



(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 I674597 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 10 月 11 日

(21)申請案號：105107284

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 03 月 10 日

(51)Int. Cl. : **H01F41/14 (2006.01)****H01L21/3065(2006.01)**

(30)優先權：2015/03/12 日本

2015-049022

(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：田原慈 TAHARA, SHIGERU (JP)；西村榮一 NISHIMURA, EIICHI (JP)

(74)代理人：林秋琴；陳彥希；何愛文

(56)參考文獻：

TW 201423860A

JP 2011-14679A

US 2014/0256078A1

審查人員：劉守禮

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：19 共 56 頁

(54)名稱

蝕刻磁性層之方法

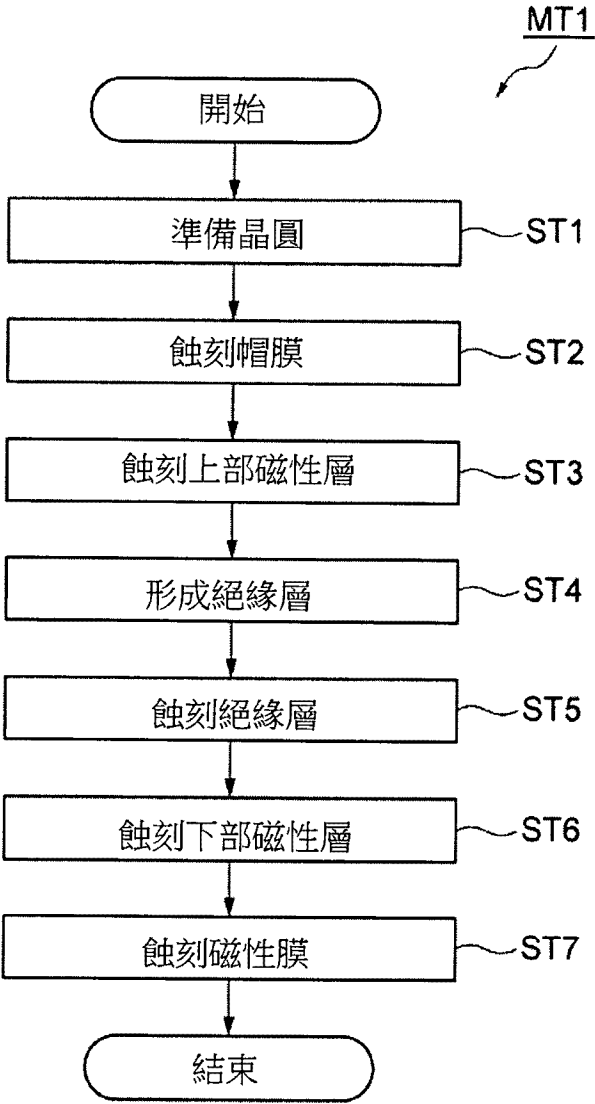
(57)摘要

提供一種蝕刻磁性層的方法。

一實施形態之方法係包含：將具有磁性層之被處理體載置於電漿處理裝置之處理容器內所設置的靜電夾具上之工序；以及在處理容器內生成含有異丙醇及二氧化碳之處理氣體的電漿，以蝕刻磁性層的工序。一實施形態中，係將處理容器內之空間壓力設定為 1.333Pa 以下的壓力，將靜電夾具溫度設定為-15 度以下的溫度，將異丙醇之分壓設定為該異丙醇之飽和蒸氣壓以下的分壓。

指定代表圖：

圖 1



符號簡單說明：

ST1 . . . 準備晶圓

ST2 . . . 蝕刻帽膜

ST3 . . . 蝕刻上部
磁性層

ST4 . . . 形成絕緣
層

ST5 . . . 蝕刻絕緣
層

ST6 . . . 蝕刻下部
磁性層

ST7 . . . 蝕刻磁性
膜

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

蝕刻磁性層之方法

【技術領域】

本發明係關於一種蝕刻磁性層的方法。

【先前技術】

在電子元件之製造中，為了對被處理體之被蝕刻層進行垂直異向性蝕刻，一般而言係使用電漿蝕刻。電漿蝕刻亦被用於蝕刻由磁阻式隨機存取記憶體(Magnetic Random Access Memory：MRAM)所包含之磁性層，亦即磁性材料所構成之層。磁性材料係難蝕刻材料，關於其電漿蝕刻用的處理氣體，係進行了各種研究。例如，日本特開 2005-42143 號公報係記載有關於使用含醇之處理氣體的磁性層之電漿蝕刻。具體而言，日本特開 2005-42143 號公報係記載有使用含有異丙醇之處理氣體的磁性層之電漿蝕刻。

在使用含有異丙醇之處理氣體的磁性層之電漿蝕刻中，含有來自異丙醇之碳的沉積物會過多地附著於被處理體表面，而阻害蝕刻磁性層之垂直異向性。從而，為了去除此般沉積物，日本特開 2005-42143 號公報係記載有於處理氣體添加有氧氣、 H_2O 之含氧原子之氣體的技術。

【先前技術文獻】

【專利文獻】

專利文獻 1：日本特開 2005-42143 號公報

為了去除附著於被處理體表面之沉積物，而在處理氣體添加氧氣時，雖然沉積物會被去除，但卻會讓氧活性基氧化磁性材料。其結果，便會使得磁氣特性劣化。又，由於異丙醇之爆炸底限為 2%，故在處理氣體添加氧氣的情況，為了確保排氣管線的安全性，便需要以大量非活性氣體來稀釋

異丙醇。然而，由於利用大量非活性氣體來稀釋異丙醇會使得蝕刻劑濃度下降，故難以得到良好的蝕刻結果。

又，亦考量於處理氣體添加 H_2O 來取代氧氣。然而，在處理氣體添加 H_2O 時，便會對 MRAM 所包含之穿隧障壁層般的相對於 H_2O 具有潮解性的層添加損傷。如此般，使用含有異丙醇之處理氣體的有效之磁性層的蝕刻方法現階段並不存在。於是，便考量使用含有甲醇之處理氣體來取代異丙醇。

於是，磁性層之電漿蝕刻中，便需要(i)讓蝕刻劑，亦即蝕刻劑氣體及/或其裂解物充分地吸附於磁性層表面，(ii)藉由離子能來將磁性材料轉變為易氣化之物質(反應生成物)，(iii)讓該反應生成物揮發。該等三個要件中，為了滿足(i)的要件，便需要提高蝕刻劑之吸附披覆率。吸附披覆率係蝕刻劑因吸附而披覆於磁性層表面之面積的比率，蝕刻劑之分壓會在飽和蒸氣壓以下且越靠近飽和蒸氣壓則越高。另一方面，為了滿足(iii)的要件，亦即為了讓反應生成物揮發，便需要在低壓條件實行電漿蝕刻。

由上述理由看來，在磁性層之電漿蝕刻中，係需要在低壓條件下提升蝕刻劑之吸附披覆率。亦即，需要使用具有低飽和蒸氣壓之蝕刻劑氣體而在低壓條件下進行磁性層之電漿蝕刻。從而，並非具有高飽和蒸氣壓之甲醇，而是藉由在低壓下使用具有低飽和蒸氣壓的異丙醇，來滿足上述(i)及(iii)的要件便是有效果的。然而，使用異丙醇之磁性層的蝕刻方法如上述般，係存在有所謂磁性層因氧化而損傷之問題。

由相關背景看來，在使用含有異丙醇之處理氣體的磁性層之蝕刻中，係需要去除含碳之沉積物，且抑制因氧化所導致之磁性層的損傷。

【發明內容】

一態樣中，係提供一種蝕刻磁性層的方法。此方法係包含：(a)將具有磁性層之被處理體載置於電漿處理裝置之處理容器內所設置的靜電夾具上之工序；以及(b)在處理容器內生成含有異丙醇及二氧化碳之處理氣體的電漿，以蝕刻磁性層的工序。

由於上述方法係在處理氣體含有異丙醇，故即便在低壓下，仍可得到

相對於磁性層之異丙醇及其裂解物，亦即蝕刻劑的高吸附披覆率。又，可在低壓下讓反應生成物揮發。進一步地，處理氣體所包含之二氧化碳的電漿雖然氧活性基之產生量較少，但具有高灰化率。從而，根據此方法，便可在使用含有異丙醇之處理氣體的磁性層之蝕刻中，去除含碳之沉積物，且抑制因氧化所導致之磁性層的損傷。

一實施形態之蝕刻磁性層之工序中，係將處理容器內之空間壓力設定為 1.333 帕斯卡以下的壓力，將靜電夾具溫度設定為 -15°C 以下的溫度，將處理氣體中之異丙醇的分壓設定為在靜電夾具之溫度下的該異丙醇之飽和蒸氣壓以下的分壓。一實施形態之蝕刻磁性層之工序中，異丙醇之分壓亦可設定為該異丙醇之飽和蒸氣壓以下，且為該飽和蒸氣壓的 2%以上之分壓。又，一實施形態之蝕刻磁性層之工序中，亦可將靜電夾具溫度設定為 -15°C 以下且 -50°C 以上的溫度。根據該等實施形態，便可更有效率地實現蝕刻劑之高吸附披覆率及反應生成物之揮發。

一實施形態中，被處理體亦可具有：基底層；設置於該基底層上之磁性膜；以及含有設置於該磁性膜上之下部磁性層、穿隧障壁層以及上部磁性層的磁性穿隧接合層。在此實施形態之蝕刻磁性層之工序中，磁性膜及磁性穿隧接合層可作為磁性層而被加以蝕刻。

一實施形態中，電漿處理裝置係具備有包含該靜電夾具之支撐構造體，支撐構造體亦可構成為讓該靜電夾具繞靜電夾具之中心軸線來旋轉，且讓該支撐構造體旋轉於正交於中心軸線之傾斜軸線中心。此實施形態之蝕刻磁性層之工序係含有：在相對於垂直方向而水平地支撐被處理體的狀態下來生成該電漿之工序；以及在讓被處理體相對於垂直方向而傾斜，且讓該被處理體旋轉的狀態下，來生成該電漿的工序。在水平地支撐被處理體的狀態下來進行磁性層的蝕刻時，反應生成物會附著於蝕刻所形成之形狀的側面。在讓被處理體相對於垂直方向而傾斜，且讓該被處理體旋轉的狀態下來生成電漿時，便可讓來自電漿之活性基朝向蝕刻所形成之形狀的側面全區域來射入。又，可在被處理體面內讓活性基均勻地射入。從而，根據此實施形態，便可在蝕刻所形成之形狀的側面全區域中，去除附著於該側面之沉積物，而可提高該形狀之垂直性。又，可在被處理體之面內均勻地

