



(21)申請案號：111107241

(22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 03 月 01 日

(51)Int. Cl.：

C23C16/40 (2006.01)

C23C16/458 (2006.01)

C23C16/505 (2006.01)

C23C16/52 (2006.01)

C23C16/56 (2006.01)

H01J37/32 (2006.01)

H01L21/02 (2006.01)

(30)優先權：2021/03/22

美國

17/208,719

(71)申請人：美商應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)

美國

(72)發明人：坦諾斯 傑席羅 TANNOS, JETHRO (ID)；希特拉 巴爾加瓦斯里達爾 CITLA, BHARGAV SRIDHAR (IN)；奈馬尼 史林尼法斯 D NEMANI, SRINIVAS D. (US)；葉 怡利 YIEH, ELLIE (US)；魯比尼茨 約書亞艾倫 RUBNITZ, JOSHUA ALAN (US)；陳 伊宗 CHEN, ERICA (US)；阿斯拉尼 索哈姆桑杰 ASRANI, SOHAM SUNJAY (IN)；貝奇亞里斯 尼可拉奧斯 BEKIARIS, NIKOLAOS (US)；布希博格二世 道格拉斯亞瑟 BUCHBERGER JR., DOUGLAS ARTHUR (US)

(74)代理人：李世章；彭國洋

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：3 共 32 頁

(54)名稱

用於處理基板的方法及設備

(57)摘要

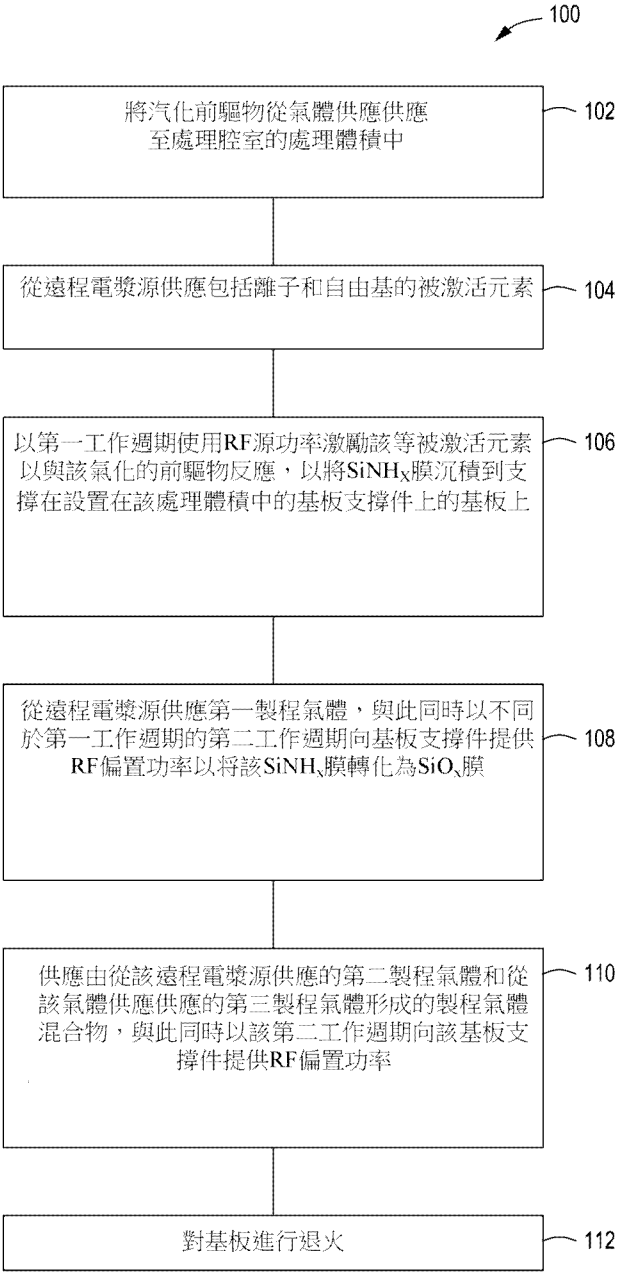
本文提供了用於處理基板的方法及設備。例如，一種方法包括以下步驟：將氣化的前驅物供應到處理體積中；從遠程電漿源供應包括離子和自由基的被激活元素；以第一工作週期使用 RF 源功率激勵該等被激活元素以與該氣化的前驅物反應，以將 SiNH_x 膜沉積到設置在該處理體積中的基板上；從該遠程電漿源供應第一製程氣體，與此同時以不同於該第一工作週期的第二工作週期向該基板支撐件提供 RF 偏置功率以將該 SiNH_x 膜轉化為 SiO_x 膜；供應由從該遠程電漿源供應的第二製程氣體和從該氣體供應供應的第三製程氣體形成的製程氣體混合物，與此同時以該第二工作週期向該基板支撐件提供 RF 偏置功率；以及對該基板進行退火。

Methods and apparatus for processing a substrate are provided herein. For example, a method includes supplying a vaporized precursor into a processing volume, supplying activated elements including ions and radicals from a remote plasma source, energizing the activated elements using RF source power at a first duty cycle to react with the vaporized precursor to deposit an SiNH_x film onto a substrate disposed in the processing volume, supplying a first process gas from the remote plasma source while providing RF bias power at a second duty cycle different from the first duty cycle to the substrate support to convert the SiNH_x film to an SiO_x film, supplying a process gas mixture formed from a second process gas supplied from the remote plasma source and a third process gas supplied from the gas supply while providing RF bias power at the second duty cycle to the substrate support, and annealing the substrate.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 100:方法
- 102:步驟
- 104:步驟
- 106:步驟
- 108:步驟
- 110:步驟
- 112:步驟



第1圖

【發明摘要】

【中文發明名稱】用於處理基板的方法及設備

【英文發明名稱】METHODS AND APPARATUS FOR PROCESSING A
SUBSTRATE

【中文】

本文提供了用於處理基板的方法及設備。例如，一種方法包括以下步驟：將氣化的前驅物供應到處理體積中；從遠程電漿源供應包括離子和自由基的被激活元素；以第一工作週期使用RF源功率激勵該等被激活元素以與該氣化的前驅物反應，以將 SiNH_x 膜沉積到設置在該處理體積中的基板上；從該遠程電漿源供應第一製程氣體，與此同時以不同於該第一工作週期的第二工作週期向該基板支撐件提供RF偏置功率以將該 SiNH_x 膜轉化為 SiO_x 膜；供應由從該遠程電漿源供應的第二製程氣體和從該氣體供應供應的第三製程氣體形成的製程氣體混合物，與此同時以該第二工作週期向該基板支撐件提供RF偏置功率；以及對該基板進行退火。

