無特別限定，可以使用感應耦合電漿或微波電漿等。

【0033】又，此時使用的氣體，可以是單獨之O₂氣體，或於O₂氣體添加H₂氣體及稀有氣體之至少一方。藉由添加H₂氣體，可以提高氧化能力。又，藉由添加稀有氣體可以使電漿穩定。稀有氣體並無特別限定，Ar氣體為較佳。又，此時之壓力以1~3000mTorr(0.13~400Pa)為較佳。藉由設為該範圍，凹部頂部之蝕刻抑制效果可以進一步提高。

【0034】步驟2中，各氣體之流量可以對應於裝置適當地設定。又， H_2 氣體流量對 O_2 氣體流量之比 H_2/O_2 以1以下為較佳。又，電漿生成電力亦因裝置而異，以50~950W為較佳。又，步驟2時間以10~180sec為較佳，基板溫度以5~85℃為較佳。更佳為15~85℃。

【0035】步驟3之對蝕刻對象部進行各向同性乾蝕刻的工程，係以相對於 SiO_2 等之其他之材料可以選擇性蝕刻SiN或Si者為較佳，使用含氟氣體進行為較佳。該乾蝕刻可以是基於電漿的處理，亦可以不使用電漿的氣體蝕刻，但使用電漿的處理為較佳，以使用遠距電漿的氟自由基(F自由基)作為主體的處理為更佳。遠距電漿中，係在與配置基板的處理空間不同之電漿生成空間生成含氟電漿，將電漿輸送至處理空間。此時，電漿中之氟離子(F離子)在輸送中容易失活，主要為氟自由基(F自由基)被供給至處理空間。藉由進行以F自由基作為主體的處理，可以減低對基板之損傷。此時之電漿源無特別限定，可以使用感應耦合電漿或微波電漿等。

【0036】步驟3之蝕刻工程時，如上述般，藉由含氧電漿處理使改質層在凹部頂部形成為較厚，因此凹部頂部與凹部底部中的蝕刻量之差被抑制。又，在蝕刻對象部之表面形成有內藏有碳的損傷層之情況下，藉由含氧電漿處理可以增加凹部全體之蝕刻對象部之蝕刻量，且可以抑制凹部頂部之蝕刻量與凹部底部之蝕刻量的差。

【0037】作為含氟氣體可以舉出HF、 NF_3 。彼等之中

以 NF_3 氣體為較佳。 NF_3 氣體等單獨使用亦可，於 NF_3 氣體等添加 O_2 氣體亦可。藉由添加 O_2 氣體，蝕刻時亦可以獲得基於 O 自由基的凹部頂部之改質效果(氧化效果)。又，於 NF_3 氣體等添加稀有氣體亦可。藉由添加稀有氣體，可以使電漿穩定。稀有氣體並無特別限定，以 Ar 氣體為較佳。使用 NF_3 氣體等與 O_2 氣體與稀有氣體亦可。壓力以 $1\sim 3000\text{mTorr}(0.13\sim 400\text{Pa})$ 為較佳。藉由設為該範圍，凹部頂部之蝕刻量與凹部底部之蝕刻量的差之抑制效果可以進一步提高。此時，各氣體之流量可以對應於裝置適當地設定。又，添加 O_2 氣體之情況下， NF_3 氣體等之流量相對於 O_2 氣體流量之比 NF_3/O_2 以 0.01 以上為較佳。又，電漿生成電力以 $50\sim 950\text{W}$ 之範圍為較佳。又，基板溫度以 $5\sim 85^\circ\text{C}$ 之範圍為較佳。更佳為 $15\sim 85^\circ\text{C}$ 。步驟 3 之時間可以對應於蝕刻對象部之蝕刻量適當地設定。

【0038】步驟 2 之含氧電漿處理與步驟 3 之各向同性乾蝕刻在同一處理容器內進行為較佳。藉此，可以維持高的生產量。例如使用同一之遠距電漿裝置，步驟 2 及步驟 3 都可以進行自由基處理。

【0039】如上述般，重複步驟 2 及步驟 3 亦可。依據蝕刻對象部之應蝕刻量，會有 1 次之含氧電漿處理之改質效果不充分之情況。該情況下，藉由適當地重複步驟 2 及步驟 3 可以獲得充分的改質效果。

【0040】

<處理系統之一例>

接著，說明本實施形態之蝕刻方法使用的處理系統之一例。圖 10 係概略表示本實施形態之蝕刻方法使用的處理系統之一例之一部分剖面平面圖。

【0041】如圖 10 所示，處理系統 10 具有：保管複數片晶圓 W 並進行晶圓 W 之搬出入的搬出入部 11；同時搬送 2 片晶圓 W 的作為搬送室之傳送模組 12；及對從傳送模組 12 搬入的基板亦即晶圓 W 實施 SiN 膜蝕刻處理或加熱處理的複數個製程模組 13。各製程模組 13 及傳送模組 12 之內部維持於真空氛圍。

【0042】處理系統 10 中，藉由內建於傳送模組 12 的搬送手臂 14 對保管於搬出入部 11 的晶圓 W 進行搬送，將各 1 片晶圓 W 分別載置於配置於製程模組 13 之內部的 2 個載台 15。接著，處理系統 10 中，藉由製程模組 13 對載置於載台 15 的各晶圓 W 實施 SiN 膜蝕刻處理或加熱處理之後，藉由搬送手臂 14 將處理完畢之晶圓 W 搬出至搬出入部 11。

【0043】搬出入部 11 具有：作為收納複數片晶圓 W 的容器亦即 FOUP16 之載置台之複數個裝載口 (load port) 17；從載置於各裝載口 17 的 FOUP16 受取保管的晶圓 W，或將在製程模組 13 已實施規定之處理的晶圓 W 交接至 FOUP16 的裝載室模組 18；在裝載室模組 18 與傳送模組 12 之間進行晶圓 W 之交接而暫時性保持晶圓 W 的 2 個裝載鎖定模組 19；及對已實施加熱處理的晶圓 W 進行冷卻的冷藏庫 20。

【0044】裝載室模組 18 係由內部為大氣壓氛圍之矩形之筐體形成，在構成該矩形之長邊的一側面並設有複數個

裝載口 17。另外，裝載室模組 18 係於內部具有可於該矩形之長邊方向移動的搬送手臂(未圖示)。該搬送手臂係從各裝載口 17 的 FOUP16 將晶圓 W 搬入裝載鎖定模組 19，或從裝載鎖定模組 19 將晶圓 W 搬出至各 FOUP16。

【0045】各裝載鎖定模組 19，係為了將載置於大氣壓氛圍之各裝載口 17 的 FOUP16 所收納的晶圓 W，交接至內部為真空氛圍之製程模組 13，而將晶圓 W 暫時性保持。各裝載鎖定模組 19 具有將 2 片晶圓 W 保持的緩衝板 21。又，各裝載鎖定模組 19 係具有：確保裝載室模組 18 之氣密性之閘閥 22a；及確保傳送模組 12 之氣密性之閘閥 22b。另外，於裝載鎖定模組 19 藉由配管連接有未圖示的氣體導入系統及氣體排氣系統，內部可以在大氣壓氛圍與真空氛圍間進行切換。

【0046】傳送模組 12 係將未處理之晶圓 W 從搬出入部 11 搬入製程模組 13，將處理完畢之晶圓 W 從製程模組 13 搬出至搬出入部 11。傳送模組 12 係由內部為真空氛圍之矩形之筐體形成，包含：將 2 片晶圓 W 保持並移動的 2 個搬送手臂 14；將各搬送手臂 14 以可以旋轉地進行支撐的旋轉台 23；搭載有旋轉台 23 的旋轉載置台 24；及導引旋轉載置台 24 使其可於傳送模組 12 之長邊方向移動的導引軌條 25。又，傳送模組 12 係透過閘閥 22a、22b 以及後述之各閘閥 26，連接於搬出入部 11 之裝載鎖定模組 19 及各製程模組 13。傳送模組 12 中，搬送手臂 14 係從裝載鎖定模組 19 將 2 片晶圓 W 搬送至各製程模組 13，將已處理的 2 片晶圓 W 從各