進行沉積物之去除，而提升蝕刻所形成之形狀的面內均勻性。

如上述說明，便可在使用含有異丙醇之處理氣體之磁性層之蝕刻中，去除含碳之沉積物，且抑制因氧化所導致之磁性層的損傷。

【圖式簡單說明】

圖 1 係顯示第 1 實施形態相關之蝕刻方法的流程圖。

圖 2 之(a)部分係例示可適用圖 1 所示之蝕刻方法的被處理體之剖面圖。(b)~(d)部分係例示藉由圖 1 所示之蝕刻方法的各工序所得到之產物的剖面圖。

圖 3 之(a)~(d)部分係顯示藉由第 1 實施形態之方法 MT 的各工序所得到之產物的剖面圖。

圖 4 係概略地顯示可用於實施圖 1 所示之方法的電漿處理裝置之一範例的圖式。

圖 5 係顯示醇之飽和蒸氣壓曲線的圖式。

圖 6 係顯示二氧化碳之電漿及氧氣之電漿的發光分光測量的結果之圖式。

圖 7 係概略地顯示蝕刻後之被處理體的剖面圖。

圖 8 係顯示第 2 實施形態相關之蝕刻方法的流程圖。

圖 9 係概略地顯示可用於實施圖 8 所示之方法的電漿處理裝置之一範例的圖式。

圖 10 係概略地顯示可用於實施圖 8 所示之方法的電漿處理裝置之一範例的圖式。

圖 11 係顯示圖 9 所示之電漿處理裝置的電漿源之圖式。

圖 12 係顯示圖 9 所示之電漿處理裝置的電漿源之圖式。

圖 13 係顯示圖 9 所示之電漿處理裝置的支撐構造體的剖面圖。

圖 14 係顯示圖 9 所示之電漿處理裝置的支撐構造體的剖面圖。

圖 15 之(a)部分係顯示第 2 實施形態之被處理體的剖面圖。(b)~(d)部分係例示藉由第 2 實施形態之方法 MT2 的各工序所得到之產物的剖面圖。

圖 16 之(a)~(d)部分係顯示藉由第 2 實施形態之方法 MT2 的各工序所得

到之產物的剖面圖。

圖 17 之(a)~(d)部分係顯示藉由第 2 實施形態之方法 MT2 的各工序所得之產物的剖面圖。

圖 18 係顯示將載置有晶圓 W 之支撐構造體設定為傾斜狀態之模樣的圖式。

圖 19 係顯示第 3 實施形態相關之蝕刻方法的流程圖。

【實施方式】

以下，便參照圖式就各種實施形態來詳細地說明。另外，各圖式中係對相同或相當的部分附加相同符號。

(第 1 實施形態)

圖 1 係顯示第 1 實施形態相關之蝕刻方法的流程圖。圖 1 所示之方法 MT1 係藉由對被處理體之電漿處理來蝕刻磁性材料的方法。

圖 2 之(a)部分係例示可適用圖 1 所示之蝕刻方法的被處理體之剖面圖。圖 2 之(b)~(d)部分及圖 3 之(a)~(d)部分係例示藉由圖 1 所示之蝕刻方法的各工序所得之產物的剖面圖。圖 2 之(a)部分所示之被處理體係含有由磁性材料所構成之層，且具有晶圓 W 的形態。晶圓 W 係含有構成 MRAM 元件之多層膜，具體而言，具有基底層 L1、磁性膜 L2、磁性穿隧接合層 L3(以下稱為「MTJ 層 L3」、帽膜 L4 以及遮罩 MSK。

基底層 L1 係可例如由 Ta 或 Ru 等所構成。磁性膜 L2 係設置於基底層 L1 上，並可例如由 CoPt 所構成。MTJ 層 L3 係設置於磁性膜 L2 上，並具有下部磁性層 L31、絕緣層 L32(穿隧障壁層)以及上部磁性層 L33。絕緣層 L32 係設置於下部磁性層 L31 上，上部磁性層 L33 係設置於絕緣層 L32 上。下部磁性層 L31 及上部磁性層 L33 係可例如由 CoFeB 所構成。絕緣層 L32 係可由例如 MgO 所構成。帽膜 L4 係設置於 MTJ 層 L3 上，且可由例如 Ta 或 Ru 等所構成。遮罩 MSK 係設置於帽膜 L4 上。遮罩 MSK 係可由例如 TiN 所構成。

方法 MT1 係在電漿處理裝置內來處理圖 2 之(a)部分所例示的晶圓 W。圖 4 係概略地顯示可用於實施圖 1 所示之方法的電漿處理裝置之一範例的

圖式。圖 4 所示之電漿處理裝置 10 係電容耦合型電漿蝕刻裝置，並具備有略圓筒狀之處理容器 12。處理容器 12 內壁面係例如由經陽極氧化處理之鋁所構成。此處理容器 12 係保全接地。

處理容器 12 底部上係設置有略圓筒狀之支撐部 14。支撐部 14 係例如由絕緣材料所構成。支撐部 14 係在處理容器 12 內從處理容器 12 底部來延伸於垂直方向。又，處理容器 12 內係設置有支撐構造體 PD。支撐構造體 PD 係藉由支撐部 14 來被加以支撐。

支撐構造體 PD 係於其上面保持晶圓 W。支撐構造體 PD 係具有下部電極 LE 及靜電夾具 ESC。下部電極 LE 係含有第 1 板體 18a 及第 2 板體 18b。第 1 板體 18a 及第 2 板體 18b 係例如由所謂鋁之金屬所構成，並成為略圓盤狀。第 2 板體 18b 係設置第 1 板體 18a 上，並電性連接於第 1 板體 18a。

第 2 板體 18b 上係設置有靜電夾具 ESC。靜電夾具 ESC 係具有將導電膜之電極配置於一對絕緣層或絕緣薄板間的構造。靜電夾具 ESC 之電極係透過開關 23 來電性連接有直流電源 22。此靜電夾具 ESC 係藉由來自直流電源 22 之直流電壓所產生的庫倫力等的靜電力來吸附晶圓 W。藉此，靜電夾具 ESC 便可保持晶圓 W。

第 2 板體 18b 周緣部上係以圍繞晶圓 W 邊緣及靜電夾具 ESC 的方式來配置有聚焦環 FR。聚焦環 FR 係為了提升蝕刻均勻性而加以設置。聚焦環 FR 係由依照蝕刻對象膜之材料所適當選擇的材料所構成，例如可由石英所構成。

第 2 板體 18b 內部係設置有冷媒流道 24。冷媒流道 24 會構成溫控機構。冷媒流道 24 係從設置於處理容器 12 外部的冷卻單元而透過配管 26a 來供給有冷媒。供給至冷媒流道 24 之冷媒會透過配管 26b 來回到冷卻單元。如此般，便會在冷媒流道 24 與冷卻單元之間循環有冷媒。藉由控制此冷媒溫度，來控制靜電夾具 ESC 所支撐之晶圓 W 溫度。

又，電漿處理裝置 10 係設置有氣體供給管線 28。氣體供給管線 28 係將來自導熱氣體供給機構之導熱氣體，例如 He 氣體供給至靜電夾具 ESC 上面與晶圓 W 內面之間。

又，電漿處理裝置 10 係具備有上部電極 30。上部電極 30 係在支撐構

造體 PD 上方對向配置於該支撐構造體 PD。下部電極 LE 與上部電極 30 會互相設置為略平行。上部電極 30 與下部電極 LE 之間係提供有用以對晶圓 W 進行電漿處理之空間 S。

上部電極 30 會透過絕緣性遮蔽構件 32 來在處理容器 12 上部被加以支撐。一實施形態中，上部電極 30 係可構成可改變起自支撐構造體 PD 上面，亦即晶圓載置面之垂直方向的距離。上部電極 30 係可含有電極板 34 及電極支撐體 36。電極板 34 係面向空間 S，該電極板 34 係設置有複數氣體噴出孔 34a。此電極板 34 在一實施形態中係由矽所構成。

電極支撐體 36 係裝卸自如地支撐電極板 34 者，且可由例如所謂鋁之導電性材料所構成。此電極支撐體 36 係可具有水冷構造。電極支撐體 36 內部係設置有氣體擴散室 36a。從此氣體擴散室 36a 連通於氣體噴出孔 34a 的複數氣體流通孔 36b 會朝下方延伸。又，電極支撐體 36 係形成有將處理氣體導入至氣體擴散室 36a 的氣體導入口 36c。此氣體導入口 36c 係連接有氣體供給管 38。

氣體供給管 38 係透過閥群 42 及流量控制器群 44 來連接有氣體源群 40。氣體源群 40 係含有複數氣體源。一範例中，氣體源群 40 係含有一個以上的醇氣體源、稀有氣體源、氮氣(N_2 氣體)源、氫氣(H_2 氣體)源以及二氧化碳(CO_2)氣體源。一個以上的醇氣體源在一範例中係可包含甲醇氣體源、乙醇氣體源以及丙醇氣體源。丙醇氣體係包含 1-丙醇以及 2-丙醇(異丙醇)。又，稀有氣體源係可為所謂 He 氣體、Ne 氣體、Ar 氣體、Kr 氣體、Xe 氣體之任意的稀有氣體源。一範例中，係可為 Ar 氣體源。

閥群 42 係含有複數閥，流量控制器群 44 係含有所謂質流控制器之複數流量控制器。氣體源群 40 之複數氣體源會分別透過閥群 42 所對應之閥及流量控制器群 44 所對應之流量控制器來連接於氣體供給管 38。

又，電漿處理裝置 10 係沿著處理容器 12 內壁來裝卸自如地設置有沉積保護體 46。沉積保護體 46 亦設置於支撐部 14 外周。沉積保護體 46 係防止蝕刻副產物(沉積)附著於處理容器 12 之情事者，且可藉由於鋁材披覆 Y_2O_3 等的陶瓷來加以構成。

處理容器 12 底部側及支撐部 14 與處理容器 12 側壁之間係設置有排氣

板 48。排氣板 48 係可例如藉由於鋁材披覆 Y_2O_3 等的陶瓷來加以構成。此排氣板 48 下方及處理容器 12 係設置有排氣口 12e。排氣口 12e 係透過排氣管 52 來連接有排氣裝置 50。排氣裝置 50 係具有渦輪分子泵等的真空泵，並可將處理容器 12 內之空間減壓至所欲真空度。又，處理容器 12 側壁係設置有晶圓 W 之搬出入口 12g，此搬出入口 12g 可藉由閘閥 54 來加以開閉。

又，電漿處理裝置 10 係進一步地具備有第 1 高頻電源 62 及第 2 高頻電源 64。第 1 高頻電源 62 係產生電漿生成用之高頻(High Frequency Wave)的電源，例如會產生 27~100MHz 之頻率的高頻。第 1 高頻電源 62 會透過匹配器 66 來連接於上部電極 30。匹配器 66 係用以匹配第 1 高頻電源之輸出阻抗與負載側(上部電極 30 側)之輸入阻抗的電路。另外，第 1 高頻電源 62 亦可透過匹配器 66 來連接於下部電極 LE。

第 2 高頻電源 64 係產生用以將離子吸引至晶圓 W 的高頻，亦即高頻偏壓的電源，例如會產生 40kHz~13.56MHz 之範圍內的頻率之高頻偏壓。第 2 高頻電源 64 會透過匹配器 68 來連接於下部電極 LE。匹配器 68 係用以匹配第 2 高頻電源之輸出阻抗與負載側(下部電極 LE 側)之輸入阻抗的電路。

又，電漿處理裝置 10 係進一步地具備有電源 70。電源 70 係連接於上部電極 30。電源 70 會將吸引空間 S 內所存在之正離子至電極板 34 用的電壓施加至上部電極 30。在一範例中，電源 70 係產生負直流電壓之直流電源。在其他範例中，電源 70 亦可為產生較低頻之交流電壓的交流電源。從電源 70 來施加至上部電極的電壓可為-150V 以下的電壓。亦即，電源 70 所施加至上部電極 30 的電壓可為絕對值為 150 以上的負電壓。在從電源 70 將此般電壓施加至上部電極 30 時，空間 S 所存在之正離子便會衝撞於電極板 34。藉此，便會從電極板 34 釋放出二次電子及/或矽。

又，一實施形態中，電漿處理裝置 10 係可進一步地具備有控制部 Cnt。此控制部 Cnt 係具備有處理器、記憶部、輸入裝置、顯示裝置等的電腦，並控制電漿處理裝置 10 之各部。此控制部 Cnt 係可使用輸入裝置，來讓操作者為了管理電漿處理裝置 10 而進行指令之輸入操作等，又，可藉由顯示裝置，來將電漿處理裝置 10 之運作狀況可視化而加以顯示。進一步地，控

制部 Cnt 之記憶部係儲存有藉由處理器來控制電漿處理裝置 10 所實行之各種處理用之控制程式以及對應於處理條件來讓電漿處理裝置 10 之各部實行處理用之程式，亦即處理配方。

