



(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 201001548 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：098100871

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 01 月 10 日

(51)Int. Cl. :

H01L21/318 (2006.01)

C23C16/34 (2006.01)

(30)優先權：2008/01/19

日本

2008-009926

(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：長谷部一秀 HASEBE, KAZUHIDE (JP) ; 野寺伸武 NODERA, NOBUTAKE (JP) ;

松永正信 MATSUNAGA, MASANOBU (JP) ; 佐藤潤 SATOH, JUN (JP) ; 周保華

CHOU, PAO HWA (TW)

(74)代理人：周良謀；周良吉

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：7 共 42 頁

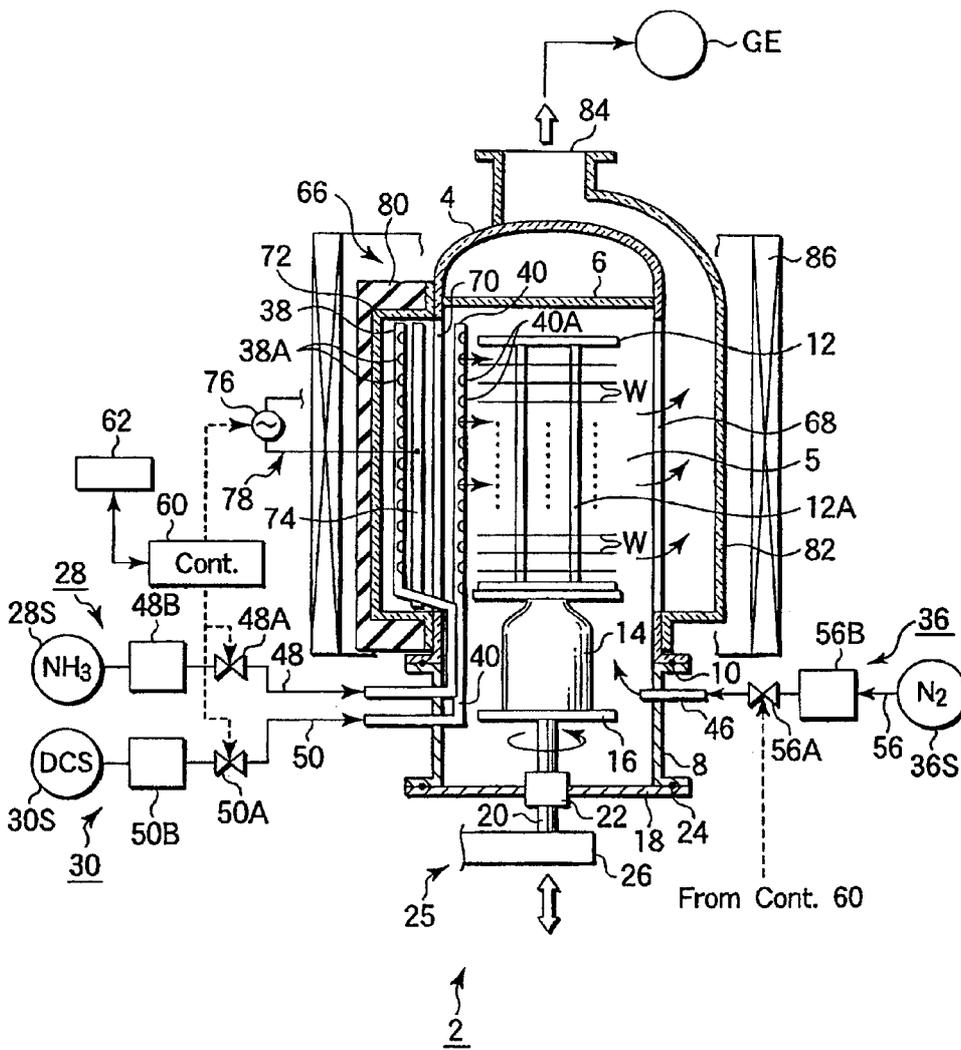
(54)名稱

半導體製程用之膜形成方法與設備

FILM FORMATION METHOD AND APPARATUS FOR SEMICONDUCTOR PROCESS

(57)摘要

將膜形成方法用於藉由在處理場內重複電漿循環及非電漿循環複數次，而在目標基板上形成氮化矽膜，該處理場係用以選擇性地供給含有矽烷族氣體之第一處理氣體及含有氮化氣體之第二處理氣體，且與用於激發待供給之第二處理氣體的激發機構相通。該方法包含：獲得關係式或關係表，該二者係代表電漿循環及非電漿循環之循環混合法相對於氮化矽膜之膜品質因素的關係；以關於關係式或關係表之膜品質因素之的目標值為基礎，而決定循環混合法之具體方式；以及依據具體方式安排膜形成製程。



- 2：膜形成設備
- 4：處理容器
- 5：處理場
- 6：石英頂板
- 8：歧管
- 10：密封構件
- 12：晶舟
- 12A：支柱
- 14：絕熱圓筒
- 16：平台
- 18：外蓋
- 20：旋轉軸
- 22：磁性流體密封墊
- 24：密封構件
- 25：升降機構
- 26：臂部
- 28：第二處理氣體供給電路
- 28S：NH₃ 氣體源
- 30：第一處理氣體供給電路
- 30S：DCS 氣體源
- 36：沖洗氣體供給電路
- 36S：N₂ 氣體源
- 38：氣體分配噴嘴
- 38A：氣體噴射孔
- 40：氣體分配噴嘴
- 40A：氣體噴射孔
- 46：氣體噴嘴
- 48：氣體供給管線
- 48A：開關閥
- 48B：流速控制器
- 50：氣體供給管線
- 50A：開關閥
- 50B：流速控制器
- 56：氣體供給管線
- 56A：開關閥

- 56B：流速控制器
- 60：主要控制部
- 62：儲存部
- 66：氣體激發部
- 68：排氣通道口
- 70：開口
- 72：外蓋
- 74：電極
- 76：射頻電源
- 78：饋入線
- 80：絕緣保護蓋
- 82：排氣通道口外蓋
構件
- 84：氣體出口
- 86：加熱器



(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 201001548 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：098100871

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 01 月 10 日

(51)Int. Cl. :

H01L21/318 (2006.01)

C23C16/34 (2006.01)

(30)優先權：2008/01/19

日本

2008-009926

(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：長谷部一秀 HASEBE, KAZUHIDE (JP) ; 野寺伸武 NODERA, NOBUTAKE (JP) ;

松永正信 MATSUNAGA, MASANOBU (JP) ; 佐藤潤 SATOH, JUN (JP) ; 周保華

CHOU, PAO HWA (TW)

(74)代理人：周良謀；周良吉

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：7 共 42 頁

(54)名稱

半導體製程用之膜形成方法與設備

FILM FORMATION METHOD AND APPARATUS FOR SEMICONDUCTOR PROCESS

(57)摘要

將膜形成方法用於藉由在處理場內重複電漿循環及非電漿循環複數次，而在目標基板上形成氮化矽膜，該處理場係用以選擇性地供給含有矽烷族氣體之第一處理氣體及含有氮化氣體之第二處理氣體，且與用於激發待供給之第二處理氣體的激發機構相通。該方法包含：獲得關係式或關係表，該二者係代表電漿循環及非電漿循環之循環混合法相對於氮化矽膜之膜品質因素的關係；以關於關係式或關係表之膜品質因素之的目標值為基礎，而決定循環混合法之具體方式；以及依據具體方式安排膜形成製程。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於半導體製程用之膜形成方法及設備，其用於在如半導體晶圓之目標基板上形成氮化矽膜。於此使用之名詞『半導體製程』包含不同種類之製程，其用以藉由在目標基板上以預定圖案形成半導體層、絕緣層及導電層，而在目標基板(如半導體晶圓或用於平板顯示器(Flat Panel Display, FPD, 例如 LCD(液晶顯示器))之玻璃基板)上製造半導體裝置、或具有待連接至半導體裝置之配線層、電極、及其類似物等的構造。

【先前技術】

在製造半導體裝置以構成半導體積體電路時，使如半導體基板之目標基板經歷各種製程，如膜形成、蝕刻、氧化、擴散、重整、退火、及原生氧化物膜移除。美國專利第 2006/0286817A1 號揭露了在直立式熱處理設備(所謂的批式設備)中執行的此類型之半導體處理方法。依據本方法，首先將半導體晶圓由晶圓匣搬移至直立式晶舟上，且以間隔方式在垂直方向上受支撐於其上。晶圓匣可儲存如 25 片晶圓，而晶舟可支承 30 至 150 片晶圓。接著，將晶舟由下方裝載進入處理容器中，且使處理容器氣密地關閉。然後，當如處理氣體流速、處理壓力、及處理溫度等製程條件受控制時，執行預定之熱製程。

為了改善半導體積體電路之效能，改善使用於半導體裝置中之絕緣膜的性質是重要的。半導體裝置包含由如二氧化矽(SiO_2)、磷矽酸鹽玻璃(Phospho Silicate Glass, PSG)、P-SiO(由電漿 CVD 形成)、P-SiN(由電漿 CVD 形成)、旋轉塗佈玻璃(Spin On Glass, SOG)、以及氮化矽(Si_3N_4)等材料所製成之絕緣膜。尤其，因為當與氧化矽膜比較時，氮化矽膜具有較佳之絕緣性質，且可充分地作為蝕刻阻擋膜或層間絕緣膜，所以被廣泛地使用。更進一步而言，由於相同的原因，有時使用摻雜硼之氮化碳膜。

已知數種以熱化學氣相沉積法(Chemical Vapor Deposition,

CVD)在半導體晶圓之表面上形成氮化矽膜的方法。在該熱 CVD 法中，使用矽烷族氣體，如單矽烷(monosilane, SiH_4)、二氯矽烷(dichlorosilane, DCS, SiH_2Cl_2)、六氯二矽烷(hexachlorodisilane, HCD, Si_2Cl_6)、雙特丁基胺基矽烷(bistertialbutylaminosilane, BTBAS, $\text{SiH}_2(\text{NH}(\text{C}_4\text{H}_9))_2$)、或($\text{t-C}_4\text{H}_9\text{NH}$) $_2\text{SiH}_2$ ，作為矽源氣體。舉例而言，以使用 $\text{SiH}_2\text{Cl}_2+\text{NH}_3$ (見美國專利第 5874368A 號)或 $\text{Si}_2\text{Cl}_6+\text{NH}_3$ 之氣體組合的熱 CVD 法形成氮化矽膜。更進一步而言，亦提出用於對氮化矽膜摻雜如硼之不純物以減少介電常數的方法。