製程模組 13 搬出至其他之製程模組 13 或裝載鎖定模組 19。

【0047】處理系統 10 中，各製程模組 13 係執行蝕刻對象部亦即 SiN 或 Si 之蝕刻、及加熱處理之任一。亦即，6 個製程模組 13 之中，規定個數使用於蝕刻，剩餘部分使用於蝕刻後之殘渣除去之加熱處理。蝕刻用之製程模組 13 及加熱處理用之製程模組 13 之數量依據個別之處理時間適當地決定。

【0048】處理系統 10 具有控制部 27。控制部 27 具有：具有對處理系統 10 之各構成要素之動作進行控制的 CPU 的主控制部、輸入裝置(鍵盤、滑鼠等)、輸出裝置(印表機等)、顯示裝置(顯示器等)、記憶裝置(記憶媒體)。控制部 27 之主控制部，例如依據內建於記憶裝置的記憶媒體，或設定於記憶裝置的記憶媒體所記憶的處理配方，使處理系統 10 執行規定之動作。

【0049】

<蝕刻裝置>

接著，說明上述處理系統 10 所搭載的實施本實施形態之蝕刻方法的作為蝕刻裝置而發揮功能的製程模組 13 之一例。圖 11 係概略表示於圖 10 之處理系統中作為蝕刻裝置而發揮功能的製程模組 13 之一例之剖面圖。

【0050】如圖 11 所示，作為蝕刻裝置而發揮功能的製程模組 13，係具備收納晶圓 W 的密閉構造之處理容器 28。處理容器 28，例如由鋁或鋁合金形成，上端開放，處理容器 28 之上端係藉由成為天井部的蓋體 29 閉塞。於處理容器

28之側壁部28a設置有晶圓W之搬出入口30，該搬出入口30係藉由上述之閘閥26可以開閉。

【0051】又，於處理容器28之內部之底部，係如上述般，配置有分別將各1片晶圓W以水平狀態載置的2個載台15(僅圖示一方)。載台15呈大致圓柱狀，具有：直接載置晶圓W的載置板34；及對載置板34進行支撐的基座塊35。於載置板34之內部設置有對晶圓W進行調溫的溫度調節機構36。溫度調節機構36，例如具有使溫度調節用媒體(例如水或熱傳導液)循環的管路(未圖示)，藉由流入該管路內的溫度調節用媒體與晶圓W之熱交換來進行晶圓W之溫度調整。又，於載台15使將晶圓W搬出入處理容器28之內部時使用的複數個升降銷(未圖示)相對於載置板34之上面可以突出/沒入而設置。

【0052】處理容器28之內部藉由間隔板37間隔成為上方之電漿生成空間P與下方之處理空間S。間隔板37係作為，在電漿生成空間P中生成感應耦合電漿時抑制電漿中之離子從電漿生成空間P往處理空間S之透過的所謂離子陷阱而發揮功能。電漿生成空間P為電漿生成的空間，處理空間S為對晶圓W實施基於自由基處理的蝕刻之空間。於處理容器28之外部設置有，將蝕刻使用的處理氣體供給至電漿生成空間P之第1氣體供給部61；及將調壓氣體、潔淨氣體或稀釋氣體等之未電漿化的氣體例如N₂氣體或Ar氣體等之惰性氣體供給至處理空間S之第2氣體供給部62。又，於處理容器28之底部連接有排氣機構39。排氣機構39，係

具有真空泵，進行處理空間S之內部之排氣。

【0053】於間隔板37之下，以與晶圓W呈對向的方式設置有遮熱板48。遮熱板48係為了抑制，因為在電漿生成空間P重複電漿生成致使熱蓄積於間隔板37，該熱對處理空間S中的自由基分布帶來影響者。遮熱板48形成為大於間隔板37之板狀構件44，構成周緣部的凸緣部48a係埋設於處理容器28之側壁部28a。又，於凸緣部48a埋設有冷卻機構50例如冷媒流路、急冷器或帕帖爾(peltier)元件。

【0054】第1氣體供給部61係將O₂氣體、H₂氣體、NF₃氣體、稀有氣體例如Ar氣體供給至電漿生成空間P。彼等之氣體於電漿生成空間P被電漿化。又，稀有氣體雖作為電漿生成氣體而發揮功能，亦作為壓力調整氣體或潔淨氣體等而發揮功能。

【0055】又，製程模組13構成為使用RF天線的感應耦合型之電漿蝕刻裝置。成為處理容器28之天井部的蓋體29，例如係由圓形之石英板形成，作為介質窗而構成。於蓋體29之上形成有，用於在處理容器28之電漿生成空間P生成感應耦合電漿之環狀之RF天線40，RF天線40係透過匹配器41連接於高頻電源42。高頻電源42係以規定之輸出值將適用於藉由感應耦合之高頻放電來生成電漿的規定之頻率(例如13.56MHz以上)之高頻電力予以輸出。匹配器41具有用於取得高頻電源42側之阻抗與負載(RF天線40或電漿)側之阻抗之匹配的電抗可變之匹配電路(未圖示)。

【0056】製程模組13之中，針對作為實施加熱處理的

加熱處理裝置而發揮功能者之詳細並未圖示，係和圖 11 所示蝕刻裝置同樣，在處理容器內配置有 2 個載台 15。但是，蝕刻裝置為不同，不具有電漿生成機構，成為邊對處理容器內供給惰性氣體，邊藉由設置於載台 15 內的加熱器對載置於載台 15 上的晶圓 W 加熱至規定溫度的構成，藉由對蝕刻後之晶圓 W 進行加熱，而將晶圓 W 上之蝕刻殘渣或反應生成物除去。

【0057】依據上述處理系統 10，在實施上述實施形態的蝕刻方法時，首先，藉由裝載室模組 18 之搬送手臂從 FOUP16 取出例如具有圖 2 所示構造的晶圓 W，並搬入裝載鎖定模組 19。將裝載鎖定模組 19 抽真空之後，藉由傳送模組 12 之搬送手臂 14 將裝載鎖定模組 19 內之晶圓 W 搬入作為蝕刻裝置而發揮功能的製程模組 13 (步驟 1)。

【0058】接著，從第 2 氣體供給部 62，將作為調壓氣體之例如 N₂ 氣體導入處理容器 28 內，將處理容器 28 內之壓力例如設為 1000~4000mTorr (133~533Pa)，並且在藉由溫度調節機構 36 調溫成為 5~85℃ 的載台 15 上將晶圓 W 保持規定時間例如 30sec，使晶圓溫度穩定於規定溫度。

【0059】接著，對處理容器 28 內實施潔淨之後，將處理容器 28 內之壓力，較好是設為 1~3000mTorr (0.13~400Pa)，例如設為 500mTorr (66.5Pa)，進行步驟 2 之含氧電漿處理。含氧電漿處理，係從第 1 氣體供給部 61 對電漿生成空間 P 供給 O₂ 氣體之同時，對 RF 天線 40 供給高頻電力而生成感應耦合電漿亦即 O₂ 電漿。此時，除 O₂ 氣體以

