



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201306082 A1

(43)公開日：中華民國 102 (2013) 年 02 月 01 日

(21)申請案號：101113584

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 04 月 17 日

(51)Int. Cl. : H01J37/32 (2006.01)

C23C16/52 (2006.01)

C23C16/511 (2006.01)

H01L21/205 (2006.01)

(30)優先權：2011/04/18 日本

2011-092280

(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：辛川孝行 KARAKAWA, TAKAYUKI (JP) ; 上田博一 UEDA, HIROKAZU (JP)

(74)代理人：林秋琴；何愛文

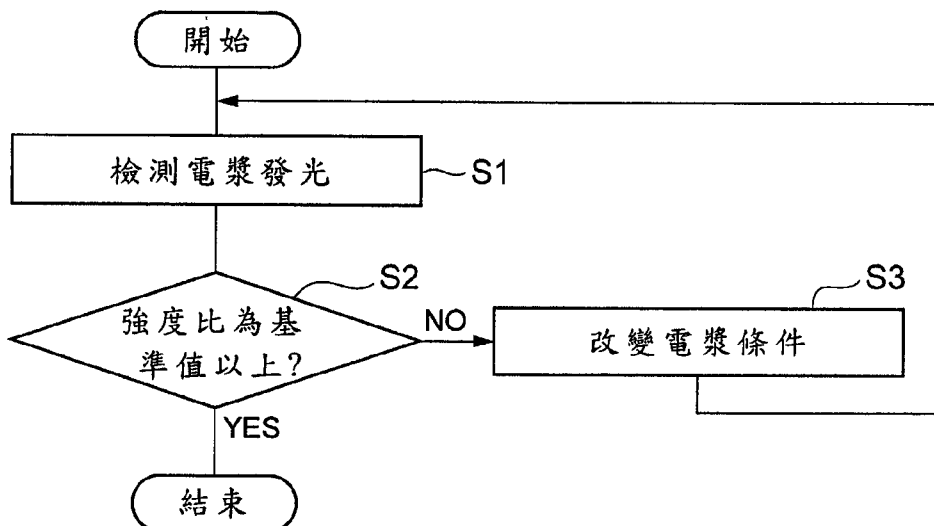
申請實體審查：有 申請專利範圍項數：8 項 圖式數：13 共 39 頁

(54)名稱

電漿評估方法、電漿處理方法及電漿處理裝置

(57)摘要

本發明關於一種電漿評估方法、電漿處理方法及電漿處理裝置，該電漿評估方法係在原子層沉積法中評估用來形成氮化膜的電漿。首先，檢測來自含有氮原子及氫原子之氣體所生成之電漿的發光。接著，使用將所檢測之發光強度的光頻譜中氫原子造成的第 1 尖峰與相異於第 1 尖峰之氮原子造成的第 2 尖峰之強度比，與預先從強度比與表示氮化膜膜質之指標的關係所計算出之基準值相比較後的結果，來進行電漿的評估。



S1：檢測電漿發光

S2：強度比為基準值以上？

S3：改變電漿條件



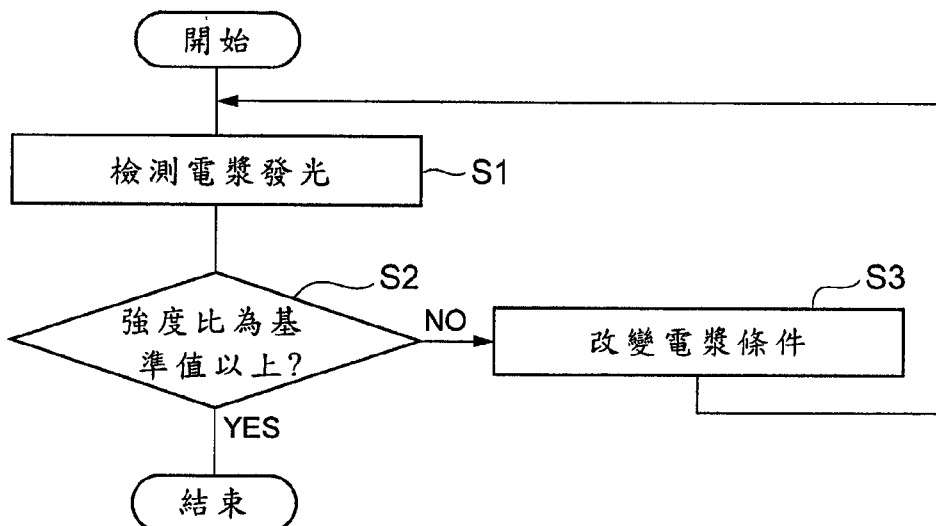
(21)申請案號：101113584 (22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 04 月 17 日
(51)Int. Cl. : H01J37/32 (2006.01) C23C16/52 (2006.01)
C23C16/511 (2006.01) H01L21/205 (2006.01)
(30)優先權：2011/04/18 日本 2011-092280
(71)申請人：東京威力科創股份有限公司 (日本) TOKYO ELECTRON LIMITED (JP)
日本
(72)發明人：辛川孝行 KARAKAWA, TAKAYUKI (JP) ; 上田博一 UEDA, HIROKAZU (JP)
(74)代理人：林秋琴；何愛文
申請實體審查：有 申請專利範圍項數：8 項 圖式數：13 共 39 頁

(54)名稱

電漿評估方法、電漿處理方法及電漿處理裝置

(57)摘要

本發明關於一種電漿評估方法、電漿處理方法及電漿處理裝置，該電漿評估方法係在原子層沉積法中評估用來形成氮化膜的電漿。首先，檢測來自含有氮原子及氫原子之氣體所生成之電漿的發光。接著，使用將所檢測之發光強度的光頻譜中氮原子造成的第 1 尖峰與相異於第 1 尖峰之氮原子造成的第 2 尖峰之強度比，與預先從強度比與表示氮化膜膜質之指標的關係所計算出之基準值相比較後的結果，來進行電漿的評估。



S1：檢測電漿發光

S2：強度比為基準值以上？

S3：改變電漿條件

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 4。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

S1：檢測電漿發光

S2：強度比為基準值以上？

S3：改變電漿條件

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】

本發明關於一種電漿評估方法、電漿處理方法及電漿處理裝置。

【先前技術】

已知有一種在藉由電漿 CVD 法形成氮化膜時，檢測電漿發光，並設定對電極所供應之電功率的大小，來使波長 324.01nm 下所檢測之 NH 自由基的發光強度為最大之方法(參照例如特開平 3-243772 號公報)。

專利文獻 1：日本特開平 3-243772 號公報

另一方面，作為形成氮化膜之方法已知有原子層沉積法(Atomic Layer Deposition；ALD 法)。此方法係重複下述(1)~(4)的步驟而於基板上形成氮化膜。

(1) 於處理室內使成膜材料吸附在基板上。

(2) 藉由吹淨氣體來去除多餘吸附的成膜材料。

(3) 使用含有氮原子之氣體所生成的電漿來對成膜材料施予電漿氮化處理。

(4) 藉由吹淨氣體來去除殘留在處理室內的氣體。

藉由原子層沉積法來形成氮化膜的情況，相較於藉由電漿 CVD 法的情況需花費較長時間。尤其因為上述(2)及(4)的吹淨步驟需花費較長時間的緣故。

又，為了藉由原子層沉積法來形成良好膜質的氮化膜(膜的緻密性高之氮化膜)，必須使電漿條件最佳化。為此，

便必須針對各電漿條件，而形成有氮化膜，且精細地評估所獲得之氮化膜的膜質。為了更精確地進行膜質的評估，必須使被評估膜之氮化膜的膜厚至少為 10nm 以上。但為了使用原子層沉積法(ALD)來形成膜厚 10nm 以上的氮化膜，由於相較於電漿 CVD 法而需要非常長的時間(例如 1~2 小時)，因此效率不佳。又，在各電漿條件中所形成之氮化膜的膜質，已知有例如藉由測量相對於 0.5% 氟酸水溶液之濕蝕刻率，來評估膜的緻密性。但要測量相對於該氟酸水溶液之濕蝕刻率的作業非常煩雜，而需要相當的作業時間。於是，便有不僅是氮化膜的形成，而該氮化膜的膜質評估亦需要很長的時間之評估效率上的課題。