近年來，由於漸增之半導體積體電路的小型化及整合之需求，需要減緩半導體裝置在製造步驟中之熱歷程，從而改善裝置的特性。對於直立式製程設備而言，亦需要依據上述之需求而改善半導體處理方法。舉例而言，有一用於膜形成製程之 CVD 法，其施行膜形成、同時間歇性地供給來源氣體等等，以逐一或數個接數個地重複形成各具有原子或分子等級之厚度的疊層(例如日本公開專利公報第 2-93071 及 6-45256 號，以及美國專利第 6165916A 號)。一般而言，將此膜形成製程稱為原子層沉積(Atomic Layer Deposition, ALD)或分子層沉積(Molecular Layer Deposition, MLD)，該膜形成製程容許一預定製程可在不將晶圓曝露於極高溫度的情形下施行。

例如，在分別供應 DCS 及 NH_3 以作為矽烷族氣體及氮化氣體以形成氮化矽膜(SiN)的情況下，如以下一般執行製程。具體而言，伴隨插入其間之沖洗期，將 DCS 及 NH_3 交替且間歇性地供給進入處理容器內。當供給 NH_3 氣體時，施加射頻(radio frequency, RF)以在處理容器內產生電漿而促進氮化反應。更具體而言，當供給 DCS 至處理容器內時，具有一或更多 DCS 分子厚度之疊層被吸附至晶圓之表面上。多餘的 DCS 在沖洗期中被去除。然後，供給 NH_3 並產生電漿，從而執行低溫氮化以形成氮化矽膜。重複這些連續的步驟以完成具有預定厚度之膜層。

【發明內容】

本發明之目的為提供半導體製程用之膜形成方法及設備，該方法及設備可以高準確性控制氮化矽膜之品質因子。

依據本發明之第一態樣，提供有半導體製程用之膜形成方法，用於執行膜形成製程，以在處理容器中之處理場內的目標基板上形成氮化矽膜，該處理場係用以選擇性供給含有矽烷族氣體之第一處理氣體、及含有氮化氣體之第二處理氣體，且與用於激發待供給之第二處理氣體的激發機構相通，安排膜形成製程，以在具有目標基板置於其中之處理場內重複電漿循環及非電漿循環複數次，以層疊由各次在目標基板上所形成之薄膜，藉此形成具有預定厚度之氮化矽膜，

其中電漿循環及非電漿循環中之每一者包含：

第一供給步驟，執行供給第一處理氣體至處理場，同時將第二處理氣體至處理場之供給維持於關閉狀態；以及

第二供給步驟，執行供給第二處理氣體至處理場，同時將第一處理氣體至處理場之供給維持於關閉狀態，

在電漿循環中，第二供給步驟包含供給第二處理氣體至處理場、同時藉由激發機構激發第二處理氣體之激發時期，且

在非電漿循環中，第二供給步驟不包含藉由激發機構激發第二處理氣體之時期，且

該方法包含：

獲得代表電漿循環及非電漿循環之循環混合法，相對於氮化矽膜之膜品質因素的關係之關係式或關係表；

以相關於關係式或關係表之膜品質因素的目標值為基礎，而決定循環混合法之具體方式；以及

依據具體方式安排膜形成製程，且然後執行膜形成製程。

依據本發明之第二態樣，提供有半導體製程用之膜形成設備，包含：

處理容器，其具有被配置成容納目標基板之處理場；

支承構件，其被配置成支承處理場內側之目標基板；

加熱器，其被配置成加熱處理場內側之目標基板；

排氣系統，其被配置成由處理場排放氣體；

第一處理氣體供給電路，其被配置成供給含有矽烷族氣體之第一處理氣體至處理場；

第二處理氣體供給電路，其被配置成供給含有氮化氣體之第二處理氣體至處理場；

激發機構，其被配置成激發待供給之第二處理氣體；以及

控制部，其被配置成控制設備之操作，

其中預先設定控制部用於執行膜形成製程，以在處理場內之目標基板上形成氮化矽膜，安排膜形成製程，以在具有目標基板置於其中之處理場內重複電漿循環及非電漿循環複數次，以層疊由各次在目標基板上所形成之薄膜，藉此形成具有預定厚度之氮化矽膜，

其中電漿循環及非電漿循環中之每一者包含：

第一供給步驟，執行供給第一處理氣體至處理場，同時將第二處理氣體至處理場之供給維持於關閉狀態；以及

第二供給步驟，執行供給第二處理氣體至處理場，同時將第一處理氣體至處理場之供給維持於關閉狀態，

在電漿循環中，第二供給步驟包含供給第二處理氣體至處理場、同時藉由激發機構激發第二處理氣體之激發時期，且

在非電漿循環中，第二供給步驟不包含藉由激發機構激發第二處理氣體之時期，且

預先設定該控制部，

以存取儲存部以擷取儲存於其中之關於關係式或關係表的資料，該關係式或關係表係代表電漿循環及非電漿循環之循環混合法，相對於氮化矽膜之膜品質因素的關係；

以相關於關係式或關係表之膜品質因素的目標值為基礎，而決定循環混合法之具體方式；以及

依據具體方式安排膜形成製程，且然後執行膜形成製程。

依據本發明之第三態樣，提供有包含在處理器上實施之程式

指令的電腦可讀式媒體，用於半導體製程用之膜形成設備，該設備包含處理容器內側之處理場，該處理場係用以選擇性地供給含有矽烷族氣體之第一處理氣體、及含有氮化氣體之第二處理氣體，且與用於激發待供給之第二處理氣體的激發機構相通，其中程式指令在由處理器實施時，使膜形成設備執行膜形成製程以在該處理場內之目標基板上形成氮化矽膜，安排膜形成製程，以在具有目標基板置於其中之處理場內重複電漿循環及非電漿循環複數次，以層疊由各次在目標基板上所形成之薄膜，藉此形成具有預定厚度之氮化矽膜，

其中電漿循環及非電漿循環中之每一者包含：

第一供給步驟，執行供給第一處理氣體至處理場，同時將第二處理氣體至處理場之供給維持於關閉狀態；以及

第二供給步驟，執行供給第二處理氣體至處理場，同時將第一處理氣體至處理場之供給維持於關閉狀態，

在電漿循環中，第二供給步驟包含供給第二處理氣體至處理場、同時以激發機構激發第二處理氣體之激發時期，且

在非電漿循環中，第二供給步驟不包含以激發機構激發第二處理氣體之時期，且

該程式指令更造成該膜形成設備之一控制部

存取一儲存部以擷取儲存於其中之關於一關係式或關係表的資料，該關係式或關係表係代表該電漿循環及該非電漿循環之一循環混合法，相對於該氮化矽膜之一膜品質因素的關係；

以相關於該關係式或關係表之該膜品質因素之一目標值為基礎，而決定該循環混合法之一具體方式；以及

依據該具體方式安排該膜形成製程，且然後執行該膜形成製程。

本發明附加之目的及優勢將於以下之說明中陳述，且一部分將由說明而變得明顯，或可由本發明之實施而知悉。本發明之目的及優勢將藉由使用手段及組合於以下個別地指出。

【實施方式】

在發展本發明之過程中，有關用於形成氮化矽膜的方法，發明人研究了用於半導體製程之習知技術的問題。因此，發明人已達成以下所提出之結果。

具體而言，如之前所述，有一習知技術利用所謂的 ALD 或 MLD 膜形成法，且在以 NH_3 氣體作為氮化氣體時，使用射頻(radio frequency, RF)而產生電漿，從而提升氮化反應。當與不使用電漿而執行之製程比較時，此製程可改善膜形成速率(膜形成速率)。更進一步而言，此製程可藉由增加所沉積之氮化矽膜的應力，而改善電子或電洞之遷移率，且因此大幅度改善所沉積之氮化矽膜的品質。更進一步而言，已知此類型之氮化矽膜可有效使用於記憶單元之電荷捕捉層(日本公開專利公報第 2006-156626 號)。

近年來，由於漸增之半導體積體電路的小型化及整合之需求，需要使氮化矽膜在受到準確地控制的狀態中具有更高品質。在習知情形中，氮化矽膜的品質係使用溫度、壓力、氣體流速等等作為參數而控制。在此方面，本發明人已發現在執行 ALD 或 MLD 膜形成法的情況下，可使用電漿循環及非電漿循環之循環混合法，而確實控制一些膜品質因素。

現將參考隨附圖式而說明基於以上提供之結果所完成的本發明之實施例。在以下的說明中，將具有大致相同之功能及配置的組成元件以相同的參考數字表示，且將僅於必要時重複說明。

圖 1 為顯示依據本發明實施例的膜形成設備(直立式 CVD 設備)之剖面圖；圖 2 為顯示圖 1 中所示之設備的局部之剖面俯視圖。膜形成設備 2 具有處理場，其係用以選擇性供給含有二氯矽烷(dichlorosilane, DCS)作為矽烷族氣體之第一處理氣體、及含有氨(ammonia, NH_3)氣體作為氮化氣體之第二處理氣體。膜形成設備 2 係用於在處理場中之目標基板上形成氮化矽膜。

設備 2 包含具有頂蓋及開放底部之圓柱狀的處理容器 4，其中將處理場 5 界定為容納並處理在垂直方向上以間隔方式堆疊之複數個半導體晶圓。處理容器 4 整體係由例如石英所製成。處理容

器 4 之頂部設有石英頂板 6 以氣密地密封頂部。處理容器 4 之底部係經由密封構件 10，如 O 型環，而被連接至圓柱形歧管 8。處理容器 4 可在不具分開形成之歧管 8 的情況下，整體上由圓柱形石英柱形成。

歧管 8 係由例如不銹鋼所製成，且支承處理容器 4 之底部。經由歧管 8 之底部通道口而使由石英所製成之晶舟 12 上下移動，使得晶舟 12 進入/退出處理容器 4。將一些目標基板或半導體晶圓 W 堆疊於晶舟 12 上。舉例而言，在此實施例中，晶舟 12 具有支柱 12A，該支柱 12A 可支承例如大約 50 至 100 個具有 300mm 之直徑、以實質上規律的間隔堆疊於垂直方向上的晶圓。

將晶舟 12 經由石英製成之絕熱圓筒 14 置於平台 16 上。平台 16 係由穿透以例如不銹鋼者所製成之外蓋 18 的旋轉軸 20 所支承，且被用於開啟/閉合歧管 8 之底部通道口。

外蓋 18 上由旋轉軸 20 所穿透之部分設有例如磁性流體密封墊 22，使得旋轉軸 20 以氣密密封狀態被支承且仍可旋轉。將密封構件 24，如 O 型環，插入外蓋 18 之外圍與歧管 8 之底部之間，使得處理容器 4 之內側維持密封。

旋轉軸 20 係被附著於由升降機構，如晶舟升降機，所支承的臂部 26 之末端。升降機構 25 使晶舟 12 及外蓋 18 一同上下移動。可將平台 16 固定至外蓋 18，使得晶圓 W 在不旋轉晶舟 12 的情況下被處理。