【英文】

Methods and apparatus for processing a substrate are provided herein. For example, a method includes supplying a vaporized precursor into a processing volume, supplying activated elements including ions and radicals from a remote plasma source, energizing the activated elements using RF source power at a first duty cycle to react with the vaporized precursor to deposit an SiNH_x film onto a substrate disposed in the

processing volume, supplying a first process gas from the remote plasma source while providing RF bias power at a second duty cycle different from the first duty cycle to the substrate support to convert the SiNH_x film to an SiO_x film, supplying a process gas mixture formed from a second process gas supplied from the remote plasma source and a third process gas supplied from the gas supply while providing RF bias power at the second duty cycle to the substrate support, and annealing the substrate.

【指定代表圖】第 (1) 圖。

【代表圖之符號簡單說明】

1 0 0 : 方 法

1 0 2 : 步 驟

1 0 4 : 步 驟

1 0 6 : 步 驟

1 0 8 : 步 驟

1 1 0 : 步 驟

1 1 2 : 步 驟

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】用於處理基板的方法及設備

【英文發明名稱】METHODS AND APPARATUS FOR PROCESSING A
SUBSTRATE

【技術領域】

【0001】 本本揭露案的實施例大體而言係關於用於處理基板的方法及設備，且更特定言之，係關於被配置為使用原位電漿處理形成間隙填充SiO膜的方法及設備。

【先前技術】

【0002】 用於間隙填充SiO膜的常規方法及設備使用蒸汽製程和/或一或多個多步驟製程來發展出穩定的SiO膜，例如以滿足平臺要求。例如，一些方法使用一或多種沉積方法（例如，化學氣相沉積、DED爐等）來沉積SiO膜，之後是一或多個其他製程，諸如蒸汽退火或複雜的多步驟方法（例如，紫外線(ultraviolet; UV)固化、化學機械拋光(chemical mechanical polish; CMP)、電漿處理等）。然而，此類方法具有結構問題（例如，線彎曲），提供差的間隙填充（例如，多孔（接縫/空隙）），可能非常複雜和昂貴，具有低生產量，並且經常超過熱預算。

【發明內容】

【0003】 本文提供了用於處理基板的方法及設備。在一些實施例中，一種用於處理基板的方法包括以下步驟：將氣化的前驅物從氣體供應供應到處理腔室的處理體積中；從

遠程電漿源供應包括離子和自由基的被激活元素；以第一工作週期使用 RF 源功率激勵該等被激活元素以與該氣化的前驅物反應，以將 SiNH_x 膜沉積到支撐在設置在該處理體積中的基板支撐件上的基板上；從該遠程電漿源供應第一製程氣體，與此同時以不同於該第一工作週期的第二工作週期向該基板支撐件提供 RF 偏置功率以將該 SiNH_x 膜轉化為 SiO_x 膜；供應由從該遠程電漿源供應的第二製程氣體和從該氣體供應供應的第三製程氣體形成的製程氣體混合物，與此同時以該第二工作週期向該基板支撐件提供 RF 偏置功率；以及對該基板進行退火。

【0004】 根據至少一些實施例，提供了一種非暫時性電腦可讀取儲存媒體，該非暫時性電腦可讀取儲存媒體上儲存有指令，該等指令當由一處理器執行時執行用於處理基板的方法。該方法包括以下步驟：將氣化的前驅物從氣體供應供應到處理腔室的處理體積中；從遠程電漿源供應包括離子和自由基的被激活元素；以第一工作週期使用 RF 源功率激勵該等被激活元素以與該氣化的前驅物反應，以將 SiNH_x 膜沉積到支撐在設置在該處理體積中的基板支撐件上的基板上；從該遠程電漿源供應第一製程氣體，與此同時以不同於該第一工作週期的第二工作週期向該基板支撐件提供 RF 偏置功率以將該 SiNH_x 膜轉化為 SiO_x 膜；供應由從該遠程電漿源供應的第二製程氣體和從該氣體供應供應的第三製程氣體形成的製程氣體混合物，與此同時以該

第二工作週期向該基板支撐件提供 RF 偏置功率；以及對該基板進行退火。

【0005】 根據至少一些實施例，一種用於處理基板的化學氣相沉積腔室包括：基板支撐件，該基板支撐件設置在該化學氣相沉積腔室的處理體積中；遠程電漿源，該遠程電漿源耦合到該化學氣相沉積腔室並被配置為向該處理體積中的噴頭提供被激活的元素；RF 源功率，該 RF 源功率耦接至該噴頭並被配置為以第一工作週期提供 RF 源功率；RF 偏置電源，該 RF 偏置電源耦接至該基板支撐件並被配置為以不同於該第一工作週期的第二工作週期向該基板支撐件提供 RF 偏置功率；氣體供應，該氣體供應耦接至該化學氣相沉積腔室並被配置為向設置在該處理體積中的該噴頭供應製程氣體；以及控制器，該控制器被配置為：將來自該氣體供應的汽化的前驅物供應至該化學氣相沉積腔室的該處理體積中；從該遠程電漿源供應包括離子和自由基的被激活元素；以該第一工作週期使用 RF 源功率激勵該等被激活元素以與該氣化的前驅物反應，以將 SiNH_x 膜沉積到支撐在設置在該處理體積中的該基板支撐件上的基板上；從遠該程電漿源供應第一製程氣體，與此同時以該第二工作週期向該基板支撐件提供 RF 偏置功率以將該 SiNH_x 膜轉化為 SiO_x 膜；供應由從該遠程電漿源供應的第二製程氣體和從該氣體供應供應的第三製程氣體形成的製程氣體混合物，與此同時以該第二工作週期向該基板支撐件提供 RF 偏置功率；以及對該基板進行退火。

【0006】 下面描述本揭露案的其他及進一步的實施例。

【圖式簡單說明】

【0007】 藉由參考附圖中描繪的本揭露案的說明性實施例，可以理解上面簡要總結並且下面更詳細論述的本揭露案的實施例。然而，附圖僅圖示了本揭露案的典型實施例，因此不應被認為是對範疇的限制，因為本揭露案可以允許其他同等有效的實施例。