以下，再次參照圖 1，就方法 MT1 來詳細地說明。

方法 MT1 係首先在工序 ST1 中，準備圖 2 之(a)部分所示的晶圓 W。工序 ST1 係將晶圓 W 搬入至電漿處理裝置 10 內，而該晶圓 W 會被載置於支撐構造體 PD 的靜電夾具 ESC 上，以藉由該靜電夾具 ESC 來被加以保持。

方法 MT1 係接著實行工序 ST2。工序 ST2 係在處理容器 12 內生成處理氣體之電漿。一範例中，係對由 Ru 所構成之帽膜 L4 生成含有 H₂ 氣體之處理氣體的電漿。工序 ST2 所使用之處理氣體亦可進一步地含有所謂 N₂ 氣體之非活性氣體。此工序 ST2 係將來自氣體源群 40 之複數氣體源中所選擇的氣體源之處理氣體供給至處理容器 12 內，而作動排氣裝置 50 來將處理容器 12 內之壓力(以下，稱為「處理壓力」)設定為既定壓力。又，來自第 1 高頻電源 62 之高頻及來自第 2 高頻電源 64 之高頻偏壓會分別被供給至下部電極 LE 及上部電極 30。藉此，來生成處理氣體之電漿。此般工序 ST2 中之電漿處理裝置 10 的各部動作係可藉由控制部 Cnt 來加以控制。

工序 ST2 係藉由來自電漿的活性基，在一範例中為氫活性基來在從遮罩 MSK 露出之部分蝕刻帽膜 L4。其結果，如圖 2 之(b)部分所示，係在帽膜 L4 之全區域中去除從遮罩 MSK 露出之部分。

方法 MT1 係接著實行工序 ST3。工序 ST3 係蝕刻磁性層之工序的一實施形態，該工序 ST3 係蝕刻 MTJ 層 L3 的上部磁性層 L33。此工序 ST3 係將含有異丙醇及二氧化碳之處理氣體供給至處理容器 12 內。此處理氣體係可進一步地含有所謂 Ar 氣體之稀有氣體。此工序 ST3 係將來自氣體源群 40 之複數氣體源中所選擇的氣體源之處理氣體供給至處理容器 12 內，而作動排氣裝置 50 來將處理容器 12 內之壓力，亦即處理壓力設定為既定壓力。又，來自第 1 高頻電源 62 之高頻及來自第 2 高頻電源 64 之高頻偏壓會分別被供給至下部電極 LE 及上部電極 30。藉此，來生成處理氣體之電漿。此般工序 ST3 中之電漿處理裝置 10 的各部動作係可藉由控制部 Cnt 來加以控制。

工序 ST3 係生成處理氣體之電漿，而使得異丙醇及/或其裂解物，亦即蝕刻劑會附著於上部磁性層 L33 表面，以促進該蝕刻劑與構成上部磁性層 L33 的磁性材料之反應。然後，將反應生成物排氣。其結果，如圖 2 之(c)部分所示，係在從遮罩 MSK 露出之部分中蝕刻上部磁性層 L33。又，含有來自異丙醇之碳的沉積物會藉由來自二氧化碳之氧活性基來加以去除。

方法 MT1 係接著實行工序 ST4。工序 ST4 係形成有絕緣膜 IL。此絕緣膜 IL 係為了防止下部磁性層 L31 與上部磁性層 L33 的導通而加以形成。具體而言，工序 ST4 係將晶圓 W 搬送至成膜裝置，而在該成膜裝置內，如圖 2 之(d)部分所示般於晶圓 W 表面上形成有絕緣膜 IL。此絕緣膜 IL 係可例如由氮化矽或氧化矽所構成。接著，工序 ST4 係在沿著遮罩 MSK 上面的區域以及沿著絕緣層 L32 上面的區域中蝕刻絕緣膜 IL。此蝕刻係可使用任意之電漿處理裝置。例如，該蝕刻係可使用電漿處理裝置 10。又，此蝕刻係可使用含有氫氟碳氣體或氟碳氣體之處理氣體。此蝕刻結果，如圖 3 之(a)部分所示，係沿著遮罩 MSK 側面、帽膜 L4 側面以及上部磁性層 L33 側面來殘留有絕緣膜 IL。

方法 MT1 係接著實行工序 ST5。工序 ST5 係蝕刻 MTJ 層 L3 之絕緣層 L32。此工序 ST5 中之電漿處理裝置 10 的動作及蝕刻條件係可與工序 ST3 中之電漿處理裝置 10 的動作及蝕刻條件相同。

工序 ST5 係生成處理氣體之電漿，而使得異丙醇及/或其裂解物，亦即蝕刻劑會附著於絕緣層 L32 表面，以促進該蝕刻劑與構成絕緣層 L32 的材料之反應。然後，將反應生成物排氣。其結果，如圖 3 之(b)部分所示，係在從遮罩 MSK 露出之部分中蝕刻絕緣層 L32。又，含有來自異丙醇之碳的沉積物會藉由來自二氧化碳之氧活性基來加以去除。

方法 MT1 係接著實行工序 ST6。工序 ST6 係蝕刻磁性層之工序的一實施形態，該工序 ST6 係蝕刻 MTJ 層 L3 之下部磁性層 L31。此工序 ST6 中之電漿處理裝置 10 的動作及蝕刻條件係可與工序 ST3 中之電漿處理裝置 10 的動作及蝕刻條件相同。

工序 ST6 係生成處理氣體之電漿，而使得異丙醇及/或其裂解物，亦即蝕刻劑會附著於下部磁性層 L31 表面，以促進該蝕刻劑與構成下部磁性層

L31 的磁性材料之反應。然後，將反應生成物排氣。其結果，如圖 3 之(c)部分所示，係在從遮罩 MSK 露出之部分中蝕刻下部磁性層 L31。又，含有來自異丙醇之碳的沉積物會藉由來自二氧化碳之氧活性基來加以去除。

方法 MT1 係接著實行工序 ST7。工序 ST7 係蝕刻磁性層之工序的一實施形態，該工序 ST7 係蝕刻磁性膜 L2。此工序 ST7 中之電漿處理裝置 10 的動作及蝕刻條件係可與工序 ST3 中之電漿處理裝置 10 的動作及蝕刻條件相同。

工序 ST7 係生成處理氣體之電漿，而使得異丙醇及/或其裂解物，亦即蝕刻劑會附著於磁性膜 L2 表面，以促進該蝕刻劑與構成磁性膜 L2 的磁性材料之反應。然後，將反應生成物排氣。其結果，如圖 3 之(d)部分所示，係在從遮罩 MSK 露出之部分中蝕刻磁性膜 L2。又，含有來自異丙醇之碳的沉積物會藉由來自二氧化碳之氧活性基來加以去除。

以下，便參照圖 5，就實施形態之蝕刻方法中能適當地使用之程序參數的範圍(以下，稱「適當的程序區域」)來加以說明。圖 5 係顯示醇之飽和蒸氣壓曲線的圖式。圖 5 中，橫軸係表示溫度，縱軸係表示蒸氣壓。圖 5 係顯示甲醇、乙醇以及異丙醇之各溫度與飽和蒸氣壓的關係。圖 5 中，斜線之賦予陰影線的區域為適當的程序區域。

方法 MT1 中之工序 ST3、工序 ST6、工序 ST7 係蝕刻磁性層的工序，該等工序為了讓蝕刻劑與構成磁性層之磁性材料的反應生成物氣化而加以排氣，係將處理壓力設定為例如 10mTorr(1.333Pa)以下的壓力。從而，便會在圖 5 所示之適當的程序區域中，決定壓力的上限值(參照圖 5 中表示 10mTorr 的虛線)。又，該等工序為了在低壓之處理壓力下提高相對於磁性層表面之蝕刻劑的吸附披覆率，係調整晶圓 W 溫度，亦即靜電夾具溫度以及異丙醇之分壓。

如圖 5 所示，藉由以飽和蒸氣壓以下且靠近飽和蒸氣壓的分壓來供給醇及其裂解物，亦即蝕刻劑，便可得到高吸附披覆率。在使用甲醇之磁性層的蝕刻中，於處理壓力為 10mTorr 以下，且靜電夾具溫度為-50℃時，便會得到可降低在所形成之形狀的側面之沉積物的量，而提高該側面之垂直性的結果。又，在處理壓力為 10mTorr 以下的設定下而將靜電夾具溫度從-50

℃上升時，便會得到沉積物的量有增加之傾向的結果。為了促進副產物揮發，雖然將靜電夾具溫度提高的一方是比較好的，但由於提高靜電夾具溫度時，會有使得沉積物的量增加的傾向，故在使用甲醇之氣體系統中，原料氣體，亦即甲醇的表面吸附應會成為速率控制因素而使得磁性層的蝕刻不會進行。從而，由於使用甲醇之蝕刻中，在甲醇之溫度為-50℃時之飽和蒸氣壓為約 500mTorr，故在飽和蒸氣壓之 2%以上的分壓時，甲醇應會以充分的吸附披覆率來附著於磁性層表面。然而，甲醇之飽和蒸氣壓本來就比較高。因此，一實施形態中，係使用具有低飽和蒸氣壓之異丙醇來作為處理氣體所包含之醇。

如圖 5 所示，異丙醇係藉由以-15℃以下的溫度來被使用，便會與甲醇之情況下得到充分的吸附披覆率之分壓同樣，在 10mTorr 以下的處理壓力下達到飽和蒸氣壓之 2%的分壓。從而，一實施形態之工序 ST3 係如圖 5 中之陰影區域所示般，將處理壓力設定為 10mTorr(1.333Pa)以下的壓力，將靜電夾具溫度設定為-15℃以下的溫度，將異丙醇之分壓設定為靜電夾具溫度中之該異丙醇的飽和蒸氣壓以下的分壓。又，一實施形態中，係將靜電夾具溫度設定為-50℃以上的溫度。進一步地，一實施形態中，係將異丙醇之分壓設定為靜電夾具溫度中之該異丙醇的飽和蒸氣壓之 2%以上的分壓。藉由此般條件之設定，便會得到來自異丙醇之蝕刻劑相對於磁性層之充分的吸附披覆率，且可進行在低壓之處理壓力下的蝕刻。其結果，便可讓蝕刻劑充分地吸附於磁性層表面，而促進蝕刻劑與構成磁性層之磁性材料的反應生成物之排氣。因此，便可提升磁性層之蝕刻垂直異向性。

又，方法 MT1 中之工序 ST3、工序 ST6、工序 ST7 係使用於異丙醇含有二氧化碳之氣體來作為處理氣體。圖 6 係顯示二氧化碳之電漿及氧氣之電漿的發光分光測量的結果之圖式。圖 6 之(a)部分係顯示有氧氣之電漿的發光分光測量之結果，(b)部分係顯示有二氧化碳之電漿的發光分光測量結果。圖 6 之(a)部分所示發光分光測量結果及圖 6 之(b)部分所示發光分光測量結果係以下述條件來使用電漿處理裝置 10 時所得到者。

<圖 6 之(a)部分所示之發光分光測量結果的取得條件>

- 處理容器 12 內之空間壓力：100mTorr(13.33Pa)。

- 處理氣體：添加有 2%之 Ar 氣體的流量 700sccm 的氧氣。
- 電漿生成用之高頻：150W。
- 高頻偏壓：700W。

<圖 6 之(b)部分所示之發光分光測量結果的取得條件>

- 處理容器 12 內之空間壓力：100mTorr(13.33Pa)。
- 處理氣體：添加有 2%之 Ar 氣體的流量 700sccm 的二氧化碳氣體。
- 電漿生成用之高頻：150W。
- 高頻偏壓：700W。