將氣體供給部連接至歧管 8 之側面，以供給預定之處理氣體至處理容器 4 內的處理場 5。具體而言，氣體供給部包含第二處理氣體供給電路 28、第一處理氣體供給電路 30、以及沖洗氣體供給電路 36。安排第一處理氣體供給電路 30 用於供給包含矽烷族氣體，如 DCS(二氯矽烷)氣體，的第一處理氣體。安排第二處理氣體供給電路 28 用於供給包含如 NH_3 氣體之氮化氣體的處理氣體。安排沖洗氣體供給電路 36 用於供給如 N_2 氣體之惰性氣體作為沖洗氣體。依需求將第一及第二處理氣體中之每一者與適量之載送氣體混合。然而，為了說明之簡明，以下將不提及此載送氣

體。

更具體而言，第二及第一處理氣體供給電路 28 及 30 分別包含氣體分配噴嘴 38 及 40，其中之每一者係由石英管所形成，該石英管由外側穿透歧管 8 之側壁且然後扭轉並朝上延伸(見圖 1)。氣體分配噴嘴 38 及 40 分別具有複數個氣體噴射孔 38A 及 40A，在晶舟 12 上之所有晶圓 W 的縱向(垂直方向)將各組孔以預定之規律形成。氣體噴射孔 38A 及 40A 中之每一組近乎均勻地以水平方向遞送相對應之處理氣體，以形成與晶舟 12 上之晶圓 W 平行的氣體流。沖洗氣體供給電路 36 包含短氣體噴嘴 46，該氣體噴嘴 46 由外側穿透歧管 8 之側壁。

將噴嘴 38、40 及 46 分別經由氣體供給管線(氣體通道)48、50 及 56，而連接至分別為 NH₃ 氣體、DCS 氣體及 N₂ 氣體之氣體源 28S、30S 及 36S。氣體供給管線 48、50 及 56 分別設有開關閥 48A、50A 及 56A，以及例如質量流量控制器之流速控制器 48B、50B 及 56B。藉由此配置，可使 NH₃ 氣體、DCS 氣體及 N₂ 氣體以受控制之流速供給。

氣體激發部 66 係以垂直方向形成於處理容器 4 之側壁上。在相對於氣體激發部 66 的處理容器 4 之側邊上，藉由在例如垂直方向者切割處理容器 4 之側壁，而形成用於將內部環境真空排氣的狹長排氣通道口 68。

具體而言，氣體激發部 66 具有垂直之狹長開口 70，該開口 70 係藉由在垂直方向切割預定之處理容器 4 的側壁寬度而形成。開口 70 係由石英外蓋(電漿生成箱)72 所覆蓋，該外蓋 72 以焊接方式而氣密地連接至處理容器 4 之外表面。外蓋 72 具備帶有凹形橫剖面的垂直之狹長形狀，使得其從處理容器 4 朝外凸出。

藉由此安排，形成氣體激發部 66 使得其從處理容器 4 之側壁朝外凸出，且在朝向處理容器 4 之內部的另一側開放。換言之，氣體激發部 66 之內部空間與處理容器 4 內之處理場 5 相通。開口 70 具有足以在垂直方向覆蓋晶舟 12 上之所有晶圓 W 的垂直長度。

將一對狹長之電極 74 設於外蓋 72 之相對的外表面上，且在

延伸於長度方向(垂直方向)的同時互相面對。電極 74 係經由饋入線 78 而連接至電漿生成用之射頻電源 76。將如 13.56MHz 之射頻電壓施加於電極 74，以在電極 74 之間形成激發電漿用的射頻電場。射頻電壓之頻率不限於 13.56MHz，且可將其設於另一頻率，如 400kHz。

在低於晶舟 12 上之最低的晶圓 W 之位置，將第二處理氣體之氣體分配噴嘴 38 沿處理容器 4 之半徑方向朝外彎曲。然後，氣體分配噴嘴 38 在氣體激發部 66 中最深之位置(由處理容器 4 中心起最遠之位置)垂直地延伸。如圖 2 中亦顯示者，氣體分配噴嘴 38 由一對電極 74 之間所夾的區域，亦即主要電漿實際地產生之電漿生成區域 PS，朝外分離。由氣體分配噴嘴 38 之氣體噴射孔 38A，將包含 NH₃ 氣體之第二處理氣體噴向電漿生成區域 PS。然後，第二處理氣體在電漿生成區域 PS 中被選擇性地激發(分解或活化)，且以此狀態被供給至晶舟 12 上之晶圓 W 上。

將以例如石英者製成之絕緣保護蓋 80 附著並覆蓋於外蓋 72 之外表面上。將冷卻機構(未顯示)設於絕緣保護蓋 80 中，且包含分別面對電極 74 之冷卻劑通道。對冷卻劑通道供給如冷卻之氮氣的冷卻劑，以使電極 74 冷卻。絕緣保護蓋 80 係以設於外表面之護罩(未顯示)所覆蓋，用於防止射頻洩漏。

在接近氣體激發部 66 之開口 70 且於其外側的位置，設置第一處理氣體之氣體分配噴嘴 40。具體而言，氣體分配噴嘴 40 在開口 70 之外側(處理容器 4 內)的一側上朝上延伸。由氣體分配噴嘴 40 之氣體噴射孔 40A，將含有 DCS 氣體之第一處理氣體噴向處理容器 4 之中心。

另一方面，形成於相對氣體激發部 66 的位置之排氣通道口 68，係以排氣通道口外蓋構件 82 覆蓋。排氣通道口外蓋構件 82 係以具有 U 形橫剖面之石英製成，且以焊接方式使其附著。排氣通道口外蓋構件 82 沿處理容器 4 之側壁朝上延伸，且在處理容器 4 之頂部具有氣體出口 84。氣體出口 84 係被連接至包含真空泵等等之真空排氣系統 GE。

處理容器 4 係由用於加熱處理容器 4 內之大氣及晶圓 W 的加熱器 86 所環繞。將熱電耦(未顯示)設於靠近處理容器 4 內之排氣通道口 68 處，用於控制加熱器 86。

膜形成設備 2 更包含由例如電腦所形成的主要控制部 60，用於控制設備整體。依據預先儲存於該處之儲存部 62 中關於膜厚度及待形成之膜的成分之製程參數，主要控制部 60 可如以下所說明般控制膜形成製程。在儲存部 62 中，亦將處理氣體流速與膜之厚度及成分之間的關係預先儲存為控制資料。因此，以所儲存之製程參數及控制資料為基礎，主要控制部 60 可控制升降機構 25、氣體供給電路 28、30 及 36、排氣系統 GE、氣體激發部 66、加熱器 86 等等。儲存媒體之實例為磁碟(軟性磁碟、硬碟(其代表物為包含於儲存部 62 內之硬碟)等等)、光碟(CD、DVD 等等)、磁光碟(MO 等等)、以及半導體記憶體。

然後，將說明執行於圖 1 中所示之設備內的膜形成方法(所謂的 ALD 或 MLD 膜形成法)。在此膜形成方法中，氮化矽膜係藉由 ALD 或 MLD 而形成於半導體晶圓上。為了達到此目的，將含有 DCS 作為矽烷族氣體之第一處理氣體，以及含有 NH_3 氣體作為氮化氣體之第二處理氣體，選擇性地供給至容納晶圓 W 之處理場 5 中。具體而言，膜形成製程係伴隨以下操作而執行。

<膜形成製程>

首先，使支承如 50 至 100 之數量的具有 300mm 直徑之晶圓、位於室溫的晶舟 12，進入加熱為預定溫度之處理容器 4 中，且將處理容器 4 氣密密封。然後，將處理容器 4 之內部真空排氣並維持在預定之處理壓力，且將晶圓溫度增加至用於膜形成的處理溫度。此時，設備為等待狀態直到溫度變得穩定。然後，當晶舟 12 被轉動的同時，將第一及第二處理氣體以受控制之流速間歇地由個別的氣體分配噴嘴 40 及 38 供給。

將含有 DCS 氣體之第一處理氣體由氣體分配噴嘴 40 之氣體噴射孔 40A 供給，用於形成平行於晶舟 12 上之晶圓 W 的氣體流。在被供給的同時，DCS 氣體藉由對處理場 5 加熱溫度而激發，且

DCS 氣體之分子以及藉分解而產生之分解生成物的分子及原子被吸附到晶圓 W 上。

另一方面，將含有 NH_3 之第二處理氣體由氣體分配噴嘴 38 之氣體噴射孔 38A 供給，用於形成平行於晶舟 12 上之晶圓 W 的氣體流。當供給第二處理氣體時，如稍後所述，取決於主要及附加階段，而將氣體激發部 66 設為開啟狀態(ON-state)或關閉狀態(OFF-state)。

當將氣體激發部 66 設為開啟狀態時，第二處理氣體被激發，且當通過該對電極 74 之間之電漿生成區域 PS 時，部分轉變為電漿。此時舉例而言，生成如 N^* 、 NH^* 、 NH_2^* 及 NH_3^* 之自由基(符號『*』代表其為自由基)。另一方面，當將氣體激發部 66 設為關閉狀態時，第二處理氣體主要以氣體分子之形式通過氣體激發部 66。自由基或氣體分子自氣體激發部 66 之開口 70 朝向處理容器 4 之中心流出，且以層流狀態被供給進入晶圓 W 之間隙。

源自於由電漿所激發之 NH_3 氣體的自由基、或 NH_3 氣體分子及由因加熱溫度對處理場 5 之活化所致之分解而生成的分解生成物之分子和原子，與被吸附於晶圓 W 之表面上的 DCS 氣體之分子等等起反應，使得薄膜形成於晶圓 W 上。或者，當 DCS 氣體流至源自 NH_3 氣體的自由基，或源自 NH_3 氣體且被吸附於晶圓 W 之表面上的分解生成物之分子及原子上時，導致相同的反應，因此在晶圓 W 上形成氮化矽膜。當將氣體激發部 66 設為開啟狀態時，膜形成係以增加之反應速率發展；另一方面，當將氣體激發部 66 設為關閉狀態時，膜形成係以減少之反應速率發展。

圖 3A 為顯示依據本發明實施例的膜形成方法之氣體供給及射頻施加之時序圖。圖 3A 顯示在執行於一批晶圓上之膜形成製程的完整期間之一部份中之情況。如圖 3A 所示，依據本實施例之膜形成方法混合地(如在此實例中逐一交替)重複電漿循環 ECL 及非電漿循環 NCL 複數次。電漿循環 ECL 為含有 NH_3 之第二處理氣體藉由氣體激發部 66 受到電漿激發的循環；非電漿循環 NCL 為第二處理氣體未受到來自氣體激發部 66 之電漿激發的循環。電漿