本發明係鑑於上述情事所發明者，其目的為提供一種可在短時間內決定能夠形成良好膜質的氮化膜之電漿條件之電漿評估方法、電漿處理方法及電漿處理裝置。

【發明內容】

為解決上述課題，本發明一觀點之電漿評估方法係評估藉由原子層沉積法來形成氮化膜的電漿之電漿評估方法；其包含以下步驟：檢測來自含有氮原子及氫原子之氣體所生成之該電漿的發光之步驟；以及使用將所檢測之該發光強度的光頻譜中氫原子造成的第 1 尖峰與相異於該第 1 尖峰之氮原子造成的第 2 尖峰之強度比，與預先從該強度比與表示該氮化膜膜質之指標的關係所計算出之基準值相比較後的結果，來進行該電漿的評估之步驟。

本案發明人等發現了在原子層沉積法中，電漿發光強度的光頻譜中氫原子所造成之 2 個尖峰的強度比係與藉由該電漿所形成之氮化膜的膜質有密切的關連性。上述電漿評估方法可由氫原子所造成之 2 個尖峰的強度比來評估是否已生成有能夠形成良好膜質的氮化膜之電漿。於是，針對各電漿條件，便不須實際地形成有氮化膜，或進行該氮化膜的評估。因此，便可在短時間內(例如 10 分鐘以內)決定能夠形成良好膜質的氮化膜之電漿條件。

該第 1 尖峰的尖峰波長可為 656.2nm，該第 2 尖峰的尖峰波長可為 486.1nm。

上述電漿評估方法可另包含在進行該電漿的評估之步驟後，若該強度比小於該基準值的情況，則改變該電漿的條件來使該強度比為該基準值以上之步驟。藉此，便可將電漿條件改變成能夠形成良好膜質的氮化膜之電漿條件。

亦可在改變該電漿的條件之步驟後，回到檢測來自該電漿的發光之步驟。藉此，便可加以控制來維持能夠形成良好膜質的氮化膜之電漿條件。

該電漿亦可藉由微波而生成。若使用微波來作為電漿源，則相較於使用藉由電容耦合或感應耦合等所生成之其他電漿源的情況，可獲得電子溫度低但電子密度高的電漿。於是，在形成氮化膜時，便可減少損傷，且同時提高電漿氮化處理的處理速度。再者，若使用微波來作為電漿源，則相較於使用其他電漿源的情況，可擴大電漿氮化處理的處理壓力範圍。

該電漿亦可藉由輻射狀槽孔天線而生成。若使用輻射狀槽孔天線，由於可將微波均勻地導入至處理室內，因此結果來說，便可生成均勻的電漿。

本發明一觀點之電漿處理方法係包含有使用藉由上述電漿評估方法所評估的該電漿，來對吸附在基板上的層施予電漿處理之步驟。藉此，基板上便會形成有良好膜質的氮化膜。

本發明一觀點之電漿處理裝置係藉由原子層沉積法來形成氮化膜之電漿處理裝置，其具備有：處理室；氣體供應源，係對該處理室內供應含有氮原子及氫原子之氣體；電漿產生器，係在該處理室內產生自該氣體所生成的電漿；光檢測器，係檢測來自該電漿的發光；以及控制部，係使用將所檢測之該發光強度的光頻譜中氮原子造成的第1尖峰與相異於該第1尖峰之氮原子造成的第2尖峰之強度比，與預先從該強度比與表示該氮化膜膜質之指標的關係所計算出之基準值相比較後的結果，來進行該電漿的評估。

上述電漿處理裝置中，可進行上述電漿評估方法。因此，便可在短時間內決定能夠形成良好膜質的氮化膜之電漿條件。

依據本發明，便可提供一種可在短時間內決定能夠形成良好膜質的氮化膜之電漿條件之電漿評估方法、電漿處理方法及電漿處理裝置。

【實施方式】

以下，參照添附圖式來詳細地說明本發明實施型態。此外，圖式之說明中，針對相同或相等的要素則使用相同符號，而省略重複說明。

圖 1 及圖 2 係概略顯示一實施型態之電漿處理裝置之剖視圖。圖 2 中係收納有圖 1 中的頭部 44。圖 1 及圖 2 係顯示 XYZ 正交座標系統。圖 1 及圖 2 所示之電漿處理裝置 10 為原子層沉積裝置(ALD 裝置)。電漿處理裝置 10 係具備有處理室 12、將氣體 G 供應至處理室 12 內之氣體供應源 36、以及在處理室 12 內產生自氣體 G 所生成的電漿 P 之電漿產生器 16。氣體 G 係含有氮原子及氫原子。氣體 G 係含有例如氨氣。氣體 G 亦可含有 Ar 氣體、氮氣等之非活性氣體。

電漿處理裝置 10 亦可具備有在處理室 12 內保持基板 W 之基板保持具 14。基板 W 為例如矽基板等之半導體基板，其具有略平行於 XY 平面的表面。電漿 P 係用以在基板 W 上形成例如矽氮化膜等之氮化膜。

電漿產生器 16 係具備有產生電漿激發用微波之微波產生器 18，與用以將微波導入至處理室 12 內之輻射狀槽孔天線(Radial Line Slot Antenna；RLSA：註冊商標)26。微波產生器 18 係透過導波管 20 而連接於可轉換微波的模式之模式轉換器 22。模式轉換器 22 係透過具有內側導波管 24a 及外側導波管 24b 之同軸導波管 24 而連接於輻射狀槽孔天線 26。藉此，則藉由微波產生器 18 所產生之微波的

模式便會在模式轉換器 22 中被轉換，且到達輻射狀槽孔天線 26。微波產生器 18 所產生之微波的頻率為例如 2.45GHz。

輻射狀槽孔天線 26 係具備有：封閉形成於處理室 12 的開口 12a 之介電體窗 34、設置於介電體窗 34 的外側之槽孔板 32、設置於槽孔板 32 的外側之冷卻套 30、以及配置於槽孔板 32 與冷卻套 30 之間之介電體板 28。介電體窗 34 係與基板 W 呈對向配置。介電體窗 34 係由例如鋁氧化物 (Al_2O_3) 等陶瓷材料所構成。槽孔板 32 的中央係連接有內側導波管 24a，冷卻套 30 則連接有外側導波管 24b。冷卻套 30 亦具有導波管的功能。藉此，微波便會在內側導波管 24a 與外側導波管 24b 之間傳播，且在槽孔板 32 與冷卻套 30 之間的介電體板 28 傳播，並從槽孔 32c 穿透介電體窗 34 而到達處理室 12 內。

圖 3 為從 Z 方向所觀看到電漿處理裝置 10 的槽孔板 32 之圖式。圖 3 係顯示 XYZ 正交座標系統。槽孔板 32 為例如圓盤狀。槽孔板 32 係同心圓狀地形成有由複數個延伸於第 1 方向之槽孔 32a 與延伸於和第 1 方向呈交叉的第 2 方向之槽孔 32b 所構成的一對槽孔 32c。

例如，著眼於 1 個槽孔 32c，第 1 方向係和第 2 方向呈直交。一對槽孔 32c 係從槽孔板 32 的中心而以特定間隔配置在徑向上，且以特定間隔配置在槽孔板 32 的圓周方向上。穿透介電體窗 34 後的微波會通過一對槽孔 32c 而被導入至處理室 12 內。微波的波長在穿透介電體板 28(慢波板) 中時會變短。於是，便可從槽孔 32c 來有效率地將微波導入至處理室 12 內。

再次參照圖 1 及圖 2。處理室 12 的側壁係形成有電漿處理用的氣體供應口 12b。氣體供應口 12b 可形成於介電體窗 34，抑或是形成於朝處理室 12 內延伸之氣體供應機構。氣體供應口 12b 係連接有氣體供應源 36。藉由將微波照射在被供應至處理室 12 內的氣體 G，則處理室 12 內的介電體窗 34 側便會生成有電漿 P。所生成之電漿 P 會朝向基板 W 擴散。處理室 12 的底部係形成有用以將處理室 12 內的氣體排氣之排氣口 12c。排氣口 12c 係透過 APC(Auto Pressure Control)閥 38 而連接有真空幫浦 40。基板保持具 14 係連接有用以調節基板保持具 14 的溫度之溫度調節器 42。基板保持具 14 的溫度較佳係調節為例如 200~500°C，更佳為 300~400°C。

電漿處理裝置 10 具備有頭部 44，該頭部 44 係形成有用以將原子層沉積用的原料氣體(前驅物)及吹淨氣體供應至基板 W 上之氣體供應口 44a。頭部 44 係藉由支撐頭部 44 之支撐部 46 而連接於驅動裝置 48。驅動裝置 48 係配置在處理室 12 的外側。藉由驅動裝置 48，則頭部 44 及支撐部 46 便可移動於 X 方向。處理室 12 係設置有用以收納頭部 44 之收納部 12d。如圖 2 所示，當頭部 44 被收納於收納部 12d 的情況，係藉由擋門 50 會移動於 Z 方向來將收納部 12d 隔離。此外，圖 1 及圖 2 所示之電漿處理裝置 10 除了頭部 44 是否被收納在收納部 12d 以外皆相同。

