



(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 I672741 B

(45) 公告日：中華民國 108 (2019) 年 09 月 21 日

(21) 申請案號：106125570

(22) 申請日：中華民國 106 (2017) 年 07 月 28 日

(51) Int. Cl. : H01L21/3065(2006.01)

H01J37/32 (2006.01)

(30) 優先權：2017/03/17 日本

2017-052066

(71) 申請人：日立全球先端科技股份有限公司 (日本) HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION (JP)

日本

(72) 發明人：松井都 MATSUI, MIYAKO (JP)；桑原謙一 KUWAHARA, KENICHI (JP)；安井尚輝 YASUI, NAOKI (JP)；伊澤勝 IZAWA, MASARU (JP)；白井建人 USUI, TATEHITO (JP)；大森健史 OHMORI, TAKESHI (JP)

(74) 代理人：林志剛

(56) 參考文獻：

US 5,352,324A

US 9,530,666B2

審查人員：李維恩

申請專利範圍項數：5 項 圖式數：10 共 35 頁

(54) 名稱

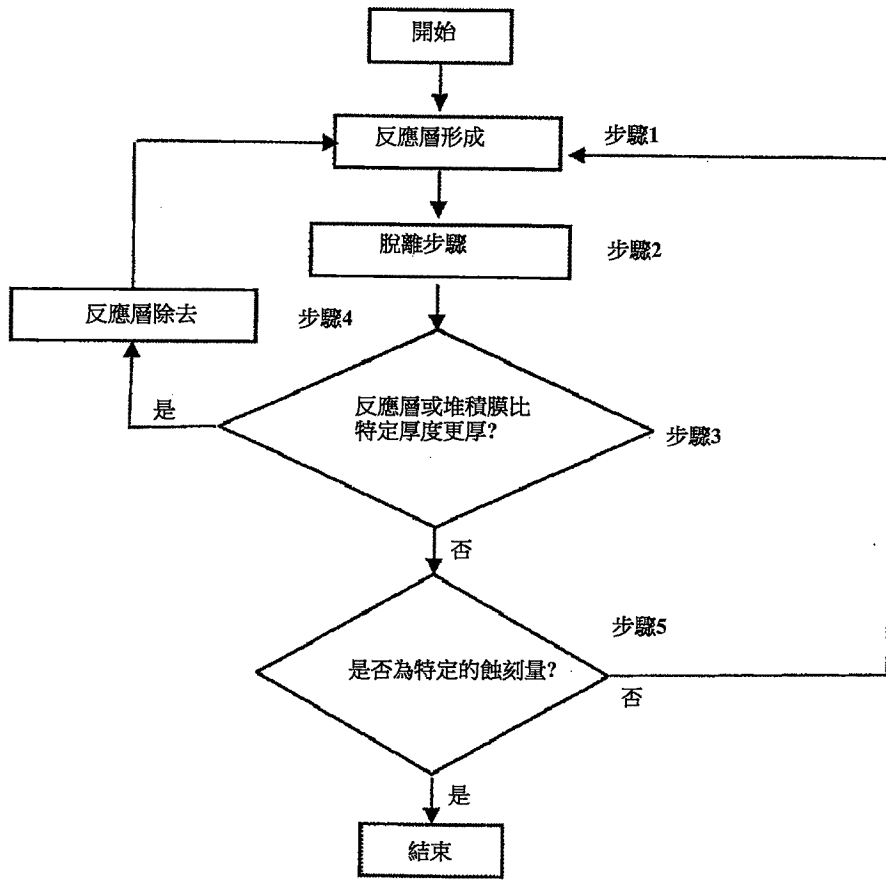
蝕刻方法及電漿處理裝置

(57) 摘要

本發明之課題在於提供於控制圖案上的過剩堆積膜厚的電漿蝕刻，可進行高精度的蝕刻之蝕刻方法及電漿處理裝置。本發明之解決手段之蝕刻方法，特徵為具有：使氣體吸附於被蝕刻材料表面而形成反應層之反應層形成步驟、在前述反應層形成步驟後，使前述反應層脫離之脫離步驟、除去反應層或堆積膜之除去步驟；藉由前述反應層形成步驟與前述脫離步驟，蝕刻前述被蝕刻材料表面。

指定代表圖：

圖 5



# 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)

蝕刻方法及電漿處理裝置

## 【技術領域】

[0001] 本發明係關於蝕刻方法及電漿處理裝置，特別是關於適合控制圖案上的過剩堆積膜厚的電漿蝕刻之蝕刻方法及電漿處理裝置。

## 【先前技術】

[0002] 藉由半導體元件等機能元件製品的細微化，與高深寬比化的同時，構成裝置的閘極絕緣膜及層間膜等的薄膜化也在進行著。此外，在半導體元件的細微化的同時，鰭式場效應電晶體(Fin-FET)等三次元裝置的開發也在加速中。

[0003] 伴此，在三次元裝置的蝕刻步驟，溝圖案的深寬比必須要大，開口尺寸必須要能進行小圖案的蝕刻。此外，遮罩，光罩或閘極絕緣膜、蝕刻停止件等被蝕刻膜的厚度會變薄，被要求著高選擇性的蝕刻。此外，藉由裝置的三次元化，增加了同時蝕刻被形成在晶圓表面起算為不同深度之層的圖案，或者是蝕刻開口尺寸隨著深度而改變的圖案等蝕刻複雜形狀的步驟。