【0008】 第1圖是根據本揭露案的至少一些實施例的處理基板的方法的流程圖。

【0009】 第2圖是根據本揭露案的至少一些實施例的設備的示意圖。

【0010】 第3圖是根據本揭露案的至少一些實施例的處理腔室的截面圖。

【0011】 為了促進理解，在可能的情況下，使用相同的附圖標記來表示附圖中共用的元件。附圖不是按比例繪製的，並且為了清楚起見可以簡化。一個實施例的元件和特徵可以有益地結合到其他實施例中，而無需進一步敘述。

【實施方式】

【0012】 本文提供了用於處理基板的方法及設備的實施例。例如，本文所述的方法和設備使用原位的基於 O_2 的處理來將 $SiNH_x$ 轉化為 SiO_x 鍵，以在沉積腔室中形成 SiO 網路並緻密化 SiO 膜。當與習知方法及設備相比時，本文所述的方法及設備例如由於轉化和穩定化 SiO 膜所需的腔室數量較少而提供了低成本和高生產量，使用低溫 SiO 轉化

來改善流動性和避免空隙/保形性問題，並且藉由改變處理條件來提供膜組分可調諧性。

【0013】 根據本揭露案的至少一些實施例，第1圖是用於處理基板的方法100的流程圖，並且第2圖是可用於進行方法100的工具200（或設備）。

【0014】 方法100可在工具200中執行，該工具包括任何合適的處理腔室，該處理腔室被配置用於物理氣相沉積（physical vapor deposition, PVD）、化學氣相沉積（chemical vapor deposition, CVD）（例如電漿增強CVD（plasma-enhanced CVD, PECVD）、可流動CVD（flowable CVD, FCVD））和/或原子層沉積（atomic layer deposition, ALD）（例如電漿增強ALD（plasma-enhanced ALD, PEALD）或熱ALD（例如，無電漿形成））中的一或多者；退火腔室；預清潔腔室；濕蝕刻或乾蝕刻腔室；或CMP腔室。可用於執行本文所揭示的發明方法的示例性處理系統可從加利福尼亞州聖克拉拉市的應用材料公司（Applied Materials, Inc., of Santa Clara, California）商購獲得。其他處理腔室，包括可從其他製造商獲得的彼等處理腔室，亦可以結合本文提供的教示適當地使用。

【0015】 工具200可被體現在單獨的處理腔室中，該等單獨的處理腔室可以獨立的配置設置或作為群集工具的一部分，例如，如下文參照第2圖所述整合的。整合工具的實例可以從加州聖克拉拉市的應用材料公司商購獲得。本文所

述的方法可以使用具有耦接至其的合適處理腔室或者在其他合適的處理腔室中的其他群集工具來實踐。例如，在一些實施例中，本發明的方法可以在整合工具中執行，使得在處理步驟之間存在有限的真空中斷或沒有真空中斷。例如，減少的真空中斷可能限制或防止對基板的各部分的污染（例如，氧化）。

【0016】 整合工具包括處理平臺201（真空密封處理平臺）、工廠介面204和控制器202。處理平臺201包括多個處理腔室，例如214A、214B、214C和214D，該多個處理腔室可操作地耦接至轉移腔室203（真空基板轉移腔室）。工廠介面204藉由一或多個裝載間腔室（兩個裝載間腔室，例如第2圖所示的206A和206B）可操作地耦接至轉移腔室203。

【0017】 在一些實施例中，工廠介面204包括對接站207、工廠介面機器人238，以促進一或多個半導體基板（晶圓）的轉移。對接站207被配置為接受一或多個前開式晶圓傳送盒（front opening unified pod, FOUP）。在第2圖的實施例中圖示了四個FOUP，例如205A、205B、205C和205D。工廠介面機器人238被配置為經由裝載間腔室（諸如206A和206B）將基板從工廠介面204轉移至處理平臺201。裝載間腔室206A和206B中的每個裝載間腔室具有耦接至工廠介面204的第一埠和耦接至轉移腔室203的第二埠。裝載間腔室206A及206B耦接至壓力控制系統（未圖示），該壓力控制系統對裝載間腔室206A及

206B 進行抽真空及排氣以促進基板在轉移腔室 203 的真空環境與工廠介面 204 的基本上周圍（例如，大氣）環境之間傳遞。轉移腔室 203 具有設置在轉移腔室 203 內的真空機器人 242。真空機器人 242 能夠在裝載腔室 206A 和 206B 與處理腔室 214A、214B、214C 和 214D 之間轉移基板 221。

【0018】 在一些實施例中，處理腔室 214A、214B、214C 和 214D 耦接至轉移腔室 203。處理腔室 214A、214B、214C 和 214D 至少包括 ALD 腔室、CVD 腔室、PVD 腔室、電子束沉積腔室、無電電鍍 (electroplating, electroless, EEP) 沉積腔室、預清潔腔室、濕蝕刻腔室、乾蝕刻腔室、退火腔室、和 / 或其他適於執行本文所述的方法的腔室。

【0019】 在一些實施例中，一或多個可選維修腔室（圖示為 216A 和 216B）可耦接至轉移腔室 203。維修腔室 216A 和 216B 可被配置為執行其他基板製程，諸如脫氣、結合、化學機械拋光 (CMP)、晶圓分裂、蝕刻、電漿切割、取向、基板計量、冷卻等。

【0020】 控制器 202 使用對處理腔室 214A、214B、214C 和 214D 的直接控制或替代地藉由控制與處理腔室 214A、214B、214C 和 214D 及工具 200 相關聯的電腦（或控制器），來控制工具 200 的操作。在操作中，控制器 202 使得能夠從相應腔室和系統進行資料收集和反饋，以最佳化工具 200 的效能。控制器 202 通常包括中央處理單元

230、記憶體234和支援電路232。中央處理單元230可以是可以在工業環境中使用的任何形式的通用電腦處理器。支援電路232習知地耦接至中央處理單元230，並且可包括快取、時鐘電路、輸入/輸出子系統、電源等。軟體常式（諸如如上所述處理方法）可以儲存在記憶體234（例如，其上儲存有指令的非暫時性電腦可讀取儲存媒體）中，並且當由中央處理單元230執行時將中央處理單元230轉換成控制器（專用電腦）。軟體常式亦可以由定位為遠離工具200的第二控制器（未圖示）儲存和/或執行。