外，供給 H_2 氣體及 Ar 氣體等之稀有氣體之至少 1 種亦可。

【0060】電漿生成空間 P 中生成的 O_2 電漿，係被搬送至處理空間 S。此時，藉由間隔板 37 使 O_2 離子失活， O_2 電漿之中之主要的 O 自由基選擇性被導入處理空間 S。藉由該 O 自由基對晶圓 W 之蝕刻對象部實施改質處理(氧化處理)。此時，凹部頂部之 O 自由基的濃度較高，因此蝕刻對象部表面之凹部頂部優先被改質，相對性難蝕刻的改質層之厚度在凹部頂部變為較厚。因此之後之蝕刻中，蝕刻對象部之凹部頂部之蝕刻量和其他部分比較相對地被抑制。藉此，可以抑制凹部頂部之蝕刻量與凹部底部之蝕刻量的差，可以實現更均勻的蝕刻。又，成為以 O 自由基作為主體的處理，因此對晶圓 W 之離子損傷較小。

【0061】又，在蝕刻對象部之表面形成有內藏有碳的損傷層之情況下，藉由進行含氧電漿處理，可以從蝕刻對象部表面之損傷層將碳作為 CO 予以除去。因此在接續之蝕刻工程中，可以增加凹部全體之蝕刻對象部之蝕刻量。

【0062】藉由該效果與基於改質層之形成而相對抑制蝕刻對象部之凹部頂部之蝕刻量的效果的相乘效果，蝕刻後，可以增加凹部全體之蝕刻對象部之蝕刻量，且可以抑制凹部頂部之蝕刻量與凹部底部之蝕刻量的差。

【0063】此時，氣體流量以 O_2 氣體流量：1~1000 sccm， H_2 氣體流量：1~500 sccm，稀有氣體 (Ar 氣體) 流量：1~1500 sccm 為較佳。又，電漿生成電力以 50~950W 為較佳。又，處理時間以 10~180 sec 為較佳。

【0064】在以上這樣的含氧電漿處理之後，進行處理容器28內之潔淨，從處理空間S內將蝕刻氣體排出。

【0065】接著，將處理容器28內之壓力，較好是設為1~3000mTorr(0.13~400Pa)，例如設為225mTorr(30Pa)，進行步驟3之各向同性乾蝕刻。各向同性乾蝕刻，係從第1氣體供給部61向電漿生成空間P供給含氟氣體亦即 NF_3 氣體之同時，對RF天線40供給高頻電力而生成感應耦合電漿亦即含氟電漿。此時，除 NF_3 氣體以外供給 O_2 氣體及Ar氣體等之稀有氣體之至少1種亦可。

【0066】電漿生成空間P中生成的含氟電漿，係被搬送至處理空間S。此時，藉由間隔板37使F離子失活，電漿之中之主要的F自由基選擇性被導入處理空間S。藉由該F自由基使蝕刻對象部亦即SiN膜或Si膜被進行各向同性蝕刻。此時，如上述般，藉由含氧電漿處理，在O自由基濃度較高的凹部頂部之蝕刻對象部中形成更厚的改質層，因此凹部頂部與凹部底部中的蝕刻量之差被抑制。又，在蝕刻對象部之表面形成有內藏有碳的損傷層之情況下，藉由含氧電漿處理可以增加凹部全體之蝕刻對象部之蝕刻量，且可以抑制凹部頂部之蝕刻量與凹部底部之蝕刻量的差。

【0067】又，蝕刻時，藉由在 NF_3 氣體進一步添加 O_2 氣體，蝕刻時亦可以獲得基於O自由基的凹部頂部之改質效果(氧化效果)。為了獲得該效果， NF_3 氣體流量相對於 O_2 氣體流量之比 NF_3/O_2 為0.01以上為較佳。又，氣體流量以 NF_3 氣體流量：1~1000sccm， O_2 氣體流量：

1~1000sccm，稀有氣體(Ar氣體)流量：1~1500sccm為較佳。又，電漿生成電力以50~950W之範圍為較佳。又，處理時間對應於蝕刻量適當地設定。

【0068】基於蝕刻對象部之應蝕刻量，會有1次之含氧電漿處理中改質效果不充分之情況，該情況下，重複規定次數之上述步驟2與步驟3。

【0069】蝕刻結束後，進行處理容器28內之潔淨，藉由內建於傳送模組12的搬送手臂14將處理後之晶圓W從處理容器28搬出。蝕刻後之殘渣除去之加熱處理為必要之情況下，藉由搬送手臂14將蝕刻後之晶圓W搬送至作為加熱裝置而發揮功能的製程模組13，進行加熱處理。蝕刻處理或加熱處理結束之後，藉由搬送手臂14將晶圓W搬送至裝載鎖定模組19，將裝載鎖定模組19設為大氣氛圍之後，藉由裝載室模組18之搬送手臂，使裝載鎖定模組19內之晶圓W返回FOUP16。

【0070】藉由以上這樣的處理系統10，蝕刻對象部之含氧電漿處理與各向同性乾蝕刻處理可以在同一處理容器內連續進行，因此可以高生產量進行處理。

【0071】

<實驗例>

【0072】以下，對實驗例進行說明。

[實驗例1]

於此，使用作為上述圖10~11所示處理系統10之蝕刻裝置而發揮功能的製程模組13，對圖2的構造之晶圓，藉

由以下之狀況 A~C 實施了狹縫 SiN 膜及積層 SiN 膜之蝕刻。

【0073】狀況 A 中，不進行含氧電漿處理，僅進行了使用 NF₃ 氣體、Ar 氣體、O₂ 氣體之各向同性蝕刻處理各向同。此時的條件如以下。

壓力：150~300mTorr(20~40Pa)

氣體流量：NF₃=1~100sccm

O₂：1~400sccm

Ar 氣體=1~200sccm

載台(載置板)溫度：5~60℃

時間：480sec

高頻電力：400~800W

【0074】狀況 B 中，使用 O₂ 氣體、H₂ 氣體、Ar 氣體進行了含氧電漿處理後，使用 NF₃ 氣體、Ar 氣體、O₂ 氣體進行了各向同性蝕刻處理。此時的條件如以下。

・含氧電漿處理

壓力：400~600mTorr(53.2~79.8Pa)

氣體流量：O₂=200~400sccm

H₂=1~100sccm

Ar=1~100sccm

載台(載置板)溫度：5~60℃

時間：60sec

高頻電力：400~800W

・蝕刻處理

與狀況 A 相同

【0075】狀況 C 中，與狀況 B 同樣，在氧化電漿處理之後，進行各向同性蝕刻處理，且使含氧電漿處理時的 O₂ 氣體流量比起狀況 B 增加，使各向同性蝕刻處理之總氣體流量比起狀況 B 增加。此時的條件如以下。

【0076】

·含氧電漿處理

壓力：400~600mTorr(53.2~79.8Pa)

氣體流量：O₂=500~700sccm

H₂=1~100sccm

Ar=1~100sccm

載台(載置板)溫度：5~60℃

時間：60sec

高頻電力：400~800W

·蝕刻處理

壓力：150~300mTorr(20~40Pa)

氣體流量：NF₃=1~100sccm

O₂：100~400sccm

Ar氣體=50~250sccm

載台(載置板)溫度：5~60℃

時間：480sec

高頻電力：400~800W

【0077】在狀況 A~C 之蝕刻之後，針對溝(狹縫)深度方向 4 點(頂、中間 1、中間 2、底)，計算積層 SiN 之蝕刻量及頂與底之蝕刻量之差(ΔEA)。該結果示出如以下。