[0004] 於這些圖案的蝕刻，在蝕刻 Si、SiO<sub>2</sub> 等氧化

膜及  $\text{Si}_3\text{N}_4$  等氮化膜的電漿蝕刻，為了對被蝕刻材料進行高選擇性蝕刻，而且蝕刻細微的孔或溝而使用氟烴氣體或者是氫氟烴氣體等堆積性高的氣體來進行蝕刻的技術係屬已知。但是，例如，會發生在蝕刻高深寬比的孔時，伴隨著蝕刻的進行而有反應產物阻塞在孔的入口部，使得蝕刻無法進行下去的問題。

[0005] 此外，除了使用前述之氟烴氣體或氫氟烴氣體等堆積性高的氣體進行蝕刻的技術以外之可以精度佳地加工被蝕刻材料的技術，在專利文獻 1 還揭示了具有：在電漿蝕刻真空室中設置可蝕刻的基板的階段、在基板的錶面上形成生成層的階段、藉由脈衝驅動電漿源而除去生成層的一部份的階段，之後，反覆進行形成生成層的階段與除去生成層的一部份的階段而形成被蝕刻的基板之階段的高速原子層蝕刻(ALET)方法。

[0006] 此外，對於前述問題，專利文獻 2 揭示了一種電漿蝕刻方法，特徵為包含：藉由蝕刻被收容於處理真空室的內部的基板之被處理膜的蝕刻處理，在前述被處理膜形成孔之第 1 步驟、以及把除去附著於藉由執行前述蝕刻處理而形成的前述孔的入口部的反應產物之除去步驟，藉著前述除去步驟在反應產物被除去地前述孔的側壁部使堆積物堆積之堆積步驟、以及使藉由前述堆積步驟把堆積物堆積於側壁部之前述孔，藉由進行前述蝕刻處理而進行延伸(深蝕刻)的延伸(深蝕刻)步驟予以反覆執行複數次的第 2 步驟。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[0007]

[專利文獻 1]日本特表 2012-529777 號公報

[專利文獻 2]WO2014/046083

### 【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

[0008] 但是，近年來伴隨著 3 次元裝置之圖案的複雜化與細微化，必須要在細微圖案，而且是具有複雜形狀的圖案上進行堆積膜厚的精密控制。例如，於 3 次元構造，如圖 10(a)所示把被形成於晶圓 1 上的由被蝕刻材料構成的層 2 使用遮罩 3 進行蝕刻時，以遮罩 3 不被蝕刻的方式形成厚的堆積膜 4 的場合，隨著蝕刻的進展，遮罩 3 的開口部會被反應產物所阻塞而發生無法加工為所要的圖案的問題。

[0009] 此外，如圖 10(b)及圖 10(c)所示，於第 1 遮罩 5 與第 2 遮罩 6 被形成為不同深度的構造，使用第 2 遮罩 6 蝕刻第 2 蝕刻區域 8 時，以第 1 遮罩 5 與第 2 遮罩 6 不被蝕刻的方式在第 1 遮罩 5 與第 2 遮罩 6 上形成厚的堆積膜 4 的場合，隨著蝕刻的進展，會發生第 2 遮罩 6 的開口部會被反應產物所阻塞的問題。

[0010] 此外，如圖 10(b)及圖 10(c)所示，於第 1 遮罩 5 與第 2 遮罩 6 被形成為不同深度的構造，使用第 1 遮

罩 5 與第 2 遮罩 6 蝕刻第 2 蝕刻區域 8 時，會有由於第 1 遮罩的開口部的過剩的反應層與第 2 遮罩開口部的過剩的堆積膜 4 使得第 2 蝕刻區域之被蝕刻表面不被離子照射，無法得到所要的形狀，或是蝕刻停止的問題。

[0011] 對於這些問題使用專利文獻 1 所揭示的方法進行圖 10(a)所示那樣的構造的細微圖案的蝕刻的話，在被蝕刻材料上，吸附與脫離被反覆而使蝕刻進行，但在遮罩等之上，被形成比較厚的反應層。進而，在開口部由於反應產物再附著而使開口部變窄，會有阻礙離子往圖案底部侵入而無法加工為所要的形狀，或是開口部阻塞而蝕刻停止的情形。此外，如圖 10(b)所示第 1 遮罩 5 與第 2 遮罩 6 被形成於不同深度之處所的構造，或是第 1 遮罩與第 2 遮罩材料不同的構造使用專利文獻 1 所揭示的方法進行蝕刻的場合，在產生階差的部分會被形成過剩的堆積膜，使得第 1 遮罩與第 2 遮罩上的反應層的厚度不同，或是開口部的堆積膜厚為非對稱，所以加工形狀變成左右非對稱而無法得到所要的形狀。

[0012] 進而如圖 10(c)所示，第 1 遮罩 5 與第 2 遮罩 6 被形成於不同深度之處所的構造，或是第 1 遮罩與第 2 遮罩材料不同的構造使用專利文獻 1 所揭示的方法進行蝕刻的場合，由於開口部被形成過剩的反應層，被照射到被蝕刻材料上的離子的一部分被遮蔽，所以會有吸附於被蝕刻材料上的反應層在脫離步驟沒有脫離，而在被蝕刻材料上不均勻地殘存反應層的情形。結果，變成無法精度佳地