中空的支撐部 46 係連接有原子層沉積用的原料氣體供應源 52 與吹淨氣體供應源 54，且與該等相連通。原料

氣體及吹淨氣體係分別從原料氣體供應源 52 及吹淨氣體供應源 54 經由支撐部 46，而從頭部 44 被供應至基板 W 上。

電漿處理裝置 10 係具備有檢測來自電漿 P 的發光之光檢測器 70。光檢測器 70 係具備有與處理室 12 的側壁所設置之窗 60 呈對向配置的聚光鏡 62。來自電漿 P 的發光會通過窗 60 而入射至聚光鏡 62。聚光鏡 62 係透過光纖 64 而連接有光譜儀 66。在光譜儀 66 被分光後的光會被導入至光電子倍增管 68。光檢測器 70 係例如發光分光分析裝置(OES)。光檢測器 70 只要是能夠檢測來自電漿 P 的發光之位置，則可配置在任意位置處。

電漿處理裝置 10 係具備有控制裝置整體之控制部 56。控制部 56 係分別連接於微波產生器 18、真空幫浦 40、溫度調節器 42、驅動裝置 48、電漿處理用的氣體供應源 36、原子層沉積用的原料氣體供應源 52、吹淨氣體供應源 54 及光檢測器 70。藉此，控制部 56 便可分別控制微波輸出、處理室 12 內的壓力、基板保持具 14 的溫度、頭部 44 之 X 方向的移動、以及電漿處理用氣體、原子層沉積用原料氣體及吹淨氣體的氣體流量及氣體導入時間。控制部 56 為例如電腦，係具備有 CPU 等之運算裝置 56a 與記憶體或硬碟等之記憶裝置 56b。記憶裝置 56b 可為電腦可讀取式記錄媒體。記錄媒體為例如 CD、NAND、BD、HDD、USB 等。記憶裝置 56b 係記錄有來自光檢測器 70 的資訊。控制部 56 亦可連接有顯示作為控制對象的各種資訊之顯示裝置 58。

控制部 56 如後所述，係使用將所檢測之電漿發光強度的光頻譜中氫原子造成的第 1 尖峰與相異於第 1 尖峰之氫原子造成的第 2 尖峰之強度比，與預先從強度比與表示氮化膜膜質之指標的關係所計算出之基準值相比較後的結果，來進行電漿 P 的評估。記憶裝置 56b 係記錄有使電腦執行下述電漿評估步驟順序之程式。

圖 4 係顯示一實施型態之電漿評估方法的各步驟之流程圖。本實施型態之電漿評估方法係藉由原子層沉積法來評估用來形成氮化膜的電漿 P。本實施型態之電漿評估方法可使用上述電漿處理裝置 10 來加以實施，例如在圖 2 中不具基板 W 之狀態下依下述方式實施。

(檢測來自電漿的發光之步驟)

首先，藉由圖 2 所示之光檢測器 70 來檢測來自氣體 G 所生成的電漿 P 之發光(步驟 S1)。藉由光檢測器 70 所獲得之電漿發光強度的光頻譜資訊會被記錄在記憶裝置 56b。

(進行電漿的評估之步驟)

在步驟 S1 後，藉由控制部 56 來計算所檢測之電漿發光強度的光頻譜中氫原子造成的第 1 尖峰與相異於第 1 尖峰之氫原子造成的第 2 尖峰之強度比。另一方面，從該強度比與表示氮化膜膜質之指標(例如相對於 0.5% 氟酸水溶液之氮化膜的濕蝕刻率)的關係，來預先計算出對應於氮化膜膜質是否良好的閾值之基準值。之後，藉由控制部 56 而使用將強度比與基準值相比較後的結果，來進行電漿 P 的評估(步驟 S2)。步驟 S2 中會判斷例如強度比是否為基準值以上。

此處，第 1 尖峰的尖峰波長為例如 656.2nm，第 2 尖峰的尖峰波長為例如 486.1nm。使第 1 尖峰的尖峰強度為 I_{656} ，而第 2 尖峰的尖峰強度為 I_{486} 之情況下，強度比係以例如 I_{656}/I_{486} 來表示。當強度比 I_{656}/I_{486} 為基準值(例如 4.5)以上的情況，電漿 P 的電漿條件係表示能夠形成良好膜質的氮化膜之電漿條件。當強度比 I_{656}/I_{486} 小於基準值的情況，電漿 P 的電漿條件係表示非為能夠形成良好膜質的氮化膜之電漿條件。非為能夠形成良好膜質的氮化膜之電漿條件的情況，亦可將警訊等顯示在顯示裝置 58。如此地，便可評估電漿 P。上述電漿評估對於在電漿處理裝置內建有光檢測器並加以使用來成膜氮化膜之情況為有效的。

(改變電漿的條件之步驟)

在步驟 S2 後，而在當強度比 I_{656}/I_{486} 小於基準值的情況，亦可改變電漿 P 的條件來使強度比 I_{656}/I_{486} 成為基準值以上 (步驟 S3)。藉此，便可將電漿條件改變成能夠形成良好膜質的氮化膜之電漿條件。作為可變更之電漿 P 的條件舉例有供應至微波產生器 18 之微波輸出、處理室 12 內的壓力、基板保持具 14 的溫度、氣體 G 的氣體種類、氣體流量、流量比及氣體導入時間、供應氣體 G 的地點等。該等當中，對電漿 P 的狀態影響較大者為供應至微波產生器 18 之微波輸出及處理室 12 內的壓力。

亦可在步驟 S3 後回到上述步驟 S1。藉此，便可反饋控制來維持能夠形成良好膜質的氮化膜之電漿條件。

本實施型態之電漿評估方法可從氫原子所造成之 2 個尖峰的強度比來評估是否已生成有能夠形成良好膜質的氮

化膜之電漿 P。於是，針對各電漿條件，便不需形成氮化膜或進行該氮化膜的評估。從而，便可在短時間內(例如 10 分鐘以內)決定能夠形成緻密且良好膜質的氮化膜之電漿條件。其結果，可提高氮化膜形成製程的產能。

又，本實施型態之電漿評估方法可偵測電漿 P 狀態的與時變化。藉此，便可知電漿處理裝置 10 之結構零件的更換時間點。此電漿評估方法對於判斷電漿處理裝置 10 的結構零件當中特別容易劣化之介電體窗 34 的更換時間點來說為有效的。

再者，亦可在圖 2 中具有基板 W 之狀態下實施本實施型態之電漿評估方法。此情況下，便可藉由原子層沉積法而於基板 W 上形成氮化膜，同時即時偵測電漿 P 的狀態。從而，便可穩定地形成良好膜質的氮化膜。又，若使用藉由微波所生成的電漿 P，由於電漿 P 的電子溫度會低至 1.5eV 以下，因此在形成氮化膜時，便可減少損傷，同時提高電漿氮化處理的處理速度。再者，若使用輻射狀槽孔天線 26，由於可將微波均勻地導入至處理室 12 內，因此結果來說，便可生成範圍較廣且均勻的電漿 P。

以下，針對氫原子所造成之 2 個尖峰的強度比與氮化膜膜質的關係，舉例來加以說明。

圖 5 係顯示電漿發光強度的光頻譜一例之圖表。縱軸表示發光強度。橫軸表示波長(nm)。圖 5 係顯示分別使用下記氣體 1~6 來作為用以生成電漿 P 的氣體 G 之情況下，於 200~800nm 範圍的光頻譜。

氣體 1：NH₃、Ar 及 N₂ 的混合氣體

氣體 2：NH₃ 及 Ar 的混合氣體

氣體 3：NH₃ 及 N₂ 的混合氣體

氣體 4：NH₃

氣體 5：N₂ 及 Ar 的混合氣體

氣體 6：N₂

此外，使電漿處理中之處理室 12 內壓力為 5Torr(666.5Pa)，來對吸附在基板 W 上之含矽化合物施予電漿氮化處理。含有 NH₃ 之氣體 1~4 會形成矽氮化膜(含矽化合物容易被電漿氮化處理)，而不含 NH₃ 之氣體 5 及 6 則不易形成矽氮化膜(含矽化合物不易被電漿氮化處理)。