及非電漿循環 ECL 及 NCL 中之每一者由第一至第四步驟 T1 至 T4 所形成。因此，包含第一至第四步驟 T1 至 T4 之循環被重複數次，且由個別循環形成之氮化矽薄膜被層疊，藉此達到具有目標厚度之氮化矽膜。

具體而言，在將第二處理氣體(圖 3A 中表示為 NH_3)至處理場 5 之供給維持於關閉狀態之同時，安排第一步驟 T1 以執行供給第一處理氣體(圖 3A 中表示為 DCS)至處理場 5。安排第二步驟 T2 以維持第一及第二處理氣體對處理場 5 之供給的關閉狀態。在將第一處理氣體對處理場 5 之供給維持於關閉狀態之同時，安排第三步驟 T3 以執行第二處理氣體至處理場 5 之供給。安排第四步驟 T4 以將第一及第二處理氣體至處理場 5 之供給維持於關閉狀態。

使用第二及第四步驟 T2 及 T4 中每一者作為沖洗步驟，以去除處理容器 4 中之殘留氣體。『沖洗』一詞意指藉由在供給如 N_2 氣體之惰性氣體進入處理容器 4 時，使處理容器 4 之內部真空排氣，或藉由將所有氣體之供給維持於關閉狀態時，使處理容器 4 之內部真空排氣，而去除處理容器 4 中之殘留氣體。在此方面，可安排第二及第四步驟 T2 及 T4，使得第一半部僅使用真空排氣且第二半部使用真空排氣及惰性氣體供給二者。更進一步而言，在供給第一及第二處理氣體中之每一者時，可安排第一及第三步驟 T1 及 T3，以使處理容器 4 停止真空排氣。然而，在伴隨使處理容器 4 真空排氣而執行供給第一及第二處理氣體中之每一者的情況下，可使處理容器 4 之內部在第一至第四步驟 T1 至 T4 之整體期間持續地真空排氣。

在電漿循環 ECL 之第三步驟 T3 中，將射頻電源 76 設為開啟狀態，用於藉由氣體激發部 66 而使第二處理氣體轉換為電漿，以供給活化狀態之第二處理氣體至處理場 5。在非電漿循環 NCL 之第三步驟 T3 中，將射頻電源 76 設為關閉狀態，以在供給第二處理氣體至處理場 5 時，不藉由氣體激發部 66 將第二處理氣體轉換為電漿。然而，由加熱器 86 對處理場 5 所設定之加熱溫度在電漿及非電漿循環 ECL 及 NCL 中保持相同，亦即，實質上並未依這

些循環而將其改變。

在圖 3A 中，將第一步驟 T1 設定在約 2 至 10 秒的範圍內、將第二步驟 T2 設定在約 5 至 15 秒的範圍內、將第三步驟 T3 設定在約 10 至 20 秒的範圍內、以及將第四步驟 T4 設定在約 5 至 15 秒的範圍內。在電漿循環 ECL 中，由第一至第四步驟 T1 至 T4 之一循環所得到的膜厚度約為 0.13nm。在非電漿循環 NCL 中，由第一至第四步驟 T1 至 T4 之一循環所得到的膜厚度約為 0.09nm。因此舉例而言，在目標膜厚度為 50nm 的狀況下，循環被重複約 455 次。然而，這些次數及厚度之數值僅為範例，且於是不具限制性。為了易於瞭解本發明，圖 3A 僅顯示該 455 個循環中之 20 個循環。

可相關於 NH₃ 氣體供給步驟中的射頻電源之開啟狀態，而變更電漿循環 ECL 之第三步驟 T3。舉例而言，在變化例中，於第三步驟 T3 的中途將射頻電源 76 設為開啟狀態，用於在次步驟 T3b 期間供給活化狀態之第二處理氣體至處理場 5。具體而言，在此情形中，在經過預定時間 Δt 之後將射頻電源 76 開啟，以藉由氣體激發部 66 而將第二處理氣體轉換為電漿，以在次步驟 T3b 期間供給活化狀態之第二處理氣體至處理場 5。預定時間 Δt 被定義為使 NH₃ 氣體之流速穩定所需要的時間，該 Δt 被設為例如約 5 秒。由於在第二處理氣體之流速穩定後，將射頻電源開啟以產生電漿，因此改善了晶圓 W 之間之自由基的一致性(在垂直方向之一致性)。

圖 4A 為剖面圖，其顯示使用圖 3A 所示之時序圖所形成之氮化矽膜的層疊狀態。如圖 4A 所示，將使用電漿所形成之 SiN 膜(亦即，電漿 SiN 膜 100A)及不使用電漿而由熱分解所形成之 SiN 膜(亦即，熱 SiN 膜 100B)逐一交替地層疊於晶圓 W 之表面上。此係因將圖 3A 所示之時序圖安排成逐一交替地重複電漿循環 ECL 及非電漿循環 NCL 複數次(混合比=1:1)。

膜形成製程之製程條件如下。將 DCS 氣體之流速設定在 50 至 2000sccm 之範圍內，如 1000sccm(1slm)。將 NH₃ 氣體之流速設定在 500 至 5000sccm 之範圍內，如 1000sccm。處理溫度係較一

般 CVD 製程為低，且被設定在 200 至 700°C 之範圍內，較佳地為 300 至 700°C 之範圍內，且更佳地為 450 至 630°C 之範圍內。若處理溫度低於 200°C，則因為幾乎未造成任何反應而實質上未使膜沉積。若處理溫度高於 700°C，則沉積出低品質之 CVD 膜，且如金屬膜之現存膜遭到熱破壞。依據在電漿及非電漿循環 ECL 及 NCL 中電漿之存在與否，可將處理場 5 之溫度改變至一定程度。然而，由加熱器 86 對處理場 5 所設定之加熱溫度在電漿及非電漿循環 ECL 及 NCL 中維持實質上的相同。

將處理壓力設定在 13Pa(0.1Torr)至 13300Pa(100Torr)之範圍內，較佳地為 40Pa(0.3Torr)至 266Pa(2Torr)之範圍內，且更佳地為 93Pa(0.7Torr)至 107Pa(0.8Torr)之範圍內。舉例而言，在第一步驟期間(DCS 供給步驟)將處理壓力設為 1Torr，且在第三步驟期間(NH₃ 供給步驟)為 0.3Torr。若處理壓力低於 13Pa，則膜形成速率變得低於可實施的等級。在處理壓力未超過 13300Pa 處，晶圓 W 上之反應模式主要為吸附反應，且於是能以高膜形成速率穩定地沉積高品質薄膜，因此獲得良好的結果。然而，若處理壓力超過 13300Pa，則反應模式由吸附反應變為之後在晶圓 W 上盛行之氣相反應。此為不欲發生之情形，因為薄膜的基板間一致性及平面一致性劣化，且氣相反應所致之微粒數突然增加。

<變化例>

圖 3B、3C 及 3D 為顯示依據變化例之膜形成方法的射頻施加之時序圖。在這些圖式中，射頻脈衝之位置對應至圖 3A 所示之 NH₃ 脈衝的位置。圖 4B、4C 及 4D 為剖面圖，其顯示使用圖 3B、3C 及 3D 分別顯示之時序圖所形成之氮化矽膜的層疊狀態。

在圖 3B 所示之變化例中，將與 NH₃ 脈衝同步之射頻脈衝於每三次中取消一次。換言之，對於第三步驟 T3(NH₃ 供給步驟)而言，交替地重複二射頻開啟(RF-ON)狀態及一射頻關閉(RF-OFF)狀態的組合。因此，將由二電漿循環 ECL 及一非電漿循環 NCL 所形成之循環組交替地重複數次(混合比=2:1)。在此情形中，如圖 4B 所示，將由使用電漿所形成之二 SiN 膜(亦即，電漿 SiN

膜 100A)及不使用電漿而由熱分解所形成之一 SiN 膜(亦即,熱 SiN 膜 100B)的組合交替地層疊於晶圓 W 之表面上。

在圖 3C 所示之變化例中,將與 NH₃ 脈衝同步之射頻脈衝於每四次中取消一次。換言之,對於第三步驟 T3(NH₃ 供給步驟)而言,交替地重複三射頻開啟狀態及一射頻關閉狀態的組合。因此,將由三電漿循環 ECL 及一非電漿循環 NCL 所形成之循環組交替地重複數次(混合比=3:1)。在此情形中,如圖 4C 所示,將三電漿 SiN 膜 100A 及一熱 SiN 膜 100B 的組合交替地層疊於晶圓 W 之表面上。

將圖 3A 至 3C 所示之時序圖安排成以混合比 1:1 至 1:3 交替地重複電漿循環 ECL 及非電漿循環 NCL。然而,這些僅為範例,且混合比可依據膜品質因素之目標值而作不同的改變。換言之,依據第三步驟(NH₃ 供給步驟)T3 之重複數目 N(N 為 2 或更大之正整數),可將混合比設成在 1:(N-1)至(N-1):1 之範圍內的任何比率。

在圖 3C 所示之變化例中,連續十次施加與 NH₃ 脈衝同步之射頻脈衝且然後連續十次將其取消。換言之,對於第三步驟 T3(NH₃ 供給步驟)而言,將一組十次射頻開啟狀態及一組十次射頻關閉狀態交替地重複。因此,將由十個電漿循環 ECL 所形成之循環組,以及由十個非電漿循環 NCL 所形成之循環組交替地重複數次(混合比=1:1)。在此情形中,如圖 4D 所示,將一組十個電漿 SiN 膜 100A 及一組十個熱 SiN 膜 100B 交替地層疊於晶圓 W 之表面上。

如同在本變化例中,可將循環混合法安排成交替地執行由一個或更多電漿循環所形成之第一循環組,以及由一個或更多非電漿循環所形成之第二循環組。

<實驗>

如依據上述之實施例的本實例 PE1、PE2 及 PE3,以及比較性實例 CE1 及 CE2,分別使用不同的電漿及非電漿循環之混合法,利用膜形成方法在圖 1 所示之設備中形成氮化矽膜,且然後測試

依此形成之膜。在本實例 PE1、PE2 及 PE3 中，分別依據圖 3A、3B 及 3C 之時序圖，而設定對於各循環之第三步驟(NH₃ 供給步驟)T3 的電漿激發。在比較性實例 CE1 中，對於所有循環之第三步驟(NH₃ 供給步驟)T3 不使用電漿激發(射頻開啟=0%)。在比較性實例 CE2 中，對於所有循環之第三步驟(NH₃ 供給步驟)T3 使用電漿激發(射頻開啟=100%)。在此實驗中，使用上述之處理條件作為膜形成製程之參考，同時將膜形成溫度設為 630°C 且將目標膜厚度設為大約 50nm。利用置於晶舟 12 之 TOP(頂部)、CTR(中央)及 BTM(底部)的晶圓來量測晶圓。