蝕刻被蝕刻材料，無法實現所要的形狀。

[0013] 此外，如專利文獻 2 所揭示的方法那樣反覆進行除去孔開口部的反應產物，形成側壁保護膜的步驟的場合，每次除去反應產物遮罩材料都會被削去少許，無法得到所要的加工形狀。此外，在形成側壁保護膜的步驟，左右的側壁的深度或遮罩材料不同的場合，無法均勻地形成側壁保護膜，無法加工為所要的形狀。進而，即使是加工左右對稱的圖案の場合，在細微圖案の加工，也會因為附著於開口部の堆積膜之微量的產物而使開口部變窄，或是無法蝕刻為所要の圖案形狀，而有開口部阻塞而蝕刻停止の情形。

[0014] 例如，開口部の寬幅為 50nm 等級以下の圖案加工の場合，有必要把堆積膜厚控制在 20nm 等級以下。但是，在專利文獻 2 所揭示の方法，堆積膜厚の堆積速率快達 10nm/sec，要把堆積膜厚精密地控制到 20nm 以下的程度是困難的。此外，藉此，即使在揭示於專利文獻 1 の蝕刻方法適用揭示於專利文獻 2 の蝕刻方法，揭示於圖 10(a)、(b)及(c)の構造之專利文獻 1 所揭示の蝕刻問題也還是無法改善。

[0015] 由以上所述，本發明之目的在於提供於控制圖案上の過剩堆積膜厚の電漿蝕刻，可進行高精度的蝕刻之蝕刻方法及電漿處理裝置。

[供解決課題之手段]

[0016] 本發明之解決手段之蝕刻方法，特徵為具有：使氣體吸附於被蝕刻材料表面而形成反應層之反應層形成步驟、在前述反應層形成步驟後，使前述反應層脫離之脫離步驟、除去反應層或堆積膜之除去步驟；藉由前述反應層形成步驟與前述脫離步驟，蝕刻前述被蝕刻材料表面。

[0017] 此外，本發明之電漿處理裝置，係具備：具有被蝕刻材料的試料被電漿處理的處理室、供給供產生電漿的高頻電力之高頻電源、以及前述試料被載置之試料台；其特徵為：進而具備在前述反應層形成步驟時求出監視藉由反應層形成步驟與脫離步驟而被蝕刻的前述被蝕刻材料表面而得到的干涉光譜之中在前述反應層形成步驟增加而在前述脫離步驟減少之波長的訊號，根據前述求出的訊號與監測的前述訊號之差分進行實施除去步驟地控制的控制部；前述反應層形成步驟，是使氣體吸附於前述被蝕刻材料表面而形成反應層的步驟，前述脫離步驟，是前述反應層形成步驟後，使前述反應層脫離的步驟，且前述除去步驟，與除去前述脫離步驟後所殘存的反應層或堆積膜的前述脫離步驟是不同的步驟。

#### [發明之效果]

[0018] 本發明，於控制圖案上的過剩堆積膜厚的電漿蝕刻，可進行高精度的蝕刻。



**【圖式簡單說明】**

[0019]

圖 1 係顯示相關於本發明的電漿蝕刻裝置的構成之圖。

圖 2 係顯示相關於本發明的蝕刻方法之蝕刻序列之圖。

圖 3 係顯示由分光器 33 監測的干涉光譜與特定波長的訊號波形之圖。

圖 4 係顯示相關於本發明的電漿蝕刻裝置的構成之圖。

圖 5 係顯示相關於本發明的蝕刻方法之流程之圖。

圖 6 係相關於本發明的蝕刻方法之反應層形成步驟與脫離步驟之一例。

圖 7 係顯示相關於本發明的蝕刻方法之除去步驟前後之蝕刻形狀的剖面圖(1)。

圖 8 係顯示相關於本發明的蝕刻方法之除去步驟前後之蝕刻形狀的剖面圖(2)。

圖 9 係顯示相關於本發明的蝕刻方法之除去步驟前後之蝕刻形狀的剖面圖(3)。

圖 10 係顯示從前的蝕刻方法的課題之圖。

**【實施方式】**

[0020] 以下，使用圖式詳細說明相關於本發明之實施型態。又，為了說明實施型態之所有圖式，對於同一構

成或者同一構件賦予相同符號，省略其反覆的說明。

[0021] 首先說明相關於本發明的電漿處理裝置。圖 1 係顯示實施相關於本發明的蝕刻方法之用的電漿蝕刻裝置的構成之一例。此外，圖 2 係於圖 1 所示的電漿蝕刻裝置進行電漿蝕刻的場合之蝕刻序列之一例。

[0022] 如圖 1 所示，蝕刻裝置 20，具備被配置於處理室 21 內的試料台之晶圓載台 22 與氣瓶或閥所構成的氣體供給手段 23；氣體控制部 37，以在反應層形成用氣體 24、反應產物脫離用氣體 25 及過剩反應層除去用氣體 26 之分別的處理步驟被供給至處理室 21 的方式進行控制。藉由往處理室 21 供給的氣體與高頻控制部 39 控制的高頻電源 27 所供給的高頻電力在處理室 21 內產生電漿。此外，處理室 21 內的壓力，藉由被排氣系控制部 38 所控制而被連接於處理室 21 的可變傳導閥 28 與真空泵 29，在流通以所要的流量的處理氣體的狀態下，可以保持一定。