圖 6~8 係將圖 5 所示之光頻譜的一部分予以放大顯示之圖表。圖 6 之圖表係顯示 460~510nm 範圍的光頻譜。圖 7 之圖表係顯示 600~800nm 範圍的光頻譜。圖 8 之圖表係顯示 320~345nm 範圍的光頻譜。

如圖 6 所示，氣體 1~4 中，係檢測出尖峰波長 486.1nm 的氫原子所造成之尖峰。又，如圖 7 所示，氣體 1~4 中，係檢測出尖峰波長 656.2nm 的氫原子所造成之尖峰。該等尖峰係由 NH₃ 解離而生成的氫原子所造成。如圖 8 所示，雖檢測出尖峰波長 337.1nm 的 N₂ 所造成之尖峰，但未檢測出尖峰波長 336.0nm 的 NH 所造成之尖峰。由於未檢測出 NH 所造成之尖峰，因此推測 NH₃ 已解離為 H 與 NH₂ 自由基。

亦即，若欲有效率地使 NH₃ 解離來生成氫原子，則於 NH₃ 混合有 N₂ 或 Ar 為有效的。此情況下，推測為由於在

電漿中激發 N_2 及 Ar 時會生成高速電子，因此該電子會使 NH_3 容易解離，來有效率地生成氫原子。

圖 9 係顯示氫原子所造成之 2 個尖峰的強度比與相對於 0.5% 氟酸水溶液之矽氮化膜的濕蝕刻率之關係的一例之圖表。縱軸表示強度比([氫原子所造成之尖峰波長 656.2nm 的尖峰強度]/[氫原子所造成之尖峰波長 486.1nm 的尖峰強度])。橫軸表示用以生成電漿 P 之氣體 G 的種類。圖 9 中顯示了將所形成之矽氮化膜以 0.5% 氟酸水溶液來濕蝕刻時的濕蝕刻率。該值為使得使用 WVG(Wet Vapor Generator) 而在 $950^\circ C$ 下將矽熱氧化所獲得之熱氧化膜的濕蝕刻率為 1 之情況下的相對值。若為高品質的緻密矽氮化膜之情況，則濕蝕刻率的值便會是 1 以下。如圖 9 所示，在氣體 1 中矽氮化膜的濕蝕刻率為 0.53，強度比為 4.65。在氣體 2 中矽氮化膜的濕蝕刻率為 0.48，強度比為 5.02。在氣體 3 中矽氮化膜的濕蝕刻率為 0.49，強度比為 4.70。在氣體 4 中矽氮化膜的濕蝕刻率為 1.1，強度比為 4.33。由圖 9 的圖表可得知隨著強度比愈大，則矽氮化膜的濕蝕刻率會愈小(矽氮化膜的膜質提高而變得緻密)。亦即，若強度比愈大，則矽氮化膜的濕蝕刻率會單純地減少。可確認到若該強度比愈大，則會生成有愈多的 NH_2 自由基。且可確認到藉由該 NH_2 自由基來進行氮化製程，則矽氮化膜的膜質會提高。

此情況下，相對於電漿氣體($Ar + N_2$)之 NH_3 氣體的流量比在氣體 1 中為 0.15，在氣體 2 中為 0.5，在氣體 3 中為 0.5，而在氣體 4 中則為 1。適當的流量比為小於 1，較佳為 0.8 以下，更佳為 0.5 以下但 0.05 以上。

此外，由 FT-IR 分析結果可得知藉由原子層沉積法所形成之矽氮化膜係較藉由減壓化學氣層成長(LPCVD)法所形成之矽氮化膜含有較多的 Si-NH 基鍵結。又，由 SIMS 分析結果可得知藉由原子層沉積法所形成之矽氮化膜中的氫原子含量係較藉由 LPCVD 法所形成之矽氮化膜中的氫原子含量要多。另一方面，藉由 LPCVD 法所形成之矽氮化膜的濕蝕刻率係較藉由原子層沉積法所形成之矽氮化膜的濕蝕刻率要小。因此可得知若矽氮化膜中的氫原子含量愈多，則矽氮化膜的濕蝕刻率便會愈大(矽氮化膜的膜質降低)。

圖 10 係顯示氫原子所造成之 1 個尖峰的強度與相對於 0.5% 氟酸水溶液之矽氮化膜的濕蝕刻率之關係的一例之圖表。縱軸表示氫原子所造成之尖峰波長 656.2nm 的尖峰強度。橫軸表示電漿生成用的氣體 G 的種類。由圖 10 可得知尖峰強度在矽氮化膜的濕蝕刻率為 1.1 之氣體 4 與矽氮化膜的濕蝕刻率為 0.49 為之氣體 3 之間幾乎未改變。又，矽氮化膜的濕蝕刻率為 0.53 之氣體 1 的尖峰強度係較矽氮化膜的濕蝕刻率為 0.49 之氣體 3 的尖峰強度要來得大。亦即，尖峰強度與矽氮化膜的濕蝕刻率之間並不具有如圖 9 般強度比與矽氮化膜的濕蝕刻率之間的相關關係。因此，被認為僅由氫原子所造成之尖峰波長 656.2nm 的尖峰強度，會難以預測矽氮化膜的膜質。

關於氫原子所造成之尖峰波長 486.1nm 的尖峰強度，亦可見到與圖 10 同樣的傾向。因此，被認為僅由氫原子所

造成之尖峰波長 486.1nm 的尖峰強度，會難以預測矽氮化膜的膜質。又，圖 8 所示之 N_2 所造成之尖峰波長 337.1nm 的尖峰強度與矽氮化膜的濕蝕刻率之間亦不具有圖 9 般強度比與矽氮化膜的濕蝕刻率之間的相關關係。因此，被認為僅由 N_2 所造成之尖峰波長 337.1nm 的尖峰強度，會難以預測矽氮化膜的膜質。

圖 11 係概略顯示一實施型態之電漿處理裝置之剖視圖。圖 11 所示之電漿處理裝置 10A 除了以下的相異點以外，係具備有與電漿處理裝置 10 相同的結構。

電漿處理裝置 10A 係具備有取代頭部 44 之甜甜圈狀頭部 44b。頭部 44b 係藉由支撐部 46a 而被加以支撐。亦可使頭部 44b 在 XY 平面上旋轉。

頭部 44b 具有環部 44r，該環部 44r 係朝向基板 W 中央而形成有用以將原子層沉積用原料氣體(前驅物)及吹淨氣體供應至基板 W 上之氣體供應口。環部 44r 係由例如石英所構成。原料氣體係包含有例如含矽化合物。吹淨氣體係包含有例如 Ar 氣體、氮氣等之非活性氣體。環部 44r 係沿著基板 W 的外周所配置。環部 44r 係連接有原子層沉積用的原料氣體供應源 52 與吹淨氣體供應源 54，且與該等相連通。原料氣體及吹淨氣體係分別從原料氣體供應源 52 及吹淨氣體供應源 54 被供應至頭部 44b，再從環部 44r 朝向內側被供應至基板 W 上。

電漿處理裝置 10A 中，介電體窗 34 的下面係形成有凹部 34a。藉由微波的駐波會受到抑制，則微波便會穿透介電

體窗 34 而有效率地被導入至腔室 12 內。其結果，便可生成均勻的電漿 P。介電體窗 34 係形成有電漿處理用的氣體供應口 12d。氣體供應口 12d 係貫穿介電體窗 34 及槽孔板 32 的中央而與內側導波管 24a 相連通。從氣體供應源 36 所供應之氣體 G 亦可經由內側導波管 24a 內而從氣體供應口 12d 被供應至處理室 12 內。從氣體供應口 12d 係供應有 NH₃ 氣體、N₂ 氣體、Ar 氣體等之氮化氣體、電漿生成用氣體、吹淨用氣體。

電漿處理裝置 10A 中，複數電漿處理用的氣體供應口 12b 係沿著處理室 12 側壁的環狀區域所形成。氣體供應口 12b 係以連通於處理室 12 側壁的內部所形成之環狀空隙之型態，而從處理室 12 的外側朝向中心均等且放射狀地形成。從氣體供應口 12b 係供應有 N₂ 氣體、Ar 氣體等之電漿生成用氣體、吹淨用氣體。亦可供應有 NH₃ 氣體等之氮化氣體。

電漿處理裝置 10A 係具備有於環狀的環組件形成有電漿處理用氣體供應口之邊緣環 12e。在邊緣環 12e 處，氣體供應口 12b 係朝向基板 W 而朝向腔室 12 內中央均等地形成。邊緣環 12e 係由例如石英所構成。從氣體供應源 36 所供應之氣體 G 亦可從邊緣環 12e 被供應至處理室 12 內。從氣體供應口 12e 係供應有 NH₃ 氣體、N₂ 氣體、Ar 氣體等之氮化氣體、電漿生成用氣體、吹淨用氣體。