如圖 6 所示，二氧化碳之電漿的氧活性基與 Ar 比較的相對發光強度會較氧氣之電漿的氧活性基與 Ar 比較的相對發光強度要小相當多，為氧氣之電漿的氧活性基的發光強度之 12%。從而，二氧化碳之電漿中，係氧活性基的產生量會較少。又，在以與上述發光分光測量結果之取得條件相同的條件下，來進行有機膜之灰化時，二氧化碳氣體之電漿的有機膜灰化速率為氧氣之電漿的有機膜灰化速率的 50%。由此，便確認了二氧化碳氣體之電漿雖然氧活性基之產量較少，但卻具有高灰化速率。從而，工序 ST3、工序 ST6 以及工序 ST7，亦即方法 MT1 之蝕刻磁性層的工序係可去除來自異丙醇之含碳沉積物，且抑制因氧化所導致磁性層之損傷。

以下，便就使用電漿處理裝置 10 而實行工序 ST2、工序 ST3、工序 ST5、工序 ST6 以及工序 ST7，以蝕刻圖 2 之(a)部分所示的晶圓 W 的實驗例來加以說明。此實驗例之條件係如下所示。

<工序 ST2 之條件>

- 處理容器 12 內之壓力：50mTorr(6.65Pa)。
- 處理氣體：150sccm 之 H₂ 氣體及 50sccm 之 N₂ 氣體。
- 電漿生成用之高頻：200W。
- 靜電夾具溫度：-50℃。

<工序 ST3、工序 ST5、工序 ST6 以及工序 ST7 之條件>

- 處理容器 12 內之壓力：10mTorr(1.333Pa)。
- 處理氣體：250sccm 之 Ar 氣體、20sccm 之二氧化碳氣體及 20sccm 之異丙醇氣體。

- 電漿生成用之高頻：300W。
- 高頻偏壓：1000W。
- 靜電夾具溫度：-50℃。

又，為了比較，便進行了在工序 ST3、工序 ST5、工序 ST6 及工序 ST7 之處理氣體使用 10sccm 之甲醇氣體及 200sccm 的 Ne 氣體的點上來與實驗例有所不同之比較實驗例 1，以及在工序 ST3、工序 ST5、工序 ST6 及工序 ST7 之處理氣體使用 100sccm 之甲醇氣體的點上來與實驗例有所不同的比較實驗例 2。

圖 7 係概略地顯示蝕刻後之晶圓的剖面圖。實驗例 1、比較實驗例 1、比較實驗例 2 係比較了蝕刻所形成之磁性膜 L2、MTJ 層 L3 以及帽膜 L4 之側面 F1 的錐角 T1、相對於側面 F1 之沉積物(圖中係以參考符號 DP 來表示)的有無以及遮罩 MSK 之肩部 RA1 的削蝕(肩部的圓滑度)大小。其結果，比較實驗例 1 之蝕刻後的晶圓係沉積物會附著於側面 F1，且雖然相對於比較實驗例 2 之蝕刻後的晶圓而肩部 RA1 的削蝕並不大，但會在該肩部 RA1 產生削蝕，而使得錐角 T1 為 76 度。又，雖然比較實驗例 2 之蝕刻後的晶圓係沉積物並未附著於側面 F1，但肩部 RA1 之削蝕較大，又，錐角 T1 為 70 度。另一方面，實驗例之蝕刻後的晶圓係沉積物並未附著於側面 F1，且肩部 RA1 之削蝕亦較小，而錐角 T1 為 80 度。由此，確認了根據使用含有異丙醇及二氧化碳之處理氣體來蝕刻磁性層的方法 MT1，便可去除沉積物，且抑制肩部之削蝕，並提高蝕刻之垂直異向性。

(第 2 實施形態)

圖 8 係顯示第 2 實施形態相關之蝕刻方法的流程圖。雖圖 8 所示方法 MT2 係與圖 1 所示之 MT1 同樣地含有工序 ST1~工序 ST7，但方法 MT2 係使用如圖 9 及圖 10 所示之電漿處理裝置般，在將晶圓水平地支撐的狀態時，讓晶圓相對於垂直方向傾斜，且可形成旋轉狀態之電漿處理裝置來加以實行。

圖 9 及圖 10 係概略地顯示可用於實施圖 8 所示之方法的電漿處理裝置之一範例的圖式，在含有沿著垂直方向延伸之軸線 PX 的一平面中，裁斷處理容器，來顯示該電漿處理裝置。另外，圖 9 中係顯示後述支撐構造體為

未傾斜的狀態之電漿處理裝置，圖 10 中係顯示支撐構造體為傾斜的狀態之電漿處理裝置。

圖 9 及圖 10 所示之電漿處理裝置 110 係具備有處理容器 112、氣體供給系統 114、電漿源 116、支撐構造體 118、排氣系統 120、偏壓電力供給部 122 以及控制部 Cnt。處理容器 112 係具有略圓筒形狀。處理容器 112 之中心軸線係與軸線 PX 一致。此處理容器 112 係提供相對於晶圓 W 而進行電漿處理用之空間 S。

一實施形態中，處理容器 112 係在收納有其高度方向之中間部分 112a，亦即支撐構造體 118 的部分具有略固定之寬度。又，處理容器 112 係成為從該中間部分下端隨著朝向底部而寬度漸漸變窄之錐狀。又，處理容器 112 底部係提供排氣口 112e，該排氣口 112e 係相對於軸線 PX 而形成為軸對稱。

氣體供給系統 114 係構成為將氣體供給至處理容器 112 內。氣體供給系統 114 係具有第 1 氣體供給部 114a 及第 2 氣體供給部 114b。第 1 氣體供給部 114a 及第 2 氣體供給部 114b 係構成為將方法 MT2 所使用之處理氣體供給至處理容器 112 內。方法 MT2 所使用之處理氣體亦可從第 1 氣體供給部 114a 及第 2 氣體供給部 114b 的任一者或兩者來供給至處理容器 112 內。或著，第 1 氣體供給部 114a 及第 2 氣體供給部 114b 亦可將構成方法 MT2 所使用之處理氣體的複數種氣體對應於該等複數種氣體所要的解離度來分配，而供給至處理容器 112 內。另外，關於氣體供給系統 114 之細節係在之後詳述。

電漿源 116 係構成為將供給至處理容器 112 內之氣體激發。一實施形態中，電漿源 116 係設置於處理容器 112 之頂部。又，一實施形態中，電漿源 116 之中心軸線係與軸線 PX 一致。另外，關於電漿源 116 之一範例的相關細節係在之後詳述。

支撐構造體 118 係構成為在處理容器 112 內保持晶圓 W。此支撐構造體 118 係構成為可旋轉於正交於軸線 PX 之第 1 軸線 AX1，亦即傾斜軸線中心。支撐構造體 118 會藉由第 1 軸線 AX1 中心之旋轉，而可相對於軸線 PX 來加以傾斜。為了讓支撐構造體 118 傾斜，電漿處理裝置 110 係具有驅動裝置 124。驅動裝置 124 係設置於處理容器 112 外部，並產生第 1 軸線

AX1 中心之支撐構造體 118 旋轉用的驅動力。又，支撐構造體 118 係構成爲讓晶圓 W 繞正交於第 1 軸線 AX1 的第 2 軸線 AX2，亦即靜電夾具 132 之中心軸線來旋轉。另外，在支撐構造體 118 為未傾斜的狀態下，如圖 9 所示，第 2 軸線 AX2 係一致於軸線 PX。另一方面，在支撐構造體 118 為傾斜的狀態下，如圖 10 所示，第 2 軸線 AX2 係相對於軸線 PX 而傾斜。關於此支撐構造體 118 之細節係在之後詳述。

排氣系統 120 係構成將處理容器 112 內之空間減壓。一實施形態中，排氣系統 120 係具有自動壓力控制器 120a、渦輪分子泵 120b 以及乾燥泵 120c。渦輪分子泵 120b 係設置於自動壓力控制器 120a 下游。乾燥泵 120c 係透過閥 120d 來直接連接於處理容器 112 內的空間。又，乾燥泵 120c 係透過閥 120e 來設置於渦輪分子泵 120b 下游。

包含自動壓力控制器 120a 及渦輪分子泵 120b 的排氣系統係安裝於處理容器 112 底部。又，包含自動壓力控制器 120a 及渦輪分子泵 120b 的排氣系統係設置於支撐構造體 118 的正下方。從而，此電漿處理裝置 110 係可形成從支撐構造體 118 周圍至排氣系統 120 的均勻之排氣流動。藉此，便可達到效率良好之排氣。又，可讓處理容器 112 內所生成之電漿均勻地擴散。

一實施形態中，處理容器 112 內亦可設置有整流構件 126。整流構件 126 係具有於下端封閉之略筒形狀。此整流構件 126 係以從側面及下方來圍繞支撐構造體 118 的方式來沿著處理容器 112 內壁面延伸。一範例中，整流構件 126 係具有上部 126a 及下部 126b。上部 126a 係具有固定寬度之圓筒形狀，且沿著處理容器 112 之中間部分 112a 內壁面來延伸。又，下部 126b 係在上部 126a 的下方連續於該上部 126a。下部 126b 係具有沿著處理容器 112 內壁面而寬度漸漸變窄之錐形狀，且其下端成為平板狀。此下部 126b 係形成有多數開口(貫穿孔)。藉由此整流構件 126，便可在該整流構件 126 內側，亦即收納有晶圓 W 的空間以及該整流構件 126 外側，亦即排氣側的空間之間形成有壓力差，而可調整收納有晶圓 W 之空間中的氣體滯留時間。又，可實現均等的排氣。

偏壓電力供給部 122 係構成為將吸引離子至晶圓 W 用之偏壓電壓及高

頻偏壓選擇性地施加至支撐構造體 118。一實施形態中，偏壓電力供給部 122 係具有第 1 電源 122a 及第 2 電源 122b。第 1 電源 122a 會產生脈衝調變後之直流電壓(以下，稱「調變直流電壓」)來作為施加至支撐構造體 118 的偏壓電壓。

第 2 電源 122b 係構成為將吸引離子至晶圓 W 用之高頻偏壓供給至支撐構造體 118。此高頻偏壓之頻率係適於將離子吸引至晶圓 W 的任意頻率，例如為 400kHz。電漿處理裝置 110 係可將來自第 1 電源 122a 的調變直流電壓與來自第 2 電源 122b 之高頻偏壓選擇性地供給至支撐構造體 118。調變直流電壓及高頻偏壓的選擇性供給係可藉由控制部 Cnt 來加以控制。

控制部 Cnt 係例如具備有處理器、記憶部、輸入裝置、顯示裝置等的電腦。控制部 Cnt 會依照基於所輸入之配方的程式來動作，而送出控制訊號。電漿處理裝置 110 之各部會藉由來自控制部 Cnt 的控制訊號來加以控制。

以下，便分別就氣體供給系統 114、電漿源 116、支撐構造體 118 來詳細地說明。

[氣體供給系統]

氣體供給系統 114 係如上述般，具有第 1 氣體供給部 114a 以及第 2 氣體供給部 114b。第 1 氣體供給部 114a 會透過一個以上的氣體噴出孔 114e 來將氣體供給至處理容器 112 內。又，第 2 氣體供給部 114b 會透過一個以上的氣體噴出孔 114f 來將氣體供給至處理容器 112 內。氣體噴出孔 114e 會設定於較氣體噴出孔 114f 要靠近電漿源 116 的位置。從而，第 1 氣體供給部 114a 所供給之氣體解離度會較第 2 氣體供給部 114b 所供給之氣體解離度要高。另外，圖 9 及圖 10 中，雖然各氣體噴出孔 114e 及氣體噴出孔 114f 的個數為「1」，但亦可設置有複數氣體噴出孔 114e 及複數氣體噴出孔 114f。複數氣體噴出孔 114e 亦可相對於軸線 PX 而均等地配列於周圍方向。又，複數氣體噴出孔 114f 亦可相對於軸線 PX 而均等地配列於周圍方向。