· 狀況 A

頂：21.8nm

中間 1：19.8nm

中間 2：17.2nm

底：11.2nm

 ΔEA ：10.6nm

· 狀況 B

頂：25.1nm

中間 1：25.1nm

中間 2：21.2nm

底：21.2nm

 ΔEA ：3.9nm

· 狀況 C

頂：20.5nm

中間 1：20.5nm

中間 2：20.6nm

底：19.8nm

 ΔEA ：0.7nm

【0078】從以上之結果，比較不進行含氧電漿處理的狀況 A 與進行了含氧電漿處理狀況 B 後，確認了藉由進行含氧電漿處理，可以減低溝頂部與溝底部之蝕刻量之差。又，比較都進行了含氧電漿處理的狀況 B 與狀況 C 後，確認了蝕刻處理時 O₂ 氣體量較多的狀況 C，可以減低溝頂部與溝底部之蝕刻量之差。

【0079】又，對圖4之構造之晶圓同樣藉由狀況A~C實施積層SiN之蝕刻後亦可以獲得同樣結果。

【0080】

[實驗例2]

於此，針對在狹縫SiN膜之表面形成有損傷層的晶圓，進行含氧電漿處理之後進行了蝕刻之情況，與不進行含氧電漿處理而進行了蝕刻之情況，實施了狹縫SiN膜及積層SiN膜之蝕刻。具體而言，作為裝置係使用處理系統10之製程模組13，作為晶圓係使用具有圖2的構造，且在狹縫SiN膜之表面形成有損傷層的晶圓。針對彼等，計算溝(狹縫)深度方向3點(頂、中間、底)之積層SiN之蝕刻量及頂與底之蝕刻量之差(ΔEA)。

【0081】又，含氧電漿處理之條件係和實驗例1之狀況B同樣，蝕刻之條件除時間設為441sec以外，其他都和實驗例1之狀況A同樣。

【0082】該結果如圖12所示。如該圖所示，確認了在狹縫SiN膜之表面形成有損傷層之情況下，藉由含氧電漿處理，藉由從蝕刻對象部表面之損傷層將碳作為CO予以除去效果，與相對地增大溝頂部之改質程度之效果，可以增多整體之蝕刻量之同時，可以縮小頂與底之蝕刻量之差(ΔEA)。

【0083】

<其他之適用>

以上，說明實施形態，但此次揭示的實施形態全部之

點應視為僅為例示並非用來限制者。上述之實施形態，在不脫離申請專利範圍及其主旨之範圍內，以各種形態進行省略、置換、變更亦可。

【0084】例如上述實施形態中示出，對狹縫SiN膜與積層SiN膜之一部分進行蝕刻的情況，及不存在狹縫SiN而對積層SiN膜進行蝕刻的情況，但不限定於此，針對在任意的構造部所形成的凹部之內面存在的SiN或Si亦適用。

【0085】又，上述實施形態之裝置僅為例示，可以使用各種構成之裝置。又，作為被處理基板示出使用半導體晶圓的情況，但不限定於半導體晶圓，可以是以LCD(液晶顯示器)用基板為代表的FPD(平板顯示器)基板或陶瓷基板等之其他基板。

【符號說明】

【0086】

13：製程模組(蝕刻裝置)

15：載台

28：處理容器

37：間隔板

39：排氣機構

40：RF天線

42：高頻電源

61：第1氣體供給部

62：第2氣體供給部

100：矽基體

102：積層構造部

103：溝(凹部)

111： SiO_2 膜

112：SiN膜

113：狹縫SiN膜

120：改質層

130：損傷層

P：電漿生成空間

S：處理空間

W：晶圓(基板)

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種蝕刻方法，係具有：

將基板設置於處理容器內的工程，該基板為具有凹部且在該凹部之內表面存在有由SiN或Si形成的蝕刻對象部的基板，並且是在前述蝕刻對象部之表面存在內含碳的損傷層的基板；

於處理容器內在前述蝕刻對象部的蝕刻之前先對前述基板進行含氧電漿處理，除去前述損傷層中的前述碳並且對前述凹部之頂部中的前述蝕刻對象部之表面優先進行改質的工程；及

接著，對已經除去了前述損傷層的前述蝕刻對象部以各向同性進行乾蝕刻的工程。

【第2項】

如申請專利範圍第1項之蝕刻方法，其中
前述凹部為溝或孔。

【第3項】

如申請專利範圍第2項之蝕刻方法，其中
前述凹部係直徑或寬度為300nm以下，且深寬比為25以上。

【第4項】

如申請專利範圍第1至3項中任一項之蝕刻方法，其中
前述基板係具有SiO₂與SiN之積層構造，前述凹部係形成於前述積層構造，在前述凹部之內面存在有前述積層

構造的前述 SiO_2 與前述 SiN ，前述積層構造的前述 SiN 之一部分為前述蝕刻對象部。

【第5項】

如申請專利範圍第1至3項中任一項之蝕刻方法，其中
前述基板係具有 SiO_2 與 SiN 之積層構造，前述積層構造係在前述凹部之內面具有其他之 SiN ，前述蝕刻對象部為前述其他之 SiN 之全部、及前述積層構造的前述 SiN 之一部分，前述乾蝕刻工程係對前述其他之 SiN 與前述積層構造的前述 SiN 之一部分進行蝕刻。

【第6項】

如申請專利範圍第1至3項中任一項之蝕刻方法，其中
前述含氧電漿處理係單獨使用 O_2 氣體或使用 O_2 氣體和 H_2 氣體和稀有氣體中之至少1種來進行。

【第7項】

如申請專利範圍第1至3項中任一項之蝕刻方法，其中
前述含氧電漿處理，係藉由遠距電漿進行，基板主要由含氧電漿中之氧自由基進行處理。

【第8項】

如申請專利範圍第1至3項中任一項之蝕刻方法，其中
前述含氧電漿處理係在 $0.13 \sim 400 \text{Pa}$ 之範圍之壓力下進行。

【第9項】

如申請專利範圍第1至3項中任一項之蝕刻方法，其中
前述乾蝕刻工程係藉由含氟氣體進行。

【第10項】

如申請專利範圍第9項之蝕刻方法，其中
前述含氟氣體係包含 NF_3 氣體。

【第11項】

如申請專利範圍第9項之蝕刻方法，其中
前述乾蝕刻工程係藉由前述含氟氣體與 O_2 氣體進行。

【第12項】

如申請專利範圍第11項之蝕刻方法，其中
前述乾蝕刻工程，係以含氟氣體之流量相對於 O_2 氣體
之流量之比成為 0.01 以上的方式進行。

【第13項】

如申請專利範圍第1至3項中任一項之蝕刻方法，其中
前述乾蝕刻工程係藉由主要使用自由基的電漿處理來
進行。

【第14項】

如申請專利範圍第1至3項中任一項之蝕刻方法，其中
前述乾蝕刻工程係在 0.13~400Pa 之範圍之壓力下進
行。

【第15項】

如申請專利範圍第1至3項中任一項之蝕刻方法，其中
前述改質工程和前述乾蝕刻工程係在同一處理容器內
進行。

【第16項】

如申請專利範圍第1至3項中任一項之蝕刻方法，其中

前述改質工程和前述乾蝕刻係重複進行複數次。

【第 17 項】

一種蝕刻裝置，係具有：

收納基板的處理容器，該基板為具有凹部且在該凹部之內表面存在有由 SiN 或 Si 形成的蝕刻對象部的基板，並且是在前述蝕刻對象部之表面存在內含碳的損傷層的基板；

間隔部，係將前述處理容器間隔為上部之電漿生成空間及下部之處理空間；

氣體供給部，係對前述電漿生成空間供給氧氣體、含氟氣體；

電漿生成機構，係於前述電漿生成空間生成氧氣體及/或含氟氣體之電漿；

載置台，用於載置設置於前述處理空間的前述基板；

排氣機構，係對前述處理容器內實施真空排氣；及

控制部；

前述控制部，係以執行以下工程的方式進行控制：

將前述基板設置於處理容器內的工程；

於處理容器內在前述蝕刻對象部的蝕刻之前先於前述電漿生成空間生成含氧電漿，主要將前述含氧電漿中的氧自由基從前述電漿生成空間輸送至前述處理空間，藉由前述氧自由基除去前述損傷層中的前述碳並且對前述凹部之頂部中的前述蝕刻對象部之表面優先進行改質的工程；