從氣體供應口 12b、12d 及邊緣環 12e 所供應之氣體 G 的氣體種類、氣體流量、流量比及氣體導入時間等可分別獨立地控制。

圖 12 係概略顯示一實施型態之電漿處理方法之時序圖。本實施型態之電漿處理方法係包含有使用藉由上述電漿評估方法所評估的電漿 P，來對吸附在基板 W 上的層施予電漿處理之步驟。藉此，基板 W 上便會形成有良好膜質的氮化膜。

上述電漿處理方法係使用例如電漿處理裝置 10A，而重複進行下述步驟 1~4。藉以形成厚度為例如 1~15nm 的氮化膜。

(步驟 1) 在處理室 12 內，使例如二氯矽烷等原料氣體吸附在基板 W 上而生成含矽化合物(時刻 $t_1 \sim t_2$)。在一範例中，原料氣體係包含有 Ar(從氣體供應口 12b 的流量：900sccm)、 N_2 (從氣體供應口 12b 的流量：900sccm)及二氯矽烷(從環部 44r 的流量：280sccm)。

(步驟 2) 依需要而將處理室 12 內真空抽氣(時刻 $t_2 \sim t_3$)後，藉由吹淨氣體來去除多餘吸附的原料氣體(時刻 $t_3 \sim t_4$)。在一範例中，吹淨氣體係包含有 Ar(從氣體供應口 12b 的流量：900sccm，從氣體供應口 12d 及邊緣環 12e 的流量：500sccm，從環部 44r 的流量：500sccm)、 N_2 (從氣體供應口 12b 的流量：900sccm)及氮氣(從氣體供應口 12d 及邊緣環 12e 的流量：400sccm)。

(步驟 3) 使用例如氮氣等之氣體 G 所生成的電漿 P，來對吸附在基板 W 上之原料氣體(含矽化合物)所構成的層施予電漿氮化處理(時刻 $t_4 \sim t_5$)。電漿 P 係藉由開啟微波的功率(例如 4000W)而生成。

(步驟4) 依需要而將處理室 12 內真空抽氣(時刻 $t_5 \sim t_6$) 後，藉由吹淨氣體來去除殘留在處理室 12 內的氣體 (時刻 $t_6 \sim t_7$)。步驟 4 的吹淨氣體亦可與步驟 2 的吹淨氣體相同。

以上述步驟 1~4 作為 1 個循環，便會形成有期望膜厚 (例如 1~15nm) 的矽氮化膜。

進行上述步驟 1~4 之前，亦可使用含有氮原子及氫原子之氣體 G 所生成的電漿 P 來預先對基板 W 施予電漿氮化處理。

圖 9 及圖 10 之實施例中的矽氮化膜係藉由圖 11 的電漿處理裝置 10A 所形成。圖 13 係顯示形成矽氮化膜時的氣體流量一例之圖表。圖 13 係顯示實施例 1~6 中，在後述步驟 3 中從氣體供應口 12b、12d 及邊緣環 12e 所供應之氣體 G 所包含之各氣體的流量。一範例中，電漿處理中的處理室 12 內壓力為 5Torr，溫度為 400°C 。實施例 1~6 中，從環部 44r 的 Ar 流量為例如 100sccm。實施例 1~4 係對應於圖 9 及圖 10 之實施例中形成矽氮化膜時的氣體流量。

以上，雖已針對本發明之較佳實施型態詳細地說明，但本發明未限定於上述實施型態。

【圖式簡單說明】

圖 1 係概略顯示一實施型態之電漿處理裝置之剖視圖。

圖 2 係概略顯示一實施型態之電漿處理裝置之剖視圖。

圖 3 為從 Z 方向所觀看到一實施型態之電漿處理裝置的槽孔板之圖式。

圖 4 係顯示一實施型態之電漿評估方法的各步驟之流程圖。

圖 5 係顯示電漿發光強度的光頻譜一例之圖表。

圖 6 係顯示圖 5 所示之光頻譜的一部分之圖表。

圖 7 係顯示圖 5 所示之光頻譜的一部分之圖表。

圖 8 係顯示圖 5 所示之光頻譜的一部分之圖表。

圖 9 係顯示氫原子所造成之 2 個尖峰的強度比與相對於 0.5% 氟酸水溶液之矽氮化膜的濕蝕刻率之關係的一例之圖表。

圖 10 係顯示氫原子所造成之 1 個尖峰的強度與相對於 0.5% 氟酸水溶液之矽氮化膜的濕蝕刻率之關係的一例之圖表。

圖 11 係概略顯示一實施型態之電漿處理裝置之剖視圖。

圖 12 係概略顯示一實施型態之電漿處理方法之時序圖

圖 13 係顯示形成矽氮化膜時的氣體流量一例之圖表。

【主要元件符號說明】

10	電漿處理裝置
12	處理室
16	電漿產生器

26	輻射狀槽孔天線
36	氣體供應源
56	控制部
70	光檢測器
G	含有氮原子及氫原子之氣體
P	電漿

七、申請專利範圍：

1. 一種電漿評估方法，係評估藉由原子層沉積法來形成氮化膜的電漿之電漿評估方法；

其包含以下步驟：

檢測來自含有氮原子及氫原子之氣體所生成之該電漿的發光之步驟；以及

使用將所檢測之該發光強度的光頻譜中氫原子造成的第 1 尖峰與相異於該第 1 尖峰之氫原子造成的第 2 尖峰之強度比，與預先從該強度比與表示該氮化膜膜質之指標的關係所計算出之基準值相比較後的結果，來進行該電漿的評估之步驟。

2. 如申請專利範圍第 1 項之電漿評估方法，其中該第 1 尖峰的尖峰波長為 656.2nm，該第 2 尖峰的尖峰波長為 486.1nm。

3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之電漿評估方法，其另包含在進行該電漿的評估之步驟後，若該強度比小於該基準值的情況，則改變該電漿的條件來使該強度比為該基準值以上之步驟。

4. 如申請專利範圍第 3 項之電漿評估方法，其係在改變該電漿的條件之步驟後，回到檢測來自該電漿的發光之步驟。

5. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之電漿評估方法，其中該電漿係藉由微波所生成。

6. 如申請專利範圍第 5 項之電漿評估方法，其中該電

漿係由輻射狀槽孔天線所生成。

7. 一種電漿處理方法，係包含有使用藉由如申請專利範圍第 1 至 6 項中任一項之電漿評估方法所評估的該電漿，來對吸附在基板上的層施予電漿處理之步驟。

8. 一種電漿處理裝置，係藉由原子層沉積法來形成氮化膜之電漿處理裝置，其具備有：

處理室；

氣體供應源，係對該處理室內供應含有氮原子及氫原子之氣體；

電漿產生器，係在該處理室內產生自該氣體所生成的電漿；

光檢測器，係檢測來自該電漿的發光；以及

控制部，係使用將所檢測之該發光強度的光頻譜中氫原子造成的第 1 尖峰與相異於該第 1 尖峰之氫原子造成的第 2 尖峰之強度比，與預先從該強度比與表示該氮化膜膜質之指標的關係所計算出之基準值相比較後的結果，來進行該電漿的評估。

圖 3

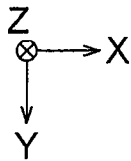
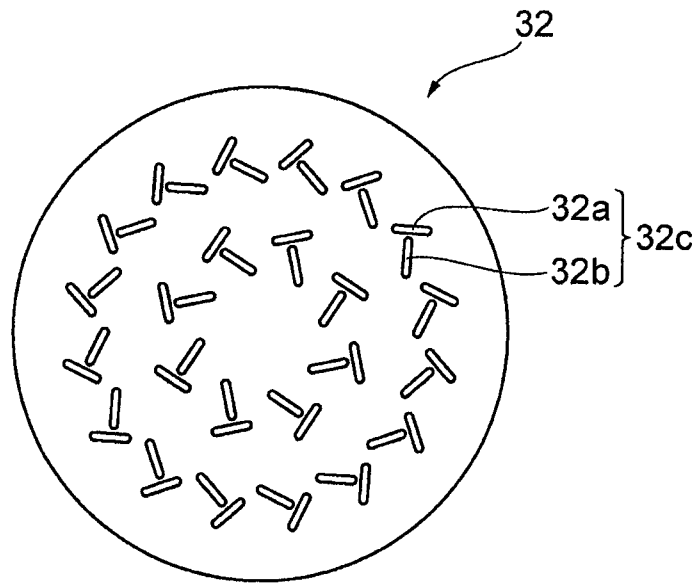