一實施形態中，亦可在氣體噴出孔 114e 所噴出氣體的區域以及氣體噴出孔 114f 所噴出氣體的區域之間設置有分隔板，亦即所謂離子捕集器。藉此，便可調整從第 1 氣體供給部 114a 所供給之氣體的電漿朝向晶圓 W 之離

子的量。

第 1 氣體供給部 114a 係可具有一個以上的氣體源、一個以上的流量控制器、一個以上的閥。從而，便可調整第 1 氣體供給部 114a 的來自一個以上的氣體源之氣體流量。又，第 2 氣體供給部 114b 係可具有一個以上的氣體源、一個以上的流量控制器、一個以上的閥。從而，便可調整第 2 氣體供給部 114b 的來自一個以上的氣體源之氣體流量。來自第 1 氣體供給部 114a 的氣體流量與該氣體之供給時機以及來自第 2 氣體供給部 114b 的氣體流量與該氣體之供給時機係藉由控制部 Cnt 來各別調整。

一範例中，工序 ST3、工序 ST4、工序 ST5、工序 ST6 以及工序 ST7 中所使用之處理氣體係從第 1 氣體供給部 114a 及第 2 氣體供給部 114b 兩者來供給至處理容器 112 內。其他範例中，工序 ST3、工序 ST4、工序 ST5、工序 ST6 以及工序 ST7 所使用之處理氣體係從第 1 氣體供給部 114a 及第 2 氣體供給部 114b 的任一者來供給至處理容器 112 內。

又一範例中，第 1 氣體供給部 114a 及第 2 氣體供給部 114b 亦可將工序 ST3、工序 ST4、工序 ST5、工序 ST6 以及工序 ST6 中所使用之處理氣體所包含的複數種氣體，對應於該等複數種氣體所要的解離度來分配而供給至處理容器 112 內。例如，亦可在工序 ST3、工序 ST5、工序 ST6 以及工序 ST7 中，從第 1 氣體供給部 114a 來供給有異丙醇、二氧化碳以及稀有氣體中之一種以上的氣體，而從第 2 氣體供給部 114b 來供給有該等異丙醇、二氧化碳以及稀有氣體中其他的一種以上的氣體。

[電漿源]

圖 11 係顯示圖 9 所示之電漿處理裝置的電漿源之圖式，為顯示從圖 9 之 Y 方向來觀察的電漿源之圖式。又，圖 12 係顯示圖 9 所示之電漿處理裝置的電漿源之圖式，為顯示從垂直方向來觀察的電漿源。如圖 9 及圖 10 所示，處理容器 112 之頂部係設置有開口，該開口係藉由介電體板 294 來封閉。介電體板 294 係板狀體，且由石英玻璃或陶瓷所構成。電漿源 116 係設置於此介電體板 294 上。

如圖 11 及圖 12 所示，電漿源 116 係具有高頻天線 240 以及遮蔽構件 260。高頻天線 240 係藉由遮蔽構件 260 來被覆蓋。一實施形態中，高頻天

線 240 係含有內側天線元件 242A 以及外側天線元件 242B。內側天線元件 242A 係設置於較外側天線元件 242B 要靠近軸線 PX 的附近。換言之，外側天線元件 242B 係以圍繞內側天線元件 242A 的方式來設置於該內側天線元件 242A 外側。各內側天線元件 242A 及外側天線元件 242B 係例如由銅、鋁、不鏽鋼等的導體所構成，並以軸線 PX 為中心來延伸為螺旋狀。

內側天線元件 242A 及外側天線元件 242B 會一同地被複數夾置體 244 所夾置而成為一體。複數夾置體 244 係例如棒狀構件，且相對於軸線 PX 而配置為放射狀。

遮蔽構件 260 係具有內側遮蔽壁 262A 以及外側遮蔽壁 262B。內側遮蔽壁 262A 係具有延伸於垂直方向的筒形狀，且設置於內側天線元件 242A 與外側天線元件 242B 之間。此內側遮蔽壁 262A 會圍繞內側天線元件 242A。又，外側遮蔽壁 262B 係具有延伸於垂直方向之筒形狀，且設置為圍繞外側天線元件 242B。

內側天線元件 242A 上係設置有內側遮蔽板 264A。內側遮蔽板 264A 係具有圓盤形狀，且設置為阻塞內側遮蔽壁 262A 的開口。又，外側天線元件 242B 上係設置有外側遮蔽板 264B。外側遮蔽板 264B 係環狀板，且設置為阻塞內側遮蔽壁 262A 與外側遮蔽壁 262B 之間的開口。

內側天線元件 242A、外側天線元件 242B 係分別連接於高頻電源 250A、高頻電源 250B。高頻電源 250A 及高頻電源 250B 係電漿生成用之高頻電源。高頻電源 250A 及高頻電源 250B 係將相同頻率或相異頻率分別供給至內側天線元件 242A 及外側天線元件 242B。例如，在從高頻電源 250A 以既定功率來將既定頻率(例如 40MHz)之高頻供給至內側天線 242A 時，便會藉由形成於處理容器 112 內之感應磁場來激發導入至處理容器 112 內的處理氣體，而在晶圓 W 上的中央部生成甜甜圈型之電漿。又，在從高頻電源 250B 以既定功率來將既定頻率(例如 60MHz)之高頻供給至外側天線 242B 時，便會藉由形成於處理容器 112 內之感應磁場來激發導入至處理容器 112 內的處理氣體，而在晶圓 W 上的周緣部生成另一甜甜圈型之電漿。藉由該等電漿來從處理氣體生成自由基。

另外，高頻電源 250A 及高頻電源 250B 所輸出之高頻頻率並不限於上

述頻率。例如，高頻電源 250A 及高頻電源 250B 所輸出之高頻頻率亦可為所謂 13.56MHz、27MHz、40MHz、60MHz 之各種頻率。但是，需要對應於高頻電源 250A 及高頻電源 250B 所輸出之高頻來調整內側天線元件 242A 及外側天線 242B 之電性長度。

此電漿源 116 即便在 1mTorr(0.1333Pa)的壓力環境下，仍可點燃處理氣體之電漿。在低壓環境下，電漿中之離子的平均自由行程會變大。從而，便可進行稀有氣體原子之濺鍍的蝕刻。又，可在低壓環境下抑制被蝕刻的物質再次附著於晶圓 W，並將該物質排氣。

[支撐體構造]

圖 13 及圖 14 係顯示圖 9 所示之電漿處理裝置的支撐構造體之剖面圖。圖 13 係顯示有從 Y 方向(參照圖 9)來觀察之支撐構造體的剖面圖，圖 14 係顯示有從 X 方向(參照圖 9)來觀察之支撐構造體的剖面圖。如圖 13 及圖 14 所示，支撐構造體 118 係具有保持部 130、容器部 140 以及傾斜軸部 150。

保持部 130 係保持晶圓 W，並藉由旋轉於第 2 軸線 AX2 中心來讓晶圓 W 旋轉的機構。另外，如上述，第 2 軸線 AX2 係在支撐構造體 118 為未傾斜的狀態下，與軸線 PX 一致。此保持部 130 係具有靜電夾具 132、下部電極 134、旋轉軸部 136 以及絕緣構件 135。

靜電夾具 132 係構成為於其上面保持晶圓 W。靜電夾具 132 係具有以第 2 軸線 AX2 為其中心軸線的略圓盤形狀，且具有作為絕緣膜內層來設置之電極膜。靜電夾具 132 會藉由將電壓施加至電極膜來產生靜電力。藉此靜電力，靜電夾具 132 便會將其上面所載置之晶圓 W 吸附。此靜電夾具 132 與晶圓 W 之間係供給有所謂 He 氣體之導熱氣體。又，靜電夾具 132 內亦可內建有用以加熱晶圓 W 之加熱器。相關靜電夾具 132 係設置於下部電極 134 上。

下部電極 134 係具有以第 2 軸線 AX2 為中心軸線的略圓盤形狀。一實施形態中，下部電極 134 係具有第 1 部分 134a 及第 2 部分 134b。第 1 部分 134a 係沿著第 2 軸線 AX2 來延伸之下部電極 134 的中央側部分，第 2 部分 134b 係較第 1 部分 134a 要從第 2 軸線 AX2 遠離，亦即，較第 1 部分 134a 要靠外側而延伸的部分。第 1 部分 134a 上面與第 2 部分 134b 上面會連續，

且藉由第 1 部分 134a 上面與第 2 部分 134b 上面來構成下部電極 134 的略平坦之上面。此下部電極 134 上面係相接有靜電夾具 132。又，第 1 部分 134a 會較第 2 部分 134b 要朝下方突出，而成為圓柱狀。亦即，第 1 部分 134a 下面會較第 2 部分 134b 下面要朝下方延伸。此下部電極 134 係由所謂鋁之導體所構成。下部電極 134 會與上述偏壓電力供給部 122 電性連接。亦即，下部電極 134 係可選擇性地供給有來自第 1 電源 22a 之調變直流電壓以及來自第 2 電源 22b 之高頻偏壓。又，下部電極 134 係設置有冷媒流道 134f。藉由將冷媒供給至此冷媒流道 134f，來控制晶圓 W 溫度。此下部電極 134 係設置於絕緣構件 135 上。

絕緣構件 135 係由所謂石英、氧化鋁的絕緣體所構成，並具有在中央有開口之略圓盤形狀。一實施形態中，絕緣構件 135 係具有第 1 部分 135a 及第 2 部分 135b。第 1 部分 135a 係絕緣構件 135 的中央側部分，第 2 部分 135b 係較第 1 部分 135a 要從第 2 軸線 AX2 遠離，亦即，較第 1 部分 135a 要靠外側而延伸的部分。第 1 部分 135a 上面會較第 2 部分 135b 上面要靠下方而延伸，又，第 1 部分 135a 下面亦會較第 2 部分 135b 下面要靠下方而延伸。絕緣構件 135 的第 2 部分 135b 上面會相接於下部電極 134 的第 2 部分 134b 下面。另一方面，絕緣構件 135 的第 1 部分 135a 上面會從下部電極 135 下面分離。

旋轉軸部 136 係具有略圓柱形狀，且連結於下部電極 134 下面。具體而言，係連結於下部電極 134 之第 1 部分 134a 下面。旋轉軸部 136 之中心軸線係與第 2 軸線 AX2 一致。藉由對此旋轉軸部 136 來施予旋轉力，便會使得保持部 130 旋轉。

藉由此般各要素所構成之保持部 130 會與容器部 140 一同地形成中空空間來作為支撐構造體 118 的內部空間。容器部 140 係含有上側容器部 142 及外側容器部 144。上側容器部 142 係具有略圓盤形狀。上側容器部 142 中央係形成有旋轉軸部 136 會通過之貫穿孔。此上側容器部 142 係設置為在絕緣構件 135 的第 2 部分 135b 下方，相對於該第 2 部分 135b 而提供有些許的間隙。又，上側容器部 142 的下面周緣係連結有外側容器部 144 上端。外側容器部 144 係具有於下端閉塞的略圓筒形狀。

容器部 140 與旋轉軸部 136 之間係設置有磁性流體密封部 152。磁性流體密封部 152 係具有內輪部 152a 及外輪部 152b。內輪部 152a 係具有與旋轉軸部 136 同軸延伸之略圓筒形狀，並相對於旋轉軸部 136 來被加以固定。又，內輪部 152a 上端部會連結於絕緣構件 135 的第 1 部分 135a 下面。此內輪部 152a 會與旋轉軸部 136 一同地旋轉於第 2 軸線 AX2 中心。外輪部 152b 係具有略圓筒形狀，並在內輪部 152a 外側與該內輪部 152a 設置為同軸。外輪部 152b 上端部會連結於上側容器部 142 的中央側部分下面。該等內輪部 152a 與外輪部 152b 之間係介設有磁性流體 152c。又，在磁性流體 152c 下方，內輪部 152a 與外輪部 152b 之間係設置有軸承 153。此磁性流體密封部 152 係提供氣密地密封支撐構造體 118 的內部空間之密封構造。藉由此磁性流體密封部 152，支撐構造體 118 的內部空間便會從電漿處理裝置 110 的空間 S 分離。另外，電漿處理裝置 110 中，支撐構造體 118 的內部空間係維持為大氣壓。