【0021】 第3圖是根據本揭露案的至少一些實施例的處理腔室300的截面圖。處理腔室300可以是工具200的單獨處理腔室中的一個處理腔室。例如，處理腔室300可被配置為執行一或多個電漿沉積製程。在至少一些實施例中，處理腔室300可被配置為執行PECVD和/或ALD。適用於與本文所揭示的教示一起使用的合適處理腔室包括例如可從加利福尼亞州聖克拉拉的應用材料公司（Applied Materials, Inc. of Santa Clara, CA）獲得的處理腔室。

【0022】 處理腔室300包括腔室主體302和蓋304，該腔室主體和蓋包封處理體積306。腔室主體302通常由鋁、不銹鋼或其他合適的材料製成。腔室主體302通常包括側壁308和底部310。基板支撐出入埠（未圖示）通常被限定在側壁308中，並且被狹縫閥選擇性地密封以促進基板303從處理腔室300進出。排氣埠326被限定在腔室主體302中，並

將處理體積306耦接至泵系統328，該泵系統亦可用作淨化站。泵系統328通常包括一或多個泵和節流閥，該一或多個泵和節流閥用於抽空和調節處理腔室300的處理體積306的壓力。在實施例中，泵系統328被配置為將處理體積306內的壓力維持在操作壓力，該操作壓力通常在約1毫托至約500毫托之間、在約5毫托至約100毫托之間、在約5毫托至約50毫托之間、或在約10毫托至約5托之間，具體取決於處理需要。

【0023】 在一些實施例中，處理腔室300可利用電容耦合的射頻(RF)能量進行電漿處理，或者在一些實施例中，處理腔室300可利用電感耦合的RF能量進行電漿處理。在一些實施例中，遠程電漿源377（例如，微波）可以視情況耦接至氣體面板，以促進在進入處理體積306之前從遠程電漿中解離出氣體混合物，以用於處理或用於在製程之間清潔處理腔室300。遠程電漿源377可以向處理腔室300供應被激活的元素（例如，離子、自由基或中性物）。例如，在至少一些實施例中，被激活的元素可以由氨、氫、氧(O₂)、氮中的至少一者形成。例如，在至少一些實施例中，被激活的元素可以是氨自由基或氫離子。

【0024】 RF源功率343經由匹配網路341耦接至噴頭組件330。RF源功率343通常可以產生高達約5000 W，例如在約100 W至約5000 W之間，或在1000 W至3000 W之間，或約1500 W，並且視情況處於在約50 kHz至約200 MHz範圍內，例如13.56 MHz的可調頻率下。在處理期

間，RF源功率343可以工作週期（例如，第一工作週期）操作。該工作週期可以從用於脈衝的約10%至用於連續的約100%。

【0025】 氣體面板358耦接至處理腔室300，並包括一或多個質量流量控制器357以向處理體積306提供一或多種製程和/或清潔氣體。在蓋304中提供入口埠332'、332''、332'''，以允許氣體被從氣體面板358輸送到處理腔室300的處理體積306。在實施例中，氣體面板358適於提供氧氣(O_2)、惰性氣體（諸如氬氣、氦氣（或其他稀有氣體）、氮氣(N_2)、氫氣(H_2)）或氣體混合物（諸如四氟化碳(CF_4)、八氟環丁烷或全氟環丁烷(C_4F_8)、三氟甲烷(CHF_3)、六氟化硫(SF_6)、四氟化矽或四氟矽烷(SiF_4)）、前驅物（諸如三矽基胺(TSA)）等穿過入口埠332'、332''、332'''並進入處理腔室300的內部體積306。在至少一些實施例中，從氣體面板358提供的製程氣體至少包括包括氧化劑（諸如氧氣）的製程氣體。在實施例中，包括氧化劑的製程氣體可進一步包括惰性氣體，諸如氬氣或氦氣。在一些實施例中，製程氣體包括還原劑（諸如氬氣），並且可以與惰性氣體（諸如氬氣）或其他氣體（諸如氮氣或氫氣）混合。在一些實施例中，氬氣可以單獨提供，或者與氮氣、氫氣和惰性氣體（諸如氬氣）中的至少一者組合提供。含氧氣體的非限制性實例包括 O_2 、二氧化碳(CO_2)、 H_2O 、一氧化二氮(N_2O)、二氧化氮(NO_2)、臭氧(O_3)等中的一或多者。含氮氣體的非限制性

實例包括 N_2 、氨 (NH_3) 等。含氯氣體的非限制性實例包括氯化氫 (HCl)、氯氣 (Cl_2)、四氯化碳 (CCl_4) 等。在實施例中，噴頭組件 330 耦接至蓋 304 的內表面 314。噴頭組件 330 包括複數個孔隙，該複數個孔隙允許氣體從入口埠 332'、332''、332''' 流過噴頭組件 330 進入處理腔室 300 的處理體積 306 中，在處理腔室 300 中正在被處理的基板 303 的表面（例如中心、中間、側面）上呈預定分佈。

【0026】 在一個實施例中，噴頭組件 330 配置有複數個區域，該複數個區域允許單獨控制流入處理腔室 300 的處理體積 306 的氣體。噴頭組件 330 包括頂部輸送氣體噴嘴 335，該頂部輸送氣體噴嘴被配置為將製程氣體朝向基板支撐件 348 的基板支撐表面引導。因此，頂部輸送氣體噴嘴 335 包括被配置用於中心流量控制的中心流出口 334 和被配置用於中間流量控制的中間流出口 336，該中心流出口和該中間流出口經由入口埠 332'、332'' 單獨耦接至氣體面板 358。此外，一或多個側面輸送氣體噴嘴可以延伸穿過腔室主體 302，並且可以被配置為將製程氣體朝向基板支撐件 348 的側表面引導。例如，在至少一些實施例中，側面輸送氣體噴嘴 333 可包括側面流出口 337，該側面流出口被配置用於側面流控制，該等側面流出口經由入口埠 332''' 單獨地耦接至氣體面板 358。不同於設置在蓋 304 上的中心流出口 334 和中間流出口 336，側面流出口 337 以大致圓形的方式沿著處理腔室的側壁 308 的內部設置。中心流出口 334 和中間流出口 336 被配置為提供製程氣體