圖 5 為顯示在一循環中氮化矽膜之膜形成速率相對於電漿及非電漿循環之混合法的關係之圖表。比較性實例 CE1(開啟=0%)導致數值約為 0.089nm 之最低膜形成速率。本實例 PE1、PE2 及 PE3 藉由增加電漿循環之比率造成較高之膜形成速率，使得本實例 PE1、PE2 及 PE3 分別表現出 0.111nm、0.117nm 及 0.119nm 之數值。比較性實例 CE2(開啟=100%)導致數值約為 0.126nm 之最高膜形成速率。因此，已發現：藉由調整電漿循環相對於非電漿循環之混合比，可控制氮化矽膜關於電漿促進氮化之膜形成速率。

圖 6 顯示氮化矽膜之折射率相對於電漿及非電漿循環之混合法的關係之圖表。比較性實例 CE1(開啟=0%)導致數值約為 2.05 之最高折射率。本實例 PE1、PE2 及 PE3 藉由增加電漿循環之比率，造成些微較低但確實地具有高準確度之折射率，使得本實例 PE1、PE2 及 PE3 分別表現出 2.00、1.99 及 1.98 之數值。比較性實例 CE2(開啟=100%)導致數值約為 1.97 之最低折射率。因此，已發現：藉由調整電漿循環相對於非電漿循環之混合比，可以極高之準確度控制氮化矽膜之折射率。

氮化矽膜之折射率取決於氮化矽膜中的 N 原子相對於 Si 原子之比率，該比率為膜之成份比率。當 N 原子相對於 Si 原子之比率較高時，則折射率較低，且所以藉由調整電漿循環之比率成為較高值，可控制 N 原子相對於 Si 原子之比率成為較高值。即使在折射率中的改變非常小，此小改變仍大幅影響成份比率。因此，較

佳地在膜形成製程中以高準確度控制折射率。

圖 7 為顯示氮化矽膜之應力相對於電漿及非電漿循環之混合法的關係之圖表。比較性實例 CE1(開啟=0%)導致數值約為 0.27 至 0.31GPa 之最低應力。本實例 PE1、PE2 及 PE3 藉由增加電漿循環之比率造成些微較高但確實地具有高準確度之應力，使得本實例 PE1、PE2 及 PE3 分別表現出 0.33 至 0.34GPa、0.35 至 0.40GPa 及 0.36 至 0.41GPa 之數值。比較性實例 CE2(開啟=100%)導致數值約為 0.62 至 0.64GPa 之最高應力。因此，已發現藉由調整電漿循環相對於非電漿循環之混合比，可以極高之準確度控制氮化矽膜之應力。如以上所述，應力在電子或電洞的遷移率上具有巨大的影響。

<膜形成方法之執行程序>

如以上所述，依據本實施例，提供依照以下順序來執行膜形成製程的方法。具體而言，首先得到代表電漿及非電漿循環之循環混合法相對於氮化矽膜之膜品質因素的關係之關係式或關係表。舉例而言，膜品質因素可如上述從由折射率、N 原子相對於 Si 原子之成份比率以及應力所組成之群組中選擇。此類型之關係式或關係表可由預先執行之實驗而獲得。然後，以例如折射率、成份比率及應力之膜品質因素的目標值為基礎，參照關係式或關係表而決定循環混合法之具體方式。然後，將膜形成製程依據循環混合法之具體方式安排，且如上述般執行。

至於決定循環混合法之具體方式及依據具體方式安排膜形成製程的操作，製程操作者可手動執行這些操作程序，但可將膜形成設備 2 之控制部 60 用於自動執行這些操作程序。具體而言，在後者的情形中，將如上述所得之關係式或關係表儲存於如儲存部 62 之儲存部內，控制部 60 可預先從該儲存部中擷取資料。在此情形中，預先設定控制部 60，以因應膜品質因素之目標值的輸入而存取儲存部，擷取關於關係式或關係表的資料，並以參照關係式或關係表之輸入目標值為基礎來決定循環混合法之具體方式。更進一步而言，預先設定控制部 60，以依據具體方式而安排膜形成

製程，且然後控制設備以執行膜形成製程。

如上述之實驗資料所示，在膜品質因素為氮化矽膜之折射率的情況下，隨著目標值之增加將電漿循環相對於非電漿循環之混合比設定得更小。在膜品質因素為氮化矽膜之成份比率(N 原子相對於 Si 原子之比率)的情況下，隨著目標值之增加將電漿循環相對於非電漿循環之混合比設定得更大。在膜品質因素為氮化矽膜之應力的情況下，隨著目標值之增加將電漿循環相對於非電漿循環之混合比設定得更大。

可安排循環混合法以交替地執行由一或更多各為電漿循環者所形成之第一循環組，以及由一或更多各為非電漿循環者所形成之第二循環組。

<其他變化例>

在上述之實施例中，舉例而言，第一處理氣體含有 DCS 氣體作為矽烷族氣體。在此方面，矽烷族氣體可含有選自於由以下氣體組成之群組中至少一者：二氯矽烷(dichlorosilane, DCS)、六氯二矽烷(hexachlorodisilane, HCD)、單矽烷(monosilane, SiH_4)、二矽烷(disilane, Si_2H_6)、六甲基二矽氮烷(hexamethyl-disilazane, HMDS)、四氯矽烷(tetrachlorosilane, TCS)、二矽烷基胺(disilylamine, DSA)、三矽烷基胺(trisilylamine, TSA)、雙特丁基胺基矽烷(bistertialbutylaminosilane, BTBAS)、三甲基矽烷(trimethylsilane, TMS)、二甲基矽烷(dimethylsilane, DMS)、甲胺(monomethylamine, MMA)、以及三二甲胺基矽烷(tridimethylaminosilane, 3DMAS)。

在上述之實施例中，舉例而言，第二處理氣體含有 NH_3 氣體作為氮化氣體。在此方面，氮化氣體可含有從由以下氣體組成之群組中選擇之至少一者：氨(ammonia, NH_3)、氮(nitrogen, N_2)、一氧化二氮(dinitrogen oxide, N_2O)、以及一氧化氮(nitrogen oxide, NO)。

在上述之實施例中，可使待形成之氮化矽膜具有如硼及/或碳之成分。在此情形中，膜形成製程之循環中的每一者更包含一或

數個供給摻雜氣體及/或碳氫化合物的步驟。用於摻雜硼之含硼氣體可含有由以下氣體組成之群組中選擇之至少一者： BCl_3 、 B_2H_6 、 BF_3 、以及 $\text{B}(\text{CH}_3)_3$ 。用於摻雜碳之碳氫化合物氣體可含有從由以下氣體組成之群組中選擇之至少一者：乙炔(acetylene)、乙烯(ethylene)、甲烷(methane)、乙烷(ethane)、丙烷(propane)、以及丁烷(butane)。

目標基板不限於半導體晶圓，且其可為如 LCD 基板或玻璃基板之另一基板。

對於熟悉此技藝者而言，附加之優勢及變化例將易於想見。因此，在其更廣泛之態樣的發明不限於在此顯示及說明之具體細節及代表性實施例。因此，如同由附加之專利申請範圍及其相當物等所定義者，可在不悖離整體之發明性概念的精神或範疇之情形下，進行各種變更。

【圖式簡單說明】

所結合及構成說明書之一部份的隨附圖式顯示了本發明之實施例，且伴隨以上所提供之大致說明，及以下提供之實施例的詳細說明，而用於說明本發明之原理。

圖 1 為依據本發明之實施例的膜形成設備(直立式 CVD 設備)之剖面圖；

圖 2 為顯示圖 1 中所示之設備的局部之剖面俯視圖；

圖 3A 為顯示依據本發明之實施例之膜形成方法的氣體供給及射頻(radio frequency, RF)實施之時序圖；

圖 3B、3C 及 3D 為顯示變化例之膜形成方法的氣體供給及射頻施加之時序圖；

圖 4A、4B、4C 及 4D 分別顯示使用圖 3A、3B、3C 及 3D 所示之時序圖所形成之氮化矽膜的層疊狀態之剖面圖；

圖 5 顯示氮化矽膜之膜形成速率相對於電漿及非電漿循環之混合法的關係之圖表；

圖 6 為顯示氮化矽膜之折射率相對於電漿及非電漿循環之混合法的關係之圖表；以及

圖 7 為顯示氮化矽膜之應力相對於電漿及非電漿循環之混合法的關係之圖表。

【主要元件符號說明】

- 2 膜形成設備
- 4 處理容器
- 5 處理場
- 6 石英頂板
- 8 歧管
- 10 密封構件
- 12 晶舟
- 12A 支柱
- 14 絕熱圓筒
- 16 平台
- 18 外蓋
- 20 旋轉軸
- 22 磁性流體密封墊
- 24 密封構件
- 25 升降機構
- 26 臂部
- 28 第二處理氣體供給電路
- 28S NH_3 氣體源
- 30 第一處理氣體供給電路
- 30S DCS 氣體源
- 36 沖洗氣體供給電路
- 36S N_2 氣體源
- 38 氣體分配噴嘴
- 38A 氣體噴射孔
- 40 氣體分配噴嘴
- 40A 氣體噴射孔
- 46 氣體噴嘴

201001548

48	氣體供給管線
48A	開關閥
48B	流速控制器
50	氣體供給管線
50A	開關閥
50B	流速控制器
56	氣體供給管線
56A	開關閥
56B	流速控制器
60	主要控制部
62	儲存部
66	氣體激發部
68	排氣通道口
70	開口
72	外蓋
74	電極
76	射頻電源
78	饋入線
80	絕緣保護蓋
82	排氣通道口外蓋構件
84	氣體出口
86	加熱器
100A	電漿 SiN 膜
100B	熱 SiN 膜
GE	真空排氣系統
PS	電漿生成區域
W	晶圓

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： 981000711

※ 申請日： 98.1.10

※IPC 分類： H01L 21/318 (2006.01)
C23C 16/34 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

半導體製程用之膜形成方法與設備/

FILM FORMATION METHOD AND APPARATUS FOR
SEMICONDUCTOR PROCESS

二、中文發明摘要：

將膜形成方法用於藉由在處理場內重複電漿循環及非電漿循環複數次，而在目標基板上形成氮化矽膜，該處理場係用以選擇性地供給含有矽烷族氣體之第一處理氣體及含有氮化氣體之第二處理氣體，且與用於激發待供給之第二處理氣體的激發機構相通。該方法包含：獲得關係式或關係表，該二者係代表電漿循環及非電漿循環之循環混合法相對於氮化矽膜之膜品質因素的關係；以關於關係式或關係表之膜品質因素之的目標值為基礎，而決定循環混合法之具體方式；以及依據具體方式安排膜形成製程。

三、英文發明摘要：

A film formation method is used for forming a silicon nitride film on a target substrate by repeating a plasma cycle and a non-plasma cycle a plurality of times, in a process field configured to be selectively supplied with a first process gas containing a silane family gas and a second process gas containing a nitriding gas and communicating with an exciting mechanism for exciting the second process gas to be supplied. The method includes obtaining a relation formula or relation table that represents relationship of a cycle mixture manner of the plasma cycle and the non-plasma cycle relative to a film quality factor of the silicon nitride film; determining a specific manner of the cycle mixture manner based on a target value of the film quality factor

201001548

with reference to the relation formula or relation table; and arranging the film formation process in accordance with the specific manner.