[0023] 此外，蝕刻裝置 20，具備控制部 36，控制部 36，具備氣體控制部 37 與排氣系控制部 38 與高頻控制部 39 與偏壓控制部 40 以及記憶部 51。此外，控制部 36，進行相關於圖 5 所示的蝕刻的流程之控制。例如，控制部 36，進行如圖 2 所示那樣的蝕刻序列。進而，控制部 36，控制膜厚測定裝置 31、光源 32、分光器 33、算出部 34 與資料庫 35。

[0024] 其次，說明蝕刻裝置 20 之電漿蝕刻的流程。

[0025] 如圖 2 所示，最初開始反應層形成步驟時，

反應層形成用氣體 24 以特定的流量被供給至處理室 21。被供給的反應層形成氣體 24，藉由高頻電力電漿化，產生自由基、離子等。藉由電漿產生的自由基或離子，到達晶圓 1 的表面，形成反應層 9。此外，不產生反應性氣體的電漿，而使反應層形成用氣體 24 直接吸附於被蝕刻材料 2 亦可。

[0026] 其次，開始脫離步驟時，脫離用氣體 25 以特定的流量被供給至處理室 21。被供給的脫離用氣體 25 藉由高頻電力電漿化，藉由電漿產生的離子或自由基被照射於晶圓 1 表面。此時，使反應層 9 與被蝕刻材料 2 反應而產生的反應產物 12 藉由電漿照射的離子 11 而脫離的場合，由藉由偏壓控制部 40 控制的偏壓電源 30 所供給的偏壓電壓施加於晶圓載台 22 而可用至離子能量。

[0027] 此外，被照射至晶圓的離子 11 的能量之中最大的離子能量，大概等於晶圓偏壓電壓係屬已知。亦即，藉由調整晶圓偏壓電壓，可以控制離子能量的最大值。進而於晶圓載台 22 可以具備加熱冷卻機構，也可以加熱晶圓載台 22 而使反應產物 12 熱脫離。或者是可以由晶圓 1 上部藉由以燈等加熱而使反應產物 12 熱脫離。

[0028] 反覆進行前述之反應層形成步驟與脫離步驟蝕刻被蝕刻圖案的話，會有在被蝕刻圖案的一部分形成過剩的反應層 9 的情形。形成過剩的反應層 9 的場合，實施反應層除去步驟。反應層除去步驟開始時，反應層除去用氣體 26 以特定的流量被供給至處理室，被供給的反應層

除去用氣體 26 藉由高頻電力電漿化，產生自由基、離子等。反應層除去用氣體 26，是可以除去在反應層形成步驟形成的反應層 9 與在脫離步驟產生的反應產物 12 的氣體，於反應層除去用氣體 26，使用與遮罩之反應性很低的氣體。

[0029] 反應層除去步驟之晶圓偏壓電壓，根據過剩的反應層 9 的膜厚  $T$  及被蝕刻圖案內之過剩反應層的形成處所而以如下方式求出。此處，顯示檢測到形成過剩的反應層 9，決定反應層除去步驟的條件而實施蝕刻的方法之一例。

[0030] 首先為了檢測被形成了過剩的反應層 9 而測定被蝕刻圖案上的反應層 9 的膜厚。反應層 9 的膜厚，如圖 1 所示將來自光源 32 的光照射於晶圓 1，把在晶圓 1 反射的干涉光以分光器 33 測定而進行測定。被蝕刻圖案的蝕刻深度，例如在日本特開 2003-083720 號公報所揭示的，以分光器檢測特定波長的強度的變化，可以算出以終點判定器檢測出終點時之膜厚。測定反應層的膜厚的場合，以分光器 33 檢測出顯示反應層的膜厚 9 的變化之特定波長的強度變化量，能夠以算出部 34 算出反應層 9 的膜厚。

[0031] 以循環方式實施反應層形成步驟與脫離步驟的話，於膜厚測定裝置 31 所具備的分光器 33，例如測定出圖 3(a)所示的干涉光譜 41。在測定到的干涉光譜之中包含反應層的資訊的特定波長的訊號強度之時間變化顯示於

使開口部 13 變窄或是阻塞。此外，於被蝕刻材料 2 表面，在深寬比高的場合，會有在脫離步驟中離子 11 不能充分到達側壁下部 14，而在脫離步驟後反應層 9 部分殘存的情形。由這種情形，在被蝕刻材料 2 表面，反應層在每 1 個循環都會堆積。因此，於反應層形成步驟及脫離步驟，監視反應層的膜厚以及反應層產物 12 再附著的成分(堆積膜)之膜厚。

[0039] 其次，於圖 5 之步驟 3，判斷在被蝕刻圖案表面上是否被形成容許值以上的反應層 9，或者在開口部 13 附近是否被形成容許值以上之堆積膜。例如，如圖 7(a)所示判斷在被蝕刻圖案表面上被形成比容許值還厚的反應層 9 的場合，於圖 5 的步驟 4，如圖 7(b)所示實施除去過剩的反應層 9 的反應層除去步驟。又，過剩的反應層 9，包含在反應層形成步驟被形成的反應層與反應產物 12 再附著之成分與反應層 9 脫離而再附著的成分。反應層除去步驟後，進行反應層形成步驟(圖 5 之步驟 1)。