於前述電漿生成空間生成含氟電漿，主要將前述含氟

電漿中的氟自由基從前述電漿生成空間輸送至前述處理空間，藉由前述氟自由基對已經除去了前述損傷層的前述蝕刻對象部以各向同性進行乾蝕刻的工程。

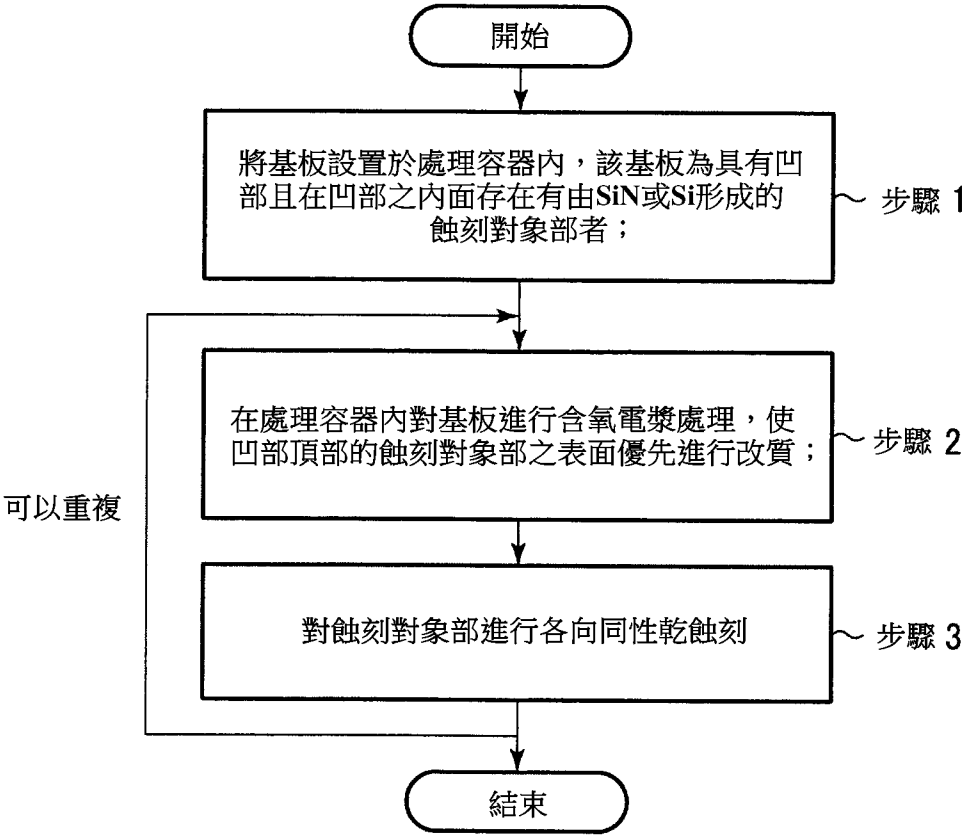
【第 18 項】

如申請專利範圍第 17 項之蝕刻裝置，其中
前述控制部係以重複進行複數次前述改質工程與前述蝕刻工程的方式進行控制。