來實質上蝕刻基板的中心區和中間區（例如，在中心與邊緣之間），並且沿其設置的側面流出口337被配置為提供製程氣體以實質上蝕刻基板的邊緣區域（或周邊），如下面更詳細描述的。

【0027】 基板支撐件348設置在處理腔室300的處理體積306中，位於氣體分配組件（諸如噴頭組件330）下方。例如，基板支撐件348可以設置在噴頭組件330下方，使得基板在噴頭組件330下方約3吋。基板支撐件348在處理期間保持基板303。基板支撐件348通常包括複數個穿過其設置的升降銷（未圖示），該等升降銷被配置為從基板支撐件348升降基板303，並且促進以習知方式用機器人（未圖示）交換基板303。內襯318可以緊密圍繞基板支撐件348的外圍。

【0028】 基板支撐件348包括安裝板362、基座364和靜電卡盤366。安裝板362耦接至腔室主體302的底部310，包括用於將諸如流體、電源線和感測器引線等設施佈線至基座364和靜電卡盤366的通道。靜電卡盤366包括夾持電極380，以用於將基板303保持在噴頭組件330下方。靜電卡盤366由卡盤電源382驅動，以發展出將基板303保持至卡盤表面的靜電力，此是常規已知的。或者，基板303可以藉由夾緊、真空或重力保持至基板支撐件348。在至少一些實施例中，基板支撐件348可以是可旋轉的。

【0029】 基座364或靜電卡盤366可包括加熱器376（例如，至少一個可選嵌入式加熱器）、至少一個可選嵌入式

隔離器 374 和複數個導管 368、370，以控制基板支撐件 348 的橫向溫度分佈。該複數個導管 368、370 流體耦接至流體源 372，該流體源使溫度調節流體穿過該複數個導管循環。加熱器 376 由電源 378 調節。該複數個導管 368、370 和加熱器 376 用於控制基座 364 的溫度，從而加熱和 / 或冷卻靜電卡盤 366，並最終控制設置在其上的基板 303 的溫度分佈。可以使用複數個溫度感測器 390、392 來監測靜電卡盤 366 和基座 364 的溫度。靜電卡盤 366 可進一步包括複數個氣體通道（未圖示），諸如凹槽，該複數個氣體通道形成在靜電卡盤 366 的基板支撐基座支撐表面中，並且流體耦接至熱傳遞（或背側）氣體源，諸如氦（He）。在操作中，以受控的壓力將背側氣體提供到氣體通道中，以增強靜電卡盤 366 與基板 303 之間的熱傳遞。在實施例中，基板的溫度可維持在約 -20℃ 至約 450℃。例如，在至少一些實施例中，基板可維持在約 -20℃ 至約 90℃。

【0030】 基板支撐件 348 配置為陰極，並包括耦接至 RF 偏置電源 384 和 RF 偏置電源 386 的夾持電極 380。RF 偏置電源 384 和 RF 偏置電源 386 耦接在設置在基板支撐件 348 中的夾緊電極 380 與另一個電極（諸如噴頭組件 330 或腔室主體 302 的（蓋 304））之間。RF 偏置功率激發並維持由設置在腔室主體 302 的處理區域中的氣體形成的電漿放電。

【0031】 RF 偏置電源 384 和 RF 偏置電源 386 經由匹配電路 388 耦接至設置在基板支撐件 348 中的夾持電極 380。由 RF 偏置電源 384 和 RF 偏置電源 386 產生的信號被經由匹

配電路 388 輸送至基板支撐件 348，穿過單個饋送以電離在電漿處理腔室（諸如處理腔室 300）中提供的氣體混合物，由此提供執行蝕刻沉積或其他電漿增強處理所必需的離子能量。RF 偏置電源 384 和 RF 偏置電源 386 通常能夠產生頻率為約 50 kHz 至約 200 MHz（例如，2 MHz）並且功率在約 0 瓦與約 2500 瓦之間的 RF 信號。額外的偏置電源 389 可以耦接至夾持電極 380 以控制電漿的特性。另外，RF 偏置電源 384 和 RF 偏置電源 386 可以比 RF 源功率 343 操作所處的工作週期小得多的工作週期（例如，第二工作週期）操作。例如，RF 偏置電源 384 和 RF 偏置電源 386 可以約 0.1% 至約 20% 的工作週期操作。在至少一些實施例中，RF 偏置電源 384 和 RF 偏置電源 386 的工作週期的接通時間具有約 1 Hz 至約 20 Hz 的脈衝頻率。

【0032】 控制器 350（例如，類似於控制器 202）耦接至處理腔室 300 以控制處理腔室 300 的操作。控制器 350 包括中央處理單元 352、記憶體 354（例如，非暫時性電腦可讀取儲存媒體）和支援電路 356，該支援電路用於控制製程順序和調節來自氣體面板 358 的氣體流量。中央處理單元 352 可以是可以在工業環境中使用的任何形式的通用電腦處理器。軟體常式（例如，儲存的可執行指令）可以儲存在記憶體 354，諸如隨機存取記憶體、唯讀記憶體、軟盤或硬碟驅動器或其他形式的數位儲存裝置中。支援電路 356 通常耦接至中央處理單元 352，並且可包括快取、時鐘電路、輸入/輸出系統、電源等。控制器 350 與處理腔室 300

的各種部件之間的雙向通訊係經由許多信號電纜來處理的。

【0033】 繼續參考第1圖，在102處，方法100包括將汽化前驅物從氣體供應供應至處理腔室的處理體積中。例如，氣體面板358可以將一或多種氣化的前驅物供應到處理腔室300（例如，處理腔室214A至214D中的一者）的處理體積306中，以在基板（例如，基板303）上沉積（發展出）間隙填充膜（例如，可流動的矽膜，諸如 SiO_x ）。在至少一些實施例中，氣體面板358可以供應包含三矽基胺（TSA）的氣化的前驅物，以形成矽氮烷樣膜（ SiNH_x ）。

【0034】 接下來，在104處，方法100包括從遠程電漿源供應包括離子和自由基的被激活元素。例如，遠程電漿源377可以供應一或多種被激活的元素，包括氫氣、氫氣（ H_2 ）、氮氣（ NH_3 ）和/或氧氣（ O_2 ）。例如，在至少一些實施例中，被激活的元素可包括氮自由基（ NH_x ）、 H_2 自由基和氫離子中的至少一者。