一實施形態中，係在磁性流體密封部 152 與旋轉軸部 136 之間設置有第 1 構件 137 及第 2 構件 138。第 1 構件 137 係具有沿著旋轉軸部 136 外周面的一部分，亦即，後述第 3 筒狀部 136d 上側部分的外周面及下部電極 135 的第 1 部分 134a 外周面來延伸的略圓筒形狀。又，第 1 構件 137 上端係具有沿著下部電極 134 之第 2 部分 134b 下面來延伸之環狀板形狀。此第 1 構件 137 會相接於第 3 筒狀部 136d 的上側部分外周面以及下部電極 134 之第 1 部分 134a 外周面與第 2 部分 134b 下面。

第 2 構件 138 係具有沿著旋轉軸部 136 外周面，亦即第 3 筒狀部 136d 外周面以及沿著第 1 構件 137 外周面來延伸的略圓筒形狀。第 2 構件 138 上端係具有沿著絕緣構件 135 之第 1 部分 135a 上面來延伸之環狀板形狀。第 2 構件 138 會相接於第 3 筒狀部 136d 外周面、第 1 構件 137 外周面、絕緣構件之第 1 部分 135a 上面以及磁性流體密封部 152 之內輪部 152a 內周面。該第 2 構件 138 與絕緣構件 135 之第 1 部分 135a 上面之間係介設有所謂 O 型環之密封構件 139a。又，第 2 構件 138 與磁性流體密封部 152 的內輪部 152a 內周面之間係介設有所謂 O 型環之密封構件 139b 及 139c。根據相關構造，來密封旋轉軸部 136 與磁性流體密封部 152 之內輪部 152a 之間。藉

此，即便旋轉軸部 136 與磁性流體密封部 152 之間會存在有間隙，仍會使得支撐構造體 118 之內部空間從電漿處理裝置 110 的空間 S 分離。

外側容器部 144 係沿著第 1 軸線 AX1 來形成有開口。形成於外側容器部 144 所形成之開口係嵌入有傾斜軸部 150 之內側端部。此傾斜軸部 150 係具有略圓筒形狀，其中心軸線係與第 1 軸線 AX1 一致。傾斜軸部 150 如圖 9 所示，係延伸至處理容器 112 外側。傾斜軸部 150 一邊的外側端部係連結有上述驅動裝置 124。此驅動裝置 124 係支撐傾斜軸部 150 一邊的外側端部。藉由此驅動裝置 124 來旋轉傾斜軸部 150，便會使得支撐構造體 118 旋轉於第 1 軸線 AX1 中心，其結果，便會使得支撐構造體 118 會相對於軸線 PX 來傾斜。例如，支撐構造體 118 可以相對於軸線 PX 而第 2 軸線 AX2 為 0 度~60 度以內的範圍之角度來加以傾斜。

一實施形態中，第 1 軸線 AX1 係含有第 2 軸線 AX2 方向中之支撐構造體 118 的中心位置。此實施形態中，傾斜軸部 150 係延伸在通過支撐構造體 118 之該中心的第 1 軸線 AX1 上。此實施形態係在支撐構造體 118 傾斜時，可使得該支撐構造體 118 上緣與處理容器 112(或整流構件 126)之間的最短距離 WU(參照圖 10)以及支撐構造體 118 下緣與處理容器 112(或整流構件 126)之間的最短距離 WL(參照圖 10)中的最小距離加大。亦即，可將支撐構造體 118 的外輪廓與處理容器 112(或整流構件 126)之間的最小距離最大化。從而，便可縮小處理容器 112 的水平方向寬度。

另一實施形態中，第 1 軸線 AX1 係含有第 2 軸線 AX2 方向中的支撐構造體 118 中心與保持部 130 上面之間的位置。亦即，此實施形態中，傾斜軸部 150 係延伸於較支撐構造體 118 中心要偏向保持部 130 側的位置。根據此實施形態，便可進一步地在支撐構造體 118 傾斜時，降低電漿源 116 至晶圓 W 的各位置之距離差。從而，便可進一步地提升蝕刻的面內均勻性。另外，支撐構造體 118 亦可以 60 度以內的角度來加以傾斜。

又一實施形態中，第 1 軸線 AX1 係含有支撐構造體 118 的重心。此實施形態中，傾斜軸部 150 係延伸於含有該重心之第 1 軸線 AX1 上。根據此實施形態，便可使得驅動裝置 124 所要求之力矩變小，而容易控制該區動裝置 124。

回到圖 13 及圖 14，傾斜軸部 150 內孔係通過有各種電氣系統用配線、導熱氣體用配管以及冷媒用配管。該等配線及配管係連結於旋轉軸部 136。

旋轉軸部 136 係具有柱狀部 136a、第 1 筒狀部 136b、第 2 筒狀部 136c 以及第 3 筒狀部 136d。柱狀部 136a 係具有略圓柱形狀，並延伸於第 2 軸線 AX2 上。柱狀部 136a 係用以將電壓施加至靜電夾具 132 的電極膜的配線。柱狀部 136a 會透過所謂集電環之旋轉連結器 154 來連接於配線 160。配線 60 會從支撐構造體 118 內部空間通過傾斜軸部 150 內孔，而延伸至處理容器 112 外部。此配線 60 係在處理容器 112 外部透過開關來連接於電源 162(參照圖 9)。

第 1 筒狀部 136b 會在柱狀部 136a 外側設置為與該柱狀部 136a 同軸。第 1 筒狀部 136b 係用以將調變直流電壓及高頻偏壓供給至下部電極 134 的配線。第 1 筒狀部 136b 會透過旋轉連結器 154 來連接於配線 164。配線 164 會從支撐構造體 118 內部空間通過傾斜軸部 150 內孔來延伸至處理容器 112 外部。此配線 164 會在處理容器 112 外部連接於偏壓電力供給部 122 的第 1 電源 122a 及第 2 電源 122b。另外，第 2 電源 122b 與配線 164 之間係可設置有阻抗匹配用之匹配器。

第 2 筒狀部 136c 係在第 1 筒狀部 136b 外側設置為與該第 1 筒狀部 136b 同軸。一實施形態中，上述旋轉連結器 154 內係設置有軸承 155。該軸承 155 係沿著第 2 筒狀部 136c 外周面來加以延伸。此軸承 155 會透過第 2 筒狀部 136c 來支撐旋轉軸部 136。相對於上述軸承 153 係支撐旋轉軸 136 上側部分，軸承 155 係支撐旋轉軸部 136 下側部分。由於如此般藉由兩個軸承 153 及軸承 155，旋轉軸部 136 便會被加以支撐於其上側部分及下側部分，故可讓旋轉軸部 136 穩定旋轉於第 2 軸線 AX2 中心。

第 2 筒狀部 136c 係形成有導熱氣體供給用之氣體管線。此氣體管線會透過所謂轉動連結器之旋轉接頭來連接於配管 166。配管 166 會從支撐構造體 118 內部空間通過傾斜軸部 150 內孔來延伸至處理容器 112 外部。此配管 166 係在處理容器 112 外部連接於導熱氣體源 168(參照圖 9)。

第 3 筒狀部 136d 係在第 2 筒狀部 136c 外側設置為與該第 2 筒狀部 136c 同軸。此第 3 筒狀部 136d 係形成有用以將冷媒供給至冷媒流道 134f 的冷媒

供給管線以及回收供給至冷媒流道 134f 的冷媒之冷媒回收管線。冷媒供給管線會透過所謂轉動連結器之旋轉接頭 170 來連接於配管 172。又，冷媒回收管線會透過旋轉接頭 170 來連接於配管 174。配管 172 及配管 174 會從支撐構造體 118 內部空間通過傾斜軸部 150 內部來延伸至處理容器 112 外部。然後，配管 172 及配管 174 會在處理容器 112 外部連接於冷卻單元 176(參照圖 9)。

又，如圖 14 所示，支撐構造體 118 內部空間係設置有旋轉馬達 178。旋轉馬達 178 會產生用以讓旋轉軸部 136 旋轉的驅動力。一實施形態中，旋轉馬達 178 係設置於旋轉軸部 136 側邊。此旋轉馬達 178 會透過傳送帶 182 來連結於安裝於旋轉軸部 136 的滑輪 180。藉此，旋轉馬達 178 之旋轉驅動力便會傳遞至旋轉軸部 136，而使得保持部 130 會旋轉於第 2 軸線 AX2 中心。保持部 130 之轉速係在例如 48rpm 以下的範圍內。例如，保持部 130 係在程序中以 20rpm 的轉速來旋轉。另外，用以將電力供給至旋轉馬達 178 之配線會通過傾斜軸部 150 內孔而被拉至處理容器 112 外部，並連接於設置於處理容器 112 外部的馬達用電源。

如此般，支撐構造體 118 係可在能維持為大氣壓的內部空間設置多樣機構。又，支撐構造體 118 係構成為可將連接收納於其內部空間之機構與設置於處理容器 112 外部之電源、氣體源、冷卻單元等之裝置用的配線或配管拉出至處理容器 112 外部。另外，除了上述配線及配管之外，亦可將連接設置於處理容器 112 外部之加熱器電源與設置於靜電夾具 132 之加熱器的配線從支撐構造體 118 內部空間透過傾斜軸部 150 內孔來拉出至處理容器 112 外部。

又，在圖 2 之(a)所示的多層膜的各層之蝕刻中，係不將因蝕刻而被削蝕之物質(亦即，磁性材料)或來自異丙醇之過多的碳排氣，而附著於蝕刻所形成之形狀的表面，特別是側面。藉由電漿處理裝置 110，便可在去除此般形成於側面的沉積物時，讓支撐構造體 118 傾斜，且讓保持有晶圓 W 之保持部 130 旋轉於第 2 軸線 AX2 中心。藉此，便可讓活性基朝向蝕刻所形成之形狀的側面全區域入射，而可提升相對於晶圓 W 之離子的入射面內均勻性。其結果，便可在蝕刻所形成之形狀的側面全區域中，去除附著於該側

面的沉積物，而可提高該形狀之垂直性。又，可在晶圓 W 面內均勻地進行沉積物之去除，而可提升蝕刻所形成之形狀的面內均勻性。

以下，便再次參照圖 8，就方法 MT2 來加以說明。又，以下說明中，除了圖 8 以外，亦參照圖 15~圖 17。圖 15 之(a)部分係與圖 2(a)部分相同的剖面圖，例示有適用方法 MT2 前之狀態的晶圓 W。圖 15 之(b)~(d)部分、圖 16 之(a)~(d)部分以及圖 17 之(a)~(d)部分係例示以方法 MT2 之各工序所到的產物之剖面圖。以下說明中，雖說明對晶圓 W 使用電漿處理裝置 110 來實施方法 MT2 的範例，但只要為可形成將晶圓 W 水平地支撐的狀態，以及讓晶圓 W 相對於垂直方向傾斜並旋轉的狀態之電漿處理裝置的話，便可將任意電漿處理裝置用於實施方法 MT2。

方法 MT2 係首先在工序 ST1 中準備圖 15 之(a)部分所示的晶圓 W，並收納於電漿處理裝置 10 之處理容器 12 內。然後，藉由保持部 130 之靜電夾具 132 來保持晶圓 W。