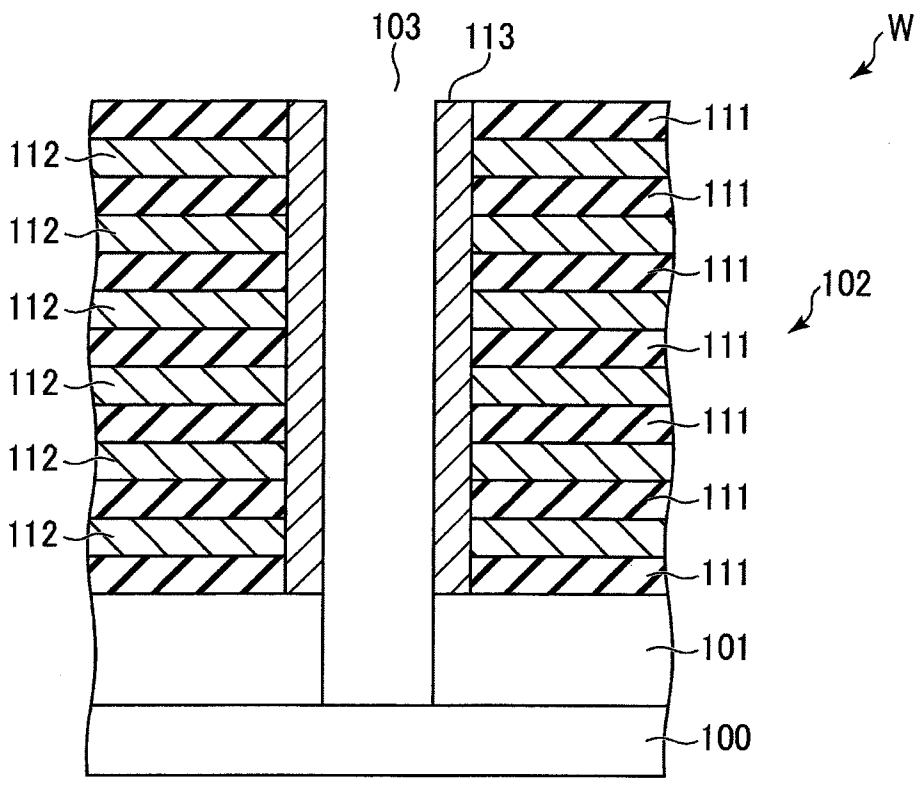
【第 19 項】

如申請專利範圍第 17 或 18 項之蝕刻裝置，其中
前述控制部，在前述蝕刻工程時，係以添加氧氣體的方式進行控制。

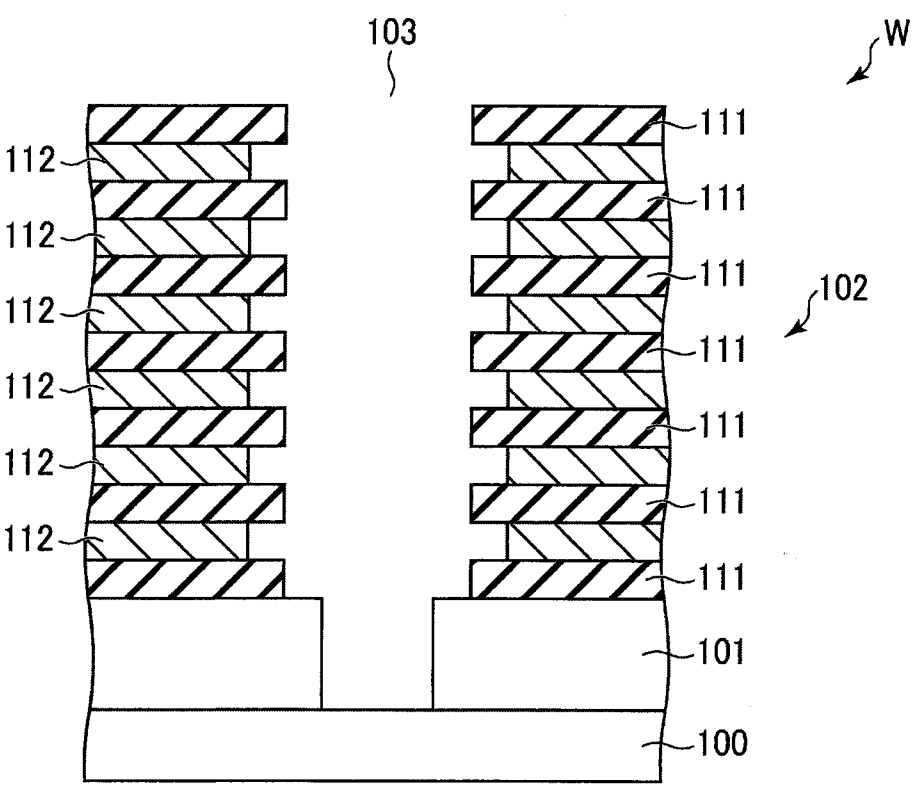
【發明圖式】



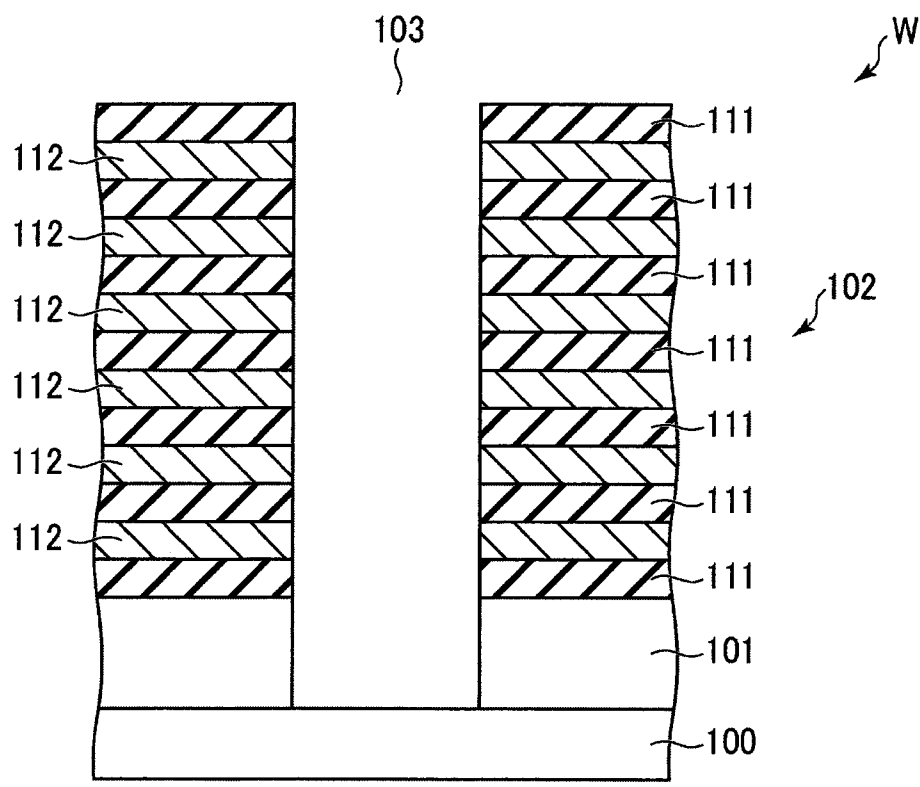
【圖 1】