圖 4

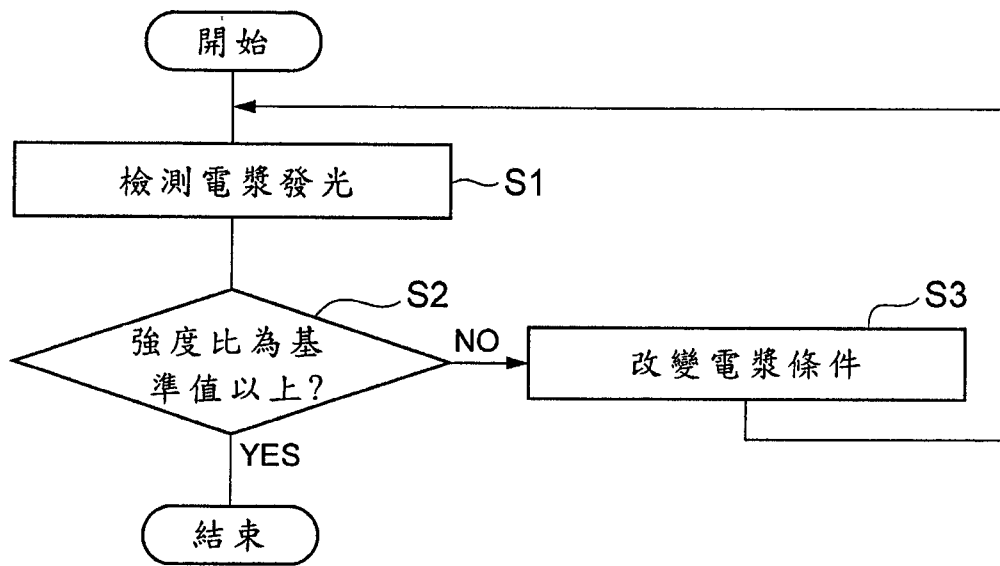


圖 5

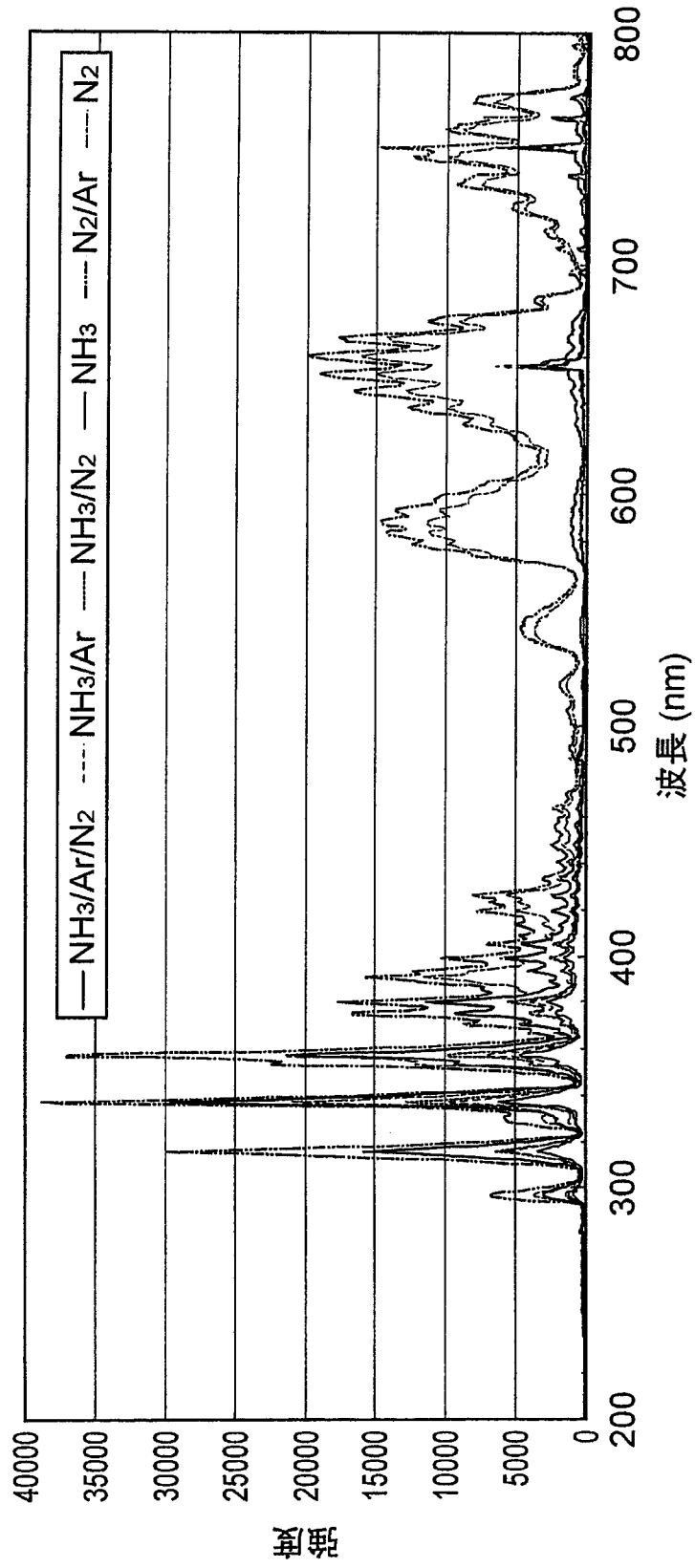


圖 6

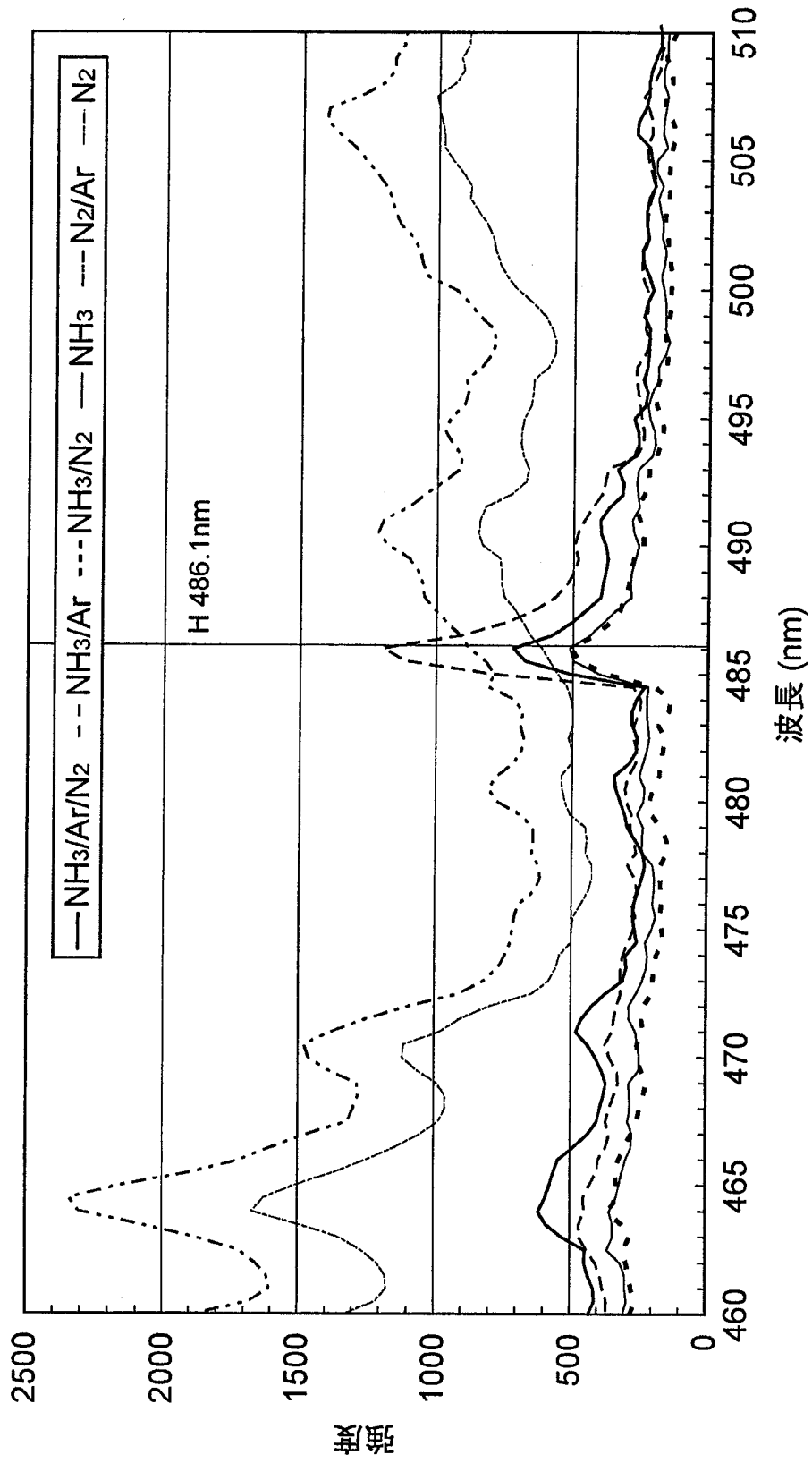


圖 7

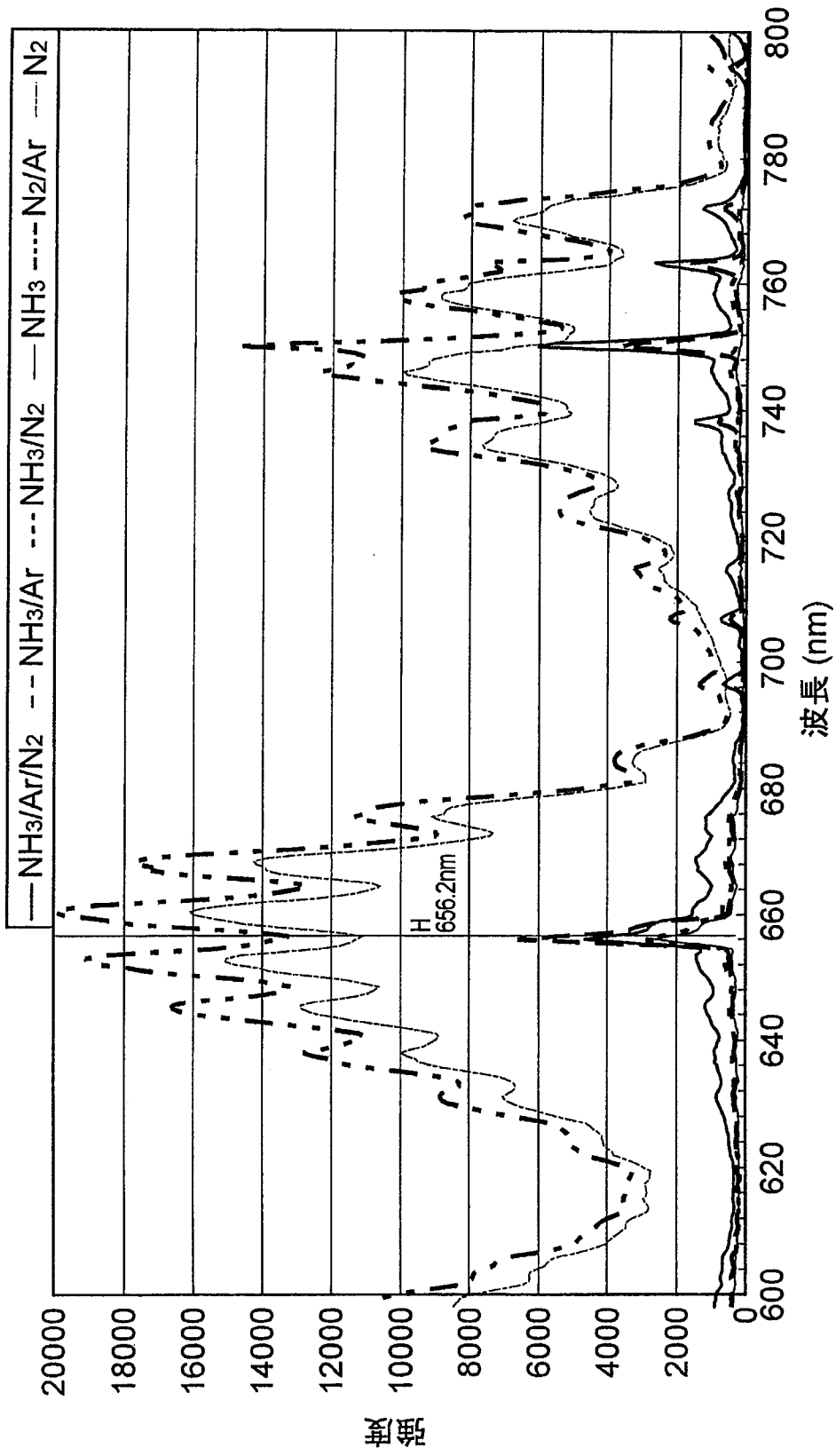


圖 8

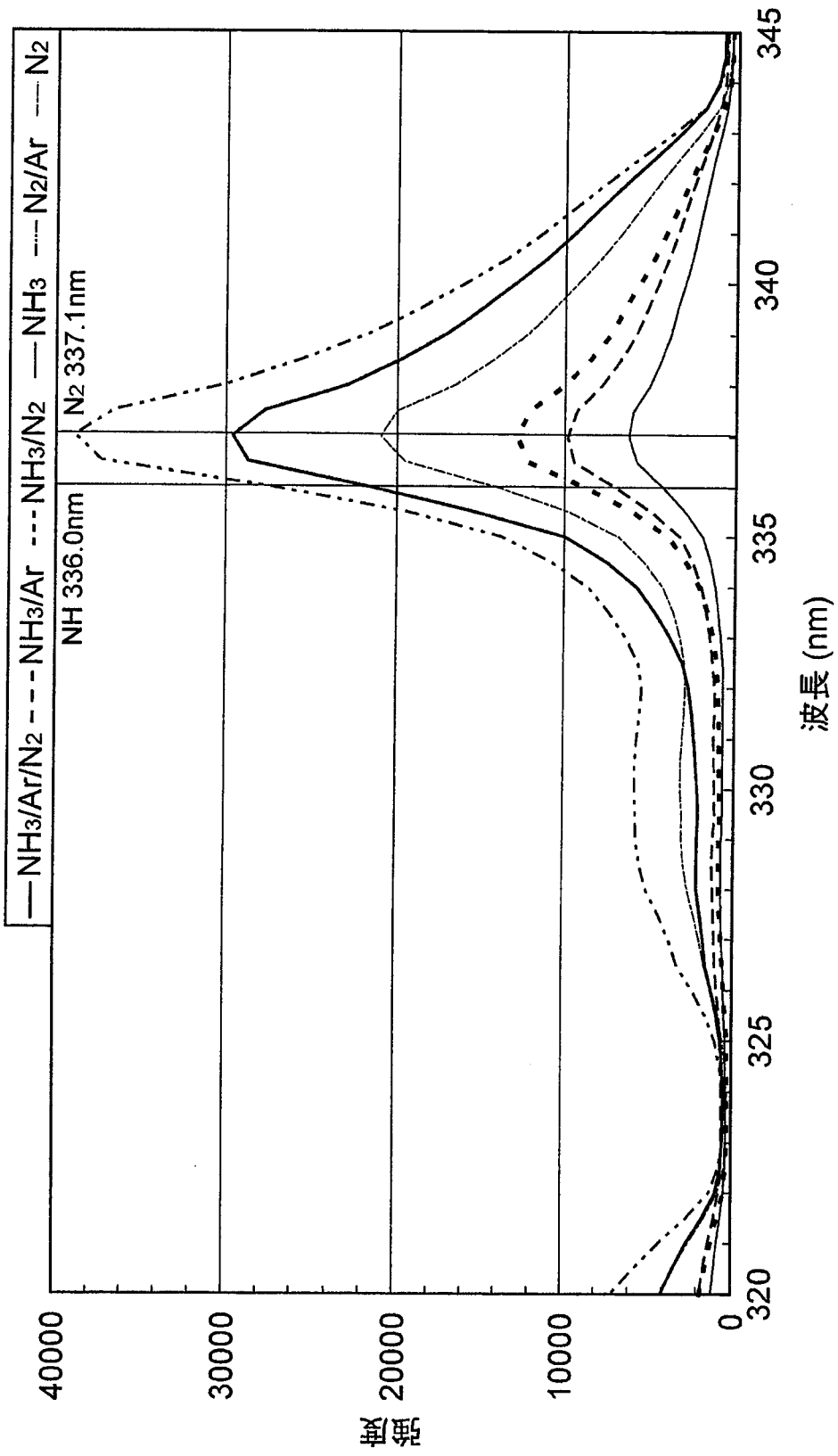


圖 9