[0040] 於圖 5 之步驟 3，判斷在被蝕刻圖案表面上未被形成容許值以上的反應層 9 以及在開口部 13 附近未被形成容許值以上之堆積膜的場合，於圖 5 之步驟 5，判斷是否到達特定的蝕刻深度。未到達特定的蝕刻深度的場合，實施反應層形成步驟(圖 5 之步驟 1)。

[0041] 此外，於圖 5 之步驟 5，判斷到達特定的蝕刻深度的場合，結束圖 5 所示的蝕刻方法之流程。又，於步驟 5，替代「特定的蝕刻深度」而藉由特定的反應層形成

步驟與脫離步驟的循環數來判斷亦可。此特定的反應層形成步驟與脫離步驟的循環數，是成為特定的蝕刻深度的預先求出的循環數。此外，於圖 5 之步驟 5，判斷到達特定的蝕刻深度的場合，實施除去反應產物等的堆積膜的步驟之後，結束圖 5 所示的蝕刻方法之流程亦可。

[0042] 其次，說明由形成的反應層的膜厚來決定反應層除去步驟之蝕刻處理條件的方法。圖 7 係作為被蝕刻圖案在晶圓 1 上被形成被蝕刻層 10、被蝕刻材料 2 之層間膜，於作為遮罩 3 被形成細微的線圖案的構造實施反應層除去步驟之圖。反覆進行反應層 9 之反應層形成步驟與脫離步驟進行被蝕刻材料 2 的蝕刻，在開口部的反應層的膜厚  $T_s$ 、遮罩 3 上等之上的反應層的膜厚  $T_m$  以及被蝕刻材料上的反應層厚  $T_b$  分別超過特定的容許值的場合，實施反應層除去步驟。

[0043] 作為反應層除去步驟之蝕刻處理條件的參數，有氣體種類、氣體流量、壓力、高頻電力、晶圓偏壓電壓、處理時間等，針對氣體種類、氣體流量、壓力、高頻電力，以預先設定推薦值為佳。由反應層 9 的膜厚，也可以在監測反應層的膜厚的時間點，決定晶圓偏壓電壓、處理時間。此外，晶圓偏壓電壓，採用以電漿產生的離子不貫穿被蝕刻材料 2 上的反應層的範圍內之值。這是因為在反應層除去步驟，不使遮罩等被蝕刻的緣故。

[0044] 與晶圓偏壓電壓相同的能量之離子 11 往遮罩之入射量被設定為比遮罩上的反應層厚  $T_m$  更小之值。決

[0052] 由測定的反應層的膜厚可以在監測反應層的膜厚的時間點決定晶圓偏壓電壓以及處理時間。此外，晶圓偏壓電壓，為以電漿產生的離子不會穿越被形成於第 1 蝕刻區域 7 及第 2 蝕刻區域 8 上的反應層的範圍內之值，以與晶圓偏壓電壓相同的能量之離子之往遮罩的入射量被設定為比遮罩上的反應層厚  $T_{m1}$ 、 $T_{m2}$  更小之值。

[0053] 決定晶圓偏壓電壓之後，實施反應層的除去直到開口部的反應層的膜厚  $T_{s1}$ 、 $T_{s2}$ 、遮罩上等之反應層的膜厚  $T_{m1}$ 、 $T_{m2}$ 、及被蝕刻材料上的反應層厚  $T_{b1}$ 、 $T_{b2}$  之全部進入特定的容許值內為止。此處，使用第 1 遮罩 5 之第 1 蝕刻區域 7 的蝕刻，不必要是根據反應層形成步驟與脫離步驟的循環之蝕刻，也可以是從前的蝕刻。

[0054] 此外，相關於本發明的蝕刻方法，不僅是前述圖 8 及圖 9 的構造，於遮罩與被蝕刻材料成為 3 段以上之被蝕刻圖案的構造也與本實施例同樣可以實施。

[0055] 此外，前述之反應層形成步驟與脫離步驟與反應層除去步驟之各個所使用的氣體的種類，因應於進行蝕刻處理的被蝕刻膜的材料而適當選擇。例如，作為反應層形成用氣體 24 使用氟烴氣體與第一氣體之混合氣體、氫氟烴氣體與第一氣體之混合氣體或者是氟烴氣體與氫氟烴氣體與第一氣體之混合氣體的場合，作為脫離用氣體 25，例如使用氟烴氣體與第二氣體之混合氣體、氫氟烴氣體與第二氣體之混合氣體或者是氟烴氣體與氫氟烴氣體與第二氣體之混合氣體，作為反應層除去用氣體 26，例如使

用第二氣體。

[0056] 此外，例如，作為反應層形成用氣體 24 使用 HBr 氣體與第三氣體之混合氣體、BCl<sub>3</sub> 氣體與第三氣體之混合氣體或者是 HBr 氣體與 BCl<sub>3</sub> 氣體與第三氣體之混合氣體的場合，作為脫離用氣體 25，例如使用 HBr 氣體與第四氣體之混合氣體、BCl<sub>3</sub> 氣體與第四氣體之混合氣體或者 HBr 氣體與 BCl<sub>3</sub> 氣體與第四氣體之混合氣體，作為反應層除去用氣體 26，例如使用第四氣體。