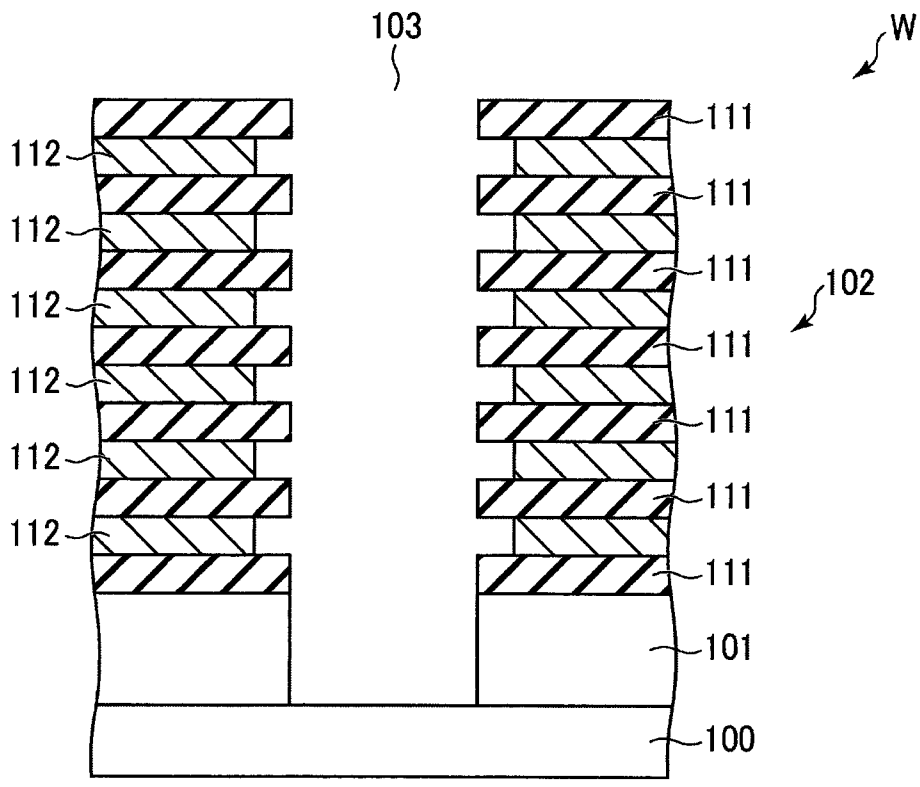
【圖 2】



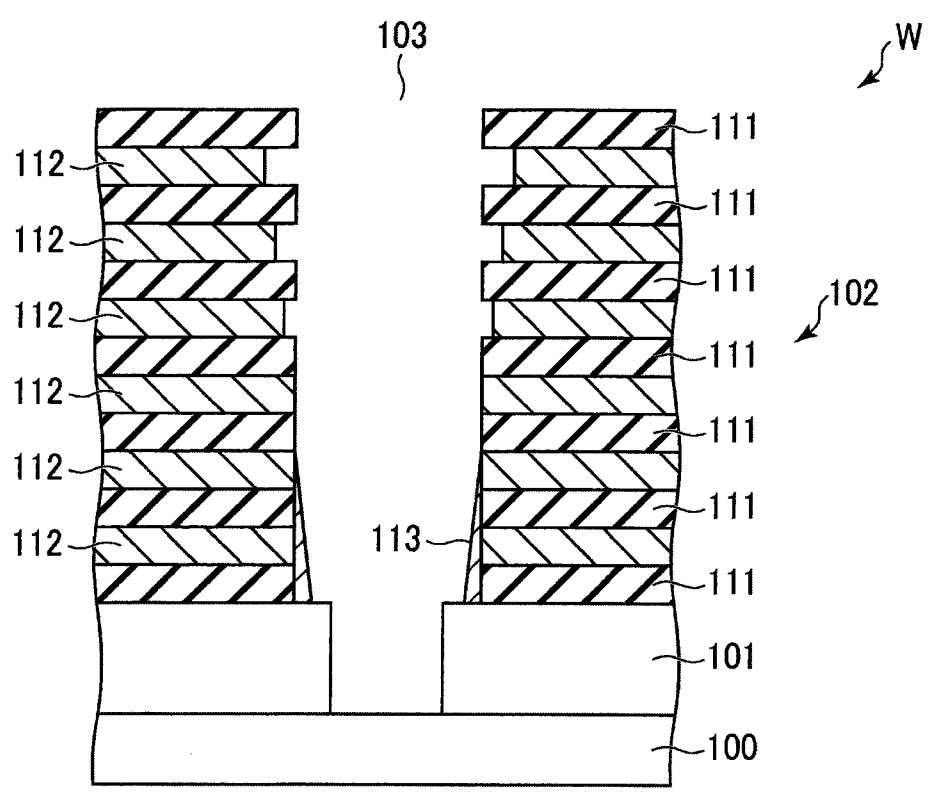
【圖 3】



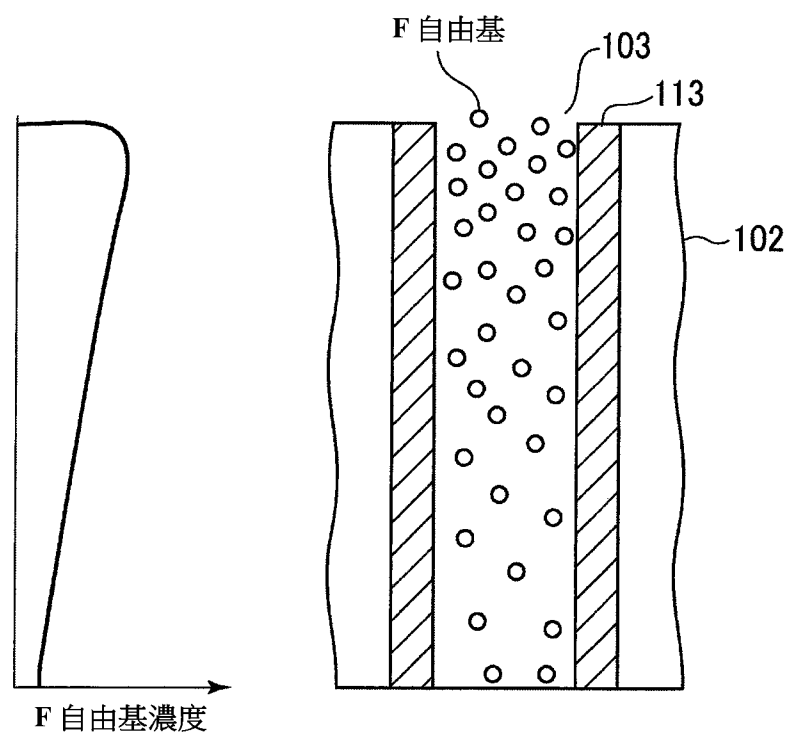
【圖 4】



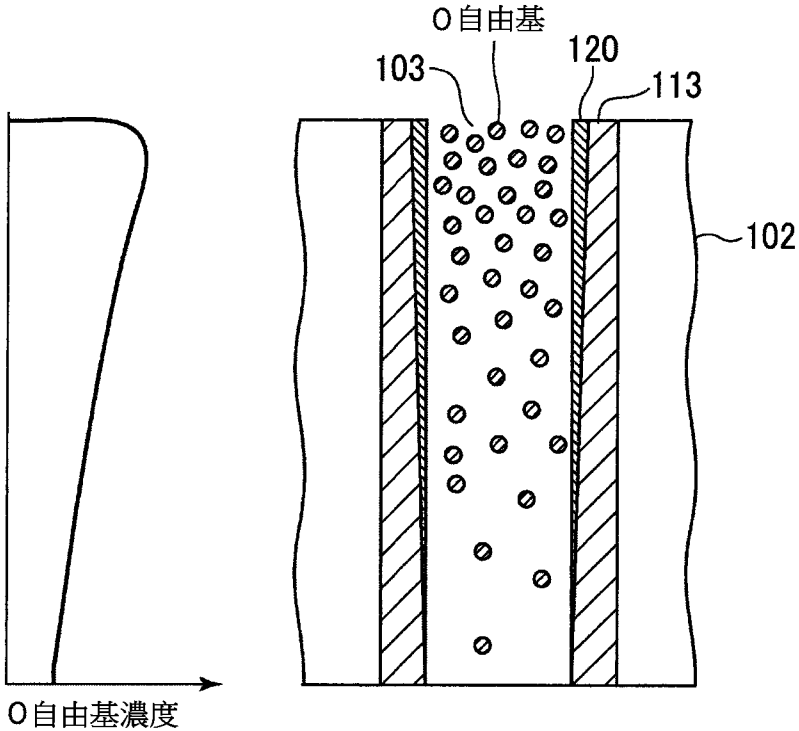
【圖 5】