【0035】 接下來，在106處，方法100包括以第一工作週期使用RF源功率激勵該等被激活元素以與該氣化的前驅物反應，以將膜沉積到支撐在設置在該處理體積中的基板支撐件上的基板上。例如，可以經由氫離子（例如，來自遠程電漿源）激發氮自由基，並使其與氣化的前驅物（例如，TSA）反應。氮自由基與氣化的前驅物之間的反應將可流動的基於聚矽氮烷的膜（ SiNH_x ）沉積到基板上。在106期間，RF源功率343可為約100 W至約5000 W。例

如，在至少一些實施例中，RF源功率343可為約100 W，並且處於從在約50 kHz至約200 MHz的範圍內（例如，13.56 MHz）的可調諧頻率。此外，RF源功率343可以以為用於脈衝的約10%至用於連續的約100%的工作週期操作。此外，在106處，可將基板的溫度維持在約-20℃至約90℃。在至少一些實施例中，基板的溫度可維持在約20℃，例如約室溫。此外，在106處，可將處理腔室的處理體積內的壓力維持在約10毫托至5托的壓力。

【0036】 接下來，在108處，方法100包括從遠程電漿源供應第一製程氣體，與此同時以不同於第一工作週期的第二工作週期向基板支撐件提供RF偏置功率。例如，遠程電漿源377可以向處理腔室300的處理體積306供應一或多種含氧氣體。在至少一些實施例中，一或多種含氧氣體可以是O₂。O₂可以被供應到處理體積306中，以將SiNH_x轉化為SiO_x，例如從而在基板上形成SiO_x網路。另外，在108處，RF偏置電源384可以以為約0.1%至約20%的工作週期操作，可以以約500 W至約2500 W（例如，約2000 W）的功率位準操作，並且以約1 Hz至約20 Hz的脈衝頻率操作。在108處，可以將RF源功率和RF偏置功率同時分別提供給噴頭330（或蓋304）和基板支撐件348。

【0037】 接下來，在110處，方法100包括供應由從該遠程電漿源供應的第二製程氣體和從該氣體供應供應的第三製程氣體形成的製程氣體混合物，與此同時以該第二工作週期向該基板支撐件提供RF偏置功率。例如，遠程電漿源

377 可以供應一或多種惰性（稀有）氣體。在至少一些實施例中，遠程電漿源 377 可以供應氬氣。類似地，氣體面板 358 亦可供應一或多種惰性氣體。在至少一些實施例中，氣體面板 358 可以供應氬氣。替代地或另外地，遠程電漿源 377 和氣體面板 358 中的每一者可被配置為供應第二製程氣體和第三製程氣體兩者。亦可以使用其他惰性氣體。發明人已發現，藉由在 110 處供應氣體混合物，與此同時以第一工作週期向噴頭提供 RF 源功率並以第二工作週期向基板支撐件提供 RF 偏置功率，促進了 SiO_x 膜的緻密化和穩定化，此有助於 SiO_x 膜經受住沉積後的高溫 / 高壓退火製程，如下所述。在至少一些實施例中，在 108 和 110 期間，亦可以提供一或多種額外氣體。例如，可以提供一或多種含氬氣體。在至少一些實施例中，可以當在 108 處供應 O_2 的同時和 / 或當在 110 處供應製程氣體混合物的同時提供 H_2 。

【0038】 在至少一些實施例中，RF 源功率和 RF 偏置功率可以以閉環氣體處理方案順序地提供。例如，在至少一些實施例中，在 110 之後，可以根據需要重複 102 至 110（例如，以循環模式），直到獲得 SiO_x 膜的期望厚度。為此，可以改變製程參數（諸如每個週期的厚度）和處理條件（例如，源 / 偏置功率、脈衝頻率、工作週期、製程氣體、溫度、壓力、接通時間等），以調諧 SiO_x 膜的組成。此外，為了促進獲得均勻的 SiO_x 膜，可以在 102 至 110 中的任一者期

間旋轉基板支撐件348。例如，在108和110期間，可以旋轉基板支撐件348。

【0039】 SiO_x 膜質量可藉由高溫/高壓退火進一步提高，該高溫/高壓退火有助於提高折射率並降低 SiO_x 膜的整個厚度上的氫含量。因此，在112處，方法100包括對基板進行退火。例如，在110之後，設置在工具200的轉移腔室203內的真空機器人242可以將基板303從處理腔室300（例如，處理腔室214A）轉移至其他處理腔室中的一或多個處理腔室（例如，處理腔室214B）以對基板進行退火。在至少一些實施例中，對基板進行退火包括將基板維持在約500℃的溫度，將處理腔室214B的處理體積維持在約10毫托至約37500托（70巴）的壓力，以及在退火期間供應一或多種製程氣體，例如Ar、 CO_2 、 D_2 、 H_2 、 N_2 、和 O_2 至處理體積。

【0040】 儘管前面是針對本揭露案的實施例，但是在不脫離本揭露案的基本範疇的情況下，可以設計本揭露案的其他及進一步的實施例。

【符號說明】

【0041】

100：方法

102：步驟

104：步驟

106：步驟

108：步驟

1 1 0 : 步 驟

1 1 2 : 步 驟

2 0 0 : 工 具

2 0 1 : 處 理 平 臺

2 0 2 : 控 制 器

2 0 3 : 轉 移 腔 室

2 0 4 : 工 廠 介 面

2 0 5 A : 前 開 式 晶 圓 傳 送 盒 (F O U P)

2 0 5 B : 前 開 式 晶 圓 傳 送 盒 (F O U P)

2 0 5 C : 前 開 式 晶 圓 傳 送 盒 (F O U P)

2 0 5 D : 前 開 式 晶 圓 傳 送 盒 (F O U P)