[0057] 又，氟烴氣體，為 C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> 氣體、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub> 氣體、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub> 氣體等，氫氟烴為 CHF<sub>3</sub> 氣體、CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 氣體、CH<sub>3</sub>F 氣體等，稀有氣體為 He 氣體、Ar 氣體、Ne 氣體、Kr 氣體、Xe 氣體等。此外，第一氣體為稀有氣體、O<sub>2</sub> 氣體、CO<sub>2</sub> 氣體、N<sub>2</sub> 氣體之中的至少一種氣體，第二氣體為稀有氣體、O<sub>2</sub> 氣體、CO<sub>2</sub> 氣體、CF<sub>4</sub> 氣體、N<sub>2</sub> 氣體、H<sub>2</sub> 氣體、無水 HF 氣體、CH<sub>4</sub> 氣體、CHF<sub>3</sub> 氣體、NF<sub>3</sub> 氣體之中的至少一種氣體。

[0058] 此外，第三氣體為稀有氣體、C<sub>2</sub> 氣體、O<sub>2</sub> 氣體、CO<sub>2</sub> 氣體、N<sub>2</sub> 氣體之中的至少一種氣體，第四氣體為稀有氣體、Cl<sub>2</sub> 氣體、O<sub>2</sub> 氣體、CO<sub>2</sub> 氣體、CF<sub>4</sub> 氣體、N<sub>2</sub> 氣體、H<sub>2</sub> 氣體、無水 HF 氣體、CH<sub>4</sub> 氣體、CHF<sub>3</sub> 氣體、NF<sub>3</sub> 氣體之中的至少一種氣體。

[0059] 以上，藉由相關於前述之本發明的電漿處理方法，隨著實施蝕刻的晶圓枚數而使最佳蝕刻條件徐徐改變的製程的場合，也可以更精密地蝕刻被蝕刻圖案。



[0060] 此外，前述之反應層形成步驟與脫離步驟與反應層除去步驟之各個，以使用電漿之處理來說明，但作為相關於本發明的蝕刻方法，反應層形成步驟與脫離步驟與反應層除去步驟之各個，不一定要是在使用電漿之處裡。例如，反應層形成步驟，藉由不使反應層形成用氣體 24 電漿化而使吸附於被蝕刻材料 2 形成反應層亦可，脫離步驟，亦可加熱後述之晶圓載台 22 而使反應產物 12 熱脫離，或者由晶圓 1 上部以燈絲等加熱而使反應產物 12 熱脫離亦可，反應層除去步驟，亦可藉由未被電漿化的反應層除去用氣體 26 來除去在反應層形成步驟形成的反應層 9 以及在脫離步驟產生的反應產物 12。

[0061] 藉由本發明，於細微圖案、在複數深度之處所具有遮罩的圖案、具有複數材料之遮罩的圖案、具有三次元構造的細微圖案等，可以抑制過剩的反應層之堆積，可以原子層的等級控制反應層的膜厚。此外，藉由本發明，於細微圖案、在複數深度之處所具有遮罩的圖案、具有複數材料之遮罩的圖案、具有三次元構造的細微圖案等，可以抑制蝕刻停止或圓錐形狀等之異常形狀，可以精度佳地加工 3 次元構造的細微圖案。此外，於量產製程，也可以對應於製程的經時變化，可以再現性佳地進行高精度加工。

[0062] 根據以上說明，本發明並不限定於本實施型態，也可以置換成為與前述實施型態所示的構成實質上相同的構成，可發揮相同作用效果的構成，或者是可以達成

同一目的的構成。

【符號說明】

[0063]

- 1：晶圓
- 2：被蝕刻材料
- 3：遮罩
- 4：堆積膜
- 5：第 1 遮罩
- 6：第 2 遮罩
- 7：第 1 蝕刻區域
- 8：第 2 蝕刻區域
- 9：反應層
- 10：被蝕刻層
- 11：離子
- 12：反應產物
- 13：開口部
- 14：側壁下部
- 20：蝕刻裝置
- 21：處理室
- 22：晶圓載台
- 23：氣體供給手段
- 24：反應層形成用氣體
- 25：脫離用氣體

- 26：反應層除去用氣體
- 27：高頻電源
- 28：傳導閥 (conductance valve)
- 29：真空泵
- 30：偏壓電源
- 31：膜厚測定裝置
- 32：光源
- 33：分光器
- 34：算出部
- 35：資料庫
- 36：控制部
- 37：氣體控制部
- 38：排氣系控制部
- 39：高頻控制部
- 40：偏壓控制部
- 41：干涉光譜
- 42：參照用訊號強度之變化
- 43：測定的訊號強度
- 51：記憶部
- 61：紅外(IR)光源
- 62：分光器

I672741

## 發明摘要

※申請案號：106125570

※申請日：106/07/28

※IPC 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

蝕刻方法及電漿處理裝置

【中文】

本發明之課題在於提供於控制圖案上的過剩堆積膜厚的電漿蝕刻，可進行高精度的蝕刻之蝕刻方法及電漿處理裝置。

本發明之解決手段之蝕刻方法，特徵為具有：使氣體吸附於被蝕刻材料表面而形成反應層之反應層形成步驟、在前述反應層形成步驟後，使前述反應層脫離之脫離步驟、除去反應層或堆積膜之除去步驟；藉由前述反應層形成步驟與前述脫離步驟，蝕刻前述被蝕刻材料表面。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(5)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