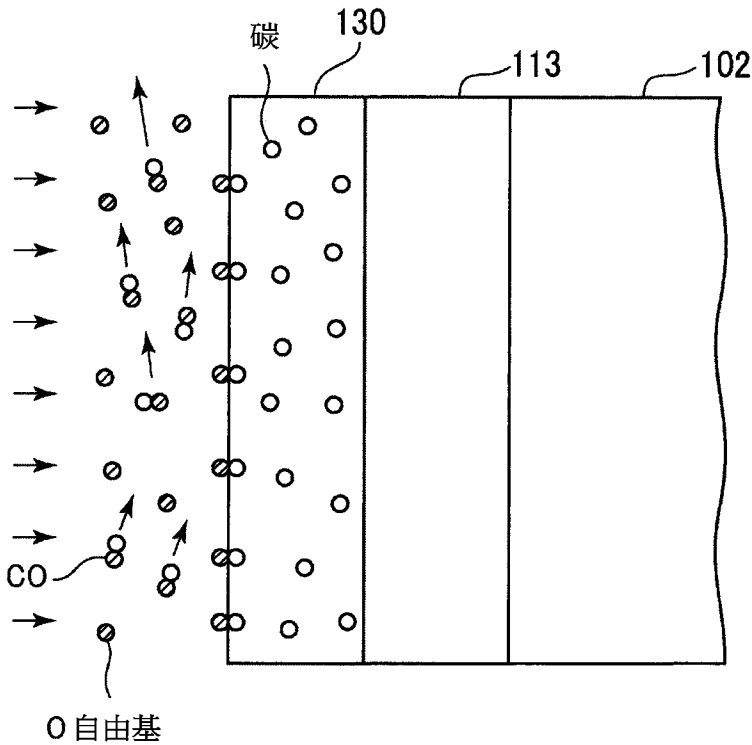
【圖 6】



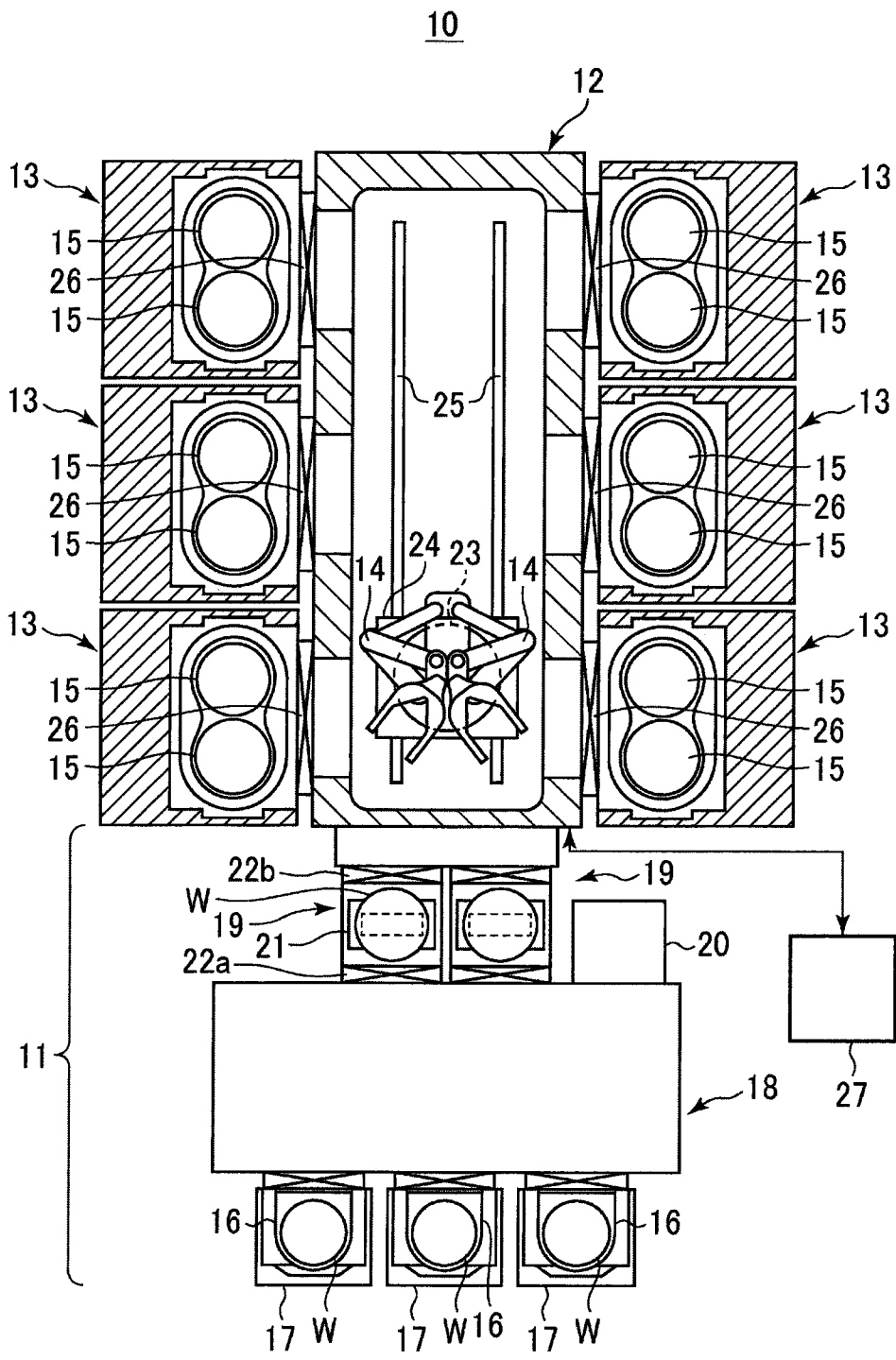
【圖 7】



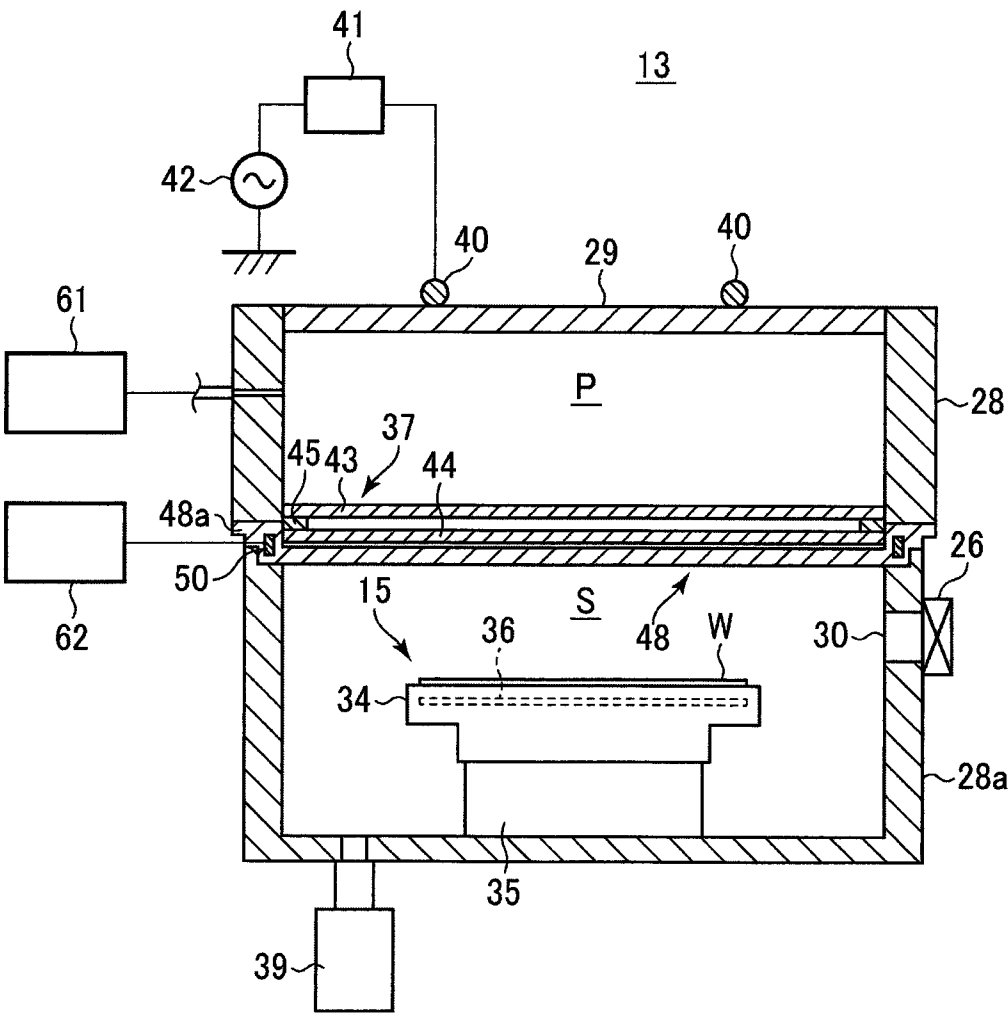
【圖 8】



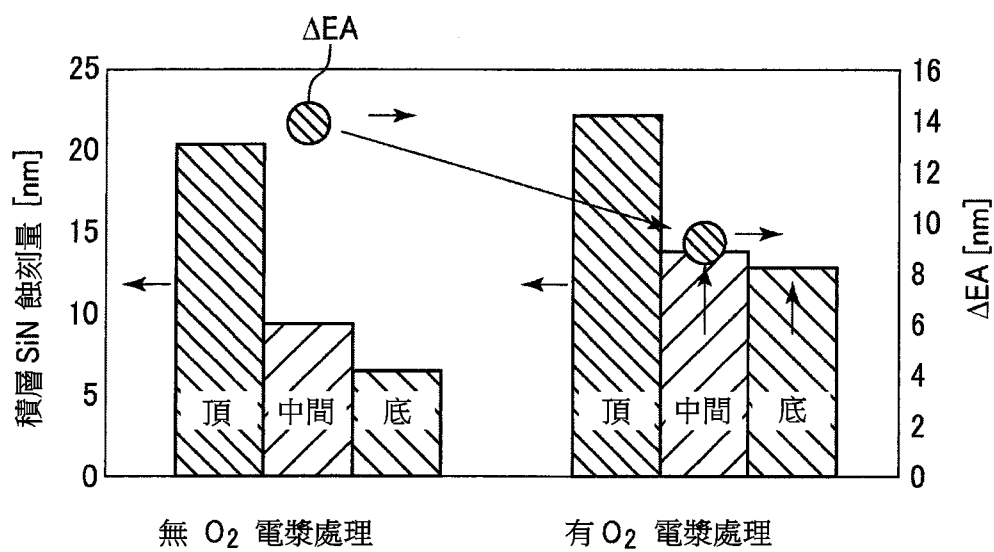
【圖 9】



【圖 10】



【圖 11】



【圖 12】