方法 MT2 係接著實行工序 ST2。工序 ST2 係在處理容器 112 內生成處理氣體之電漿。一範例中，係為了蝕刻由 Ru 所構成之帽膜 L4 而生成含有 H₂ 氣體之處理氣體的電漿。工序 ST2 所使用之處理氣體亦可進一步地含有所謂 N₂ 氣體之非活性氣體。此工序 ST2 係將來自第 1 氣體供給部 114a 及第 2 氣體供給部 114b 中之至少一者的處理氣體供給至處理容器 112 內，而作動排氣系統 120 來將處理容器 112 內之壓力，亦即處理壓力設定為既定壓力。又，來自高頻電源 250A 及高頻電源 250B 之高頻會分別被供給至內側天線元件 242A 及外側天線元件 242B。又，來自第 1 電源 122a 之調變直流電壓或來自第 2 電源 122b 之高頻偏壓會被供給至支撐構造體 118。藉此，來生成處理氣體之電漿。另外，一實施形態之工序 ST2 中，支撐構造體 118 係可設定為非傾斜狀態。亦即，工序 ST2 中，支撐構造體 118 係設置為第 2 軸線 AX2 會一致於軸線 PX。此般工序 ST2 中之電漿處理裝置 110 的各部動作係可藉由控制部 Cnt 來加以控制。

工序 ST2 係藉由來自電漿的活性基，在一範例中為氫活性基來在從遮罩 MSK 露出之部分蝕刻由 Ru 所構成之帽膜 L4。其結果，如圖 15 之(b)部分所示，係在帽膜 L4 之全區域中去除從遮罩 MSK 露出之部分。

方法 MT2 係接著實行工序 ST3。工序 ST3 係蝕刻磁性層之工序的一實施形態，該工序 ST3 係蝕刻 MTJ 層 L3 的上部磁性層 L33。方法 MT2 之工序 ST3 係含有工序 ST3a 與工序 ST3b。工序 ST3a 與工序 ST3b 係將含有異丙醇及二氧化碳之處理氣體供給至處理容器 112 內。此處理氣體係可進一步地含有所謂 Ar 氣體之稀有氣體。工序 ST3a 與工序 ST3b 係將來自第 1 氣體供給部 114a 及第 2 氣體供給部 114b 中之至少一者的處理氣體供給至處理容器 112 內，而作動排氣系統 120 來將處理容器 112 內之壓力，亦即處理壓力設定為既定壓力。又，來自高頻電源 250A 及高頻電源 250B 之高頻會分別被供給至內側天線元件 242A 及外側天線元件 242B。又，來自第 1 電源 122a 之調變直流電壓或來自第 2 電源 122b 之高頻偏壓會被供給至支撐構造體 118。藉此，來生成處理氣體之電漿。另外，方法 MT2 之工序 ST3 中所謂的處理壓力、靜電夾具溫度以及異丙醇之分壓的各種條件係設定為與方法 MT1 之工序 ST3 相同的條件。

工序 ST3 係可與上述處理氣體之電漿的生成一同地將支撐構造體 118 設定為非傾斜狀態。亦即，工序 ST3a 中，支撐構造體 118 係配置為第 2 軸線 AX2 會移置於軸線 PX。藉此，晶圓 W 便會成為相對於垂直方向而保持為水平的狀態。工序 ST3a 係生成處理氣體之電漿，而使得異丙醇及/或其裂解物，亦即蝕刻劑會附著於上部磁性層 L33 表面，以促進該蝕刻劑與構成上部磁性層 L33 的磁性材料之反應。然後，將反應生成物排氣。其結果，如圖 15 之(c)部分所示，係在從遮罩 MSK 露出之部分中蝕刻上部磁性層 L33。又，含有來自異丙醇之碳的沉積物會藉由來自二氧化碳之氧活性基來加以去除。此時，如圖 15 之(c)部分所示，含有反應生成物及/或來自異丙醇之碳的沉積物 DP1 便會附著於遮罩 MSK 側面、帽膜側面以及上部磁性層 L33 側面。

接著的工序 ST3b 為了去除相關沉積物 DP1，而將支撐構造體 118 設定為傾斜狀態。亦即，以第 2 軸線 AX2 會相對於軸線 PX 來傾斜的方式來設定支撐構造體 118 的傾斜。此傾斜角度，亦即第 2 軸線 AX2 相對於軸線 PX 而構成的角度雖可任意地設定，但例如為較 0 度要大而 60 度以下的角度。又，工序 ST3b 中，保持部 130 會旋轉於第 2 軸線 AX2 中心。此旋轉之轉

速雖可任意設定，但例如為 20rpm。藉此，如圖 18 所示，便會以交叉於電漿中所謂離子的活性基(圖中以圓形表示)的吸引方向(圖中以向下之箭頭表示)的方式來配置沉積物 PD1。亦即，會以活性基會朝向遮罩 MSK 側面、帽膜 L4 側面以及上部磁性層 L33 側面來入射的方式來配置晶圓 W。又，工序 ST3b 中，由於保持部 130 會旋轉，故活性基會朝向遮罩 MSK 側面、帽膜 L4 側面以及上部磁性層 L33 側面的全區域來加以入射。又，活性基會在晶圓 W 面內略均勻地入射。從而，如圖 15 之(d)部分所示，係可在遮罩 MSK 側面、帽膜 L4 側面以及上部磁性層 L33 側面的全區域中來去除沉積物 DP1，而提高帽膜 L4 及上部磁性層 L33 所形成之形狀的側面垂直性。又，可在晶圓 W 面內均勻地得到相關垂直性。

另外，工序 ST3a 及工序 ST3b 亦可交互地實行複數次。藉此，便可在大量地形成沉積物 DP1 前，便去除該沉積物 DP1，且蝕刻上部磁性層 L33。

方法 MT2 係接著實行工序 ST4。方法 MT2 之工序 ST4 係與方法 MT1 之工序 ST4 相同的工序，而在成膜裝置內，如圖 16 之(a)部分所示，於晶圓 W 表面上形成有絕緣膜 IL。接著，便在沿著遮罩 MSK 上面的區域以及沿著絕緣層 L32 上面的區域中蝕刻絕緣膜 IL。此蝕刻係可使用任意之電漿處理裝置。例如，該蝕刻係可使用電漿處理裝置 110。此蝕刻結果，如圖 16 之(b)部分所示，係沿著遮罩 MSK 側面、帽膜 L4 側面以及上部磁性層 L33 側面來殘留有絕緣膜 IL。

方法 MT2 係接著實行工序 ST5。工序 ST5 係蝕刻 MTJ 層 L3 之絕緣層 L32。此工序 ST5 中之電漿處理裝置 110 的動作及蝕刻條件係可與方法 MT2 之工序 ST3 中的電漿處理裝置 110 的動作及蝕刻條件相同。

工序 ST5 係與方法 MT2 之工序 ST3 同樣地含有在處理氣體之電漿的生成中將支撐構造體 118 設定為非傾斜狀態的工序 ST5a，以及將支撐構造體 118 設定為傾斜狀態，且讓保持部 130 旋轉於第 2 軸線 AX2 中心的工序 ST5b。該等工序 ST5a 及工序 ST5b 亦可交互地實行複數次。雖工序 ST5a 係蝕刻絕緣層 L32，但如圖 16 之(c)部分所示，含有反應生成物及來自異丙醇之碳的沉積物 DP2 會附著於遮罩 MSK 側面、帽膜側面、上部磁性層 L33 側面以及絕緣層 L32 側面。接著的工序 ST5b 係藉由讓晶圓 W 傾斜，且旋轉來使

得電漿中之活性基效率良好地入射至沉積物 DP2，其結果，如圖 16 之(d)部分所示，係去除該沉積物 DP2。

方法 MT2 係接著實行工序 ST6。工序 ST6 係蝕刻 MTJ 層 L3 之下部磁性層 L31。此工序 ST6 中之電漿處理裝置 110 的動作及蝕刻條件係可與方法 MT2 工序 ST3 中之電漿處理裝置 110 的動作及蝕刻條件相同。

工序 ST6 係與方法 MT2 之工序 ST3 同樣地含有在處理氣體之電漿的生成中將支撐構造體 118 設定為非傾斜狀態的工序 ST6a，以及將支撐構造體 118 設定為傾斜狀態，且讓保持部 130 旋轉於第 2 軸線 AX2 中心之工序 ST6b。該等工序 ST6a 及工序 ST6b 亦可交互地實行複數次。雖工序 ST6a 係蝕刻下部磁性層 L31，但如圖 17 之(a)部分所示，含有反應生成物及/或來自異丙醇之碳的沉積物 DP3 會附著於遮罩 MSK 側面、帽膜側面、上部磁性層 L33 側面以及下部磁性層 L31 側面。接著的工序 ST6b 係藉由讓晶圓 W 傾斜，且旋轉來使得電漿中之活性基效率良好地入射至沉積物 DP3，其結果，如圖 17 之(b)部分所示，係去除該沉積物 DP3。

方法 MT2 係接著實行工序 ST7。工序 ST7 蝕刻磁性膜 L2。此工序 ST7 中之電漿處理裝置 110 的動作及蝕刻條件係可與方法 MT2 的工序 ST3 中之電漿處理裝置 110 的動作及蝕刻條件相同。

工序 ST7 係與方法 MT2 之工序 ST3 同樣地含有在處理氣體之電漿的生成中將支撐構造體 118 設定為非傾斜狀態的工序 ST7a，以及將支撐構造體 118 設定為傾斜狀態，且讓保持部 130 旋轉於第 2 軸線 AX2 中心之工序 ST7b。該等工序 ST7a 及工序 ST7b 亦可交互地實行複數次。雖工序 ST7a 係蝕刻磁性膜 L2，但如圖 17 之(c)部分所示，含有反應生成物及/或來自異丙醇之碳的沉積物 DP4 會附著於遮罩 MSK 側面、帽膜側面、上部磁性層 L33 側面、絕緣層 L32 側面、下部磁性層 L31 側面以及磁性膜 L2 側面。接著的工序 ST7b 係藉由讓晶圓 W 傾斜，且旋轉來使得電漿中之活性基效率良好地入射至沉積物 DP4，其結果，如圖 17 之(d)部分所示，係去除該沉積物 DP4。

[第 3 實施形態]

圖 19 係顯示第 3 實施形態相關之蝕刻方法的流程圖。圖 19 所示之方法 MT3 係使用如電漿處理裝置 110 般，可形成讓晶圓相對於垂直方向來傾

斜，且旋轉的狀態之電漿處理裝置來加以實行。但是，方法 MT3 係在使用該電漿處理裝置之蝕刻中，不形成水平地支撐晶圓的狀態，而形成讓該晶圓相對垂直方向來傾斜並旋轉的狀態之點上，來與方法 MT2 有所不同。以下，便依照使用電漿處理裝置 110 的範例，就方法 MT3 來加以說明。

如圖 19 所示，方法 MT3 係首先在工序 ST1 中，準備圖 15 之(a)部分所示的晶圓 W，並收納至電漿處理裝置 110 之處理容器 112 內。然後，將晶圓 W 水平地載置於保持部 130 之靜電夾具 132 上。

方法 MT3 係接著實行工序 ST2。方法 MT3 之工序 ST2 係與方法 MT2 之工序 ST2 同樣地在處理容器 112 內生成處理氣體之電漿。一範例中，係為了蝕刻由 Ru 所構成之帽膜 L4 而生成含有 H₂ 氣體之處理氣體的電漿。此處理氣體亦可進一步地含有所謂 N₂ 氣體之非活性氣體。工序 ST2 中，支撐構造體 118 係可設定為非傾斜狀態。亦即，工序 ST2 中，支撐構造體 118 係配置為第 2 軸線 AX2 會一致於軸線 PX。