2 0 6 A : 裝 載 閘 腔 室

2 0 6 B : 裝 載 閘 腔 室

2 0 7 : 對 接 站

2 1 4 A : 處 理 腔 室

2 1 4 B : 處 理 腔 室

2 1 4 C : 處 理 腔 室

2 1 4 D : 處 理 腔 室

2 1 6 A : 維 修 腔 室

2 1 6 B : 維 修 腔 室

2 2 1 : 基 板

2 3 0 : 中 央 處 理 單 元

2 3 2 : 支 援 電 路

2 3 4 : 記 憶 體

2 3 8 : 工 廠 介 面 機 器 人

2 4 2 : 真 空 機 器 人

3 0 0 : 處 理 腔 室

3 0 2 : 腔 室 主 體

3 0 3 : 基 板

3 0 4 : 蓋

3 0 6 : 處 理 體 積

3 0 8 : 側 壁

3 1 0 : 底 部

3 1 4 : 內 表 面

3 2 6 : 排 氣 埠

3 2 8 : 泵 系 統

3 3 0 : 噴 頭 組 件

3 3 2 ' , 3 3 2 ' ' , 3 3 2 ' ' ' : 入 口 埠

3 3 3 : 側 面 輸 送 氣 體 噴 嘴

3 3 4 : 中 心 流 出 口

3 3 5 : 頂 部 輸 送 氣 體 噴 嘴

3 3 6 : 中 間 流 出 口

3 3 7 : 側 面 流 出 口

3 4 1 : 匹 配 網 路

3 4 3 : R F 源 功 率

3 4 8 : 基 板 支 撐 件

3 5 0 : 控 制 器

3 5 2 : 中 央 處 理 單 元

3 5 4 : 記 憶 體

3 5 6 : 支 援 電 路

3 5 7 : 質 量 流 量 控 制 器

3 5 8 : 氣 體 面 板

3 6 2 : 安 裝 板

3 6 4 : 基 座

3 6 6 : 靜 電 卡 盤

3 6 8 , 3 7 0 : 導 管

3 7 2 : 流 體 源

3 7 4 : 嵌 入 式 隔 離 器

3 7 6 : 加 熱 器

3 7 7 : 遠 程 電 漿 源

3 7 8 : 電 源

3 8 0 : 夾 持 電 極

3 8 2 : 卡 盤 電 源

3 8 4 , 3 8 6 : R F 偏 置 電 源

3 8 8 : 匹 配 電 路

3 8 9 : 偏 置 電 源

3 9 0 , 3 9 2 : 溫 度 感 測 器

【發明申請專利範圍】

【請求項 1】 一種用於處理一基板的方法，包括以下步驟：

將一氣化的前驅物從一氣體供應供應到一處理腔室的一處理體積中；

從一遠程電漿源供應包括離子和自由基的被激活元素；

以一第一工作週期使用 RF 源功率激勵該等被激活元素以與該氣化的前驅物反應，以將一 SiNH_x 膜沉積到支撐在設置在該處理體積中的一基板支撐件上的一基板上；

從該遠程電漿源供應一第一製程氣體，與此同時以不同於該第一工作週期的一第二工作週期向該基板支撐件提供 RF 偏置功率以將該 SiNH_x 膜轉化為一 SiO_x 膜；

供應由從該遠程電漿源供應的一第二製程氣體和從該氣體供應供應的一第三製程氣體形成的一製程氣體混合物，與此同時以該第二工作週期向該基板支撐件提供 RF 偏置功率；以及

對該基板進行退火。

【請求項 2】 如請求項 1 所述之方法，其中該第一工作週期為約 10% 至約 100%，並且其中該第二工作週期為約 .1% 至約 20%，並且其中該第二工作週期的一接通時間具有約 1 Hz 至約 20 Hz 的脈衝頻率。

【請求項 3】 如請求項 1 所述之方法，其中對該基板進行

退火之步驟包括以下步驟：將該基板加熱至約 500°C 的一溫度。

【請求項 4】 如請求項 1 所述之方法，進一步包括以下步驟：同時分別向一噴頭和該基板支撐件提供該 RF 源功率和該 RF 偏置功率。

【請求項 5】 如請求項 1 所述之方法，進一步包括以下步驟：以一閉環氣體處理方案順序地提供該 RF 源功率和該 RF 偏置功率。

【請求項 6】 如請求項 1 所述之方法，進一步包括以下步驟：旋轉該基板支撐件。

【請求項 7】 如請求項 1 所述之方法，進一步包括以下步驟：在供應該等被激活元素的同時，將該基板的一溫度維持在約 -20°C 至約 90°C 。

【請求項 8】 如請求項 1 所述之方法，進一步包括以下步驟：在供應該等被激活元素的同時維持約 10 毫托至 5 托的一壓力。

【請求項 9】 如請求項 1 所述之方法，其中該處理腔室是一電漿增強化學氣相沉積腔室。

【請求項 10】 如請求項 1 所述之方法，其中該 RF 源功率為約 100 W，並且其中該 RF 偏置功率為約 500 W 至約 2500 W。

【請求項 11】 如請求項 1 所述之方法，其中從該遠程電漿源供應該等被激活元素之步驟包括以下步驟：供應氮自由基、 H_2 自由基或氫離子中的至少一者。

【請求項 12】如請求項 1 所述之方法，其中供應該第一製程氣體之步驟包括以下步驟：供應氧化物。

【請求項 13】如請求項 1 所述之方法，其中供應該第二製程氣體和該第三製程氣體之步驟包括以下步驟：分別供應氫氣和氮氣。

【請求項 14】如請求項 1 至 13 中任一項所述之方法，其中供應該氣化的前驅物之步驟包括以下步驟：供應三矽基胺。

【請求項 15】一種非暫時性電腦可讀取儲存媒體，該非暫時性電腦可讀取儲存媒體上儲存有指令，該等指令當由一處理器執行時執行用於處理一基板的一方法，該方法包括以下步驟：

將一氣化的前驅物從一氣體供應供應到一處理腔室的一處理體積中；

從一遠程電漿源供應包括離子和自由基的被激活元素；

以一第一工作週期使用 RF 源功率激勵該等被激活元素以與該氣化的前驅物反應，以將一 SiNH_x 膜沉積到支撐在設置在該處理體積中的一基板支撐件上的一基板上；

從該遠程電漿源供應一第一製程氣體，與此同時以不同於該第一工作週期的一第二工作週期向該基板支撐件提供 RF 偏置功率以將該 SiNH_x 膜轉化為一 SiO_x 膜；

供應由從該遠程電漿源供應的一第二製程氣體和從該

氣體供應供應的一第三製程氣體形成的一製程氣體混合物，與此同時以該第二工作週期向該基板支撐件提供 RF 偏置功率；以及

對該基板進行退火。

【請求項 16】如請求項 15 所述之非暫時性電腦可讀取儲存媒體，其中該第一工作週期為約 10% 至約 100%，並且其中該第二工作週期為約 .1% 至約 20%，並且其中該第二工作週期的一接通時間具有約 1 Hz 至約 20 Hz 的脈衝頻率。