第 106125570 號

民國 108 年 1 月 8 日修正

圖 3(b)。特定波長的訊號強度，在反應層形成步驟特定波長的訊號強度為增加傾向，在脫離步驟特定波長的訊號強度顯示降低傾向。

[0032] 於反應層形成步驟，預先取得被形成容許值內的膜厚的反應層の場合之參照用訊號強度的變化 42，保存於資料庫 35，在保存的參照用訊號強度的變化 42 與測定的訊號強度 43 的差分  $I_d$  超過特定範圍の場合，可以判斷形成了過剩的反應層 9。此外，形成了過剩的反應層 9 の場合，也可以間接地判定沒有進行被蝕刻圖案的蝕刻。又，藉著作為供測定反應層 9 的膜厚之用的特定波長使用包含反應層的資訊的一些波長，也可以測定被形成於被蝕刻圖案內的反應層的膜厚分布。

[0033] 此外，反應層的膜厚的測定，亦可在所有步驟之蝕刻中來實施，亦可在反應層形成步驟與脫離步驟之間、脫離步驟與反應層除去步驟之間、或反應層除去步驟與反應層形成步驟之間來實施。此外，作為測定膜厚時的光源亦可使用如圖 1 所示的外部光源，亦可使用電漿光。進而作為測定膜厚之其他實施例，由如圖 4 所示被設置於晶圓上部的 IR 光源 61，對被蝕刻圖案照射紅外(IR)光，以設置於晶圓下部的分光器 62 檢測出 IR 光的吸收光譜而測定反應層的膜厚亦為可能。以分光器 62 檢測出顯示反應層的膜厚的變化之特定波長的訊號強度變化量，也能夠算出反應層的膜厚。

[0034] 使用圖 5 至 7 說明相關於本發明之蝕刻方法

第 106125570 號

民國 108 年 1 月 8 日修正

之一實施例。圖 5 係顯示相關於本發明的蝕刻方法之流程之圖。此外，圖 6(a)係供說明反應層形成步驟(圖 5 之步驟 1)之圖，圖 6(b)係說明脫離步驟(圖 5 之步驟 2)之圖。此外，圖 7(a)係反應層除去步驟(圖 5 之步驟 4)之前的蝕刻形狀的剖面之模式圖，圖 7(b)係反應層除去步驟(圖 5 之步驟 4)之後的蝕刻形狀的剖面之模式圖。

[0035] 在本實施例，說明作為被蝕刻圖案之一例在試樣之晶圓 1 上被形成被蝕刻層 10、被蝕刻材料 2 之層間膜，於遮罩 3 被形成細微的線圖案的構造，而蝕刻層間膜之被蝕刻材料 2 的場合。

[0036] 首先於圖 5 之步驟 1(反應層形成步驟)，在如圖 6(a)所示形成包含被蝕刻材料 2 的圖案之晶圓 1 上供給與被蝕刻材料具有反應性的反應性氣體或自由基，或者蝕刻劑而在被蝕刻圖案的表面形成反應層 9。

[0037] 其次，於圖 5 之步驟 2(脫離步驟)，把藉由電漿等而產生的離子照射於被蝕刻圖案。如圖 6(b)所示在被蝕刻材料 2 的表面，藉由從離子供給的能量使反應層 9 與被蝕刻材料 2 反應，使反應產物 12 脫離。在本實施例，使反應產物 12 脫離的能量，顯示藉由來自電漿的離子 11 之能量來供給的場合，但是使反應產物 12 脫離的能量，藉由燈絲加熱等使晶圓溫度上升的方式供給亦可。

[0038] 又，在此脫離步驟，由被蝕刻材料 2 表面產生的反應產物 12 或由被蝕刻材料在離子濺鍍等脫離的成分再附著於被蝕刻圖案的內部，特別是開口部 13 附近會

第 106125570 號

民國 108 年 1 月 8 日修正

定晶圓偏壓電壓之後，實施反應層之除去直到開口部的反應層的膜厚  $T_s$ 、遮罩上反應層的膜厚  $T_m$  及被蝕刻材料上的反應層厚  $T_b$  進入特定的容許值內。反應層除去步驟之反應層的除去速度，可以預先把反應層的除去速度等作為資料庫記憶於記憶部 51，亦可實施特定時間之反應層除去步驟之後，再度測定反應層的膜厚而測定除去速度。

[0045] 如以上所述決定反應層除去步驟的晶圓偏壓電壓時，反應層除去步驟之晶圓偏壓電壓，被設定為比脫離步驟更低。又，線圖案那樣單純的圖案の場合，預先設定充分低的晶圓偏壓電壓亦可。

[0046] 其次，說明如圖 8 所示在晶圓 1 上被形成被蝕刻層 10，於第 1 遮罩 5 與第 2 遮罩 6 被形成於不同層的構造，使用第 1 遮罩 5 蝕刻第 1 蝕刻區域 7，使用第 2 遮罩 6 蝕刻第 2 蝕刻區域 8 的方法。又，圖 8(a)係反應層除去步驟前的蝕刻形狀的剖面圖，圖 8(b)係反應層除去步驟後的蝕刻形狀的剖面圖。