七、申請專利範圍：

1. 一種半導體製程用之膜形成方法，用於執行一膜形成製程，以在該處理場內之該目標基板上形成一氮化矽膜，該處理場係用以對其選擇性地供給含有一矽烷族氣體之一第一處理氣體、及含有一氮化氣體之一第二處理氣體，且與用於激發待供給之該第二處理氣體之一激發機構相通，安排該膜形成製程，以在其中設有該目標基板之該處理場內，重複一電漿循環及一非電漿循環複數次，以層疊由各次在該目標基板上所形成之薄膜，藉此形成具有一預定厚度之一氮化矽膜，

其中該電漿循環及該非電漿循環中之每一者包含：

一第一供給步驟，執行供給該第一處理氣體至該處理場，同時將該第二處理氣體至該處理場之供給維持於關閉狀態；以及

一第二供給步驟，執行供給該第二處理氣體至該處理場，同時將該第一處理氣體至該處理場之供給維持於關閉狀態，

在該電漿循環中，該第二供給步驟包含供給該第二處理氣體至該處理場、同時藉由該激發機構激發該第二處理氣體之一激發時期，且

在該非電漿循環中，該第二供給步驟不包含藉由該激發機構激發該第二處理氣體之時期，且

該方法包含：

獲得代表該電漿循環及該非電漿循環之一循環混合法，相對於該氮化矽膜之一膜品質因素的關係之一關係式或關係表；

以關於該關係式或關係表之該膜品質因素之一目標值為基礎，而決定該循環混合法之一具體方式；以及

依據該具體方式安排該膜形成製程，且然後執行該膜形成製程。

2. 如申請專利範圍第 1 項之半導體製程用之膜形成方法，其中該膜品質因素係選自於由一折射率、N 原子相對於 Si 原子之一成份比率、及一應力所組成之該群組。

3. 如申請專利範圍第 2 項之半導體製程用之膜形成方法，其中該膜品質因素為該折射率，且隨著該目標值中之一增加，而將在該循環混合法中該電漿循環相對於該非電漿循環之一混合比率設定成更小。

4. 如申請專利範圍第 2 項之半導體製程用之膜形成方法，該膜品質因素為該成份比率，且隨著該目標值中之一增加，而將在該循環混合法中該電漿循環相對於該非電漿循環之一混合比率設定成更大。

5. 如申請專利範圍第 2 項之半導體製程用之膜形成方法，其中該膜品質因素為該應力，且隨著該目標值中之一增加，而將在該循環混合法中該電漿循環相對於該非電漿循環之一混合比率設定成更大。

6. 如申請專利範圍第 1 項之半導體製程用之膜形成方法，其中安排該循環混合法以交替地執行一第一循環組及一第二循環組，該第一循環組係由每一者皆為該電漿循環之一或更多循環所形成，而該第二循環組係由每一者皆為該非電漿循環之一或更多循環所形成。

7. 如申請專利範圍第 6 項之半導體製程用之膜形成方法，其中將形成該第一循環組之循環數設定為大於形成該第二循環組之循環數。

8. 如申請專利範圍第 6 項之半導體製程用之膜形成方法，其中該電漿循環及該非電漿循環係使用實質上相同的用於加熱該處理場之設定溫度。

9. 如申請專利範圍第 8 項之半導體製程用之膜形成方法，其中安

排該第一及第二供給步驟，以將該處理場設定在 200 至 700°C 之一溫度下。

10. 如申請專利範圍第 1 項之一半導體製程用之膜形成方法，其中安排該第一及第二步驟，以將該處理場設定在 13Pa(0.1 Torr)至 13300Pa(100 Torr)之一壓力下。

11. 如申請專利範圍第 1 項之半導體製程用之膜形成方法，其中該電漿循環及該非電漿循環中之每一者更包含第一及第二中間步驟，該第一及第二中間步驟分別在該第一與第二供給步驟之間及該第二供給步驟之後，由該處理場排放氣體，同時將該第一及第二處理氣體至該處理場之供給維持於關閉狀態。

12. 如申請專利範圍第 11 項之半導體製程用之膜形成方法，其中該電漿循環及該非電漿循環中之每一者用以經過該第一供給步驟、該第一中間步驟、該第二供給步驟、及該第二中間步驟，而連續地由該處理場排放氣體。

13. 如申請專利範圍第 11 項之半導體製程用之膜形成方法，其中該第一及第二中間步驟包含供給一沖洗氣體至該處理場之一時期。

14. 如申請專利範圍第 1 項之半導體製程用之膜形成方法，其中該電漿循環之該第二供給步驟更包含：在該激發時期之前，供給該第二處理氣體至該處理場，同時不藉由該激發機構激發該第二處理氣體之一時期。

15. 如申請專利範圍第 1 項之半導體製程用之膜形成方法，其中該矽烷族氣體含有選自於由以下氣體所組成之群組之至少一氣體：二氯矽烷、六氯二矽烷、單矽烷、二矽烷、六甲基二矽氮烷、四

氯矽烷、二矽烷基胺、三矽烷基胺、雙特丁基胺基矽烷、三甲基矽烷、二甲基矽烷、甲胺、以及三二甲胺基矽烷，且該氮化氣體含有選自於由以下氣體所組成之群組之至少一氣體：氮、氬、一氧化二氮、以及一氧化氮。

16. 如申請專利範圍第 1 項之半導體製程用之膜形成方法，其中將該處理場配置成容納複數個目標基板，該目標基板在垂直方向上以間隔方式被支撐於一支承構件上。

17. 如申請專利範圍第 1 項之半導體製程用之膜形成方法，其中該方法更包含將該關係式或關係表儲存於一儲存部中，一控制部可由該儲存部擷取資料，且該決定該循環混合法之一具體方式之步驟係由該控制部所執行。

18. 如申請專利範圍第 17 項之半導體製程用之膜形成方法，其中該依據該具體方式安排該膜形成製程之步驟係由該控制部所執行，且該執行該膜形成製程之步驟係在該控制部之控制下所執行。

19. 一種半導體製程用之膜形成設備，包含：

- 一處理容器，其具有被配置成容納一目標基板之一處理場；
- 一支承構件，其被配置成支撐該處理場內側之該目標基板；
- 一加熱器，其被配置成加熱該處理場內側之該目標基板；
- 一排氣系統，其被配置成由該處理場排放氣體；
- 一第一處理氣體供給電路，其被配置成供給含有一矽烷族氣體之一第一處理氣體至該處理場；
- 一第二處理氣體供給電路，其被配置成供給含有一氮化氣體之一第二處理氣體至該處理場；
- 一激發機構，其被配置成激發待供給之該第二處理氣體；以及
- 一控制部，其被配置成控制該設備之一操作，

其中預先設定該控制部以施行一膜形成製程，以在該處理場中之該目標基板上形成一氮化矽膜，安排該膜形成製程，以在有該目標基板置於其中之該處理場內重複一電漿循環及一非電漿循環複數次，以層疊由個別次在該目標基板上所形成之薄膜，藉此形成具有一預定厚度之一氮化矽膜，

其中該電漿循環及該非電漿循環中之每一者包含：

一第一供給步驟，執行供給該第一處理氣體至該處理場，同時將該第二處理氣體至該處理場之供給維持於關閉狀態；以及

一第二供給步驟，執行供給該第二處理氣體至該處理場，同時將該第一處理氣體至該處理場之供給維持於關閉狀態，

在該電漿循環中，該第二供給步驟包含供給該第二處理氣體至該處理場、同時藉由該激發機構激發該第二處理氣體之一激發時期，且

在該非電漿循環中，該第二供給步驟不包含藉由該激發機構激發該第二處理氣體之時期，且

預先設定該控制部，

以存取一儲存部，擷取儲存於其中之關於一關係式或關係表的資料，該關係式或關係表係代表該電漿循環及該非電漿循環相對於該氮化矽膜之一膜品質因素之一循環混合法的關係；

以關於該關係式或關係表之該膜品質因素之一目標值為基礎，決定該循環混合法之一具體方式；以及

依據該具體方式安排該膜形成製程，然後執行該膜形成製程。

20. 一種電腦可讀媒體，包含用以在一處理器上執行之程式指令，該電腦可讀媒體用於一半導體製程用之一膜形成設備，該設備包含一處理容器內側之一處理場，該處理場係用以選擇性地供給含有一矽烷族氣體之一第一處理氣體、及含有一氮化氣體之一第二處理氣體，且與用於激發待供給之該第二處理氣體之一激發機構相通，其中該程式指令在由該處理器加以執行時，使該膜形成設備執行一膜形成製程，以在該處理場內之一目標基板上形成一氮

化矽膜，安排該膜形成製程，以在具有該目標基板置於其中之該處理場內，重複一電漿循環及一非電漿循環複數次，以層疊由個別次在該目標基板上所形成之薄膜，從而形成具有一預定厚度之一氮化矽膜，

其中該電漿循環及該非電漿循環中之每一者包含：

一第一供給步驟，執行供給該第一處理氣體至該處理場，同時將該第二處理氣體至該處理場之供給維持於關閉狀態；以及

一第二供給步驟，執行供給該第二處理氣體至該處理場，同時將該第一處理氣體至該處理場之供給維持於關閉狀態，

在該電漿循環中，該第二供給步驟包含供給該第二處理氣體至該處理場、同時藉由該激發機構激發該第二處理氣體之一激發時期，且

在該非電漿循環中，該第二供給步驟不包含藉由該激發機構激發該第二處理氣體之時期，且

該程式指令更造成該膜形成設備之一控制部：

存取一儲存部以擷取儲存於其中關於一關係式或關係表的資料，該關係式或關係表係代表該電漿循環及該非電漿循環相對於該氮化矽膜之一膜品質因素之一循環混合法的關係；

以關於該關係式或關係表之該膜品質因素之一目標值為基礎，而決定該循環混合法之一具體方式；以及
依據該具體方式安排該膜形成製程，然後執行該膜形成製程。

八、圖式：

化矽膜，安排該膜形成製程，以在具有該目標基板置於其中之該處理場內，重複一電漿循環及一非電漿循環複數次，以層疊由個別次在該目標基板上所形成之薄膜，從而形成具有一預定厚度之一氮化矽膜，