接著，實行工序 ST30。工序 ST30 係蝕刻磁性層之工序的一實施形態，該工序 ST30 係蝕刻 MTJ 層 L3 之上部磁性層 L33。具體而言，方法 MT3 之工序 ST30 係首先形成將晶圓 W 水平地載置於保持部 130 之靜電夾具 132 上的狀態。接著，工序 ST30 係將含有異丙醇及二氧化碳之處理氣體供給至處理容器 112 內。此處理氣體亦可進一步地含有所謂 Ar 氣體之稀有氣體。工序 ST30 係將來自第 1 氣體供給部 114a 及第 2 氣體供給部 114b 中之至少一者的處理氣體供給至處理容器 112 內，而作動排氣系統 120 來將處理容器 112 內之壓力，亦即處理壓力設定為既定壓力。

接著，工序 ST30 係將電壓施加至靜電夾具 132 之電極膜，並藉由該靜電夾具 132 來保持晶圓 W。接著，工序 ST30 係讓支撐構造體 118 傾斜，而讓晶圓 W 保持在傾斜狀態。支撐構造體 118 的傾斜係設定為第 2 軸線 AX2 會相對於軸線 PX 來加以傾斜。此傾斜角度，亦即第 2 軸線 AX2 相對於軸線 PX 所構成的角度雖可任意地設定，但例如為較 0 度要大而 60 度以下的角度。工序 ST30 係進一步地讓保持部 130 旋轉於第 2 軸線 AX2 中心。此旋轉之旋轉速度雖可任意地設定，但例如為 20rpm。

接著，工序 ST30 係將來自高頻電源 250A 及高頻電源 250B 之高頻分

別施加至內側天線元件 242A 及外側天線元件 242B。然後，來自第 1 電源 122a 之調變直流電壓或來自第 2 電源 122b 的高頻偏壓會被供給至支撐構造體 118。藉此，來生成處理氣體之電漿。另外，方法 MT3 之工序 ST30 中所謂處理壓力、靜電夾具溫度以及異丙醇的分壓之各種條件係設定為與方法 MT2 之工序 ST3 相同的條件。

此工序 ST30 係生成處理氣體之電漿，而使得異丙醇及/或其裂解物，亦即蝕刻劑會附著於上部磁性層 L33 表面，以促進該蝕刻劑與構成上部磁性層 L33 的磁性材料之反應。然後，將反應生成物排氣。其結果，如圖 15 之(d)部分所示，係在從遮罩 MSK 露出之部分中蝕刻上部磁性層 L33。

方法 MT3 係接著實行工序 ST4。方法 MT3 之工序 ST4 係與方法 MT2 之工序 ST4 相同的工序，在成膜裝置內，如圖 16 之(a)部分所示，在晶圓 W 表面上形成有絕緣膜 IL。接著，使用任意電漿蝕刻裝置，來在沿著遮罩 MSK 上面的區域以及沿著絕緣層 L32 上面的區域中蝕刻絕緣膜 IL。此蝕刻結果，如圖 16 之(b)部分所示，係沿著遮罩 MSK 側面、帽膜 L4 側面以及上部磁性層 L33 側面來殘留有絕緣膜 IL。

接著，便實行工序 ST50。工序 ST50 係首先在電漿處理裝置 110 的處理容器 112 內將圖 16 之(b)部分所示般的晶圓 W 水平地載置於保持部 130 之靜電夾具 132 上。接著，工序 ST50 係將含有異丙醇及二氧化碳之處理氣體供給至處理容器 112 內。此處理氣體亦可進一步地含有所謂 Ar 氣體之稀有氣體。工序 ST50 係將來自第 1 氣體供給部 114a 及第 2 氣體供給部 114b 中之至少一者的處理氣體供給至處理容器 112 內，而作動排氣系統 120 來將處理容器 112 內之壓力，亦即處理壓力設定為既定壓力。

接著，工序 ST50 係將電壓施加至靜電夾具 132 之電極膜，並藉由該靜電夾具 132 來保持晶圓 W。接著，工序 ST50 係讓支撐構造體 118 傾斜，而讓晶圓 W 保持在傾斜狀態。支撐構造體 118 的傾斜係設定為第 2 軸線 AX2 會相對於軸線 PX 來加以傾斜。此傾斜角度，亦即第 2 軸線 AX2 相對於軸線 PX 所構成的角度雖可任意地設定，但例如為較 0 度要大而 60 度以下的角度。工序 ST50 係進一步地讓保持部 130 旋轉於第 2 軸線 AX2 中心。此旋轉之旋轉速度雖可任意地設定，但例如為 20rpm。

接著，工序 ST50 係將來自高頻電源 250A 及高頻電源 250B 之高頻分別施加至內側天線元件 242A 及外側天線元件 242B。然後，來自第 1 電源 122a 之調變直流電壓或來自第 2 電源 122b 的高頻偏壓會被供給至支撐構造體 118。藉此，來生成處理氣體之電漿。另外，方法 MT3 之工序 ST50 中所謂處理壓力、靜電夾具溫度以及異丙醇的分壓之各種條件係設定為與方法 MT2 之工序 ST5 相同的條件。

工序 ST50 係生成處理氣體之電漿，而使得異丙醇及/或其裂解物，亦即蝕刻劑會附著於絕緣層 L32 表面，以促進該蝕刻劑與構成絕緣層 L32 的磁性材料之反應。然後，將反應生成物排氣。其結果，如圖 16 之(d)部分所示，係在從遮罩 MSK 露出之部分中蝕刻絕緣層 L32。

方法 MT3 係接著實行工序 ST60 及工序 ST70。工序 ST60 及工序 ST70 係使用與工序 ST50 之處理氣體同樣的處理氣體，且工序 ST60 及工序 ST70 中所謂處理壓力、靜電夾具溫度以及異丙醇之分壓的各種條件係設定為與工序 ST50 相同的條件。從而，工序 ST60 及工序 ST70 係維持工序 ST50 所形成之晶圓 W 的傾斜及旋轉，並且連續地使用工序 ST50 所生成之電漿。然後，工序 ST60 如圖 17 之(b)部分所示，係蝕刻 MTJ 層 L3 的下部磁性層 L31，工序 ST70 如圖 17 之(d)部分所示，係蝕刻磁性膜 L2。

另外，即便在各工序 ST60 及工序 ST70 中，亦在電漿處理裝置 110 的處理容器 12 內，將晶圓水平地載置於保持部 130 之靜電夾具 132 上，接著，將處理氣體供給至處理容器 112 內，而作動排氣系統 120 來將處理壓力設定為既定壓力，接著，將電壓施加至靜電夾具 132 之電極膜，並藉由該靜電夾具 132 來保持晶圓 W，接著，讓晶圓 W 傾斜且旋轉，之後將來自高頻電源 250A 及高頻電源 250B 的高頻分別供給至內側天線元件 242A 及外側天線元件 242B，進一步地，亦可將來自第 1 電源 122a 的調變直流電壓或來自第 2 電源 122b 之高頻偏壓供給至支撐構造體 118。

以上，雖已就各種實施形態來加以說明，但並不限於上述實施形態而可構成各種變形態樣。雖上述實施形態的方法係關於一種具有 MTJ 層之 MRAM 元件的製造，但本發明所揭露之技術思想係可適用於具有由磁性材料所構成之磁性層的任意被處理體。

【符號說明】

10...電漿處理裝置
12...處理容器
30...上部電極
LE...下部電極
40...氣體源群
50...排氣裝置
110...電漿處理裝置
112...處理容器
114...氣體供給系統
114a...第 1 氣體供給部
114b...第 2 氣體供給部
118...支撐構造體
132...靜電夾具
PD...支撐構造體
ESC...靜電夾具
Cnt...控制部
W...晶圓
L1...基底層
L2...磁性膜
L3...MTJ 層
L31...下部磁性層
L32...絕緣層
L33...上部磁性層
L4...帽膜
MSK...遮罩

I674597

發明摘要

※ 申請案號：105107284

※ 申請日：105年3月10日

※IPC 分類：**H01F 41/14** (2006.01)

H01L 21/3065 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

蝕刻磁性層之方法

【中文】

提供一種蝕刻磁性層的方法。

一實施形態之方法係包含：將具有磁性層之被處理體載置於電漿處理裝置之處理容器內所設置的靜電夾具上之工序；以及在處理容器內生成含有異丙醇及二氧化碳之處理氣體的電漿，以蝕刻磁性層的工序。一實施形態中，係將處理容器內之空間壓力設定為 1.333Pa 以下的壓力，將靜電夾具溫度設定為-15 度以下的溫度，將異丙醇之分壓設定為該異丙醇之飽和蒸氣壓以下的分壓。

【英文】

無

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1

【本代表圖之符號簡單說明】：

ST1	準備晶圓
ST2	蝕刻帽膜
ST3	蝕刻上部磁性層
ST4	形成絕緣層
ST5	蝕刻絕緣層
ST6	蝕刻下部磁性層
ST7	蝕刻磁性膜

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

申請專利範圍

1. 一種方法，係蝕刻磁性層的方法，包含：

將具有該磁性層之被處理體載置於電漿處理裝置之處理容器內所設置之靜電夾具上的工序；以及

在該處理容器內生成含有異丙醇及二氧化碳之處理氣體的電漿，並將該靜電夾具溫度設定為 -15°C 以下的溫度，以蝕刻該磁性層的工序。

2. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中蝕刻該磁性層的該工序中，係將該處理容器內之空間壓力設定為 1.333 帕斯卡以下的壓力；

將該處理氣體中之該異丙醇的分壓設定為在該靜電夾具之溫度下的該異丙醇之飽和蒸氣壓以下的分壓。

3. 如申請專利範圍第 2 項之方法，其中蝕刻該磁性層之該工序中，該異丙醇之分壓係設定為該異丙醇之飽和蒸氣壓以下，且為該飽和蒸氣壓的 2% 以上之分壓。

4. 如申請專利範圍第 2 項之方法，其中蝕刻該磁性層之該工序中，係將該靜電夾具溫度設定為 -15°C 以下且 -50°C 以上的溫度。

5. 如申請專利範圍第 3 項之方法，其中蝕刻該磁性層之該工序中，係將該靜電夾具溫度設定為 -15°C 以下且 -50°C 以上的溫度。

6. 如申請專利範圍第 1 至 5 項中任一項的方法，其中該被處理體係具有：基底層；設置於該基底層上之磁性膜；以及含有設置於該磁性膜上之下部磁性層、穿隧障壁層以及上部磁性層的磁性穿隧接合層；

在蝕刻該磁性層之該工序中，該磁性膜及該磁性穿隧接合層會作為該磁性層而被加以蝕刻。

7. 如申請專利範圍第 1 至 5 項中任一項的方法，其中該電漿處理裝置係具備有包含該靜電夾具之支撐構造體；

該支撐構造體係構成為讓該靜電夾具繞該靜電夾具之中心軸線來旋轉，且讓該支撐構造體旋轉於正交於該中心軸線之傾斜軸線中心；

蝕刻該磁性層的該工序係含有下述工序之至少一者：

在相對於垂直方向而水平地支撐該被處理體的狀態下來生成該電漿之工序；

在讓該被處理體相對於垂直方向而傾斜，且讓該被處理體旋轉的狀態下，來生成該電漿的工序。

8. 如申請專利範圍第 6 項的方法，其中該電漿處理裝置係具備有包含該靜電夾具之支撐構造體；

該支撐構造體係構成為讓該靜電夾具繞該靜電夾具之中心軸線來旋轉，且讓該支撐構造體旋轉於正交於該中心軸線之傾斜軸線中心；

蝕刻該磁性層的該工序係含有下述工序之至少一者：

在相對於垂直方向而水平地支撐該被處理體的狀態下來生成該電漿之工序；

在讓該被處理體相對於垂直方向而傾斜，且讓該被處理體旋轉的狀態下，來生成該電漿的工序。