[0047] 反覆進行反應層形成步驟與脫離步驟進行蝕刻區域的蝕刻的話，開口部的反應層的膜厚  $T_{s1}$ 、 $T_{s2}$ 、遮罩上的反應層的膜厚  $T_{m1}$ 、 $T_{m2}$ 、被蝕刻材料上的反應層厚  $T_b$  之任一者超過特定的容許值的場合，實施反應層除去步驟。特別是第 2 遮罩 6 的開口部比第 1 遮罩的開口部更窄，比起  $T_{s1}$  及  $T_{m1}$ ， $T_{s2}$  及  $T_{m2}$  的膜厚控制更為重要。

[0048] 由測定的反應層的膜厚可以在監測反應層的



第 106125570 號

民國 108 年 1 月 8 日修正

膜厚的時間點決定晶圓偏壓電壓以及處理時間。此外，晶圓偏壓電壓，為以電漿產生的離子不會穿越被形成於第 1 蝕刻區域 7 及第 2 蝕刻區域 8 上的反應層的範圍內之值，以與晶圓偏壓電壓相同的能量之離子之往遮罩的入射量被設定為比遮罩上的反應層厚  $T_{m1}$ 、 $T_{m2}$  更小之值。

[0049] 決定晶圓偏壓電壓之後，實施反應層的除去直到開口部的反應層的膜厚  $T_{s1}$ 、 $T_{s2}$ 、遮罩上等之反應層的膜厚  $T_{m1}$ 、 $T_{m2}$ 、及被蝕刻材料上的反應層厚  $T_b$  之全部進入特定的容許值內為止。此處，使用第 1 遮罩 5 之第 1 蝕刻區域 7 的蝕刻，不必要是根據反應層形成步驟與脫離步驟的循環之蝕刻，也可以是從前的蝕刻。

[0050] 此外，說明如圖 9 所示在晶圓 1 上被形成被蝕刻層 10，於第 1 遮罩 5 與第 2 遮罩 6 被形成於不同層的構造，使用第 1 遮罩 5 蝕刻第 1 蝕刻區域 7，使用第 2 遮罩 6 蝕刻第 2 蝕刻區域 8 的方法。又，圖 9(a)係反應層除去步驟前的蝕刻形狀的剖面圖，圖 9(b)係反應層除去步驟後的蝕刻形狀的剖面圖。

[0051] 反覆進行反應層形成步驟與脫離步驟進行蝕刻區域的蝕刻的話，開口部的反應層的膜厚  $T_{s1}$ 、 $T_{s2}$ 、遮罩上的反應層的膜厚  $T_{m1}$ 、 $T_{m2}$ 、被蝕刻材料上的反應層厚  $T_b$  之任一者超過特定的容許值的場合，實施反應層除去步驟。此外，圖 9 的構造的場合，容易發生第 2 遮罩 6 的刻面 (facet)，有必要考慮此刻面而除去反應層的必要。

## 申請專利範圍

1. 一種蝕刻方法，其特徵為具有：

使氣體吸附於被蝕刻材料表面而形成反應層之反應層形成步驟、

在前述反應層形成步驟後，使前述反應層脫離之脫離步驟、

前述脫離步驟後除去殘存的前述反應層或堆積膜之除去步驟；

藉由前述反應層形成步驟與前述脫離步驟，蝕刻前述被蝕刻材料表面；

前述除去步驟，係藉由光學方法監測前述堆積膜的厚度，在前述監測的前述堆積膜的厚度比特定量還厚的場合下進行。

2. 如申請專利範圍第1項之蝕刻方法，其中

根據前述被監測的前述堆積膜的厚度，決定前述除去步驟之處理條件。

3. 一種蝕刻方法，其特徵為具有：

使氣體吸附於被蝕刻材料表面而形成反應層之反應層形成步驟、

在前述反應層形成步驟後，使前述反應層脫離之脫離步驟、

前述脫離步驟後除去殘存的前述反應層或堆積膜之除去步驟；

藉由前述反應層形成步驟與前述脫離步驟，蝕刻前述

被蝕刻材料表面；

前述反應層形成步驟與前述脫離步驟與前述除去步驟，全部使用電漿來進行，

被供給至具有前述被蝕刻材料的試料被載置之試料台的前述除去步驟的高頻電力，比被供給至前述試料台的前述脫離步驟的高頻電力還要小。

4. 如申請專利範圍第3項之蝕刻方法，其中

使用於前述除去步驟的氣體，與使用於前述脫離步驟的氣體係屬不同的氣體。

5. 一種電漿處理裝置，係具備：具有被蝕刻材料的試料被電漿處理的處理室、供給供產生電漿的高頻電力之高頻電源、以及前述試料被載置之試料台；其特徵為：

進而具備在反應層形成步驟時求出監視藉由前述反應層形成步驟與脫離步驟而被蝕刻的前述被蝕刻材料表面而得到的干涉光譜之中在前述反應層形成步驟增加而在前述脫離步驟減少之波長的訊號，根據前述求出的訊號與監測的前述訊號之差分進行實施除去步驟地控制的控制部；

前述反應層形成步驟，是使氣體吸附於前述被蝕刻材料表面而形成反應層的步驟，

前述脫離步驟，是前述反應層形成步驟後，使前述反應層脫離的步驟，且前述除去步驟，與除去前述脫離步驟後所殘存的反應層或堆積膜的前述脫離步驟是不同的步驟。