其中該電漿循環及該非電漿循環中之每一者包含：

一第一供給步驟，執行供給該第一處理氣體至該處理場，同時將該第二處理氣體至該處理場之供給維持於關閉狀態；以及

一第二供給步驟，執行供給該第二處理氣體至該處理場，同時將該第一處理氣體至該處理場之供給維持於關閉狀態，

在該電漿循環中，該第二供給步驟包含供給該第二處理氣體至該處理場、同時藉由該激發機構激發該第二處理氣體之一激發時期，且

在該非電漿循環中，該第二供給步驟不包含藉由該激發機構激發該第二處理氣體之時期，且

該程式指令更造成該膜形成設備之一控制部：

存取一儲存部以擷取儲存於其中關於一關係式或關係表的資料，該關係式或關係表係代表該電漿循環及該非電漿循環相對於該氮化矽膜之一膜品質因素之一循環混合法的關係；

以關於該關係式或關係表之該膜品質因素之一目標值為基礎，而決定該循環混合法之一具體方式；以及
依據該具體方式安排該膜形成製程，然後執行該膜形成製程。

八、圖式：

圖式

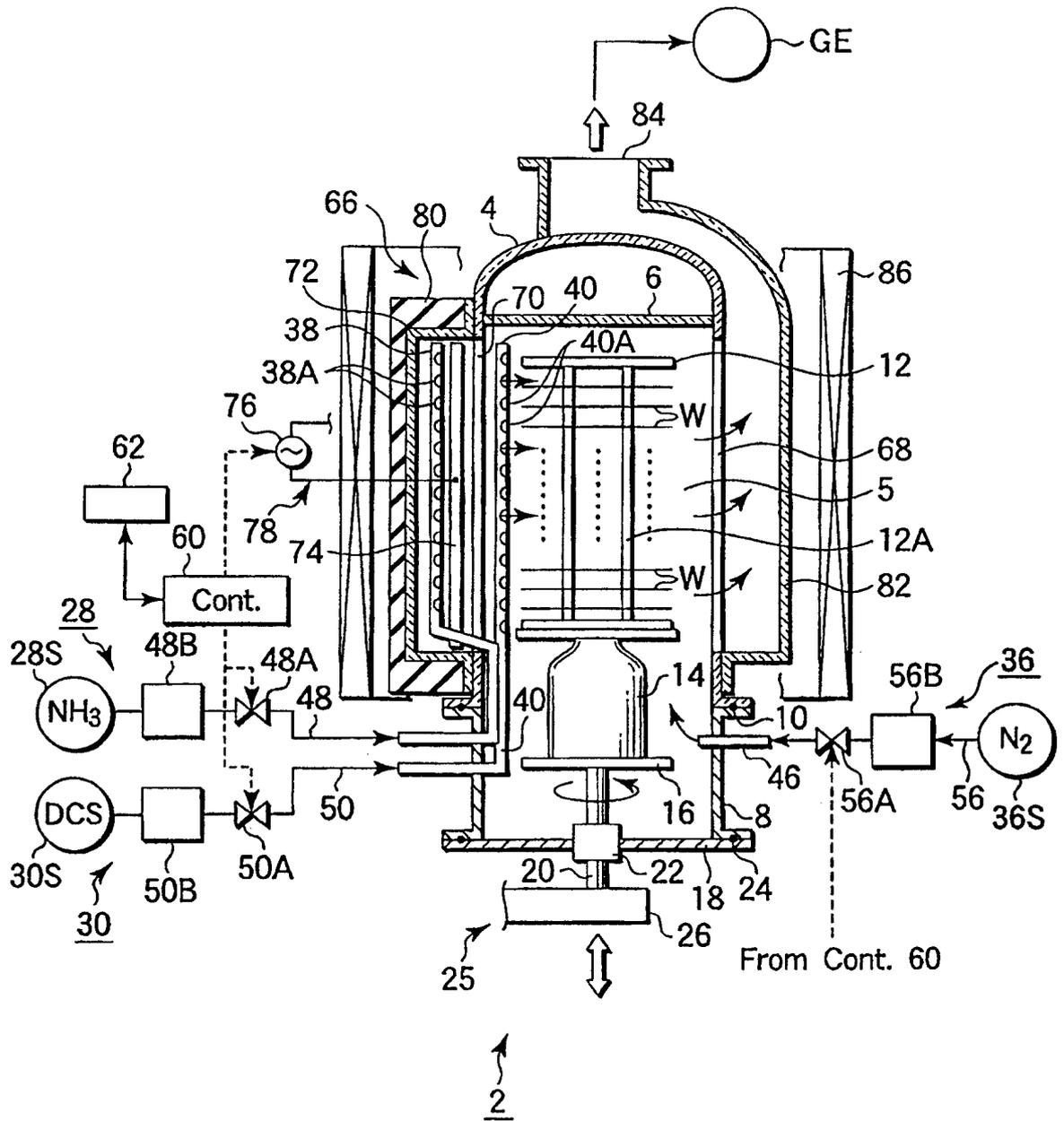
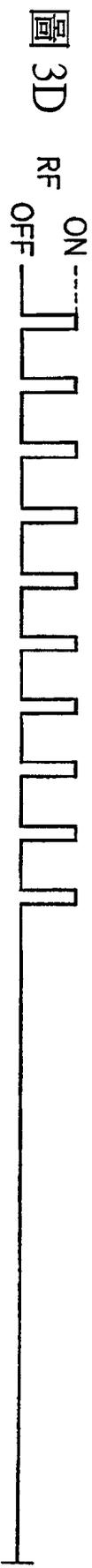
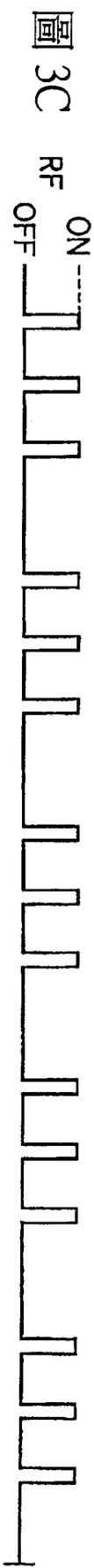
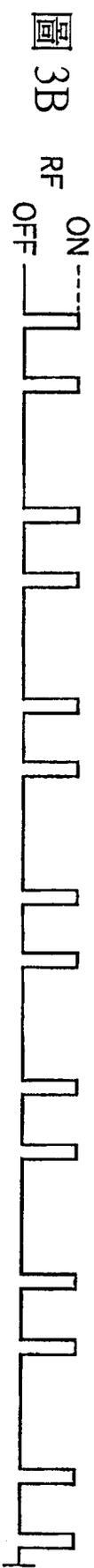
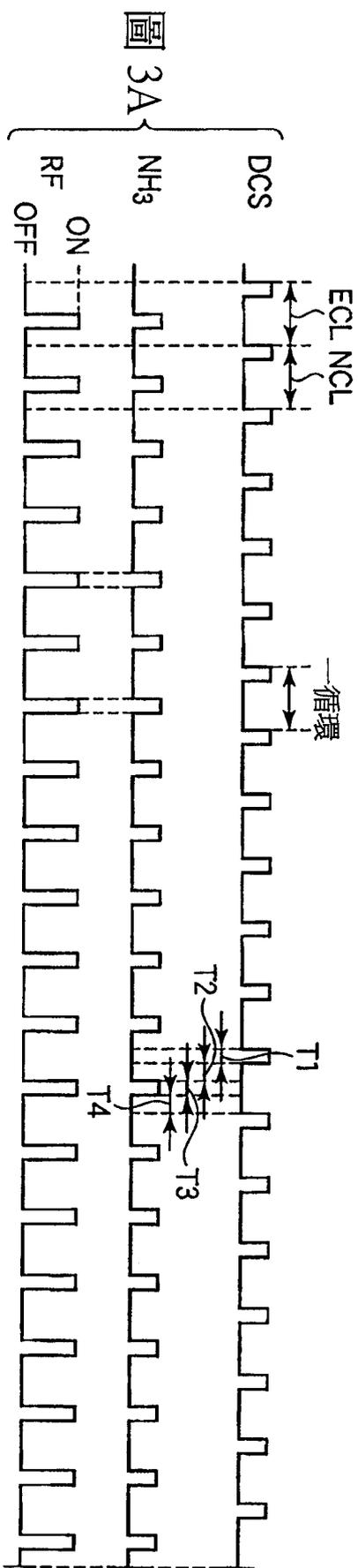