【請求項 17】如請求項 15 所述之非暫時性電腦可讀取儲存媒體，其中對該基板進行退火之步驟包括以下步驟：將該基板加熱至約 500 °C 的一溫度。

【請求項 18】如請求項 15 所述之非暫時性電腦可讀取儲存媒體，進一步包括以下步驟：同時分別向該遠程電漿源和該基板支撐件提供該 RF 源功率和該 RF 偏置功率。

【請求項 19】如請求項 15 至 18 中任一項所述之非暫時性電腦可讀取儲存媒體，進一步包括以下步驟：以一閉環氣體處理方案順序地提供該 RF 源功率和該 RF 偏置功率。

【請求項 20】一種用於處理一基板的化學氣相沉積腔室，包括：

一基板支撐件，該基板支撐件設置在該化學氣相沉積腔室的一處理體積中；

一遠程電漿源，該遠程電漿源耦合到該化學氣相沉積腔室並被配置為向該處理體積中的一噴頭提供被激活的元素；

一RF源功率，該RF源功率耦接至該噴頭並被配置為以一第一工作週期提供RF源功率；

一RF偏置功率源，該RF偏置功率源耦接至該基板支撐件並被配置為以不同於該第一工作週期的一第二工作週期向該基板支撐件提供RF偏置功率；

一氣體供應，該氣體供應耦接至該化學氣相沉積腔室並被配置為向設置在該處理體積中的該噴頭供應製程氣體；以及

一控制器，該控制器被配置為：

將來自該氣體供應的一汽化的前驅物供應至該化學氣相沉積腔室的該處理體積中；

從該遠程電漿源供應包括離子和自由基的被激活元素；

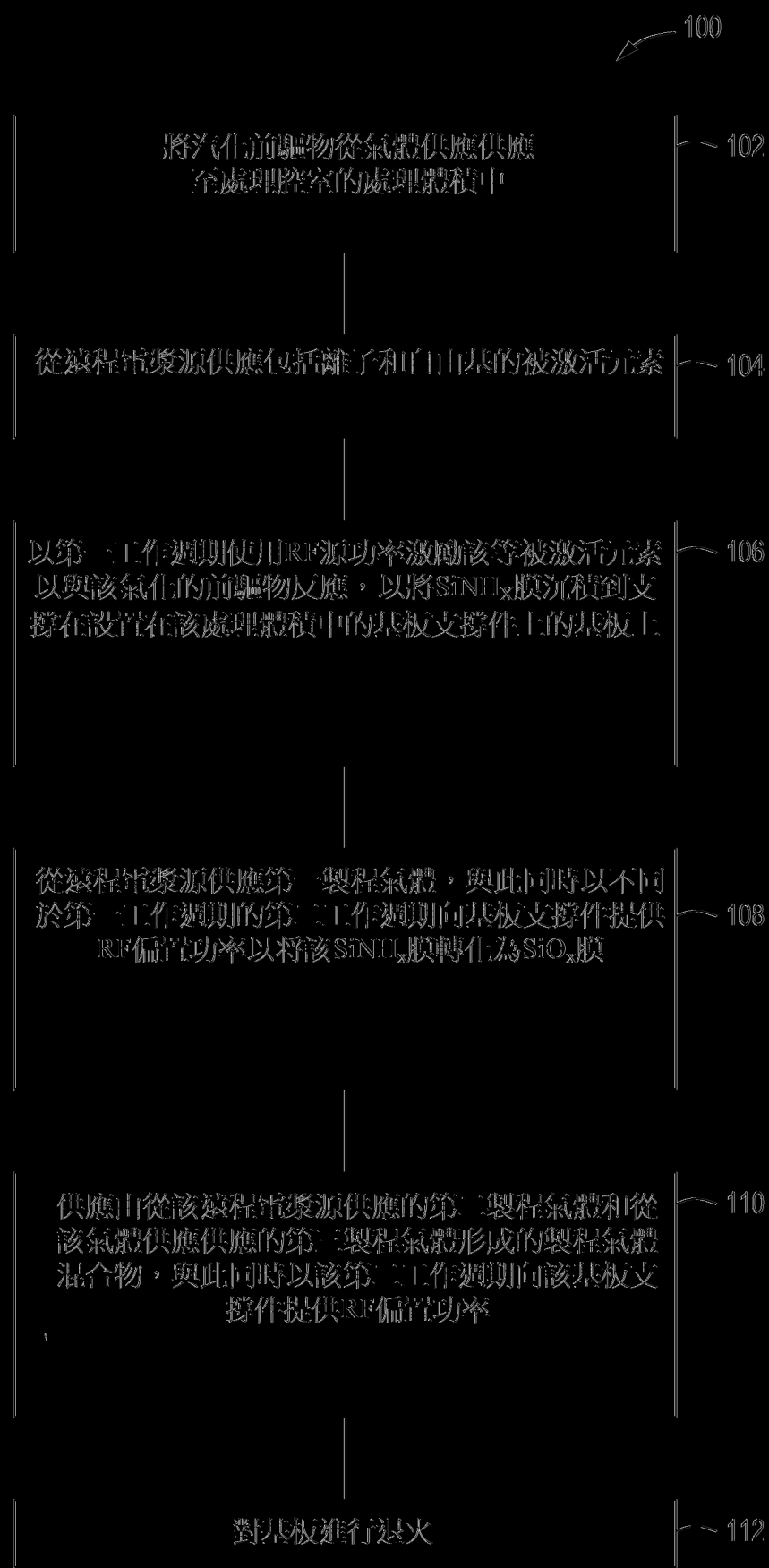
以該第一工作週期使用RF源功率激勵該等被激活元素以與該氣化的前驅物反應，以將一 SiNH_x 膜沉積到支撐在設置在該處理體積中的該基板支撐件上的一基板上；

從該遠程電漿源供應一第一製程氣體，與此同時以該第二工作週期向該基板支撐件提供RF偏置功率以將該 SiNH_x 膜轉化為一 SiO_x 膜；

供應由從該遠程電漿源供應的一第二製程氣體和從

該氣體供應供應的一第三製程氣體形成的一製程氣體混合物，與此同時以該第二工作週期向該基板支撐件提供 RF 偏置功率；以及
對該基板進行退火。

|(發明圖式)|



第1圖

第3回