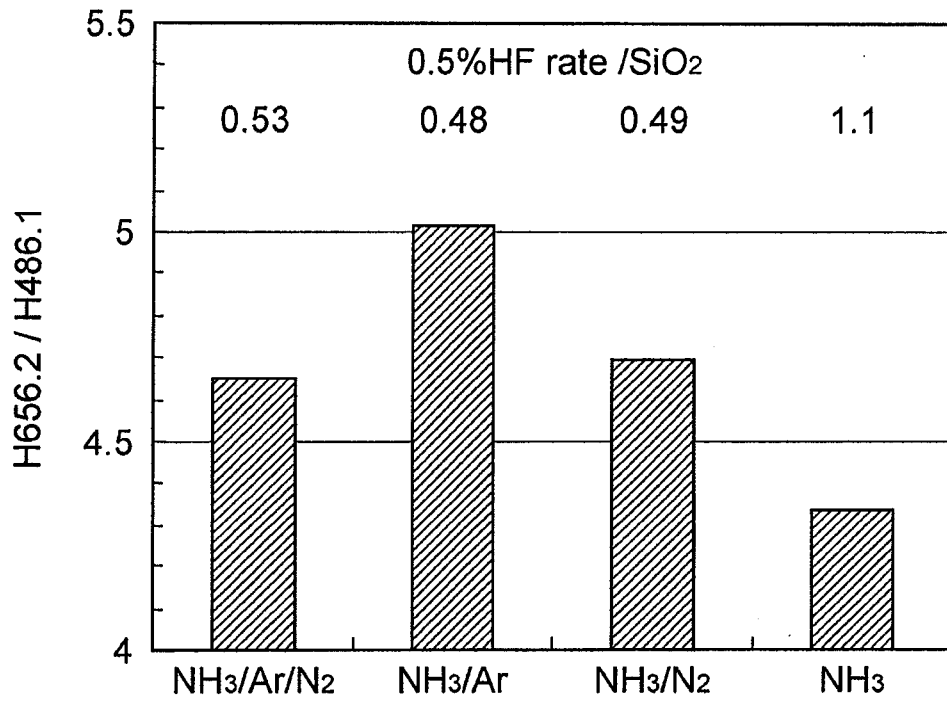


圖 10

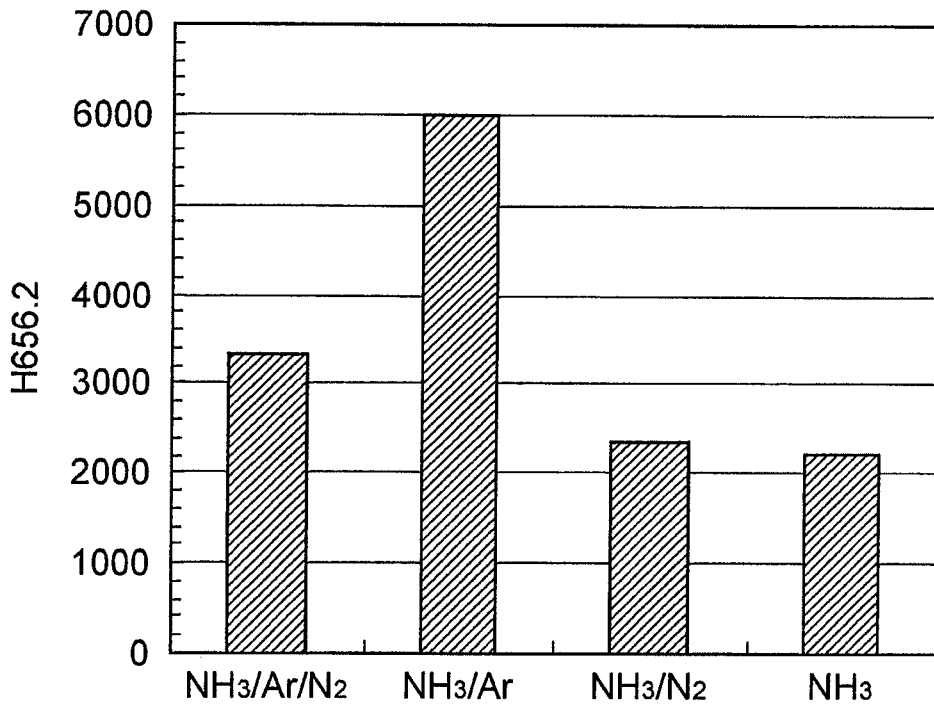


圖 12

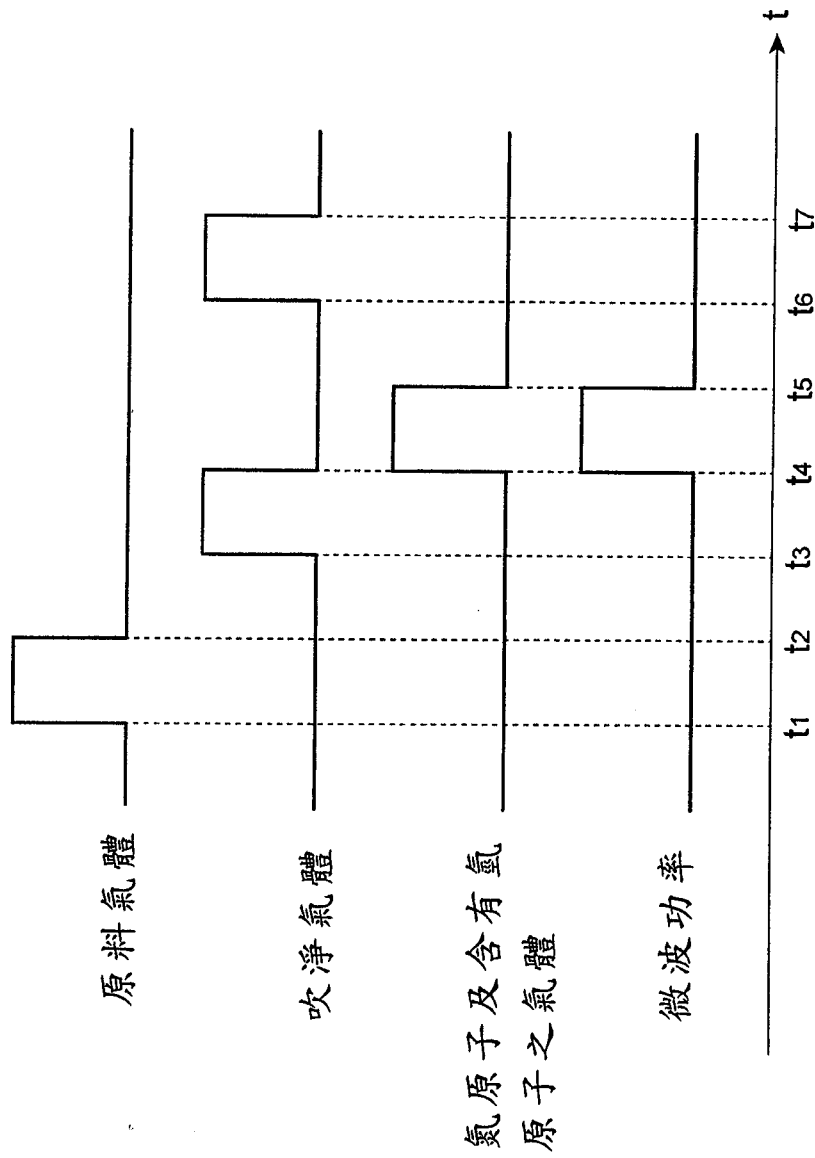


圖 13

(sccm)

導入氣體孔	氣體	實施例 1		實施例 2		實施例 3		實施例 4		實施例 5		實施例 6	
		NH ₃ /N ₂ /Ar	NH ₃	NH ₃	NH ₃	NH ₃ /N ₂	NH ₃ /Ar	N ₂ /Ar	N ₂				
氣體供應口 12b	Ar	900	0	0	375	375	0	375	0	375	0	600	0
	N ₂	900	0	0	375	0	375	0	600	375	0	0	0
氣體供應口 12d 及 邊緣環 12e	Ar	200	0	0	0	0	375	375	0	375	0	0	0
	NH ₃	400	1200	1200	750	750	750	0	750	0	0	0	0
	N ₂	0	0	0	375	375	0	0	0	375	0	600	600