圖 1

圖式



圖式

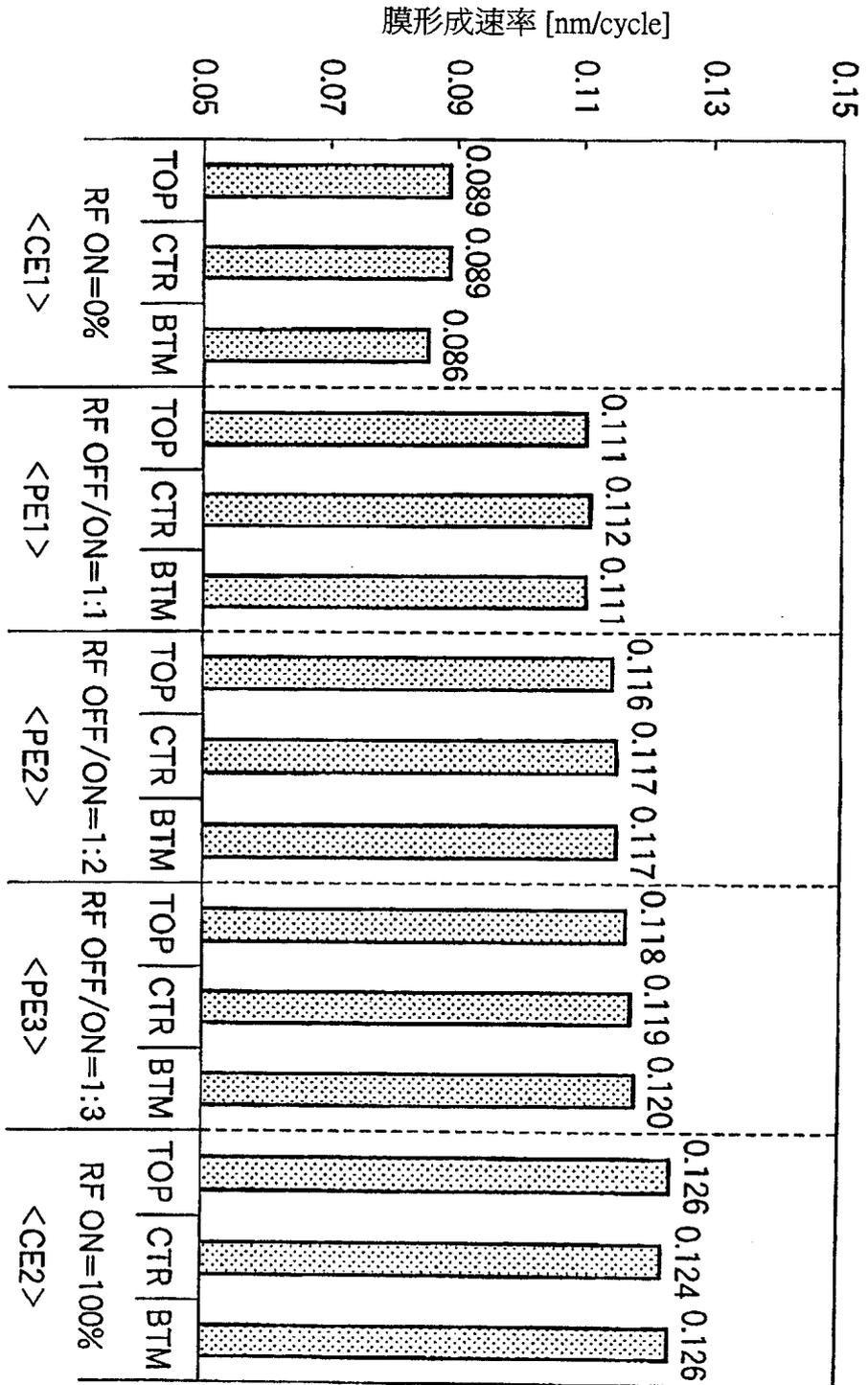


圖 5

圖式

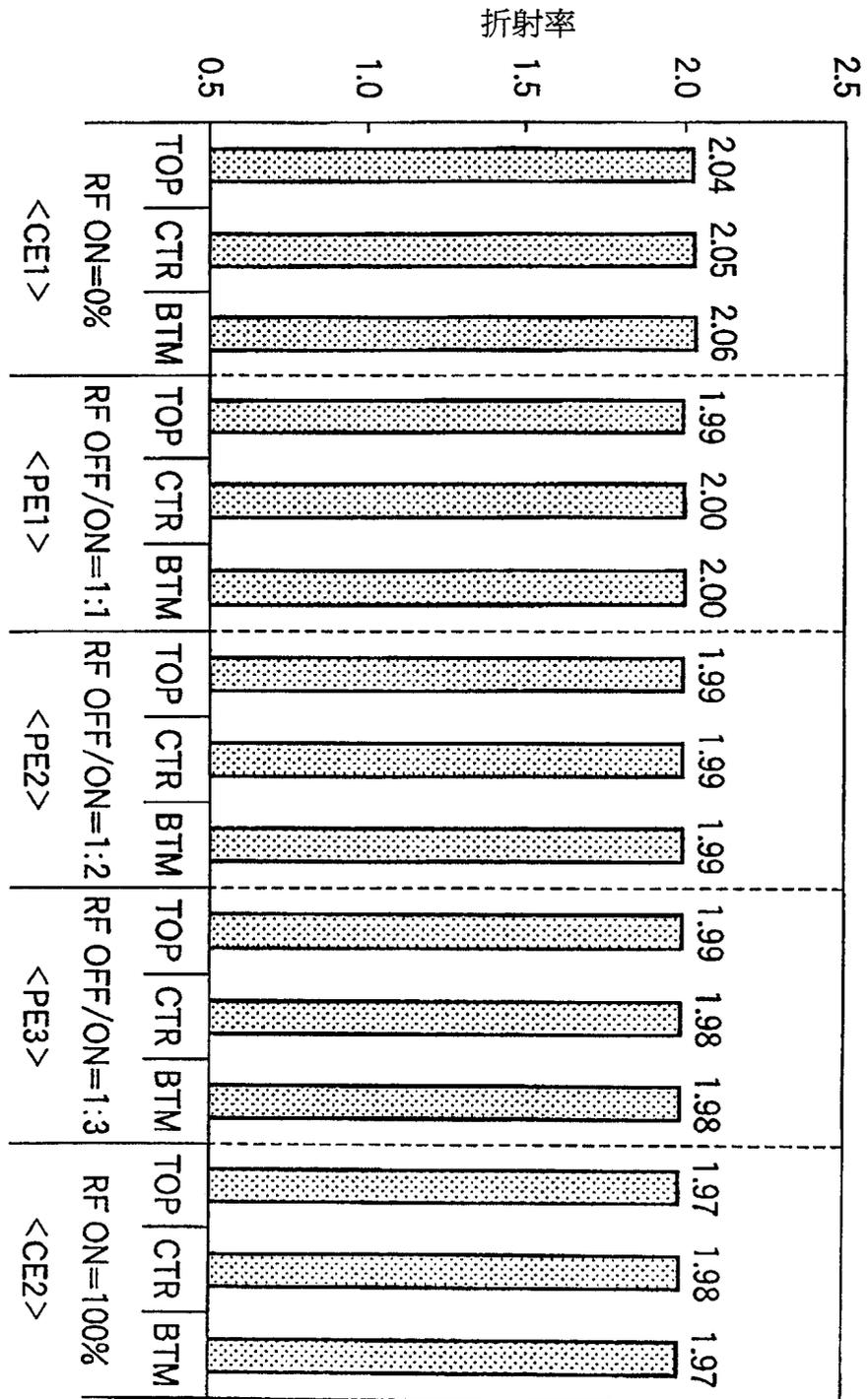


圖 6

圖式

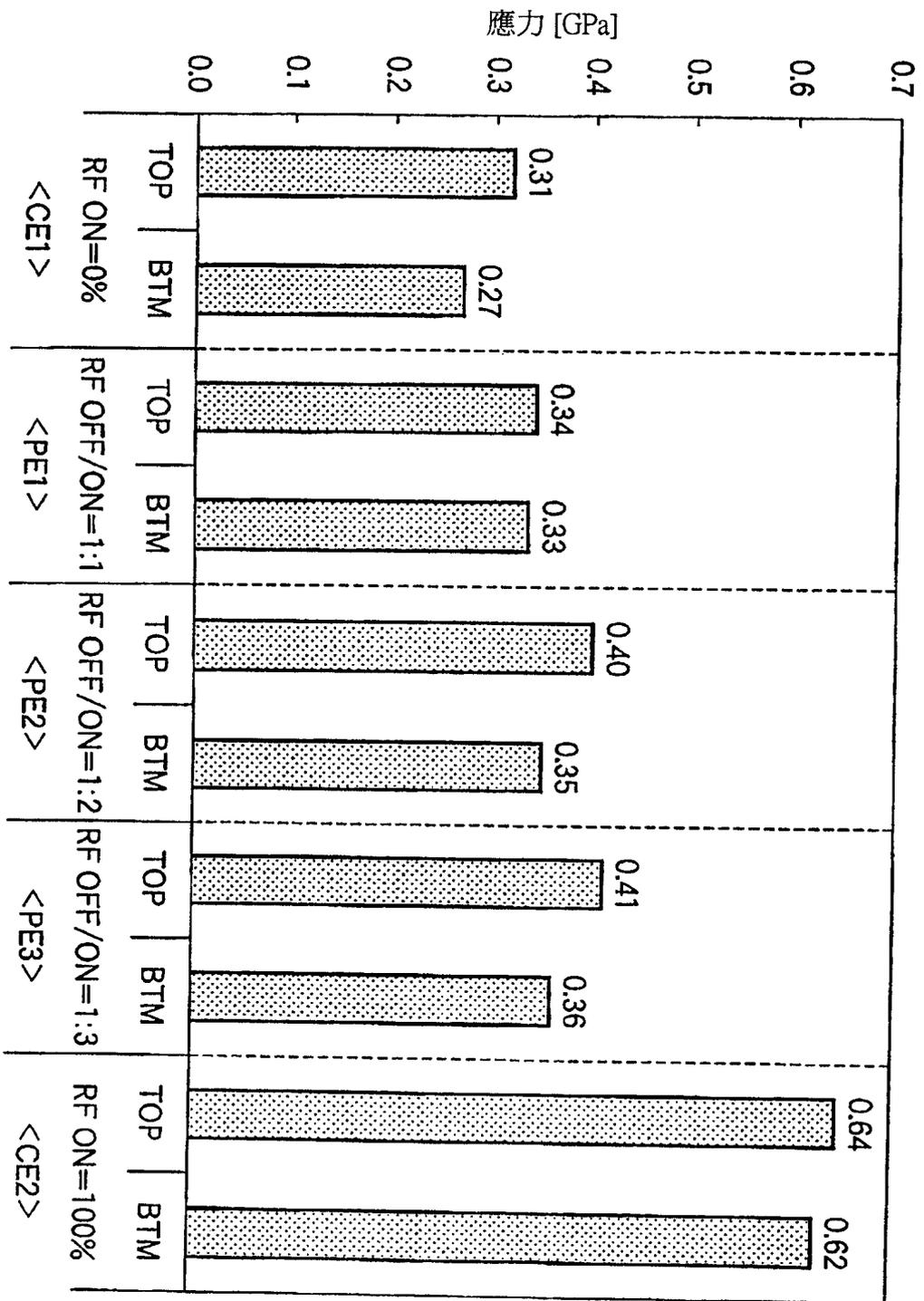


圖 7

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

2	膜形成設備
4	處理容器
5	處理場
6	石英頂板
8	歧管
10	密封構件
12	晶舟
12A	支柱
14	絕熱圓筒
16	平台
18	外蓋
20	旋轉軸
22	磁性流體密封墊
24	密封構件
25	升降機構
26	臂部
28	第二處理氣體供給電路
28S	NH ₃ 氣體源
30	第一處理氣體供給電路
30S	DCS 氣體源
36	沖洗氣體供給電路
36S	N ₂ 氣體源
38	氣體分配噴嘴
38A	氣體噴射孔
40	氣體分配噴嘴
40A	氣體噴射孔
46	氣體噴嘴

48	氣體供給管線
48A	開關閥
48B	流速控制器
50	氣體供給管線
50A	開關閥
50B	流速控制器
56	氣體供給管線
56A	開關閥
56B	流速控制器
60	主要控制部
62	儲存部
66	氣體激發部
68	排氣通道口
70	開口
72	外蓋
74	電極
76	射頻電源
78	饋入線
80	絕緣保護蓋
82	排氣通道口外蓋構件
84	氣體出口
86	加熱器

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)